



T.C.

**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI**

**ALTI SIGMA YAKLAŞIMI VE BORUSAN ŞİRKETİ
UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uluay KOÇAK GÜVENER

BURSA-2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

ALTI SIGMA YAKLAŞIMI VE BORUSAN ŞİRKETİ
UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uluay KOÇAK GÜVENER

Danışman

Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

BURSA-2010

T. C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ekonometri Anabilim/Anasanat Dalı, Yöneylem Araştırması Bilim Dalı'nda 700817015 numaralı Uluay Koçak Güvener'in hazırladığı "Altı Sigma Yaklaşımı ve Borusan Şirketi Uygulamaları." konulu (Yüksek Lisans Tezi Çalışması) ile ilgili tez savunma sınavı, 12./11/ 2010 günü -saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin/çalışmasının(başarılı/başarısız) olduğuna(oybirliği/oy çokluğu) ile karar verilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu Başkanı)
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi
Pr. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi
Pr. Dr. Feray ÇELİKÇAPA

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi
Doç. Dr. Ayşe OĞUZLAR

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

...../...../ 2010

Yazan : Uluy Koçak GÜVENER
Üniversite : Uludağ Üniversitesi
Anabilim Dalı : Ekonometri
Bilim Dalı : Yöneylem
Tezin Niteliği : Yüksek Lisans Tezi
Sayfa Sayısı :
Mezuniyet Tarihi : .../.../2010
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

ALTI SİGMA YAKLAŞIMI VE BORUSAN ŞİRKETİ UYGULAMALARI

Son yıllarda yabancı literatürde oldukça yaygın bir biçimde kullanılan Altı Sigma yöntemi yerli literatürde yeterince uygulanmamıştır. Bu çalışmanın amacı yerli literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına bir katkı sağlamak ve aynı zamanda Altı Sigma yöntemini süreçlerine uygulamak isteyen firmalara yol göstermektir.

Bu amaca ulaşmak için Altı Sigma'nın TÖAİK (Tanımlama-Ölçme-Analiz-İyileştirme-Kontrol) olarak bilinen süreç iyileştirme modeli incelenmiş ve söz konusu model kullanılarak Borusan şirketindeki Sigma uygulamalarından bahsedilmiştir. Bu çalışma üç teori ve bir uygulama bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Altı Sigma'nın tanımları ve felsefesi hakkında bilgi verildikten sonra Altı Sigma'yı uygulayan firmalar ve kazançları, süreç yeterliliği ve Altı Sigma hesaplama yöntemleri üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde Altı Sigma için gerekli istatistiksel teknikler ayrıntılı bir şekilde örneklerle desteklenerek incelenmiştir. Üçüncü bölümde Altı Sigma organizasyonunda rol alan oyuncuların görev ve sorumluluklarına değinildikten sonra Altı Sigma süreç iyileştirme modeli olan TÖAİK modeli ve Altı Sigma organizasyonunun hedef ve ilkeleri anlatılmıştır. Tezin son bölümü olan uygulama bölümünde ise Borusan işletmesinde Caterpillar Yedek Parçaların (Belçika ve Amerika'dan ana depo'dan getirtilen) geliş sürelerinin kısaltılması ile ilgili hizmet sürecinin iyileştirilmesi için Altı Sigma

yöntemi uygulanmıştır. Firma için büyük önem arz eden bu iyileştirmenin, firmanın diğer süreçlerine de uygulaması tavsiye edilmiştir.

Anahtar Sözcükler

Altı Sigma

Tanımla

Ölç

Control

Six Sigma

Define

Measure

Kontrol

ABSTRACT

SIX SIGMA APPROACH AND APPLICATIONS AT THE COMPANY BORUSAN

The Six Sigma method, which is being used during the recent years in foreign literature increasingly, has not been used sufficiently in the domestic literature. The goal of this study is to contribute to filling the void in the domestic literature and also to assist companies that aims to apply the Six Sigma method in their own processes.

In the thesis the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improvement and Control) stages of the Six Sigma approach has been examined and the model has been used to define the applications in the Borusan company. This study is composed of three theories and one application chapters. In the first chapter the definition of Six Sigma and it's philosophy is defined and then companies that apply Six Sigma and their benefits from the approach, process adequateness and Six Sigma accounting procedures are discussed. In the second chapter necessary statistical techniques for Six Sigma have been given in detail with examples. In the third chapter the duties and responsibilities of players in a Six Sigma organization is defined and then the DMAIC model and the goals and principles of a Six Sigma organization are defined. The application chapter, which is the last part of the thesis, is about the Six Sigma method used in Borusan company for reducing the delivery times of Caterpillar Spare Parts (from the main warehouse in Belgium). This improvement, which was highly important for the company, was recommended for other processes of the company.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	Vİ
İÇİNDEKİLER.....	VII
KISALTMALAR.....	VIII
TABLOLAR.....	IX
ŞEKİLLER.....	X
SEMBOLLER.....	XI
GİRİŞ	17

BİRİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA VE İLGİLİ KAVRAMLAR

I.1. ALTI SİGMA'NIN TANIMI	19
I.2. ALTI SİGMA'NIN TARİHSEL GELİŞİMİ	22
I.3. DEĞİŞKENLİK VE ALTI SİGMA.....	244
I.4. ALTI SİGMA KALİTE DÜZEYİ	26
I.5. YÖNETİM FELSEFESİ OLARAK ALTI SİGMA	29
I.6. İSTATİSTİKSEL ÖLÇÜM OLARAK ALTI SİGMA	31
I.7. ALTI SİGMA YAKLAŞIMINI UYGULAYAN BAZI ŞİRKETLER VE KAZANÇLARI	35
I.8. ALTI SİGMA YAKLAŞIMININ TOPLAM KALİTE YÖNETİMDEN FARKLILIKLARI	37
I.9. SÜREÇ YETENEK VE PERFORMANS ENDEKSLERİ	39
I.9.1. Histogram İle Süreç Yeterliliği Analizi	41
I.9.2. Süreç Potansiyel Endeksi (Cp).....	43
I.9.3. Fiili Yeterlilik Endeksi (Cpk)	45

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN İSTATİSTİK TEKNİKLER

2.1. BEYİN FIRTINASI	47
2.2. SEBEP-SONUÇ DİYAGRAMI.....	48
2.3. KONTROL TABLOSU	50

2.4. PARETO ŞEMASI.....	54
2.5 HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA)	57
2.6. KALİTE FONKSİYONU YAYILIMI (QFD).....	62
2.7. ÖLÇÜM SİSTEMİ ANALİZİ (GAGE R&R)	64

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ALTI SİGMA ORGANİZASYONU

3.1. ALTI SİGMA'DA ROLLER VE SORUMLULUKLARI	70
3.1.1. <i>Altı Sigma Yürütme Kurulu</i>	71
3.1.2. <i>Sponsor (Şampiyon)</i>	73
3.1.3. <i>Üst Kalite Konseyi</i>	74
3.1.4. <i>Yönetim Temsilcisi</i>	75
3.1.5. <i>Kalite Şampiyonu</i>	76
3.1.6. <i>Uzman Kara Kuşaklılar</i>	76
3.1.7. <i>Kara Kuşaklılar (ekip liderleri)</i>	78
3.1.8. <i>Yeşil Kuşaklılar (ekip elemanları)</i>	80
3.2. ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME MODELİ VE AŞAMALARI.....	81
3.2.1. <i>Tanımlama</i>	82
3.2.2. <i>Ölçme</i>	83
3.2.3. <i>Analiz</i>	85
3.2.4. <i>İyileştirme</i>	87
3.2.5. <i>Kontrol</i>	88
3.3. ALTI SİGMA'NIN UYGULANDIĞI ORGANİZASYONLAR	89
3.4. ALTI SİGMA'NIN ALTI İLKESİ	91
3.4.1. <i>Müşteri Odaklılık</i>	91
3.4.2. <i>Verilere Ve Gerçeklere Dayalı Yönetim</i>	92
3.4.3. <i>Sürece Odaklanma, Yönetim Ve İyileştirme</i>	92
3.4.4. <i>Proaktif Yönetim</i>	93
3.4.5. <i>Sınırsız İşbirliği</i>	93
3.4.6. <i>Mükemmele Yöneliş, Başarısızlığa Karşı Hoşgörü</i>	93
3.5. ALTI SİGMA'NIN HEDEFLERİ	94
3.5.1. <i>Hataların Azaltılması</i>	94
3.5.2. <i>Kalitenin Artırılarak Maliyetlerin Azaltılması</i>	95
3.6. SIPOC DİYAGRAMI	98

3.7. SÜREÇ HARİTASI	104
3.7.1. Süreç Haritalama Teknikleri	107

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BORUSAN MAKİNA'DA ALTI SIGMA UYGULAMASI

4.1. İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	112
4.2. BORUSAN HOLDİNG ALTI SİGMA'YI SEÇME NEDENİ.....	114
4.3. BORUSAN HOLDİNG ALTI SİGMA ORGANİZASYONU	114
4.4. BORUSAN HOLDİNG ALTI SİGMA TECRÜBELERİ	116
4.5. BORUSAN HOLDİNG'İN ALTI SİGMA DÜZEYİ	116
4.6. PROJENİN TANIMLANMASI VE PROJE BİLDİRİSİ	117
4.7. ANALİZ FAZİ	127
4.8. İYİLEŞTİRME FAZİ	131
4.9. RİSK ANALİZİ	133
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	136
KAYNAKLAR	138
EKLER	146
ÖZGEÇMİŞ	147

TEŐEKKÖR

Bu alıŐma, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü' ne bağlı "Ekonometri Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı' nda" Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıŐtır.

Tezin Konusu Altı Sigma Metodolojisi ve Borusan Şirketinde Altı Sigma Uygulamasıdır.

Tez Prof. Dr. Ahmet Öztürk' ün danıŐmanlıđı altında yapılmıştır.

Çalışmanın tüm aşamalarında bana bilgi ve deneyimlerinden faydalanma imkânı veren, yardım ve katkılarını esirgemeyen tez danıŐmanım Prof. Dr. Ahmet Öztürk'e teŐekkörü bir borç bilirim.

BURSA – 2010

Uluay Koçak Güvener

KISALTMALAR

TKK: Toplam Kalite Kontrol

TKY (TQM): Toplam Kalite Yönetimi

PUKÖ (PYDK): Planla, Uygula(Yap), Kontrol et(Doğrula), Önlem al(Karar ver)

TÖAİK (DMAIC) : Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, Kontrol et

Gage R&R: Alet Tekrarlanabilirliği ve Alet Üretebilirliği

DOE: Deney Tasarımı (Design of Experiment)

İKK: İstatistiksel Kalite Kontrol

İPK: İstatistiksel Süreç Kontrol

HTEA (FMEA): Hata Türü ve Etkileri Analizi

ANOVA: Varyans Analizi

QFD (KFY): Kalite Fonksiyonu Yayılımı

DPU: Ünite Başına Hata Sayısı

DPMO: Milyon Fırsat Başına Hata Sayısı

PPM: Milyonda Hata

COPQ: Zayıf Kalitenin Maliyeti

CpYeterliliğin Potansiyel Ölçüsü

Cp: Yeterliliğin Gerçekleşen Ölçüsü

ASL: Alt Spesifikasyon Limiti

USL: Üst Spesifikasyon Limiti

CTQ: Kritik Kalite Özellikleri

GE: General Elektrik

KKÇ: Kalite Kontrol Çemberleri

RÖS (RPN): Risk Öncelik Sayısı

NOG: Normal Olasılık Grafiği

AKL: Alt Kontrol Limiti

UKL: Üst Kontrol Limiti

ZUD: Uzun Dönem

ZKD: Kısa Dönem

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1 Altı Sigma süreç değişkenliği.....	25
Şekil 1-2: 3 σ 'dan 6 σ 'ya milyonda hata değerlerinde meydana gelen değişim...	27
Şekil 1-3: 6 σ 'ya doğru süren gelişme	30
Şekil 1-4: Üç Sigma ve Altı Sigma'nın istatistiksel gösterimi	32
Şekil 1-5: Ortalamanın 1,5 σ kaydırılmış durumu	34
Şekil 1-6: Çatlama mukavemeti verileri için histogram	42
Şekil 1-7: Cp Değerleri	42
Şekil 2-1: Sebep-sonuç diyagramı ana nedenler	49
Şekil 2-2: Sebep-sonuç diyagramı grafiği.....	49
Şekil 2-3: Sebepleri sayma tipi sebep-sonuç diyagramı örneği	50
Şekil 2-4: Pareto grafiği örneği.....	56
Şekil 2-5: Toplam süreç değişkenliği grafiği.....	65
Şekil 2-6: Minitab çıktısı (ROMER)-iki cihazın karşılaştırılması grafiği	68
Şekil 2-7: Minitab çıktısı (ZEISS)-iki cihazın karşılaştırılması grafiği.....	68
Şekil 3-1 :Altı Sigma çalışmalarında oyuncular arasındaki ilişki grafiği	72
Şekil 3-2: Altı Sigma TÖAİK (DMAIC) problem çözme modeli grafiği.....	82
Şekil 3-3: Sigma seviyeleri ve kalitesizlik maliyeti grafiği	98
Şekil 3-4 Süreç Haritalama Tekniklerinin gösterimi	105
Şekil 3-5 Süreç haritalama teknikleri.....	107

Şekil 4-1 Borusan Şirketinde Altı Sigma Roller ve İlişkileri	115
Şekil 4-2 Ishakawa Çalışması	121
Şekil 4-3 Uçak için Grafikselle Gösterim(Histogram)	124
Şekil 4-4 Kamyon ve Uçak Standart Sapması	125
Şekil 4-5 Kamyon ve Uçak Histogramı	126
Şekil 4-6 Kamyon Parça Geliş Süreleri	127
Şekil 4-7 Balık Kılıcı Diyagramı	128
Şekil 4-8 Bölgelere Göre Sipariş Farkı	129
Şekil 4-9 Uçak ve Kamyon Geliş Süreleri Karşılaştırılması	130

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1-1: 3.8σ ve 6σ karşılaştırılması ve sonuçları.....	28
Tablo 1-2 : Ortalama merkezde iken sigma seviyeleri ve hata değerleri.....	32
Tablo1-3: Ortalamannın $1,5\sigma$ kayması sonucu σ seviyeleri ve hata değerleri.....	36
Tablo1-4 : Altı Sigma'yı uygulayan bazı şirketler ve kazançları	36
Tablo 1-5: Bazı firmalar ve bir yılda elde ettikleri tasarruflar	36
Tablo1-6:Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma yaklaşımının karşılaştırması	37
Tablo 1-7 : Değişkenlik türleri ile kısa ve uzun dönem yeterliliği	40
Tablo 1-8:Şişelerin çatlamaya karşı dayanım sonuçları	42
Tablo 1-9: Örnek için frekans dağılımı.....	42
Tablo 1-10: Cp ile milyonda hata sayısı arasındaki ilişki.....	45
Tablo 2-1 : Ölçülebilen özellikler için bir kontrol tablosu	52
Tablo 2-2: Niteliksel özellik gösteren veriler için kontrol tablosu	53
Tablo 2-3: Hata tipleri ile ilgili bilgiler.....	55
Tablo 2-4: Pareto diyagramı için veri çizelgesi	56
Tablo 2-5: Hata olasılığının değerlendirilmesi	59
Tablo 2-6: Hata Türü ve Etkileri analizi formu	60
Tablo 2-7: Şiddet değerlendirme kriterleri.....	62
Tablo 2-8: Gövde ölçümleri Gage R&R verileri	67
Tablo 3-1: Bir uzman kara kuşaklarının öğrenmesi gereken konular	77
Tablo 3-2:Tanımlama süreci takip tablosu.....	83
Tablo 3-3: Ölçme süreci takip tablosu	84

Tablo 3-4 : Ölçümlenme gerektiren alanlar	85
Tablo 3-5: Süreç çıktısı- standardizasyon matrisi.....	89
Tablo 3-6: Üretim ve hizmet sektöründe sigma düzeyi ile kalite anlayışı.....	90
Tablo 3-7: Süreç aşamaları, iyileştirme ve süreç tasarlama arasındaki ilişki	90
Şekil 3-8:Süreç sigma seviyesi ile hata oranı (DPMO) grafiği.....	95
Tablo 3-9 Basitleştirilmiş bir SIPOC diyagramı.....	100
Tablo 3-10 SIPOC diyagramı	1002
Tablo 3-11 Sipoc çalışmasının gösterilmesi	103
Tablo 3-12 Süreç Haritası Sembolleri.....	105
Tablo 4-1 Proje Bildirisi	118
Tablo 4-2 Performans Ölçümü.....	119
Tablo 4-3 Sipoc Çalışması	119
Tablo 4-4 Kamyon ve Uçak Geliş Süreleri.....	123
Tablo 4-5 Risk Analizi.....	134

SEMBOL LİSTESİ

Σ	:Toplam Simgesi
σ	: Standart Sapma
σ^2	: Varyans
$T_{\bar{u}}$: Üst Tolerans
T_a	: Alt Tolerans
C_p	: Potansiyel Süreç Yeterlilik Ölçüsü
C_{pk}	: Fiili Süreç Yeterlilik Ölçüsü
Y	: Bağımlı /açıklanan değişken (davranışlar))
X_1, X_2, \dots, X_k	: Bağımsız/açıklayan değişkenler,
ϵ	: Hata (rassal değişken)
R	: Korelasyon Katsayısı

GİRİŞ

Küresel rekabetle birlikte şirketler, ürün geliştirme, imalat ve her türlü hizmet işlemlerini daha verimli ve etkin kılmak için sürekli bir baskı içinde işlevlerini sürdürmeye çalışmaktadır. Ürün geliştirmede, ürünler en kısa zamanda tasarlanarak, modeller üretime hazır hale getirilir. Ürünlerin yüksek kalitede, düşük maliyette üretilmesinin yanında daha az kaynak kullanımının sağlanarak daha yüksek iş hacmi hedeflenir. Hizmet organizasyonları ise, çevrim süreleri kısaltıp müşteri memnuniyetini artırma amacını güderler.

Altı Sigma Stratejisi, iş yönetim süreci olarak adlandırılır. Strateji, bir hedefe ya da sonuca ulaşmaya yarayan bir plan ya da yöntem olarak tanımlanır. Kalitenin aksine, Altı Sigma, yalnızca yönetimin Altı Sigmaya bağlılığının bakışının geliştirilmesi olmayıp yönetimin işlemlere aktif katılımını da hedefleyen stratejik bir bileşene sahiptir. Altı Sigma farklıdır çünkü iş öncelikle yönetimden başlar.

Altı Sigma operasyonel işlemsel mükemmellik yaklaşımıyla koşulsuz müşteri tatminine dayanan bir yöntemdir. Bu yöntemde, bir firmanın ürün ve hizmetlerdeki performansı sigma düzeyi ile ölçülür. İş süreçlerinde sapma yaratan nedenler belirlenip düzeltilerek sigma düzeyi sürekli artırılır. Bu da iş ve üretim süreçlerinde hataların azalacağı anlamına gelir. Altı Sigma'da hedef, değişkenliği ve sapmayı sifira yaklaştıracak ve beklentileri mükemmel şekilde karşılayacak ürün ve süreçlere ulaşmaktır.

Altı Sigma Modeli'ni uygulayan şirketlerde verimsizlik yaratan ve sigma seviyesinin düşmesine neden olan problemler mercek altına alınır. Altı Sigma Modeli, maliyetlerde ve hata oranında azalma, verim, pazar payı, müşteri ve çalışanların memnuniyetinde artış, kurum kültüründe olumlu değişim gibi konularda firmalara fayda sağlamaktadır. Altı Sigma uygulayan firmalar, ürün ve hizmetlerindeki hata oranını mümkün olan en düşük düzeye indirebilmektedir. Altı Sigma düzeyine ulaşan bir firmanın ürettiği her bir milyon ürün ya da hizmette yalnızca 3,4 hata olasılığı vardır. Neredeyse sıfır hataya yaklaşan bu rakam, başarılı bir Altı Sigma uygulama süreci sonucunda elde edilebilir. Altı Sigma, kusur ve

hataları en aza indirebilmek ve sıfır hataya yakın kalite düzeyini gerçekleştirebilmek için işletmelerin dikkatle uygulaması gereken, tüm dünyada geçerliliği defalarca kanıtlanmış bir yaklaşımdır.

Çalışmamız dört bölümden oluşmuştur. Birinci bölümde Altı Sigmanın tanımı ve gelişimi anlatılmış, Altı Sigma Metodunun temelini oluşturan tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme, kontrol yöntemleri açıklanmıştır.

İkinci bölümde Altı Sigma istatistikî işlemlere dayandığından, metodu oluşturan temel istatistik bilgileri tanıtıcı düzeyde verilmiş ve Altı Sigma'da kullanılan araçlar açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde Altı Sigma organizasyonun nasıl olduğu açıklanmaya çalışılmıştır. Dördüncü bölümde Borusan Şirketinde Altı Sigma uygulaması ile şirketin sigma düzeyi belirtilmiş ayrıca Altı Sigmanın getirdiği kazançlar ile çalışmada sonuç ve öneriler ele alınmıştır. Yapılan çalışmada sigma düzeyi 2,7 olarak belirlenmiştir. Sigma seviyesinin belirlenmesi ile şirketler kazançları ile ilgili tespitte bulunup sürecin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapabileceklerdir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA VE İLGİLİ KAVRAMLAR

Bu bölümde ilk olarak Altı Sigma'nın tanımı yapılarak Altı Sigma'nın gelişim sürecinden bahsedilmiştir. Daha sonra Altı Sigma yaklaşımını uygulayan bazı şirketler hakkında bilgi verilmiş ve nihayet Süreç Yeterliliği Endeksleri ve Altı Sigma Hesaplama Yöntemlerinden söz edilmiştir.

I.1. Altı Sigma'nın Tanımı

Ağırlaşan ekonomik şartlar, daralan pazar ve küreselleşen dünya göz önüne alındığında, sadece çalışmalarının her aşamasında doğru işleyişi garantileyen firmaların hayatta kalmayı başarabilecekleri söylenebilir. Bu durum göz önüne alındığında, hata oranlarını azaltabilen ve yaptıkları hatalardan ders çıkartan bir yönetim anlayışına sahip firmaların, kârlılıklarını ve verimliliklerini devam ettirebilecekleri görülmektedir.

Yapılan hatalar incelendiğinde ise, bunların sonuçlarının doğurduğu kayıpların zaman zaman firmaların kârlarından çok daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Mesela herhangi bir işin %99 başarı ile yapıldığı varsayılrsa bile geriye kalan %1'lik hata payı sonucunda oluşacak olumsuz sonuçlar için, tüm dünyada günde ortalama 15 dakika sağlıksız su içilmesi, haftada 5000 hatalı ameliyat yapılması, ayda 7 saat elektrik sağlanamaması gibi sonuçlar doğabilir.¹

Yapılan araştırmalar neticesinde hataları önlemek için ayrılan bütçenin, hatalı ürünü düzeltmek için ayrılandan çok daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan işlerin kaliteyi ön planda tutan bir sistem çerçevesinde yapılması, tekrarları daha başından önleyeceğinden, hatalı üretim ve hizmet sonucu ortaya çıkacak yeniden yapma, hurdaya atma, müşteri şikâyetleri gibi maliyetleri artırıcı unsurlar kalite sistemi sayesinde en az seviyeye indirilebilecektir.

¹ Mikel J. Harry; The Vision of Six Sigma: Tools and Methods for Breakthrough, Sigma Publishing Company, 1994,s.25.

Buradan da anlaşılacağı gibi, yapılan hataları düzeltmek ve yeniden doğru olarak yapmak için gereğinden fazla zaman ve para harcanmaktadır. Halbuki günümüz piyasa ve rekabet şartlarında firmaların para ve zaman kaybetmeye tahammülleri yoktur. Bu nedenle firmalar etkin kalite sistemleri geliştirmek zorundadırlar.²

Altı Sigma, şirket süreçlerini ve ürünlerini iyileştirmek için Motorola, Texas Instruments, Allied Signal, General Electric, Boeing, Sony gibi firmaların kullandığı bir kalite ve proje yönetim metodudur. Altı Sigma 1980'lerin ortalarında Motorola Şirketince, Japon kalite düşüncesi ve sistemlerinin süreçlerde uygulanması amacıyla geliştirilmiştir.

Altı Sigma yaklaşımını seçen şirketlerin sağladıkları olağanüstü başarılar nedeniyle bu metod, pek çok yazar ve yönetim bilimcinin ilgi odağı haline gelmiştir. Ancak konunun yeni olması ve hakkında henüz yeterli araştırma yapılmamış olması nedeniyle genel geçer bir Altı Sigma tanımı yapılamamıştır. Dolayısıyla Altı Sigma'nın ne olduğu konusunda farklı bakış açıları vardır.

Basın dünyası Altı Sigma'yı çoğunlukla "süreçleri ve ürünleri daha düzgün hale getirmek için mühendis ve istatistikçilerin kullandığı ileri derecede teknik bir yöntem" olarak tanımlar. Çünkü ölçümler ve istatistiksel veriler, Altı Sigma iyileştirmesinin kilit unsurlarıdır.

Altı Sigma; çalışma sürecinde başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaştırmak için tasarlanmış, kapsamlı ve esnek bir sistemdir. Altı Sigma; müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine kavrayıp, gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanarak, iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir.³

² Yenersoy, Gönül; Toplam Kalite Yönetimi, Rota Yayınları, İstanbul, 1997, s.71.

³ Neuman Robert P. - Pande Peter S. – Cavanagh Roland R.; Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul, 2004, s.12.

Altı Sigma; organizasyonun temel süreçlerini, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, değerlendirmek ve iyileştirmek için, şimdi ve gelecekte, tüm çalışanların ilgilerinin ve kantitatif metotların etkin olarak kullanılmasıdır.⁴

Tüm tanımları içeren bir tanım yapılacak olursa; Altı Sigma stratejik süreç iyileştirilmesini, yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini istatistik metotlara ve bilimsel yöntemlere dayandırarak müşteri tarafından tanımlanan hata oranlarında büyük bir indirim sağlamaya yönelik bütünleşik ve sistematik bir yoldur.⁵

Altı Sigma'nın amacı, mevcut problemleri çözmek, deneyimlere dayalı karar vermeden, verilere dayalı karar verme sürecine yönelmek; adım adım iyileştirmeden sıçramalı iyileştirmeye yönelmek, altı sigma kalitesinde yeni ürün ve süreçler tasarlamaktır. Ayrıca, sıfır hataya ulaşmada yeni bir adım oluşturmak, ürün ve hizmetlerde %99.5'ten %99.9 mükemmelliğe ulaşmaktır.

Sadece %99'luk bir kalite, yıllık bazda ya da milyon ürün bazında kalitesiz ürün ve servislerin mevcudiyeti demektir. Bu durum, bir müşteri bazında düşünüldüğünde %100'lük bir hata anlamına gelmektedir.⁶

- Bir Altı Sigma kuruluşunun vizyonu aşağıdaki altı temayı işler:⁷
- Verilere ve bulgulara dayalı yönetim ile hem sonuçları ve çıktıları izleyen etkili bir ölçüm sistemini sağlar.
- Yapılan iş ile “Müşterinin Sesi” arasında bağ kurmayı sağlayan sistem ve stratejilerle olduğu kadar, müşterinin ihtiyaçlarını üst sıraya çıkaran bir yaklaşımla da desteklenir.

⁴ Baş, Türker; Altı Sigma, <http://www.kaliteofisi.com/download/e-kitap.asp>

⁵ Ada, Erhan – Aracıoğlu, Burcu – Kazançoğlu, Yiğit; Türk İşletmelerinde Verimlilik Artışı İçin Altı Sigma Yönetim Sistemi Modeli, Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, Haziran 2004.

⁶ Özkan, Mehmet; http://www.danismend.com/konular/stratejijon/str_6_sigma.htm

⁷ Neuman P. Robert-Pande, S. Peter- Cavanagh R. Roland; Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul, 2004, s.109.

- Süreçlere odaklanma, yönetim ve iyileşme, büyüme ve başarının motoru olduğu düşünülen Altı Sigma'da süreçler sürekli olarak belgelenir, başkalarına duyurulur, ölçülür ve iyileştirilir. Ayrıca, müşteri ihtiyaçlarına ayak uydurmak için süreçler belli aralıklarla tasarlanır ya da tasarımlar güncellenir.

- Proaktif yönetim mantığıyla, problemleri ve değişiklikleri önceden gören davranış ve uygulamaları benimsemek, bulgu ve verileri kullanmak, hedeflere ilişkin fikirleri ve "bir işin nasıl yapıldığını" sorgulamak olduğundan altı sigma bunu sağlar.

- Kurum içi gruplar arasındaki dayanışmayı, müşteriler, tedarikçiler ve tedarik zinciri üyeleriyle bir arada çalışmayı sağlayarak sınırsız işbirliği kurar.

- Risk üstlendikleri ve yanlışlardan ders çıkardıkları sırada bile bir Altı Sigma kuruluşunda çalışanlara yeni yaklaşımları deneme özgürlüğü verir. Bu da mükemmelle yönelik ve hataya karşı hoşgörü demektir. Böylece, performans ve müşteri memnuniyeti konusunda çitayı yükseltir.

I.2. Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişimi

Altı Sigma yaklaşımı, Japon kalite düşüncesi ve kontrol sistemlerinin süreç iyileştirmelerinde kullanılması amacı ile Motorola şirketi tarafından geliştirilmiştir.

İşletmelerdeki mevcut problemleri çözmek, Altı Sigma seviyesinde yeni ürün ve süreçler tasarlamak için oluşturulmuş, kendini kanıtlamış bir proje yönetim yaklaşımıdır.

1970'li yıllarda Japonların kalite devrimi meyvelerini vermeye başlamış ve Japonlar, müşteri beklentilerini karşılayan ucuz ürünleriyle Amerika pazarında egemen olmuşlardır. Birçok Amerika şirketi gibi, Motorola da Japonlarla rekabet etme yeteneğinden mahrum bir vaziyette her geçen gün pazar kaybetmekte ve küçülmekteydi.

Öyle ki, 1970'li yıllarda, Amerika'da televizyon üretimi yapan Quasar şirketi yüksek kalitesizlik maliyetleri nedeni ile Japonların ünlü bir şirketi olan Matsushita'ya satıldı.

Aslında Motorola Şirketi'nin yöneticileri de diğerlerinden pek farklı değildi. Onlar da yaşadıkları problemlerin çözümünü diğer pek çok şirketin yöneticisi gibi şirket dışında arıyorlardı. Fabrika yönetimi Japonlara geçtikten sonra hata oranının bir anda 20 kat azalması, Motorola yöneticilerinin ilk kez kendi yönetim şekillerini sorgulamalarına yol açtı. Artık bazı şeyleri hatalı yaptıklarını kabul etmeliydiler. Her şeyden önce kalite ciddiyle ele alınmalıydı.⁸

1980'lerin ortalarında Motorola tarafından, Japon kalite fikirleri ve sistemlerinin süreçlerde uygulanması amacıyla geliştirilmiş olan altı sigma kısa süre sonra şirket süreçlerini ve ürünlerini iyileştirmek için Texas Instruments, Allied Signal, General Electric, Boeing, Sony gibi firmaların kullandığı bir kalite ve proje yönetim sistemi haline geldi.

Çok geçmeden diğer firmalar da hem hizmet hem de üretim sektöründe kârlılıklarının artırılmasında Altı Sigma'yı kullanmaya başlamışlardır. Amerika'da Motorola ve General Electric başta olmak üzere; Johnson& Johnson, American Express, Citibank, Sun Microsystems v.b.; Avrupa'da Nokia, Siemens, ABB, Bosh, Ericsson v.b.; Uzakdoğuda Kodak, LG, Hyundai, Honda v.b. firmalar üretim ve hizmet süreçlerinde Altı Sigma'yı kullanan dünya çapında firmalardır.⁹

Türkiye'de de Borusan, Vestel, Çimtaş, Teba, Arçelik, Ford Otosan, Sasa, Dow Chemical, Bosch, Ego, Bos, Kalekim, Te1, Kordsa, Bsh-Profilo, Vitra, Fırat Plastik v.b. firmalar üretim ve hizmet süreçlerinde Altı Sigma'yı kullanan firmalardan bazıları olduğunu söyleyebiliriz.

⁸ Six Sigma at Motorola, <http://www.qualityamerica.com>

⁹ S.P.A.C.; Age., s.19.

I.3. Değişkenlik ve Altı Sigma

Süreçlerde bazı hataların oluşmasının nedeni, süreçlerin parametrelerindeki değişkenliktir. Bir işin ya da ölçeğin her seferinde aynı şekilde oluşmaması “değişkenlik” olarak adlandırılır. Değişkenlik her süreçte vardır. Önemli olan değişkenliğin büyüklüğüdür. Değişkenlik başta yok edilebilir ise, doğru iş doğru zamanda yapılarak hata düzeltmek gibi ikinci bir sürece girilmemiş olur. Altı Sigma yaklaşımı, mükemmelle ulaşma, sıfır hatayı yakalama, süreç iyileştirme ve müşteri tatmini sağlama gibi hedeflerine değişkenliği kaldırarak ulaşmaktadır.¹⁰

Değişkenlik ne kadar azalır, tutarlılık ve dolayısıyla kalite o kadar artacaktır. Kuruluşlarda yapılan temel hatalardan birisi de, parametrelerin yalnızca ortalamayla ifade edilmesi ve değişkenliğinden hiç bahsedilmemesidir. Bir süreç hakkında kesin bilgi sahibi olabilmek için, ortalamayla birlikte sürecin değişkenliğinden de söz etmek gerekmektedir. Örneğin, bir şirkette çalışanların yaş ortalamasının 30 olduğu belirtildiğinde, pek çok kişi için bunun anlamı, çalışanların yaşlarının 30 civarında olduğudur. Hâlbuki 45 ve 15 yaşındaki 20’şer çalışanın bulunduğu bir şirketin yaş ortalaması da 30 olacaktır. Dolayısıyla bir süreci yalnızca ortalamayla ifade etmek yanlış olacaktır.¹¹

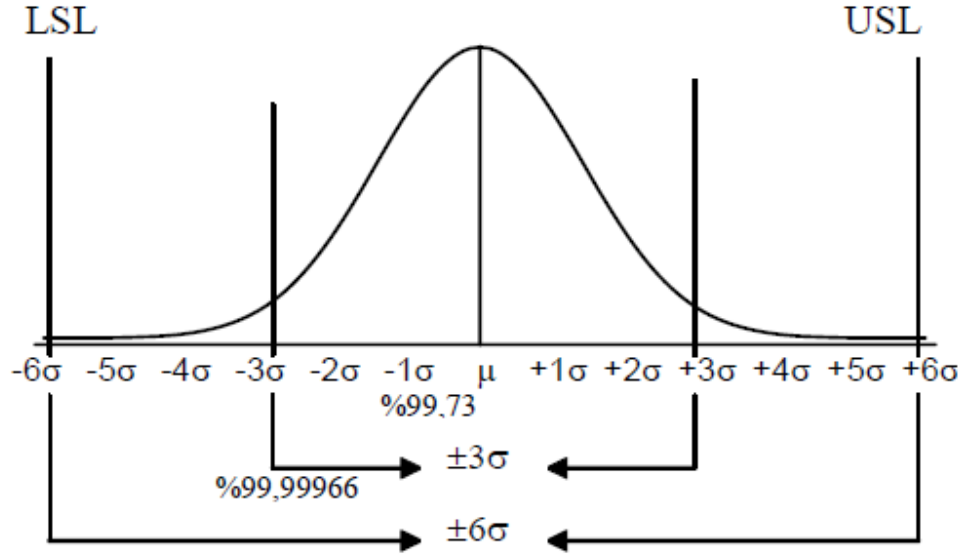
Altı Sigma için değişkenlik en büyük düşmandır. Altı Sigma’nın en önemli amaçları arasında değişkenliğin, hataların, yanlışların ve kusurların azaltılması gelir. Bu amaç için de değişkenliğin ölçülmesi gerekir. İstatistiksel düşüncenin temel elemanları süreç, değişkenlik ve verilerdir. Süreçler çözülecek problemin içinde bulunduğu ilişkiyi sağlar. Bütün süreçler değişkenlikten etkilenir. Değişkenlik birçok problemin kaynağıdır ve çözümler için yol gösterir. Veri ise,

¹⁰ Mikel J. Harry, The Nature of Six Sigma Quality, Motorola University Pres, New York, 1997, s.4.

¹¹ S.P.A.C. Altı Sigma Mükemmellik Modeli Nedir?, S. P. A. C. Danışmanlık Şirketi Yayınları, Ankara, 2003, s.38.

değişkenliği nicelleştirmemize ve etkin süreç iyileştirme yaklaşımları geliştirmemize yarar.¹²

Herhangi bir sürecin değişkenliği, sürecin ortalamaya yani dağılımın merkezine olan uzaklığı standart sapmalar (sigmalar) ile ölçülerek bulunur. Bir sürecin normal dağılımı ± 3 sigma uzaklığında olmalıdır. Bu durum %99.7 ölçüğüdür.



Şekil 1-1 Altı Sigma süreç değişkenliği

Kaynak: <http://www.itil-itsm-world.com/sigma.htm>

Yani üretilen ürün ya da hizmetten milyonda 997300 tanesi, bu ± 3 sigma sınırlarının içinde kalmaktadır, geri kalan 2700 tanesi hatalı olmaktadır.¹³

Bir üretim sürecindeki değişkenlik; şans faktörleri nedeniyle ortaya çıkan değişkenlik ve nedenleri belirlenebilir değişkenlik olarak iki gruba ayrılır.

¹² Snee D. Ronald, "Six Sigma Improves Both Statistical Training and Processes", Quality Progress, October 2000, s.70.

¹³ Özkan, Mehmet; http://www.danismend.com/konular/stratejiyon/str_6_sigma.htm

Değişkenliğin bu iki nedeni bazı yazarlar tarafından genel nedenler ve özel nedenler olarak da adlandırılmaktadır. Özel nedenler belirlenebilir nedenlerdir, buna karşılık genel nedenleri belirlemek mümkün değildir.¹⁴

I.4. Altı Sigma Kalite Düzeyi

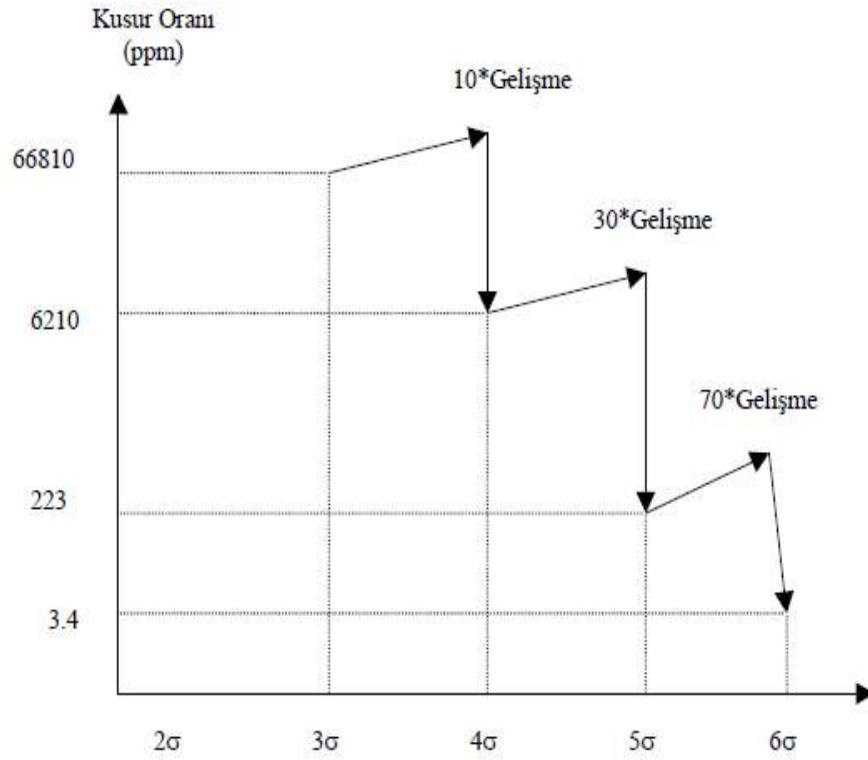
Altı Sigma, ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin ne kadar iyi olduğu hakkında sayısal bir göstergedir. Sürecin sıfır hatalı konumdan ne kadar saptığını gösterir. Bir sürecin altı sigma kalite düzeyinde olması demek, elde edilen ürün veya hizmette 1 milyonda 3.4 adet hataya rastlanması demektir. Temel amaç süreçteki değişimlerin kaynağını izleyip, ortadan kaldırarak kalite seviyesini altı sigma düzeyine çıkarmaktır.¹⁵

Altı Sigma, kalitenin hatırına yapılan bir kalite programı değildir. Müşterilere, yatırımcılara ve çalışanlara daha iyi değerler sağlamayı amaçlar. 3σ 'dan 6σ kalite düzeyine doğru milyonda kusur sayıları doğrusal olarak değil, parabolik olarak azalmaktadır. Hataların azalması gelişme düzeyinde 3σ 'dan 4σ 'ya 10 kat, 4σ 'da 5σ 'ya ulaşıldığında 30 kat, 5σ 'da 6σ 'ya ulaşıldığında ise 70 kat olmaktadır. Bu da 6σ kalite düzeyine ulaşmanın işletme yararları açısından önemini ispatlamaktadır.¹⁶ Gelişme ile ilgili anlatılan durum Şekil 1-2'de gösterilmiştir.

¹⁴ Gürsakal, Necmi – Oğuzlar, Ayşe; Altı Sigma, Vipaş A.Ş., Bursa, 2003, s.175.

¹⁵ Argüden, Yılmaz; Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi, "İş, Güç Bakış" - İş Yaşamı Dergisi Sayı:6, Aralık 2002, s.23.

¹⁶ Pyzdek, Thomas; The Value of Six Sigma, <http://www.qualitydigest.com/dec99/html/sixsigma.html>



Şekil 1-2: 3σ'dan 6σ'ya milyonda hata değerlerinde meydana gelen değişim

Kaynak: Forrest W. Breyfogle; Implementing Six Sigma: Smarter Solution Using Statistical Methods, John Wiley and Sons, New York, 1999, s.10.

Motorola firması altı sigma kalite düzeyinin daha anlaşılır olması açısından başarı oranı %99 ve sigma seviyesi 3.8 ile başarı oranı %99.99966 ve sigma seviyesi 6 olan iki değişik durumu kıyaslayarak sonuçlarını Tablo I-1'de özetlemiştir.

Altı Sigma, özünde bir yönetim felsefesidir. Bu yüzden yönetimin yalnızca desteğini değil aktif katılımını da gerektirir.

Yönetimin Altı Sigma'ya katılımının ilk aracı, iş süreç yönetimi sisteminin oluşturulmasıdır. İş Süreç Yönetiminin oluşturulmasındaki ilk adım, organizasyonun stratejik iş hedeflerini netleştirmek ve açıklamaktır.

Altı Sigma, güçlü bir yönetim stratejisi olarak; özellikle 'bir milyon fırsatta dörtten az kusur' hedefinden; kaliteyi erken tasarım ve gelişme aşamasında ve tüm ömrü boyunca çok çeşitli yaklaşımlarla ürün ve hizmetlerle birleştirmek amacıyla doğmuştur.

Bu sistemi kullanan kuruluşlar Altı Sigma'nın net kar sonuçlarını iyileştirip yüksek kalite ürün ve hizmeti sağlayarak hissedarların servetini arttırmaya odaklı olduğunu iddia etmektedir.

Tablo 1-1: 3.8σ ve 6σ karşılaştırılması ve sonuçları

3.8 sigma (başarı %99)	6 sigma (başarı %99,99966)
Her saat 20000 mektubun kaybolması	Her saat 7 mektubun kaybolması
Her gün 15 dakika güvensiz içme suyunun Akması	Her 7 ayda 1 dakika güvensiz içme suyunun akması
Haftada 5000 hatalı ameliyatın yapılması	Haftada 1,7 hatalı ameliyatın yapılması
Her gün büyük havaalanlarına 2 hatalı inişin yapılması	Her 5 yılda büyük havaalanlarına 2 hatalı İnişinin yapılması
Her yıl 200000 hatalı reçetenin yazılması	Her yıl 68 hatalı reçetenin yazılması
Her ay 7 saat elektriğin kesilmesi	Her 34 yılda 1 saat elektriğin kesilmesi

Kaynak:Altı Sigma Nedir? Ulusal Strateji Dergisi, Aralık 2002, s.90.

Kalite düzeyi açısından bakıldığında bugün birçok şirket üç sigma civarında çalışmaktadır ki, bu da bir milyon fırsatta yaklaşık olarak 67000 hata anlamına gelmektedir. İmalatçılar sık sık dört sigmayı yakalarken, hizmet veren firmalar çoğu kez bir veya iki sigmada kalmaktadırlar.¹⁷

I.5. Yönetim Felsefesi Olarak Altı Sigma

Altı Sigma, yalnız bir kalite inisiyatifi değil, hata oranlarının azaltılmasından fazlasını içeren bir yönetim felsefesidir. Geçtiğimiz yüzyılın en iyi yönetim fikirlerini ve en güçlü araçlarını içerdiği söylenebilir. Altı Sigma'nın uygulandığı işletmelerde kolay çözümlere ihtiyatla yaklaşılır. Çözüm öncesi, problem ve iyileştirme fırsatlarının anlaşılması için zaman ayrılır. Altı Sigma'nın etkin istatistik araçları kullanılarak, ilgili süreçler tüm yönleri ile incelenir ve elde edilen bu bilgilerin ışığında karar alınır. “Yaptım oldu”, “ne diyorsam o” gibi anlayışlar, Altı Sigma yaklaşımında yer almaz.

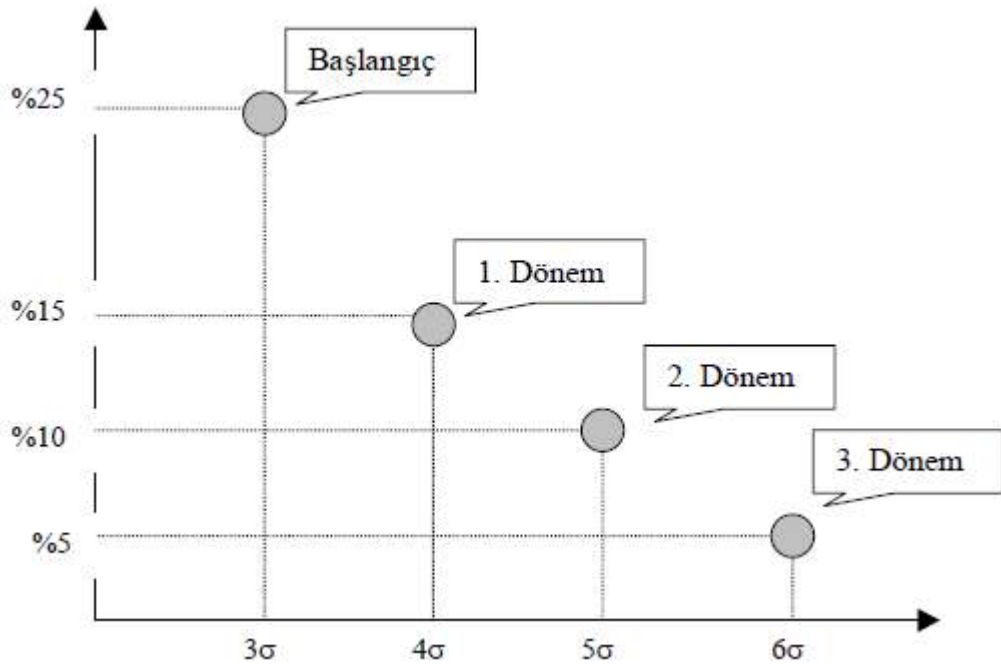
Altı Sigma, salt bir iyileştirme programı değildir. İyileştirme için iyileştirmeyi öngörmez. Müşteri tatminini ve işletme kârını arttırmak için stratejik problem çözme tekniklerini kullanır. Temel istatistik kavramlara dayalı etkin bir karar verme mekanizması ve disiplini sağlar. Çalışanlara iş yapma şekillerini nasıl iyileştirebileceklerini ve yeni performans düzeylerini nasıl koruyabileceklerini öğretir.

Altı Sigma yaklaşımı, süreç gücü ve insan gücünü çok iyi bir şekilde bir araya getirerek sinerji sağlar. Pek çok çalışan için en büyük ödül Altı Sigma projelerinden elde edilen somut sonuçlardır. Ayrıca Altı Sigma, kapsamlı ve esnek yapısı itibariyle stratejik planlamadan, iş programlarına; Ar-Ge çalışmalarından, müşteri hizmetlerine kadar hemen hemen tüm iş faaliyetlerine uygulanabilecek bir

¹⁷ Jerome A. Blakeslee; Implementing the Six Sigma Solution, Quality Progress, July 1999, s.77-86.

yaklaşımıdır. Birkaç önemli sürecin iyileştirilmesinden, tüm organizasyonun yeniden yapılanmasına kadar çok farklı ölçeklerde kullanılabilir.¹⁸

Altı Sigma, temel süreç bilgilerinin işlenmesiyle hataları yok etmeyi amaçlayan bir iş yapma düşüncesidir. Girdiler ve çıktılar arasındaki bağlantılar yardımıyla, süreçleri inceleyerek, gerekli iyileştirme noktalarını tespit etmeye yarayan bir yönetim yaklaşımıdır.¹⁹



Şekil 1-3: 6σ'ya doğru süren gelişme

Kaynak: Pyzdek Thomas; The Value of Six Sigma, <http://www.qualitydigest.com/dec99/html/sixsigma.html>

Altı sigma bir varış yeri ya da son nokta değildir, altı sigma sürekli gelişim için bir yolculuktur. Altı sigma yönetim felsefesinde hiçbir firma kısa sürede ve kolayca 3σ'dan 6σ'ya geçemez. Bunun yerine, genel performans önce 3σ'dan 4σ'ya, daha sonra 5σ'ya ve bunun gibi artan şekilde, insanların eğitimi ve

¹⁸ Baş, Türker; Altı Sigma, <http://www.kaliteofisi.com/download/e-kitap.asp>

¹⁹ <http://www.spac.com.tr/altisigma>

sistemlerin yeniden tasarımı ve geliştirilmesi ile geçilir. Şekil 1-3, 6σ'ya doğru süren gelişimi göstermektedir.²⁰

Altı Sigma felsefesini diğerlerinden ayıran özellik; sistemin, tek bir projenin tamamlanması ile sınırlı kalmamasıdır. Bir organizasyon veya bir süreç lastik banda benzetilebilir. Lastik bant yeni uzunluğunu uygulanan germe kuvveti sonucunda elde eder. Ancak lastik bandın ucu bırakıldığında yeniden eski halini alması kaçınılmazdır.²¹

I.6. İstatistiksel Ölçüm Olarak Altı Sigma

Eski bir Yunan harfi olan sigma (σ), istatistikte bir değişkenlik ölçüsü olan standart sapmayı gösterir. Sigma, ana kütleyle ilişkin olarak normal dağılımın standart sapmasını gösteren bir parametredir.²² Sigma ölçeği ise, süreç yeterliliğini yansıtan istatistiksel bir birimdir. Dağılımın merkezinden iki yana doğru oluşan standart sapmalar, sigmalardır. Sigma ölçeği, aynı zamanda ürün başına hata, milyon ürün başına hatalı ürün, hata olasılığı gibi tanımlarla yakından ilişkilidir.²³

Üç sigma, çıktıların müşteri spesifikasyon limitleri arasındaki normal dağılımını ifade eder. Üç sigma değerinde çıktıların %99.73'ü spesifikasyonları içinde, %0.27'si ise spesifikasyon limitleri dışındadır. Bu alanın dışında her iki kuyrukta sadece 0.00135'lik birer oran kalır. İlk bakışta her iki kuyruğun toplamı olan %0.27'lik bir oran çok küçük görünse de bir milyon ürün üretildiğinde, bu oran ürünlerden 2700 tanesinin hatalı olması anlamına gelir. Elde edilen bu sayı ise küçümsenecek bir sayı değildir. Altı sigma değerinde (süreç ortalaması merkezde) ise çıktıların yalnızca milyonda 0.002'si yani milyarda 2'si limitler dışındadır.²⁴

²⁰ Pyzdek, Thomas; The Value of Six Sigma, <http://www.qualitydigest.com/dec99/html/sixsigma.html>

²¹ Holpp, Larry – Pande, Peter; What is Six Sigma?, McGraw-Hill, New York, 2000, s.40.

²² Argüden, Yılmaz; Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi, <http://www.Kalder.org>

²³ Özkan, Mehmet; http://www.danismend.com/konular/stratejiyon/str_6_sigma.htm

²⁴ Ünal, Perin; ASELSAN TKY Faaliyetleri ve Uygulamaları, <http://www.aselsan.com.tr/DERGI/temmuz98/tky.htm>

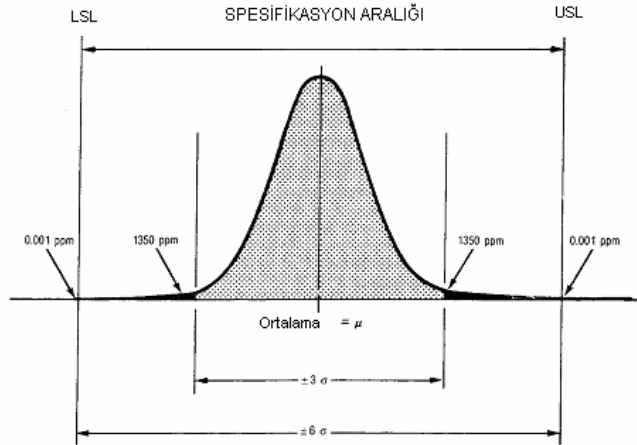
Altı Sigma tekniğindeki amaç, süreçteki değişkenliğin azaltılıp standart sapmanın küçültülerek ASL ve USL arasına iki yönde 6 standart sapmayı ($\pm 6\sigma$) sığdırmak ve bir milyon işlemdeki hatalı ürün sayısını 3.4 (süreç ortalamasının 1.5 σ kayması varsayımı) seviyesine indirmektir. Süreçteki ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak elde edilen z değeri sürecinin sigma seviyesini gösterir.

Tablo 1-2 : Ortalama merkezde iken sigma seviyeleri ve hata değerleri

Sigma Seviyesi	Başarı Yüzdesi	PPM/DPMO
2	95.45	45500
3	99.73	2700
4	99.9937	63
5	99.999943	0,570
6	99.9999998	0.002

Kaynak: Desphande, P.B.-Makker, S.L.-Goldstein; M. Boost Competitiveness via Six Sigma, Chemical Engineering Progress, September, 1999, ss.65-70.

Altı Sigma çalışmalarında, elde edilen bilgiler sayısal değerler ile ifade edilerek ortaya çıkan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilir. Bulunacak olan sigma değeri, hatanın ne miktarda olduğunu ifade etmektedir. Sigma değerinin 6'ya



Şekil 1-4: Üç Sigma ve Altı Sigma'nın istatistiksel gösterimi

Kaynak: Desphande, P.B.-Makker, S.L.-Goldstein; M. Boost Competitiveness via Six Sigma, Chemical Engineering Progress, September, 1999, ss.65-70.

doğru yaklaşması, hataların azalması demektir. Burada hedef, milyonda 3.4 hata oranını yakalamaktır. Bu durum günümüzde az sayıda firmanın ulaşabileceği bir hedef olarak kabul edilmektedir.²⁵

Ortalama spesifikasyon limitlerinin merkezinde olduğunda 3 sigma ve 6 sigma için her iki kuyrukta oluşan hata oranları Şekil 1-4'de gösterilmiştir.

Üzerinde durulması gereken önemli noktalardan biri de sürecin performansı ile sürecin yeteneği arasındaki farktır. Sürecinin performansı, o sürecin bütün zaman boyunca ortaya koyduğu performansla ilgili iken; süreç yeteneği, sürecin zaman boyunca en iyi yeteneği sergilediği zaman aralığındaki durumudur. Buradaki amaç, değişkenliği ve süreçteki hatalı ürün oranını en aza indirmek için süreç en iyi yeteneği sergilediği zaman dilimindeki davranışını tüm süreç süresine yaymaktır.²⁶

Sigma kalite düzeyi ile milyonda hatalı parça sayısı (DPM) veya aynı anlama gelen (PPM) arasındaki ilişkiyi iki farklı durumda incelemek gerekir. Birinci durum sürecin merkezileştirildiğini, sürecin ortalamasının belirli bir hedef değere ayarlandığını varsaymaktır. Diğeri ise normal dağılımın ortalamasının 1.5σ kayması varsayımı ile Altı Sigma limitlerini göstermektedir. Altı Sigma yaklaşımında amaç, süreç değişim miktarının, alt ve üst spesifikasyon limitleri arasındaki değerini $\pm 6\sigma$ olacak şekilde azaltmaktır. Bir sürecin 3σ kalite düzeyinde olması, bir milyon ürün veya hizmette yaklaşık 67000 hatalı ürün veya hizmetin üretilmesi anlamını taşımaktadır. Bu seviye, istatistiksel süreç kontrolünün (İPK) dayandığı 3σ kalite düzeyidir. Bir sürecin 6σ kalite düzeyinde olması ise, bir milyon ürün veya hizmette yaklaşık 3.4 hatalı ürün veya hizmetin üretilmesi anlamını taşımaktadır. Yani süreç, %99.99966 hatasız ürün veya hizmet üretme yeteneğine sahiptir. Bu da onu sınıfının en iyisi yapar.²⁷

²⁵ Pande- Holpp; Age., s.10.

²⁶ Forrest W. Breyfogle; Implementing Six Sigma: Smarter Solution Using Statistical Methods, John Wiley and Sons, New York, 1999, s.67.

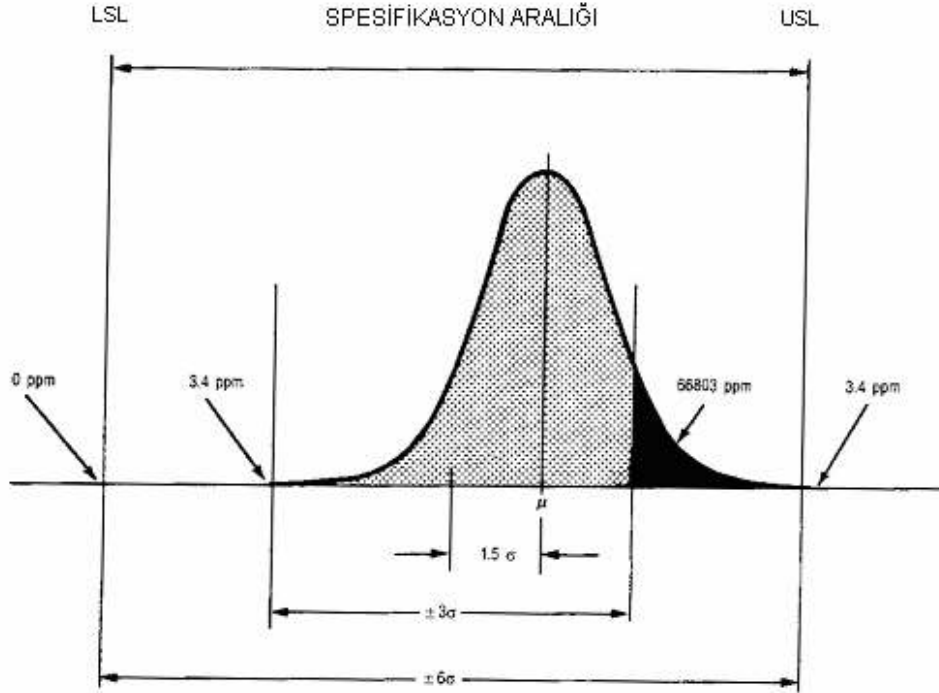
²⁷ Desphande, P.B. -Makker, S.L. - Goldstein, M. Boost Competitiveness via Six Sigma, Chemical Engineering Progress, September, 1999, s.65-70.

Tablo I-3: Ortalamanın 1,5 σ kayması sonucu sigma seviyeleri ve hata değerleri

Sigma Seviyesi	Başarı Yüzdesi	PPM/DPMO
2	69.15	308537
3	93.32	66807
4	99.379	6210
5	99.9676	233
6	99.99966	3.4

Kaynak: Pande Pete-Larry Holpp; What is Six Sigma?, Mcgraw-Hill, New York, 2000, s.11.

Ortalamanın 1,5 σ kayması sonucu 3 sigma ile 6 sigma değişiminin istatistiksel gösterimi Şekil I-5'dedir.



Şekil 1-5: Ortalamanın 1,5 σ kaydırılmış durumu

Kaynak: Forrest W. Breyfogle; Sig Sigma Smarter Solution Using Statistical Methods. Austion: John Wiley, 1999.

Sigma düzeyi ile hata sayısı arasında tersine bir ilişki vardır. Bilindiği üzere hata, müşteri memnuniyetsizliğinde yatan temel nedendir.²⁸

I.7. Altı Sigma Yaklaşımını Uygulayan Bazı Şirketler ve Kazançları

Dünyada birçok şirket, Altı Sigma yöntemlerini uygulayarak çok kısa sürelerde inanılmaz sonuçlar elde etmişlerdir. Örneğin Altı sigmayı 1980'li yıllardan beri uygulayan Motorola'nın 19 yılda elde ettiği getiri 11 milyar dolar civarındadır.

Motorola dünya çapında verimliliğini 3 katına çıkarmıştır. 1991 yılında Altı sigma yaklaşımını kullanmaya başlayan 14 milyar dolar ciroya sahip Allied Signal Inc.'nin 8 yılda elde ettiği getiri 800 milyon doları aşmıştır. Bu miktar toplam cironun %6'sı civarındadır.²⁹

Etkin bir şekilde Altı Sigma yaklaşımını kullanarak büyük kazançlar sağlayan bazı firmaların sonuçları Tablo 1-4'te gösterilmiştir. Altı Sigma çalışmalarında sağlanan önemli başarılarından sonra birçok büyük firmada Altı Sigma uygulamalarının patladığı görülmektedir. Genellikle 1990'lı yılların ikinci yarısında bu çalışmalara başlayan bazı şirketler şunlardır: Kodak, Siemens, Polaroid, Sony, Nokia, Toshiba, Dupont, Johnson&Johnson, Ford, Siebe, BMW, Samsung, John Dere, Asea Brown Boweri (ABB), Texas Instrument, American Express, Citibank, Dow Chemical, Federal Express.

²⁸ Allen, Theodore T., Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma, Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems, Springer-Verlag London Limited, 2006, s.18

²⁹ Argüden; Age., s.32.

Tablo 1-4 : Altı Sigma'yı uygulayan bazı şirketler ve kazançları

FİRMALAR	KAZANÇ	SÜRE
General Electric (GE)	1.5 Milyar \$	3 Yıl
Motorola	2.2 Milyar \$	2.6 Yıl
Allied Signal	1.2 Milyar \$	2 Yıl
ABB	900 Milyon \$	1 Yıl
Texas Instruments	600 Milyon \$	1.8 Yıl
Nokia	300 Milyon \$	2 Yıl
Siebe PLC	1000 Milyon \$	9 Ay

Kaynak: [http:// www.spac.com.tr/altisigma.html](http://www.spac.com.tr/altisigma.html)

Bu şirketler dışında IBM, DEC gibi büyük şirketler de Altı Sigma çalışmalarını denemiş ancak yanlış uygulamalar sebebiyle başarısız sonuçlar elde ederek bu sistemden vazgeçmişlerdir.³⁰

Altı Sigma uygulamalarında başarılı olmuş bazı şirketlerin elde ettikleri tasarruflar Tablo I-5'de gösterilmiştir.

Tablo 1-5: Bazı firmalar ve bir yılda elde ettikleri tasarruflar

Firmalar	Yıllık Tasarruf
TI	340 milyon \$
Asea Brown Boweri(ABB)	900 milyon \$
Polaroid	100 milyon \$
Sony	100 milyon \$
Siebe	130 milyon \$
Nokia	150 milyon \$

³⁰ Borça, Güven; Bu topraklardan dünya markası çıkar mı?, Dördüncü Basım, Şefik Matbaası, İstanbul, 2002, s.27.

I.8. Altı Sigma Yaklaşımının Toplam Kalite Yönetimden Farklılıkları

Temel olarak Altı Sigma bir kalite geliştirme yöntemidir. Kullanılan teknikler ve felsefe olarak Toplam Kalite ve Altı Sigma yöntemleri benzerlik göstermelerine rağmen geniş bir açıdan bakıldığında bazı önemli farklar ortaya çıkmaktadır. Her iki sistemde müşteri memnuniyetine odaklı olup, sürekli gelişmeyi ve uzun süreli başarıyı hedeflemektedir. Asıl fark, yönetim anlayışından kaynaklanmaktadır. TKY’de yöneticilerin hedef cümleleri çok soyut, felsefi ve genel olduğundan, iş yapabilen bir kalite yönetimi stratejisi oluşturmak çok güç olmaktadır. Başarısızlıktan etkilenen firmalar TKY’den vazgeçmekte veya dünya çapında olmasa da standart kabul edilen bir düzeyde başarıyı garantileyen ISO’yu tercih etmektedirler. Hâlbuki kalite teknik ve yöntemlerinin asıl amaçları olan “mümkün olan en başarılı sonucu elde etme” hedefine ulaşmalarını sağlayacağına inanan profesyonel yöneticiler tarafından geliştirilen Altı Sigma; somut ve ölçülebilir hedefler ortaya koyarak çok daha teşvik edici bir rol oynamaktadır.³¹

Tablo1-6:Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma yaklaşımının karşılaştırması

TKY Hatası: Kalite sık sık, şirket stratejisi ve performansının temel konularından farklı bir yan etkinlik gibi görülmüştür.	Altı Sigma Çözümü: Altı Sigma kuruluşları süreç yönetimini, iyileştirmeyi ve ölçümü özellikle işletmeden sorumlu müdürlerin günlük işlerinin bir parçası olarak uygulamaya koyar.
TKY Hatası: TKY, değişimin çok sayıda küçük iyileşmeden oluştuğunu vurgular. Yani adım adım iyileşmeyi savunur.	Altı Sigma Çözümü: Hem küçük iyileşmelerin hem de büyük değişimlerin, 21. yüzyılda iş dünyası açısından ayakta kalmanın bir şartıdır.
TKY Hatası: Sadece ürün kalitesine önem verir. Hizmet, lojistik, Pazarlama ya da eşdeğer öneme sahip diğer hayatsal alanlara gereken önemi vermez.	Altı Sigma Çözümü: Bütün iş süreçlerine önem verir. Yalnızca hizmet ve işlemsel süreçleri ele almakla kalmaz, üretime kıyasla bu alanlara daha fazla önem verir.

³¹ Pyzdek, Thomas; Why Six Sigma is not TQM, http://www.pyzdek.com/six_sigma_vs_tqm.htm

<p>TKY Hatası: Etkisiz bir eğitim vardır. İnsanlar TKY araçlarının ne olduğunu biliyor. Fakat onları nasıl, ne zaman uygulayacaklarını bilmiyor. Özellikle iyileştirmenin nasıl hayata geçirileceği konusunda belirgin bir içerik sunmaktan çok eğitim araçlarına odaklanmıştır.</p>	<p>Altı Sigma Çözümü: Altı Sigma kuruluşları eğitim konusunda çok yüksek standartlar koyar ve çalışanlarının bu standartlara ulaşmasını sağlamak için gerekli zamanı ayırır ve parasal yatırımı yapar. Eğitimcilerine kurslar düzenleyip sertifikalar verir. Uzman Kara Kuşak, Kara Kuşak, Yeşil Kuşak gibi.</p>
<p>TKY Hatası: Belirsiz bir hedefi vardır. Pek çok şirket kulağa hoş gibi gelen kavramlarla kalite kavramını daha da bulanık hale getirmişlerdir. Çünkü hedeflere doğru ilerlemeyi değerlendirecek gereçleri oluşturamamışlar. Bu da TKY'yi açık uçlu bir çevrim olmaya mahkum etmektedir. TKY'yi uygulayan bazı şirketler belirli bir hedefi tutturamadıkları için onlar için sonuç hüsrana olmuştur.</p>	<p>Altı Sigma Çözümü: Anlamlı ve net bir hedefi vardır. Özellikle anlaşılır bir hedef Altı Sigma'nın belkemiğidir. Bu hedef çok iddialı olmakla birlikte "sıfır hata" kampanyalarının tersine inandırıcı bir hedefdir. Hedefte başarı oranıyla %99,99966 mükemmellik, milyon fırsatta 3.4 hata gibi sonuçlar vardır. İyileşmeler para ile de ifade edilebiliyor.</p>

Kaynak: Neuman P. Robert-Pande, S. Peter- Cavanagh R. Roland; Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul, 2004, s.75.

Altı Sigma çalışmaları, mevcut kalite çabalarını ret eden bir yaklaşım değildir. Tıpkı iş mükemmelliği modelleri, Toplam Kalite Yönetimi, ISO 9000:2000 serisi standartları ve diğer sistemler gibi süreç yaklaşımını esas almaktadır, iyileştirme odaklıdır, gerçekçi verilere dayalı istatistiksel analizleri içerir. Ancak geçmişte uygulanan ve başarısız sonuçlara uğramış kalite çabalarının düştüğü hataları tekrarlamayacak bir yapı gerektirmektedir.³²

Altı Sigma yaklaşımı, neler yapılması gerektiğinden çok nasıl yapılacağıнын yöntemlerini sunmaktadır. Dolayısıyla TKY ve diğerlerine alternatif değil, onu bütünleyen, destekleyen ve birlikte yürütülecek bir yöntemdir. TKY, kaliteye yönelmiş bir yaklaşımken, Altı Sigma iş sonuçlarına yönelmiştir. Altı Sigma,

³² Gür, İ. İlker; Altı Sigma Trendi Yükselişte, http://www.sistemim.com.tr/article_tr_6sigma.htm

kendisinden önceki pek çok yaklaşımının başarılı yönlerini bünyesinde toplaması ve sahip olduğu çok güçlü araçlarla diğer yaklaşımları vaat ettiklerini gerçeğe dönüştürebilmesiyle de TKY ve diğerlerinden ayrılmaktadır. TKY, işletmede çalışan herkes tarafından benimsenmesi ve uygulanması gereken bir yöntemdir. Altı Sigma ise öncelikle Altı Sigma yöneticilerinin eğitime alınmasıyla başlamaktadır.³³

Toplam kalitenin başarısız olduğu durumlarda Altı Sigma yaklaşımının nasıl başarılı olduğu Tablo 1-6'da gösterilmiştir.

I.9. Süreç Yeterliliği ve Performans Endeksleri

İstatistiksel teknikler, geliştirme faaliyetleri ve imalat dahil ürün çevriminin bütün aşamalarında süreç değişkenliğinin sayısallaştırılmasında, değişkenliğin ürün gereklilikleri yada spesifikasyonlarına göre analiz edilmesinde ve değişkenliğin ortadan kaldırılmasında yada en az düzeyde tutulmasında imalat ve geliştirme bölümlerinde çalışanlara önemli yararlar sağlar. Bu genel faaliyete süreç yeterliliği denir.³⁴ Süreç yeterliliği analizleri ile sürecin kararlı durumda olup olmadığı belirlenir, sürecin kararlı olmasını engelleyen kaynaklar araştırılır, nedenler belirlenir ve bu nedenleri ortadan kaldıracak önlemler alınır.

Bir süreç iyileştirilmeden önce belirli bir süreç yeterliliğine sahip olmalıdır. Süreç iyileştirme çalışmalarında başarılı olunabilmesi için süreç yeterliliği çalışması başarılı bir şekilde tamamlanmış olmalıdır.³⁵

İşletmelerin rekabette başarılı olabilmesi için, tüketici spesifikasyonları içerisinde üretim yapmaları gerekmektedir. Yakın gelecekte işletmeler rekabet üstünlüğü sağlayabilmek için, hedef değerde üretim yapma durumunda kalacaktır.³⁶

³³ Ertuğrul, İrfan; Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri, Ekin Kitabevi, Bursa, 2004, s.283.

³⁴ Gitlow, H.- Gitlow S.-Oppenheim A.- Oppenheim R. Tools and Methods for the Improvement of Quality, Irwin Homewood, IL, U.S.A., 1989, s.65.

³⁵ http://www.geocities.com/alti_sigma

³⁶ Mccoy, P. F. Using Performance Indexes to Monitor Production Process, Quality Progress, February, 1991, s.50.

İşletmelerin istenilen kalite düzeyini sağlayabilmesi için ürünler, tüketici beklentilerini ifade eden spesifikasyonların içerisinde oluşturmalıdır. Buna göre, üretim sürecinin spesifikasyonları karşılayan ürün oluşturabilme yeteneği sürekli olarak incelenmelidir.

Bu inceleme, süreç yeterlilik endeksleri ile yapılabilir. Yeterlilik endekslerinin periyodik olarak hesaplanması ile süreç sürekli olarak kontrol altında tutulabilir.³⁷

Süreç yeteneğini hesaplama yönteminden biriside süreç yeterliliğidir. Süreç yeterliliğini sayısallaştırılma nedeni ürün toleransını elde tutmak için süreç yeteneğini hesaplayabilmektedir. İstatistiksel kontrol altındaki süreçler için tolerans limitlerine ilişkin 6σ değişiminin karşılaştırılması, kusurlu yüzdesinin hesaplanmasını hazır hale getirir.³⁸

Süreçler için belirli bir andaki anlık değişkenlik ve zaman içindeki değişkenlik gibi iki tür değişkenlik söz konusudur. Bir sürecin değişkenliği anlık ve zaman içindeki değişkenlik gibi iki şekilde değerlendirildiği için, süreç yeterliliğini de kısa ve uzun dönem olmak üzere iki bakış açısına göre değerlendirmek gerekir. Tablo 1-7'de özel ve genel nedenlerden hangilerinin uzun ve kısa dönem yeterlilikleri etkilediği gösterilmiştir.

Tablo 1-7 : Değişkenlik türleri ile kısa ve uzun dönem yeterliliği

	Özel nedenlerle ortaya Çıkan değişkenlik	Genel nedenlerle ortaya Çıkan değişkenlik
Uzun Dönem Yeterliliği	X	X
Kısa Dönem Yeterliliği		X

³⁷ Söndürmez, Günay – Özveri, Onur; Süreç Yeterlilik Analizi Tekniklerinin Bir Tekstil İşletmesinde Uygulanması, V.Ulusal Ekonometri Sempozyumu, Eylül 2001, ss.35-47.

³⁸ Öztürk, Ahmet; Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Yayınevi, 2009, s.353

Tablo 1-7’de belirtildiği gibi, genel nedenlerle ortaya çıkan değişkenlik bir sürecin uzun ve kısa dönem yeterliliğini etkilerken; özel nedenlerle ortaya çıkan değişkenlik ise, bir sürecin sadece uzun dönem yeterliliğini etkiler.³⁹

I.9.1. Histogram ile süreç yeterliliği analizi

Histogram, süreç yeterliliğinin tahmininde kullanılan yararlı bir yöntemdir. Anlamlı bir süreç yeterliği sonucuna ulaşabilmek için en azından 100 ya da daha fazla gözlem yapılması gereklidir.⁴⁰ Veri toplama öncesinde aşağıdakiler yapılmalıdır.⁴¹

- Öncelikle kullanılacak tezgâh ya da tezgâhlar seçilmelidir. Seçilen tezgâhlarda yapılacak uygulama daha büyük bir tezgâh grubuna genişletilecekse seçilen tezgâhlar bu anakütleyi temsil etmelidir.
- İkinci aşamada süreç çalışma şartları (kesme hızları, besleme oranları, sıcaklıklar, vb.) tanımlanmalı ve seçilmelidir. Bu faktörlerdeki değişikliklerin süreç yeterliği üzerindeki etkilerinin incelenmesi önemli olabilir.
- Temsilci bir operatör seçilmelidir. Bazı analizlerde operatör değişkenliğinin tahmin edilmesi önemli olabilir. Böyle durumlarda operatörler, operatör anakütlesinden tesadüfi olarak seçilmelidir.
- Veri toplama süreci dikkatli bir şekilde izlenmeli ve her birimin üretim zamanı kaydedilmelidir.

Örnek: Tablo I-8’de 100 adet bir litrelik içecek şişesinin sıcaklığının çatlamaya karşı dayanıklılığı sonuçları verilmiştir. Tablo I.9’de ise verilerin frekans dağılımı yer almaktadır.

³⁹ Gürsakal-Oğuzlar; Age., s.201.

⁴⁰ Douglas C. Montgomery; Introduction to Statistical Quality Control, 4th Edition, John Wiley and Sons. Inc., 2001, s.352.

⁴¹ Bozkurt, Rıdvan; Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri: İstatistiksel Teknikler, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:630, Ankara, 2001, s.144.

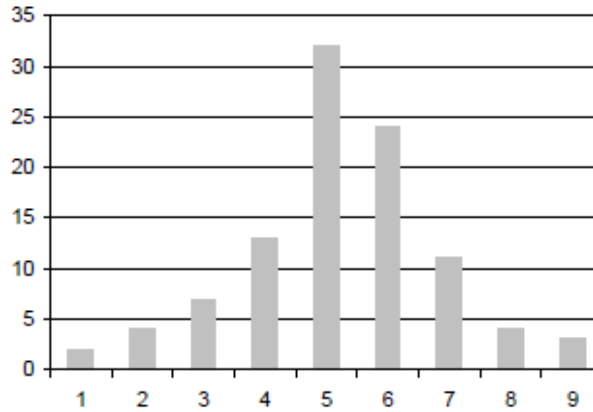
Tablo 1-8:Şişelerin çatlamaya karşı dayanım sonuçları

265	197	346	280	265	200	221	265	261	278
205	286	317	242	254	235	176	262	248	250
263	274	242	260	281	246	248	271	260	265
307	243	258	321	294	328	263	245	274	270
220	231	276	228	223	296	231	301	337	298
268	267	300	250	260	276	334	280	250	257
260	281	208	299	308	264	280	274	278	210
234	265	187	258	235	269	265	253	254	280
299	214	264	267	283	235	272	287	274	269
215	318	271	293	277	290	283	258	275	251

Tablo 1-9: Örnek için frekans dağılımı

Sınıf Aralığı	Frekans	Nispi Frekans	Kümülatif Nispi Frekans
$170 \leq x < 190$	2	0.02	0.02
$190 \leq x < 210$	4	0.04	0.06
$210 \leq x < 230$	7	0.07	0.13
$230 \leq x < 250$	13	0.13	0.26
$250 \leq x < 270$	32	0.32	0.58
$270 \leq x < 290$	24	0.24	0.82
$290 \leq x < 310$	11	0.11	0.93
$310 \leq x < 330$	4	0.04	0.97
$330 \leq x < 350$	3	0.03	1.00
Toplam	100	1.00	

Tablo I-8’de bulunan veriler kullanılarak hazırlanan histogram Şekil I-6’da gösterilmiştir.



Şekil 1-6: Çatlama mukavemeti verileri için histogram

Kaynak: Douglas C. Montgomery; Introduction to Statistical Quality Control, 4th Edition, John Wiley and Sons Inc., 2001, s.353.

Verilerin analizi $\bar{x} = 264.06$ ve $\sigma = 32.02$ olarak hesaplanır. Bu nedenle süreç yeterliği;
 $x \pm 3S$
ifadesi ile,

$$264.06 \pm 3(32.02) = 264 \pm 96$$

olarak tahmin edilebilir. Histogram, mukavemet dağılımının normale yakın olduğunu göstermektedir. Bu durumda ürünlerin %99.73'ünün dayanımlarının 168 ile 360 arasında olabileceği tahmin edilebilir.⁴²

I.9.2. Süreç potansiyel endeksi (Cp)

Süreç potansiyel endeksi, süreç standart sapmasının, spesifikasyon sınırları ile ilişkilendirilmesiyle oluşturulur ve verilerin yayılımını inceler. Ölçülen bir (x) karakteristiği için, alt ve üst spesifikasyon sınırları ASL, USL olarak ve standart sapması da σ olarak ifade edilirse, süreç potansiyel endeksi,

$$C_p = \frac{USL - ASL}{6\sigma}$$

Formül 1-1

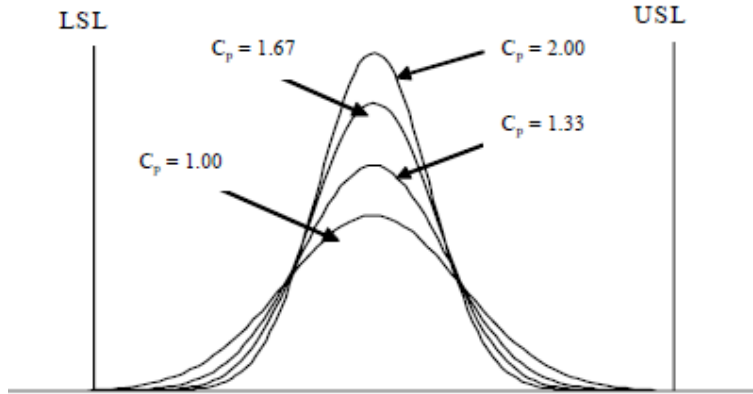
biçiminde formüle edilir.⁴³

Formülden de görüldüğü gibi, Cp indeksi yalnızca süreç yayılımını analiz eder. Şekil I-7'den de görüldüğü gibi, Cp değerinin 1'den büyük olması istenen bir durumdur. Buna karşın, uygulamalarda $C_p > 1.33$ durumu önerilir. Ayrıca güvenilir sonuçlar elde edebilmek için de, örnek sayısının en az 50 olması uygun olur.⁴⁴

⁴² Montgomery; Age., s.353-354.

⁴³ Victor E. Kane; Process Capability Indices, Journal of Quality Technology, Vol:18, No:1,1986, s.41.

⁴⁴ Samuel I. Kotz - Norman L. Johnson; Process Capability Indices, Chapman and Hall, England,1993, s.5.



Şekil 1-7 : Cp değerleri

Şekil I-7’de, spesifikasyon limitleri sabit kalmak şartı ile farklı Cp değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Cp = 1.00 olması demek, üretilen parçaların %0.27’sinin spesifikasyon limitleri dışında kalması demektir. Bu da milyonda yaklaşık 2700 hata anlamına gelir.

Cp = 1.33 olması demek, üretilen parçaların %0.0064’ünün spesifikasyon limitleri dışında kalması demektir. Bu da milyonda yaklaşık 64 hata anlamına gelir. Bu durum 4σ ($1.33*3\sigma = \pm 4\sigma$) hedefine karşılık gelmektedir.

Cp = 1.67 olması demek, üretilen parçaların %0.000057’sinin spesifikasyon limitleri dışında kalması demektir. Bu durum 5σ ($1.67*3\sigma = \pm 5\sigma$) hedefine karşılık gelmektedir. Cp = 2 değerini yakalaması ise altı sigma hedefi demektir.⁴⁵

Süreç yeterlilik oranı olan Cp, sürecin spesifikasyonları karşılayan ürün imal etme yeteneğinin bir ölçüsü olduğundan, Cp endeksi ile kusurlu ürün imal etme sayıları birbiriyle yakından ilişkilidir. Tablo 1-10’de değişik Cp değeri için üretilen bir milyon parçada hatalı parça sayıları gösterilmiştir.⁴⁶

⁴⁵ <http://www.sytsma.com/tqmttools/proccapanal.html>

⁴⁶ Montgomery; Age., s.360.

Tablo 1-10: Cp ile milyonda hata sayısı arasındaki ilişki

C _p	Milyonda Hata Sayıları (ppm)	
	Tek yönlü spesifikasyon	Çift yönlü spesifikasyon
0.25	226.628	453.255
0.50	66.807	133.614
0.60	35.931	71.861
0.70	17.865	35.729
0.80	8.198	16.395
0.90	3.467	6.934
1.00	1.350	2.700
1.10	484	967
1.20	159	318
1.30	48	96
1.40	14	27
1.50	4	7
1.60	1	2
1.70	0.17	0.34
1.80	0.03	0.06
2.00	0.0009	0.0018

1.9.3. Fiili yeterlilik endeksi (Cpk)

Bir ürünün kalitesinin belirlenmesinde, ürünün gösterdiği yayılımın incelenmesi kadar, ortalama değerinin hedef değere ne ölçüde yakın olduğunun bilinmesi de önemlidir. Cp endeksi ile süreç yayılımının hangi düzeyde olduğunu incelenebilir.

Ancak sürecin hedef değerde oluşma derecesi ile ilgili bilgi sağlanamaz. Bu nedenle ortalama değer yerleşimini değerlendiren Cpk endeksi geliştirilmiştir. Bu endeks,

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{\mu - ASL}{3\sigma}, \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right\} \quad \text{Formül 1-2}$$

biçiminde formüle edilir. Cp ve Cpk arasındaki ilişki,

$$C_{pk} = C_p (1-k) \quad \text{Formül 1-3}$$

eşitliği ile ifade edilir.

Burada k, sürecin merkezden ne kadar uzakta olduğunu ölçen bir faktör olmak üzere,

$$k = \frac{|m - \mu|}{(USL - ASL)/2}, \quad 0 < k < 1 \quad \text{Formül 1-4}$$

eşitliği ile hesaplanır. m ise,

$$m = \frac{USL + ASL}{2}$$

Formül 1-5

olup spesifikasyon limitlerinin orta noktasını verir.⁴⁷

Süreç ve ürün değişkenleri fiziksel olarak ölçülebilen, gerilim, boyut, gürültü seviyesi, duyarlılık ve sıcaklık gibi şeylerdir. Altı sigma hedefine ulaşmak için değişkenlerin Cp = 2 ve Cpk = 1.5 olacak şekilde ürün veya sürecin tasarlanması gerekmektedir. Bu şartlar sağlanırsa, hata sayısı milyonda 3.4 olacaktır. Sürecin kalitesini değişkenler için iki şekilde tanımlanabilir; standart sapma s ve ortalamadan kayma (m-T). Bu iki gösterge için Cp ve Cpk indeksleri kullanılır.

Cp indeksi yüksek olması süreç yeteneğini gösterir ama ürünün istenilen karakteristiğinin her defasında sağlanıp sağlanmayacağını göstermez. Cp ve Cpk indekslerinin yüksek olması ise gerçekten sürecin istenilen karakteristiği limitler içinde sağlayıp sağlamayacağını garantiler.⁴⁸

Juran'a göre Cpk'nın 1.33(4σ) olması süreç için yeterli iken, Motorola da uygulanan Altı Sigma programına göre sürecin yeterliliği için Cpk = 1.5 olması önerilmiştir.⁴⁹

Altı Sigma tasarımı için Cpk değerinin 2 yerine 1.5 olması gerektiğinin nedeni ortalamanın 1.5σ kaymasıdır. O halde ortalamanın 1.5σ kayması sonucu,

$$C_{pk} = \frac{6\sigma - 1.5\sigma}{3\sigma} = \frac{4.5\sigma}{3\sigma} = 1.5$$

Formül 1-6

olarak bulunur. Dolayısıyla Altı Sigma uygulamalarında Cp = 2 ve Cpk = 1.5 olmalıdır.⁵⁰

⁴⁷ Breyfogle; Age., 1999, s.196.

⁴⁸ Öztürk, Ahmet; Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Yayınevi, Bursa, 2009, s.354

⁴⁹ Breyfogle; Age., 1999, s.198.

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN İSTATİSTİK TEKNİKLER

Bir işletmede Altı Sigma uygulanırken tüm tekniklerin kullanılması gerekmez. İşletmeler süreçlerine uygun olan tekniklerden bir veya bir kaçını kullanabilirler. Bu bölümde Altı Sigma uygulamalarında en sık kullanılan tekniklerden söz edilecektir.

2.1. Beyin Fırtınası

Beyin fırtınası (Brainstorming) yaratıcı düşünmeyi yüreklendiren ve kısa sürede takım anlayışı ile serbestçe pek çok fikrin üretilmesini sağlayan bir tekniktir. Bazen bir sürecin neden başarısız olduğunu veya problemin nereden kaynaklandığını belirlemek güçtür. Rasyonel veya geleneksel düşünme her zaman problemin esas kökenine inmez ve çoğu kez sorunu gidermeden aynı problemi defalarca çözmeye çalışırız.

Yaratıcı düşünme ve problem çözme yaklaşımları, takım elemanlarını motive ettiği gibi onları geleneksel düşünmeden sakındırarak problemlere yenilikçi ve seçenekli yanıtlar sağlar. Beyin fırtınasında grubun her üyesi ele alınan problem hakkında görüşlerini öne sürmek için sırayla davet edilir. Beyin fırtınası oturumunda asla eleştirici veya alaycı davranışlara izin verilmez. Ayrıca oturumda bulunan herkesin eşit düzeyde olduğu kabul edilir ve asıl amaç istekli ve yaratıcı bir ortamın yaratılmasıdır.⁵¹

Beyin fırtınası, daha çok düşünce oluşturmak için belli sayıda bireyden oluşan bir grubun herbir üyesinin kapasitesinden yararlanmayı amaçlar. Grup üyelerinden her birinin düşüncesi problemleri çözme grubunu doğurur. Beyin fırtınası iki evreden oluşur:⁵²

⁵⁰ Six Sigma Quality Managementand Desirable Laboratory Precision, <http://www.westgard.com/essay> 35.htm

⁵¹ Öztürk, Ahmet; Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Yayınevi, 2009, s.370

⁵² Şimşek, Muhittin; Toplam Kalite Yönetimi, Alfa Yayınları, İstanbul, 2004, s.268-269.

- Çok sayıda düşünce, bu düşüncenin kalitesine bakılmaksızın araştırılır.
- Daha sonra düşüncelerin kalitesi konusunda ayırım yapılır.

Beyin fırtınası, bazı konularda çember üyelerinin problemi analizlerinde kolaylık sağlar. Bunlar şöyle sıralanabilir:⁵³

- Her şeyden önce istekli çalışma grubu, çeşitli konular hakkında bir liste tarif eder.
- Grup, bir sorunun incelenmesi evresinde yeni düşünceler ortaya çıkarmak için olayları araştırma, nedenleri araştırma, çözümleri araştırma ve ortaya konan araçların araştırılması fırsatını bulur.
- Çeşitli fikir ve bilgilerin elde olmaması halinde kalite kontrol çemberlerini devreye sokmak mümkün olur.

2.2. Sebep-Sonuç Diyagramı

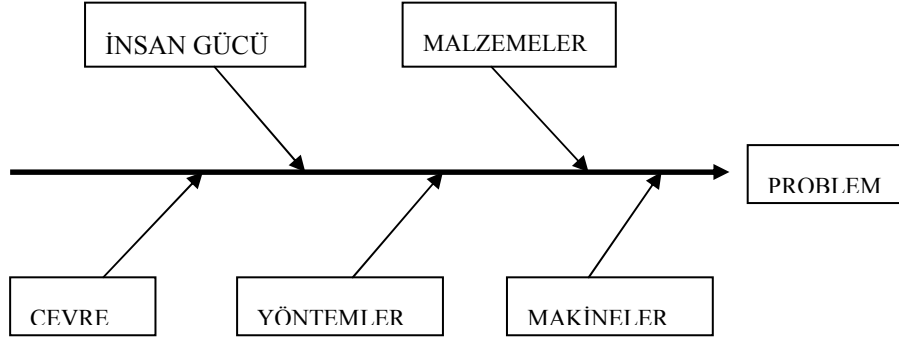
Sebep-sonuç diyagramı, süreçte ortaya çıkan bir hatanın muhtemel tüm sebeplerini gösteren bir diyagramdır. Hata belirlendikten sonra, ilgili tüm şahıslar bir araya toplanarak beyin fırtınası uygulaması yaparlar ve böylece söz konusu hatanın muhtemel sebepleri tespit edilir. Tespit edilen ana sebepler ve ana sebepleri etkileyen tali sebepler bir balık kılıcı şeklinde gösterilir. Bundan dolayı sebep-sonuç diyagramına “balık kılıcı” diyagramı da denir.⁵⁴

Kalite iyileştirmede bir hayli başarılı bir araç olarak kullanılan sebep-sonuç diyagramının oluşturulması için ilk önce ana nedenler belirlenir. Sebep-sonuç diyagramını oluşturan ana nedenler 4M olarak adlandırılan Makine (**M**achinery), İnsan gücü (**M**anpower), Yöntem (**M**ethods) ve Malzeme (**M**aterials) faktörlerinden oluşur.

⁵³ Şimşek; Age., s.272.

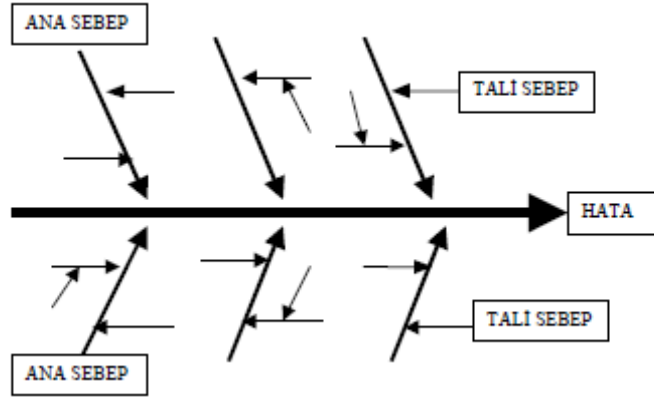
⁵⁴ Kartal, Mahmut; İstatistiksel Kalite Kontrolü, Şafak Yayınevi, Erzurum, 1999, s.268-269.

Bu durum Şekil 2-1’de gösterilmiştir.⁵⁵



Şekil 2-1: Sebep-sonuç diyagramı ana nedenler

1940’ın ortalarında Dr. Kaoru Ishikawa tarafından bulunan sebep-sonuç diyagramında takım tarafından beyin fırtınası yöntemi kullanılarak önce bir sorun belirlenip bu soruna sebep olabilecek en önemli ana nedenler belirlendikten sonra her ana nedeni etkileyen en önemli alt nedenler işaretlenir.⁵⁶ Örnek bir sebep-sonuç diyagramı Şekil 2-2’deki gibidir.



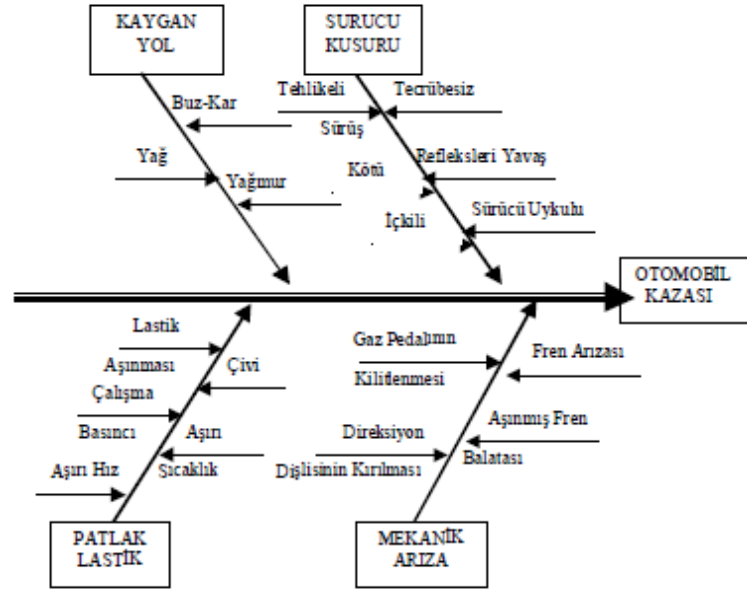
Şekil 2-2: Sebep-sonuç diyagramı grafiği

Kaynak: Mahmut Kartal; İstatistiksel Kalite Kontrol, Şafak Yayınevi, Sivas, 1999, s.40.

⁵⁵ <http://web2.concordia.ca/Quality/tools/12fishbone.pdf>

⁵⁶ Steven H.Hoisington- Earl Nauman; Customer Centered Six Sigma: Linking Customers, Process Improvement, and Financial Results, Quality Press, 2000.

Sebepler sonuç diyagramı; sebepleri sayma, dağılım analizi ve süreç analizi şeklinde olabilir. Bunlar aynı ilkeye dayanmakla beraber aralarında ufak farklar vardır. En çok kullanılan sebepleri sayma diyagram çeşidi örneklerinden biri Şekil 2-3’de gösterilmiştir.⁵⁷



Şekil 2- 3: Sebepleri sayma tipi sebep-sonuç diyagramı örneği

Kaynak: Mustafa Akkurt; Kalite Kontrol-Excel Destekli, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002, s.231.

2.3. Kontrol Tablosu

Kontrol tablosu, üretimden alınan verilere dayanarak üretimin eğilimini veya ölçüm değerlerinin dağılımını görmeye bir başlama noktasıdır. Üretim esnasında ortaya çıkan olayların hangi sıklıkta olduğunu kolayca görebilmeye kullanılan, kullanımı ve anlaşılması kolay bir formdur. Kontrol tabloları vasıtasıyla

⁵⁷ Akkurt, Mustafa; Kalite Kontrol-Excel Destekli, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002, s.230.

süreçte meydana gelen zaman içindeki değişmeleri mukayeseli olarak görmek mümkün olabilir. Böylece en çok karşılaşılan hata çeşidi de tespit edilmiş olur.⁵⁸

Kontrol tablosunda en çok dikkat edilecek unsur, verinin doğru ve dikkatli bir biçimde temin edilmesidir. Temin edilen verilerin kolay ve hızlı bir biçimde kullanılması ve analiz edilebilmesi için; veriler, tablo halinde düzenlenir. Her bir veri için ayrı ayrı kontrol tablosu hazırlanır.⁵⁹

⁵⁸ Mahmut Kartal; İstatistiksel Kalite Kontrolü, Şafak Yayınevi, Erzurum, 1999, s.35.

⁵⁹ Dale H. Besterfield. Quality Control, 3. Baskı, Prentice Hall, International Editions, 1990, s.387.

Tablo 2-1 : Ölçülebilir özellikler için bir kontrol tablosu

KONTROL TABLOSU																
Ürün Adı: Metal Mil								Tablo No:								
Ölçülebilir Özellik: Çap								Üretim Yeri:								
Spesifikasyon Limitleri: 0,9 cm – 1,9 cm								Bölüm:								
Örnek(Numune) Büyüklüğü: 100								Üretim Tarihi:								
Tabloyu İşleyen:																
Frekans	Boyutlar															
	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
25			+										+			
20								+								
15							+	+								
10							+	+	+							
5					+	+	+	+	+	+	+					
				+	+	+	+	+	+	+	+	+				
			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Toplam	0	0	1	3	7	10	18	21	16	12	8	4	0	0	0	0

Kontrol tablosu oluşturulduğu zaman verinin toplandığı tarih, verinin tipi, parti numarası, analizi yapan kişi ve süreçte oluşan değişikliklerin sebebini tespit etmede yararlı olabilecek diğer bilgilerin anlaşılır biçimde belirtilmesi büyük önem taşır.⁶⁰

⁶⁰ Douglas C. Montgomery; Introduction to Statistical Quality Control, 2. Baskı, John Wiley and Sons. Inc., 1991, s.119.

Eğer kontrol edilecek olan özellik uzunluk, ağırlık, zaman gibi ölçülebilir bir özellik ise kontrol tablosuna, “ölçülebilir özellikler için kontrol tablosu” denir. Ölçülebilir özellikler için kontrol tablosu Tablo 2-1’de düzenlenmiştir.

Tablo 2-2: Niteliksel özellik gösteren veriler için kontrol tablosu

KONTROL TABLOSU		
Ürün Adı:	Tarih:	
Ürün Kodu:	Saat:	
Parti No:	Veri Toplayan:	
Toplam Adet:	Düşümler:	
Örnek Sayısı:		
Hata Türü	Çetele	Hatalı Adet
Kesme Hatası	//// /	6
Selefon Baskı Hatası	//// ////	9
Baskı Hatası	//// //// ////	15
Kağıt (Bozuk) Hatası	//// ///	8
Kırma Hatası	//// //	7
Harman Hatası	////	5
Toplam Hata		50

Kaynak: Besim Akın; İşletmelerde İstatistik Süreç Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996, s.37.

Nitel verileri toplamak için kullanılan bir kontrol tablosu, Tablo 2-3 de gösterilmiştir. Yapılması gereken işlemler kısaca şöyledir: Önce parti büyüklüğü ve sonra da numune alma planlarından faydalanarak örnek büyüklüğü belirlenir. Daha sonra hata tipleri alt alta yazılır ve hangi hata tipine rastlanırsa karşısına çetele çizilir. Kontrol edilecek parça sayısı bitince, her hata tipindeki çeteleler toplanır. Reddedilen kusurlu parça sayısı bilgi formuna yazılır. Böylece karşılaşılan hata türlerinin dağılımı ve düzeltmenin nereden başlaması gerektiği konusunda açıklık sağlanır. Bu şekilleri tamamlanış tarihleri itibariyle sıra ile ele almak suretiyle hataların türleri, oluş şekilleri konusundaki eğilimi ortaya konarak, alınan düzeltici ve önleyici tedbirlerin başarı ve devamını izlemek mümkün olabilecektir.⁶¹

⁶¹ Akın, Besim; İşletmelerde İstatistik Süreç Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996, s.35.

2.4. Pareto Şeması

Kalite çemberleri faaliyetlerinde kullanılan temel yöntemlerden biridir. Pareto grafiği, kategoriyle düzenlenen özellik verilerinin basit bir sıklık dağılımıdır.⁶² 19. Yüzyılda yaşamış olan İtalyan iktisatçı ve aynı zamanda bir sosyolog olan Vilfredo Pareto, sonraları kendi adıyla anılmaya başlamış olan prensibini ilk kez ekonomik içerikli olarak ortaya koymuştur.⁶³ Pareto Analizi, kalite mühendisleri tarafından en çok kullanılan bir tekniktir.⁶⁴

Problemlerin nedenleri genellikle Pareto prensibine uyar. 80'e 20 kuralı olarak da bilinen bu prensip; sonuçların yaklaşık %80'inin, sebeplerin %20'sine bağlı olarak ortaya çıktığını savunur. Kantitatif bir anlatımla makinelerin, hammaddelerin ve operatörlerin %20'si, problemlerin %80'ine sebep olmaktadır. Bir diğer örneğe göre; mâli varlığın %80'inin, halkın %20'si tarafından kontrol edildiği tespit edilmiştir. Başka bir örneğe göre; bir üretim sürecinde ortaya çıkan hurda veya işçilik maliyetinin %80'i, olası sebeplerin %20'sinden kaynaklanmaktadır.⁶⁵

Pareto analizi, en önemli birkaç konu veya sorun üzerinde yoğunlaştığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan verimlilik analizi için yararlıdır. Pareto diyagramının oluşturulmasında izlenen yöntem üç adımda incelenebilir.⁶⁶

Verilerin toplanması: Rakamsal veriler ve bilgiler tablolar aracılığı ile elde edilir.

Verilerin sınıflandırılması: Elde edilen veriler en büyük değerden en küçüğe doğru sınıflandırılır.

⁶² Montgomery; Age., s.120.

⁶³ Düren, Zeynep; İşletmelerde Kalite Çemberleri, Evrim Basım Yayım, İstanbul, 1990, s.77.

⁶⁴ Squires H. Frank., "Pareto Analysis", Quality Management Handbook, ASQC Quality pres, New York, 1986, s.161.

⁶⁵ Henri Costin; Total Quality Management, The Dryden Press, Orlando, 1994, s.217.

⁶⁶ Şimşek; Age., s.273.

Grafiğin çizilmesi: Elde edilen rakamlar bir diyagram üzerinde yerleştirilir. Yatay eksen de hata kaynakları, dikey eksen de hata yüzdeleri ve hata sayıları gösterilerek pareto grafiği tamamlanır.

Eğer mümkünse veriler normalize edilmelidir. Böylece verileri gelecekteki pareto diyagramlarında da kullanarak değişimler gösterilebilir.⁶⁷

Pareto diyagramları, en yüksek frekanstaki ya da en yüksek maliyet getiren ve ilk önce yok edilmesi gereken problemi tanımladığından Altı Sigma projelerinde de pek çok defa başvurulması gerekli bir tekniktir.⁶⁸

Örnek: Bir cıvata somunu ile ilgili delme hatasının olduğu ve delme hatalarının azaltılmasının amaçlandığı düşünölsün. Hata tipleri ile ilgili bilgiler Tablo 2-3’de verilmiştir. Konu ile ilgili pareto analizi aşağıdaki aşamalarda yapılabilir.²⁷

Tablo 2-3: Hata tipleri ile ilgili bilgiler

Hata Tipleri	Hata Sayısı
Kötü Numaralandırma	7
Okunaksız	23
Yerini Değiştirme	3
Eksik	11
Diğer Durumlar	6
Toplam	50

Pareto diyagramı için veri çizelgesi hazırlanır. Bu aşamada elde edilen veriler, en büyük değerden en küçük değere doğru sınıflara ayrılır. Tablo 2-5’de veri çizelgesi düzenlemiştir.

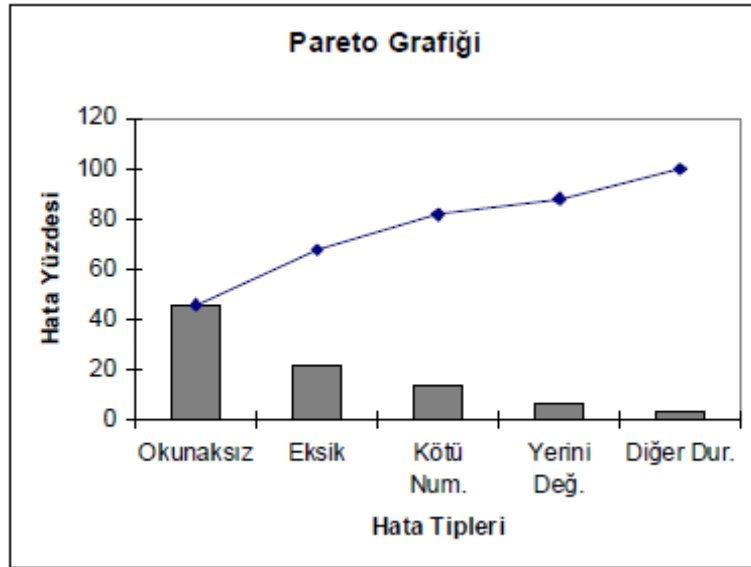
⁶⁷ MESS Eğitim Vakfı Eğitim Notları, Problem Çözme Teknikleri, 2000.

⁶⁸ Walmsley Ann; Six Sigma Enigma, Report on Bussines Magazine, Ekim 1997, s.4.

Tablo 2-4: Pareto diyagramı için veri çizelgesi

Hata Tipleri	Hata Sayısı	Kümülatif Toplam	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Okunaksız	23	23	46	46
Eksik	11	34	22	68
Kötü	7	41	14	82
Numaralandırma	3	44	6	88
Yerini Değiştirme	6	50	12	100
Diğer Durumlar				
Toplam	50	50	100	

Tablo 2-4'deki veri çizelgesi kullanıldığında elde edilecek Pareto grafiği Şekil 2-4'de gösterilmiştir.



Şekil 2-4: Pareto grafiği örneği

Şekilde görüldüğü gibi hata tipleri ve yüzdesi problemin % 80'ini üç neden yani; Okunaksız olması, eksik olması ve kötü numune olması oluşturmaktadır. Bu

durumda yönetici, söz konusu üç sorunun önlemini aldığında problemin % 80'ini çözülebilir. Bir anlamda hataların %80'i azaltılabilir.

Öte yandan, pareto ilkesi gelişme için yaşamsal olan birkaç projeyi ve önerilen her projenin öncelik sırasını belirlemede kullanılır. Yaşamsal projeler, satış gelirleri ve düşük maliyet terimlerinde kalite liderliğine büyük katkı sağlar. Böyle projelerde çapraz fonksiyonel kalite geliştirme takımları kullanılmalıdır.⁶⁹

2.5. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

Klasik kalite kontrol sistemi ile yeni geliştirilmiş Toplam Kalite Kontrol ve Toplam Kalite Yönetimi gibi sistemler arasındaki önemli bir fark, ürünlerde meydana gelen hatalarla ilgilidir. Klasik kalite kontrol sisteminde hatalar, ürün imal edildikten sonra yakalanmaya çalışılır. Bu durumda hatalı ürünlerin maliyeti genel imalat maliyetine yüklenmekte ve toplam maliyeti artırmaktadır. Yeni geliştirilmiş kalite sistemlerinde ise düşünce, hataları ürünü imal etmeden önce tasarım aşamasında hatalı mal üretmeyi engellemektir. Bu şekilde bir taraftan hatalı ürün miktarı azalacak (mümkünse sifıra indirilecek), buna bağlı hatalı ürün maliyeti ve bununla beraber genel imalat maliyeti de azalacaktır.

HTEA olarak adlandırılan Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi, açıklanan amaca uygun olarak, hataları oluşmadan önce önlemeye yönelik bir sistem olarak ortaya çıkmıştır. HTEA, bir ürün, işlem veya hizmette meydana gelebilecek tüm hasar ve hata tiplerinin sistematik analizine dayanarak, bu hasar ve hataları önleme faaliyetlerini içeren bir yöntem olarak ifade edilebilir. Amaç; tasarım, süreç tasarımı, üretim kademelerinde oluşabilecek hataları, bu kademeler tamamlanmadan önce belirlemek ve gidermektir.

HTEA, hataların türlerini ve etkilerini belirleyerek, tasarım veya süreç açısından ürün veya sürecin karşılaşılabileceği olası hataları ve bunların etkilerini

⁶⁹ Öztürk, Ahmet; Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Yayınevi, 2009, s.353

tanımak, değerlendirmek ve bunların oluşma ihtimallerini azaltacak veya ortadan kaldıracak önlemleri almak olarak tanımlanabilir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi HTEA, hatalar gerçekleştikten sonra alınacak önlemlerle ilgilenmek yerine, daha hatalar gerçekleşmeden, gerçekleşmesi olası hataların türlerini ve etkilerini belirleyerek onların oluşma ihtimallerini azaltacak veya ortadan kaldıracak önlemleri almakla ilgilenir. Hata Türü ve Etkileri Analizi, NASA tarafından 60'lı yılların ortalarında havacılık ve uzay sanayinde Apollo projesinde uygulanmıştır. 70'li yılların ilk yarısında ABD'de uçak sanayinde uygulanan Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin otomotivdeki ilk uygulaması ise Ford firması tarafından yapılmıştır. Analiz Fransız şirketlerince kısaca AMDEC olarak adlandırılmaktadır. Proaktif bir teknik olan HTEA; potansiyel, diğer bir deyişle gerçekleşme olasılığı bulunan hataların türleri ve etkileri ile ilgilenir.

1980'li yılların ortalarına kadar ABD'deki üç büyük otomobil firması farklı standartlar kullanıyordu. Daha sonra bu farklı standartlar QS-9000'de birleştirildi. Şimdi QS-9000'i kullanan firmaların hem ürün tasarımında hem de üretiminde HTEA'yı kullanmaları gerekmektedir.⁷⁰

HTEA, her hata türü için bir risk önceliği değeri (Risk Priority Number-RPN) oluşturur. RPN değeri büyüdükçe hatanın ciddiyeti artmakta ve tasarım çabası içinde bu hata ile ilgilenilmesi önem kazanmaktadır. Büyük RPN değerine sahip olan hatalar öncelikle tasarım sırasında ortadan kaldırılmalı veya azaltılmalıdır.⁷¹

Bu analizin genelde firma içindeki mühendisler ve teknisyenler tarafından yapılması HTEA'nın zayıf yönüdür. Bu kişilerde ürüne ilişkin tüm teknik bilgiler bulunmakla birlikte, söz konusu kişiler olayın genelini göremezler. Bunun için tedarikçiler, müşteriler, sigortacılar ve özellikle servis personeli de analiz ekibine katılmalıdır.⁷²

⁷⁰ Revelle B. Jack- Moran W. John- Cox A. Charles; QFD Handbook, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998, s.107.

⁷¹ Gürsakal –Oğuzlar; Age., s.157.

⁷² Revelle B. Jack, Moran W. John, Cox A. Charles, QFD Handbook, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998, s.109.

Tablo 2-5: Hata olasılığının değerlendirilmesi

Hata Olasılığı	Hata Oranları	C _{pk}	Derece
Hemen hemen kesin	$\geq \frac{1}{2}$	$<0,33$	10
Çok yüksek	1/3	$\geq 0,33$	9
Yüksek	1/8	$\geq 0,51$	8
	1/20	$\geq 0,67$	7
Orta	1/80	$\geq 0,83$	6
	1/400	$\geq 1,00$	5
	1/2000	$\geq 1,17$	4
Düşük	1/15000	$\geq 1,33$	3
Çok düşük	1/150000	$\geq 1,50$	2
Hemen hemen imkânsız	$\leq 1/1500000$	$\geq 1,67$	1

Kaynak: Necmi Gürsakal - Ayşe Oğuzlar; Altı Sigma, Vipaş A.Ş., Bursa, 2003, s.157.

Risk öncelik değeri olan RPN hesaplandıktan sonra büyük RPN değerine sahip olan hatalar öncelikle tasarım sırasında ortadan kaldırılmalıdır. Risk Öncelik Değeri, (Hata Olasılığı)*(Etkinin Önem Derecesi)*(Hatanın Saptanabilirliği) çarpımından elde edilir.

Dört çeşit HTEA vardır. Bunlar:⁷³

Sistem HTEA: Sistemleri analiz etmede kullanılır. Sistem ve alt sistemleri analiz ederek, sistem eksiklerinden doğan sistem fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerini belirlemeye odaklanır. Tasarımın neden olduğu sistem fonksiyonları ile ilişkili potansiyel başarısızlıklara odaklanır.

Tasarım HTEA: HTEA ürünün tasarımı aşamalarında görülebilecek potansiyel veya bilinen hata türlerini belirleyen, gereken takip ve düzeltme faaliyetlerine imkân sağlayan bir metottür.

⁷³ Akın Besim; Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1998, s.42.

Süreç HTEA: Süreç HTEA, süreç işleyişi sırasında meydana gelebilecek potansiyel veya bilinen hata türlerini tanımlayan ve sürece yönelik gereken takip ve düzeltme faaliyetlerine imkân sağlayan bir metottur.

Tablo 2-7’de bir Hata Türü ve Etkileri analizi formu ve Tablo 2-8’de de bir şiddet değerlendirme kriterleri tablosu verilmiştir.

Tablo 2-6: Hata Türü ve Etkileri analizi formu

Ürün/Süreç	Hata Türleri	Hata Etkileri	Şiddet	Sebepler	Olasılık	Kontrol	Keşfedilebilirlik	Risk Öncelik Sayısı	Önerilen İyileştirmeler	Şiddet	Olasılık	Keşfedilebilirlik	Risk Öncelik Sayısı

HTEA tablosu soldan sağa doğru doldurulur. Bir ürün/süreç için hata türleri belirlenir. Her hata türünün birçok etkisi, her etkinin birçok sebebi olabilir. Her sebebin kontrol edilmesi için bir yöntem vardır ya da yoktur. Bütün bu sütunlar ağırlıklandırılır. Böylece problemler dikkat çekecek şekilde işaretlenmiş olur. Tablo 2-9’da bulunan terimler kısaca şu şekilde açıklanabilir:⁷⁴

⁷⁴ Akın; Age., s.45.

Hata türleri: Bir ara ürün, sistem ya da sürecin istenen fonksiyonunu gerçekleştirememesidir.

Hata etkileri: Bir sistem ya da alt sistemde ortaya çıkan hatanın müşteri üzerindeki etkisidir. Bölgesel ve genel olmak üzere iki tip etki söz konusudur. Bölgesel etkide diğer parçalar etkilenmez. Genel etkide diğer fonksiyonlar ve parçalar etkilenebilir.

Şiddet: Etkinin müşteri üzerinde ne kadar belirgin olduğunu gösterir. Tablo 2-8’de gösterildiği gibi 1’den 10’a kadar sıralanan kategoride 10 en kötü durumu belirtir.

Sebepler: Her hata türü için olası sebepler listelenir. Hatanın nasıl önlenebileceğini ve düzeltilebileceğini gösterdiği için HTEA’nın bu adımı önemlidir.

Olasılık: Hatanın ortaya çıkma olasılığıdır. Tablo 2-7’de gösterildiği gibi 1’den 10’a kadar sıralanan kategoride 10 en kötü durumu belirtir.

Kontrol: Hatayı engellemek için yapılan kontrollerdir.

Keşfedilebilirlik: Müşteriye ulaşmadan önce hatayı yakalama yeteneğidir.

Tablo 2-7: Şiddet değerlendirme kriterleri

1.	Müşteri olumsuzluğa dikkat etmez.
2.	Müşteri olumsuzluğa tecrübelerine dayanarak önem vermez.
3.	Ürün performansı veya süreç üzerinde önemsiz etki oluşur. Hata müşteriler tarafından fark edilir.
4.	Performansın düşmesinden dolayı müşteri tatminsizliği oluşur.
5.	Müşteri memnun değildir veya kendi verimliliği devam eden olumsuzluktan dolayı azalmaktadır.
6.	Parçanın yeniden işlenmesine/onarılmasına neden olur. Ürün performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmaktadır fakat kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.
7.	Fonksiyonun tümünü kaybetmeksizin parçanın çalışmamasından dolayı yüksek derecede müşteri tatminsizliği oluşur.
8.	Güvenlikte olumsuz etki yapmaksızın tüm fonksiyonun kaybedilmesinden dolayı çok yüksek derecede tatminsizlik oluşur.
9.	Müşteri güvenlik sistem performansı olumsuz etkiden dolayı tehlikeye düşmektedir. Ancak bu tehlikeye düşmeden önce uyarı almaktadır.
10.	Müşteri hiçbir uyarı almaksızın güvenlik sistemi tehlikeye düşmektedir.

Kaynak: Besim Akın, Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1998, s.47.

2.6. Kalite Fonksiyonu Yayılımı (QFD)

Müşteriyi tatmin etmek ve müşterinin talep ettiklerini tasarım hedeflerine ve üretim sırasında kullanılacak başlıca kalite güvence noktalarına dönüştürmek amacıyla tasarım kalitesini geliştirmeyi amaçlayan bir yöntemdir.⁷⁵ QFD yöntemi, ürünlerin ve hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına göre tasarlanması gerektiği

⁷⁵ Mevhibe Ay; QFD ve Uygulama Örneği, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2003, s.68.

felsefesine dayanmaktadır. QFD, yeni ürün tasarımı veya hizmet sunumu, mevcut bir ürünün geliştirilmesi, yatırım planlama konusunda öncelikli alanların belirlenmesi, süreç yönetimi uygulamalarının birçok alanları, teknoloji yönlendirmeli mühendislik çalışmaları, politika yönetiminde önceliklerin belirlenmesi gibi işletme faaliyetlerinin çeşitli aşamalarında uygulanabilir.⁷⁶

Kalite Fonksiyonu yayılımı ilk defa 1966 yılında Yoji Akoa tarafından Japonya'da ortaya atılmış ve ilk olarak 1972 yılında Mitsubishi'nin Kobe'deki Gemi Tersanelerinde uygulanmıştır. Batı dünyasının QFD'ye olan ilgisi, Toyota Şirketi'nin 1977 ile 1984 yılları arasındaki QFD uygulamaları ile ulaştığı başarılarından sonra olmuştur. QFD'nin uygulanması ile Toyota ürün geliştirme maliyetlerinde %61 azalma sağlamış, ürün geliştirme süresini 1/3 oranında kısaltmış ve paslanmayla ilgili garanti problemlerini ortadan kaldırmıştır. QFD, Amerika'da Weror Şirketinde, Digital Equipment, Hewlett Packard, AT&T ve ITT gibi birçok firmada başarıyla uygulanmıştır. Ford ve General Motors firmaları 50'den fazla başarılı uygulama gerçekleştirmiştir. Türkiye'de ilk uygulamayı, 1994 yılında beyaz eşya üreten Arçelik Firması bulaşık makinesi üretiminde gerçekleştirmiştir.⁷⁷

Önceleri ürün tasarımı için kullanılmış olan QFD, hizmet endüstrisi için de çok önemlidir. QFD, hem mal ve hem de hizmet temelli şirketlerde başarıyla uygulanmıştır. Şirketler, hizmetlerin geliştirilmesinde, eğitim programlarının oluşturulmasında, yeni işgörenlerin seçiminde ve yeni mal ve hizmetlerin tasarımında QFD metodunu kullanmışlardır. Ürün geliştirmede QFD metodunu kullanan firmalar, maliyetlerinde %50 oranında düşüş, ürün geliştirme zamanında %33 azalma ve verimlilikte %200 artış sağlamışlardır.⁷⁸

⁷⁶ Mevhibe Ay; QFD ve Uygulama Örneği, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli,

Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2003, s.68.

⁷⁷ Ertuğrul; Age., s.276.

⁷⁸ Guinta Lawrence R.- Nancy C. Praizler; The Qfd Book, The Team Approach To Solving Problems And Satisfying Customers Through Quality Function Deployment, New York: Amacom, 1993, s.14.

2.7. Ölçüm Sistemi Analizi (Gage R&R)

Ölçüm Sistemi Analizi çalışmasıyla ölçümlerin doğru olup olmadığı araştırılır. Buna tekrar edebilme ve yeniden üretilebilme ölçümü çalışması da denir. Uygulanışı şu şekildedir:

- Birden çok operatör, birden çok parçayı, birden çok defa ölçer. Örneğin, 3 operatörün her biri 7 parçayı 2'şer defa ölçer.
- Operatörün ölçtüğü parçayı özel bir testin bir parçası olarak yaptığını bilmemesi arzu edilen bir durumdur. Operatörler hangi birimi ölçtüklerini bilmemelidirler.

Çalışma sonuçlarındaki değişkenlik analiz edilir ve bu değişkenliğin ne kadarının operatördeki değişimlerden, ne kadarının teknikler veya parçaların kendilerinde kaynaklandığına karar verilmelidir.⁷⁹

Firmalar genellikle ölçümlerinin doğru olup olmadığına gerekli hassasiyeti göstermezler. Bir parçanın doğru olarak ölçülmemesi; doğru parçaların reddedilmesi, hatalı parçanın da kabul edilmesi demektir. Bu durum firmanın zarar etme ihtimalini doğurur. Matematiksel anlamda ölçüm sistemi, ölçüm varyansını ölçer. Ölçümdeki değişkenlik ölçülen parçanın değişkenliğine veya ölçüm sisteminin kendisine bağlanabilir. Bu durumda toplam değişkenlik;

$$\sigma_{ölçüm\ hatası}^2 = \sigma_{operatör\ (yeniden\ üretilebilirlik)}^2 + \sigma_{test\ (tekraredebilirlik)}^2$$

Formül 2-1

olmak üzere,

$$\sigma_{toplam}^2 = \sigma_{ürün}^2 + \sigma_{ölçüm\ hatası}^2$$

Formül 2-2

eşitliği ile ifade edilir.⁸⁰ Toplam değişkenliğin iki tür değişkenlikten kaynaklandığı Şekil 2-8'de gösterilmiştir.

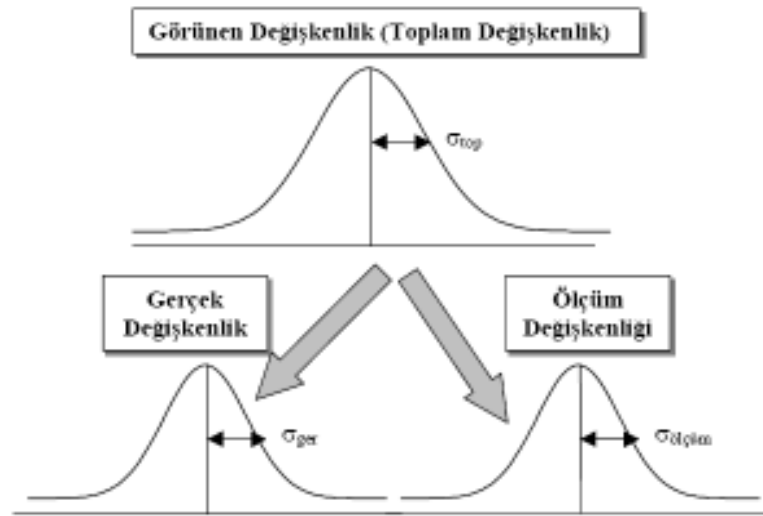
⁷⁹ Rath&Strong Management Consultants. Six Sigma Pocket Guide, 2nd printing, Massachusetts, 2001, s.42-43.

⁸⁰ Breyfogle; Age., s.226.

Sürekli değişkenler için ölçüm sisteminden istenen karakteristikler şunlardır:⁸¹

Tekrar edebilirlik: Aynı insanın aynı parçayı ölçerken aynı sonuçları elde edebilmesidir.

Yeniden üretilebilirlik: Aynı kalite karakteristiği iki farklı kişi tarafından aynı cihaz kullanılarak ölçüldüğünde, aynı değerlerin bulunmasıdır.



Şekil 2-5: Toplam süreç değişkenliği grafiği

Kaynak: S.P.A.C.; Altı Sigma Mükemmellik Modeli, S. P. A. C. Danışmanlık Şirketi Yayınları, Ankara, 2003, s.94.

Doğruluk: Bir ölçümün doğruluğu, yapılan bir dizi ölçüm değerlerinin ölçülen kalite karakteristiğine gösterdikleri uyumdur. Bir başka ifadeyle doğruluk, ölçüm değerlerinin ortalaması ile ölçülen kalite karakteristiğinin gerçek değeri arasındaki farktır. Doğruluk genellikle tekrarlanan ölçümlerin ortalamasının, bilinen standart bir değer ile karşılaştırılması sonucu test edilir.

Durağanlık: Tek bir kişi tarafından aynı şekilde alınan ölçümlerin zaman karşısında az veya hiç değişim göstermemesidir.

⁸¹ Burnak; Age., s.74-75.

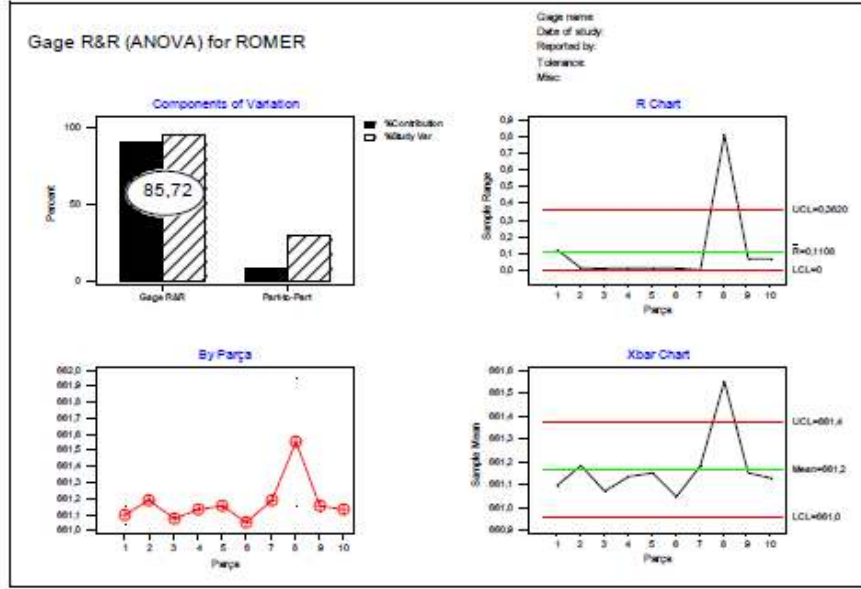
Örnek: Bu örnek, otomotiv üretimi yapan bir firmanın yaptığı incelemelerle ilgilidir. Otomotiv gövdelerinin ölçülmesi için, yeni, taşınabilir, üç boyutlu ölçüm cihazının satın alınması kararının verilmesi gerekmektedir. Mevcut durumda, bu ölçümü sağlıklı yapabilen bir üç boyutlu cihaz bulunmaktadır. Ama bu cihaz taşınabilir değil, sabittir. Dolayısıyla bir gövdenin ölçülmesi için, gövdenin üretim sahasından cihazın bulunduğu odaya taşınması gereklidir. Bu taşıma operasyonunu engellemek ve gövdenin değişik üretim aşamalarındaki ölçümlerini yapabilmek için, taşınabilir üç boyutlu ölçüm cihazı araştırması yapılmış ve alternatif bir firma, böyle bir ürünü deneme amaçlı olarak fabrikaya getirmiştir.

Tablo 2-8: Gövde ölçümleri Gage R&R verileri

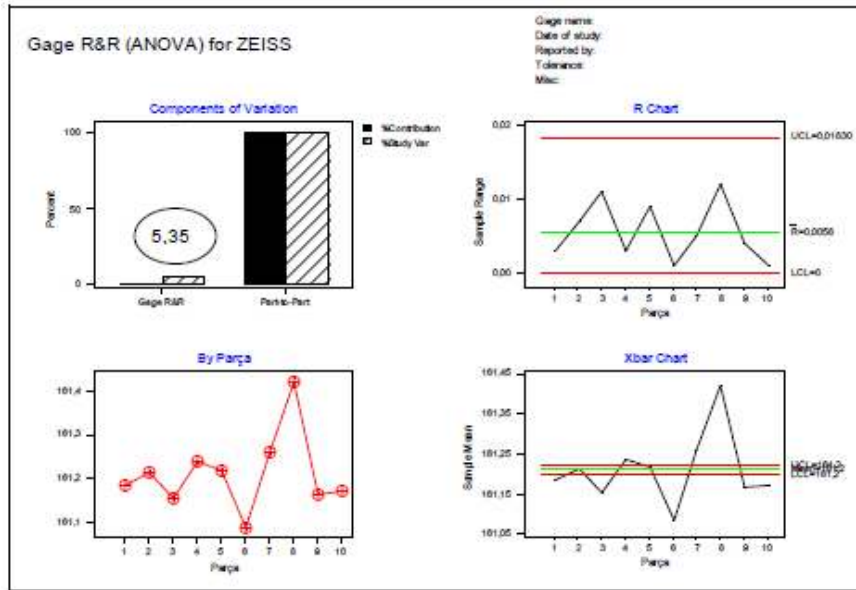
Parça	Operatör	ROMER	ZEISS
1	İsmet	661.032	161.182
2	İsmet	661.191	161.210
3	İsmet	661.079	161.159
4	İsmet	661.135	161.239
5	İsmet	661.140	161.224
6	İsmet	661.046	161.084
7	İsmet	661.184	161.262
8	İsmet	661.148	161.416
9	İsmet	661.181	161.162
10	İsmet	661.098	161.172
1	İsmet	661.149	161.185
2	İsmet	661.179	161.217
3	İsmet	661.067	161.148
4	İsmet	661.127	161.236
5	İsmet	661.155	161.215
6	İsmet	661.051	161.085
7	İsmet	661.186	161.257
8	İsmet	661.957	161.428
9	İsmet	661.113	161.166
10	İsmet	661.158	161.171

Sorun, yeni taşınabilir ölçüm cihazının, gövdelerin ölçümüne uygun olup olmadığıdır. Bu sorunun cevabını bulabilmek için, 10 adet gövde alınmış ve Gage R&R testi uygulanmıştır. Daha önceden var olan ölçüm cihazı İsmet adlı operatör tarafından kullanılmaktadır. İsmet'in yeni cihaza alışması için Gage R&R testi birkaç kez tekrar edilmiş ve iyileştirmelerden sonraki en son Gage R&R testinde Tablo 2-8'deki sonuçlar elde edilmiş ve ardından da bu veriler Minitab yardımı ile analiz edilmiştir. Bu 10 gövde, İsmet tarafından her iki aletle de ikişer defa ölçülmüştür. Sistemde tek operatör olduğundan, Gage R&R operasyonunda, operatörlerin birbirleri arasındaki farkı gösteren yeniden üretilebilirlik söz konusu olmayacaktır.

Son verilerle yapılan analizlerde Şekil 2-6 ve Şekil 2-7'deki sonuçlar ortaya çıkmıştır. Eski cihazla aynı gövdeler ölçüldüğünde, ölçümler arasındaki en fazla fark 0.015 mm iken, yeni cihazda bu fark 0.2 mm'lere kadar çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak da, eski cihazda Gage R&R değeri %5 iken, yeni cihazda bu oran %86'ya çıkmaktadır.



Şekil 2-6: Minitab çıktısı (ROMER)-iki cihazın karşılaştırılması grafiği



Şekil 2-7: Minitab çıktısı (ZEISS)-iki cihazın karşılaştırılması grafiği

Her ne kadar iki ölçüm cihazının master ölçümlerindeki yeterlilikleri iyi olsa da, otomotiv gövdelerinin ölçümünde, hem operatörün kullanımı hem de ölçüm aletinin gövde ölçümüne uygunluğu açısından, yeni ölçüm cihazı bu ölçümü yapmak için uygun değildir. Dolayısıyla, gövde ölçümleri için bu ölçüm cihazının alınması yanlış bir yatırım olacaktır.⁸²

⁸² S.P.A.C. Altı Sigma Mükemmellik Modeli Nedir?, S.P.A.C. Danışmanlık Şirketi Yayınları, Ankara, 2003, s.98-100.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ALTI SİGMA ORGANİZASYONU

Bu bölümde Altı Sigma organizasyonunda rol alan oyuncuların görev ve sorumlulukları, Altı Sigma iyileştirme modeli ve aşamaları, Altı Sigma'nın uygulandığı organizasyonlar ve Altı Sigma'nın hedef ve ilkelerinden bahsedilecektir.

3.1. Altı Sigma'da Roller ve Sorumlulukları

Her konuda olduğu gibi, fırsat, kaynak, yetki, izin verecek olanların istemediği, destek vermediği konularda başarı şansı yoktur. Kuşkusuz bu gerçek altı sigma için de geçerlidir. İşin başında eğitim ve donanım açısından ciddi yatırımlar gerekebilir. Her ne kadar sonuçta kârlı olursa da, önce yatırım yapmak gerekiyor. Dolayısıyla en tepedekilerin bilgilenmesi, ilgilenmesi, istemesi, desteklemesi, ortam oluşturması ve sıkı bir şekilde takipçi olarak yılmadan arkasında durması gerekiyor ki başarılı olunabilsin.

Altı Sigma hareketinin başarıya ulaşabilmesi için, ölçme ve iyileştirme süreçlerinde çalışacak yeterli nitelikte kadrolara sahip olunmalıdır. Yeşil kuşak, kara kuşak, uzman kara kuşak, hatta bazı işletmelerde sarı kuşak ve beyaz kuşak gibi tanımlamalarla bu kadroların nitelik ve işlevleri belirtilmiştir.⁸³

Altı Sigma eğitim odaklıdır; ancak, sadece ilgili kişilere ilgili eğitimlerin verilmesi gerektiğini savunur. Dolayısı ile doğru kişinin doğru işe kanalize edilebilmesi için süreçler içerisinde kaynak olarak kullanılan kişilerin yetkinliklerinin doğru tanımlanması, doğru işi yapabilmek ve eğitim ihtiyaçlarının tespiti ve değerlendirilmesi

⁸³ Kasa, Halit; Altı Sigma Gerçeği, Kalite Forum Dergisi, 2003, s.33.

için elzemdir. Tüm başarılı sistemlerde üst yönetimlerin katılımcı desteklerinin olduğu görülmektedir. Altı Sigma bizzat üst yönetimler tarafından ortaya konmuş ve uygulanmış bir sistemdir.⁸⁴

Altı Sigma çalışmasında çeşitli oyunculara adlar verilmiştir. Projeleri saptayan yöneticiler, rehberlik eden ve öğreten gruplar, öncülük eden gruplar, ölçüm araçlarını iyi kullanan gruplar gibi çeşitli gruplara çeşitli isimler verilmiştir.⁸⁵

Altı Sigma'nın başarısı, herkesin oynayacağı rolü çok iyi belirmesine bağlıdır. Bu, denklemin insan gücü tarafıdır. Örneğin bir futbol takımında görev yapan soyunma odalarını temizleyen kişiden, takım kaptanına kadar herkesin açıkça tanımlanmış bir görevi vardır. Ayrıca bu görev tanımları içerisinde iyi bir iş çıkaramamanın sonuçları ve başarının sağlayacağı ödüller de yer alır. Takımın başarısında bu tanımların rolü büyüktür.

Bu nedenle Altı Sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitiminin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir. İlk bakışta Uzakdoğu sporlarının yapıldığı bir kulübün organizasyon yapısını andıran bu unvanlar, Altı Sigma'nın uygulandığı organizasyonun yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bazı şirketler genel kabul gören unvanlara sarı, mavi vb. kuşaklar eklerken, bazıları ise birkaç kuşakla yetinmektedir.⁸⁶

3.1.1. Altı Sigma yürütme kurulu

Üst yönetim tarafından oluşturulan kurulun temel görevi; şirket bazında yürütülen Altı Sigma projelerinin etkinliğini sağlamaktır. Bu amaçla aylık dönemlerle toplanan kurulun, sistemin bütünü ve bütünü oluşturan Altı Sigma projelerini tartışması, uygulamalardaki hataları ve sapmaları belirleyerek düzeltmesi

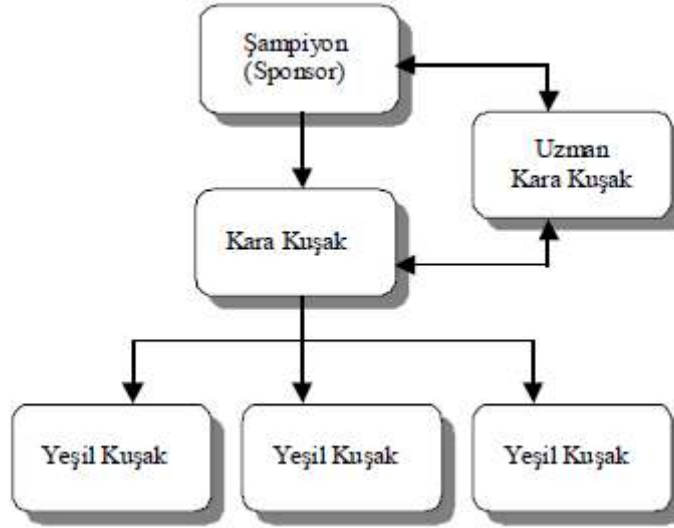
⁸⁴ İ. İlker Gür; Altı Sigma Trendi Yükselişte, http://www.sistemim.com.tr/article_tr_6sigma.htm

⁸⁵ Thong N. Goh; A Strategic Assessment of Six Sigma. Quality and Reliability Engineering International, Vol.18, No.2, 2002, ss.403-410.

⁸⁶ Baş, Türker; Altı Sigma, <http://www.kaliteofisi.com/download/e-kitap.asp>

beklenmektedir. Kurul içinde süreç lideri olan şampiyonlar, Altı Sigma koordinatörü ve finans bölümünde yöneticilerin bulunması yararlıdır.⁸⁷

Altı Sigma çalışmalarındaki oyuncular arasındaki ilişki Şekil I-1'de gösterilmiştir. Altı Sigma'da projeler organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülür. Eğer üst yönetim bu projeleri yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir ifade ile eğer üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa Kara Kuşakların başarı şansı olmayacaktır. Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlı olacaktır. Bu konseyin başlıca görevleri;⁸⁸



Şekil 3 -1 :Altı Sigma çalışmalarında oyuncular arasındaki ilişki grafiği

Kaynak: Hiatt Cathy; Six Sigma, Boise State University Publications, 2001.

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek,
- Altı Sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek,

⁸⁷ S.P.A.C. Altı Sigma Mükemmellik Modeli Nedir?, S.P.A.C. Danışmanlık Şirketi Yayınları, Ankara, 2003, s.63.

⁸⁸ <http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=35>

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını, değişen ihtiyaçlara ve işletmenin Altı Sigma konusunda ulaştığı olgunluk düzeyine göre genişletmek ve organizasyon yapısında buna uygun düzenlemeler yapmak,
- Altı Sigma projeleri için gerekli kaynakları sağlamak, proje takımlarının karşılaştıkları büyük problemleri çözümlenmek,
- Altı Sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak,
- Elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm şirkette yaygınlaşmasını sağlamaktır.

3.1.2. Sponsor (Şampiyon)

Sponsor, iyileştirme projesini “izleyen” üst düzey yöneticidir. Bu, hassas denge gerektiren önemli bir sorumluluktur. Ekipler, karar verme konusunda serbest bırakılmalıdır. Bununla birlikte, çalışmalarını yönlendirme konusunda iş liderlerinin rehberliğine ihtiyaç duyarlar. Sponsorun görevleri arasında şunlar bulunur:⁸⁹

- Yönetimleri altındaki iyileştirme projelerinin genel hedeflerini saptamak, korumak ve bu hedeflerin iş öncelikleriyle uyumlu olduğundan emin olmak
- Gerektiği takdirde, bir projenin yönü ya da kapsamı konusunda yol göstermek, yapılacak değişiklikleri onaylamak
- Projeler için kaynak bulmak ve görüşmeler yapmak
- Ekibi, Liderlik Ekibi önünde temsil etmek ve ekibin savunuculuğunu yapmak

⁸⁹ Neuman, Robert P. - Peter S. Pande - Roland R. Cavanagh; Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul, 2002, s.153.

- Ekipler arasında ya da ekiplerle ekip-dışı kişiler arasında oluşan sorunların ve mükerrer çalışmaların ortadan kaldırılmasına yardımcı olmak
- Bir iyileştirme projesinin bitiminde, projenin sorunsuz bir biçimde devredilmesini sağlamak için süreç sahipleri ile çalışmak
- Süreç iyileştirmesi konusunda kazandıkları deneyimi, kendi yönetim süreçlerinde uygulamak

Sonuç itibariyle şampiyonlar, projeleri belirleyen kıdemli yöneticilerdir. Bunlar, Altı Sigma çalışmalarının başarısından sorumlu kişilerdir. Projelere kaynak sağlar, onaylar ve varsa aksaklıkları giderir. Şampiyonların kalite programında tam zamanlı çalışmaları gerekmemektedir. Şampiyonlar bir hafta eğitimden geçerler.⁹⁰

3.1.3. Üst Kalite Konseyi

Altı Sigma'da projeler organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülür. Fakat sizin de kabul edeceğiniz gibi eğer üst yönetim bu projeleri yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir ifade ile eğer üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa Kara Kuşakların başarı şansı olmayacaktır.

Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlı olacaktır. Bu konseyin başlıca görevleri;

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek,
- Altı Sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek,

⁹⁰ Robert Slatter; Jack Welch ve General Electric'in Yolu, Çev: Türkan Arıkan ve Saadet Özkal, Literatür Yayınları, İstanbul, 2000, s.219.

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını değişen ihtiyaçlara ve işletmenin Altı Sigma konusunda ulaştığı olgunluk düzeyine göre genişletmek ve organizasyon yapısında buna uygun düzenlemeler yapmak,
- Altı Sigma projeleri için gerekli kaynakları sağlamak, proje takımlarının karşılaştıkları büyük problemleri czmlenmek,
- Altı Sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak, elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm Şirkette yaygınlaşmasını sağlamak, Şeklinde zetlenebilir.

3.1.4. Yönetim Temsilcisi

Alt Sigma gayretleri üst yönetimden etkili bir lider tarafından yönetilmediği sürece başarısızlık Şansı yüksektir. Bu tür bir görevlendirme Altı Sigma'ya verilen önemi göstermesi ve faaliyetleri kolaylaştırması açısından önemlidir. Yönetim Temsilcisi st yönetim adına karar verebileceği için proje çalışmaları sırasında çıkan sorumluların czm için konsey toplantıları beklenmeyecektir.

Yönetim Temsilcisinin başlıca görevleri;

- Altı Sigma eğitim planlarını hazırlamak ve eğitimin plana uygun olarak icrasını sağlamak, gerektiğinde Altı Sigma konusunda, eğitim kuruluşları, danışmanlık Şirketleri ve diğer ilgili kuruluşlardan yardım almak,
- Altı Sigma konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak, proje seçimi ve takımların oluşturulmasında kalite Şampiyonu/Őampiyonlarına yardımcı olmak, belirlenen projeleri ve bu projeler için oluşturulan takımları onaylamak, takımların ihtiyaçlarını değerlendirmek, uygun gördüklerinden yetkisi dahilinde olanları tedarik etmek, yetkisini aşanları üst kalite konseyine teklif etmek, kalite Őampiyonlarına her konuda destek olmak, tüm iyileştirme projelerini takip etmek ve elde edilen sonuçları bir rapor halinde üst kalite konseyine sunmak, Şeklinde zetlenebilir.

3.1.5. Kalite Şampiyonu

Kalite Şampiyonu, iyileştirme projelerini Üst Kalite Konseyi adına gözlemleyen kişi/kişilerdir. Aslında Altı Sigma Takımlarını, Toplam Kalite Yönetiminin Çemberlerinden ayıran temel fark da buradadır. Kalite Çemberlerinde iyileştirme konularının seçimi ve projelerin yürütülmesi tamamen çember üyelerinin sorumluluğundayken, Altı Sigma'da bir miktar yönlendirme söz konusudur. Ancak bu yönlendirme takımların inisiyatiflerini ve yaratıcılıklarına zarar vermemeli, fakat işletme amaçlarına doğrudan katkı sağlamayan projelerle zaman harcamalarını önlemelidir.

Kalite Şampiyonun başlıca görevleri;

- iyileştirme projelerinin işletme amaçları ile uyumlu olmasını sağlamak,
- iyileştirme takımlarının kaynak ihtiyaçlarını yönetim temsilcisine bildirmek,
- iyileştirme takımları arasında koordineyi sağlamak,
- hızını yitiren çalışmalara müdahale etmek, gerektiğinde kapsam değişikliği, yeni personel görevlendirmesi vb. tedbirler almak,
- iyileştirme projelerinin tamamlanma sürelerini belirlemek,
- iyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini onaylamak, şeklinde özetlenebilir.

3.1.6. Uzman kara kuşaklılar

Uzman kara kuşaklılar Altı Sigman'ın felsefesini, amaçlarını ve uygulamasını derinliğine kavramış kişilerdir. Tam zamanlı olarak çalışırlar. Ekipleri ve ekip liderlerini veya kara kuşakları desteklerler. Ekibe teknik uzmanlık sağlarlar. Ekibin başarısını engelleyen faktörleri devre dışı bırakmada yardımcı olurlar. Ekibin üyelerini ve amaçlarını belirlerler. Üst yönetime gelişim raporlarını sağlayan ve projeleri biçimsel şekle dönüştürenler de onlardır.

Uzman kara kuşaklılar hem istatistiği iyi kullanabilmelidirler hem de grup çalışmalarına uygunluk ve iletişim yeteneğine sahip olmalıdırlar. Altı Sigma araçlarının yayılmasından ve kullanımından sorumludurlar ve projeleri başarıya yönlendirerek yönetirler. Ayrıca uzman kara kuşaklılar şu görevleri üstlenirler:⁹¹

- Altı Sigma'nın uzun dönem teknik vizyonundan sorumludur.
- Kara kuşaklıların eğitilmesinden sorumludurlar.
- Teknik beceri, güçlü ve güvenilir liderlik özelliklerine sahiptir.
- Proje sponsoruna rapor verir.

Uzman kara kuşaklılar, kara kuşaklılara rehberlik edip, denetlerler. Öğretim ve rehberlik edebilme yetenekleri gelişmiş kişilerdir. Bunların, öğretebilmek ve rehberlik yapabilmeleri için en az iki hafta eğitime tabi tutulmalıdırlar.⁹²

Bir uzman kara kuşaklının toplam dört hafta boyunca eğitim görmesi gerekir. Her hafta alması gereken eğitim konuları Tablo 3-1'de gösterilmiştir.

Tablo 3-1: Bir uzman kara kuşaklının dört hafta boyunca öğrenmesi gereken konular

1. Hafta	2. Hafta
Altı Sigma'nın özü ve TÖAKİ yol haritası	Birinci haftanın bir özeti
Süreç haritaları	İstatistiksel düşünme yeteneği
Hata türü ve etkileri analizi (FMEA)	Hipotez testleri ve güven aralıkları
İstatistiksel paket programlarını kullanabilme	Çok değişkenli analiz ve regresyon
Kalite fonksiyonunun yayılımı (QFD)	Korelasyon
Süreç yeterliliği analizi	Ekip değerlendirme
Ölçme sistemi analizi (GAGE)	
3. Hafta	4. Hafta
Varyans analizi (ANOVA)	Hata doğrulama
Çoklu regresyon	Kontrol planları
Deney tasarımı (DOE)	Ekip geliştirme
Faktöryel deneyler	Paralel özel kesikli ve sürekli süreçler
Kesirli faktöryeller	Son araştırmalar
Dengeli blok tasarımları	
Tepki düzeyi tasarımı	

Kaynak: Hahn J Gerald, Hill J. William, Hoerl W. Roger, Zinkgraf A Stephen, "The Impact of Six Sigma Improvement – A Glimpse Into the Future of Statistics", The American Statistician, Vol. 53, Number 3, 1999, s.208-215

⁹¹ Gürsakal, Necmi – Oğuzlar, Ayşe; Altı Sigma, Vipaş A.Ş., Bursa, 2003, s.66.

⁹² Slatter; Age., s.219.

3.1.7. Kara kuşaklılar (ekip liderleri)

Kara kuşaklılar kilit süreçler üzerinde odaklanan, sampiyonlara sonuçları raporlayıp sunan ve ekip elemanlarına öncülük eden tam zamanlı kalite uygulayıcılarıdır. Bunlar, müşteri isteklerini dikkate alıp aynı zamanda verimliliği arttıran kilit süreçleri tanımlama, ölçme, analiz etme, iyileştirme ve kontrol etme ile sorumludur.⁹³

Altı Sigma'da görev alacak Kara Kuşaklıların bilmesi gereken 101 nokta vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:⁹⁴

- Genelde bir Altı Sigma kara kuşaklısı nicel düşünmeye yönelik olmalıdır.
- Amaca ulaşmak için örnek olaylar oluşturabilmelidir.
- Amaçlarına ulaşabilmek için ayrıntılı planlar yapabilmelidir.
- Amaçlara yönelik gelişimi, müşterilere ve liderlere anlamlı gelen ölçülerle ölçmelidir.
- Altı Sigma ile elde edilen kazançları devam ettirebilmek için kontrol sistemlerinin nasıl kurulacağını bilmelidir.
- İlk hedefleri yakaladıktan sonra bile sürekli gelişimin mantığını anlamalıdır.
- Farklı sigma düzeyleri arasındaki ilişkileri bilmelidir.
- Farklı sigma düzeyleri ile kötü kalite maliyeti (COPQ) arasındaki ilişkiyi bilmelidir.
- Müşteri taramalarından ele edilen verilerin nicel olarak nasıl analiz edilebileceğini bilmelidir.
- Altı Sigma'da rol alacak kişilerin görevlerini bilmelidir.

⁹³ Slatter; Age., s.220.

⁹⁴ Pzydek, Thomas; Six Sigma Handbook, McGraw Hill Inc., New York, 2001, s.78.

- Farklı tarama sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olup olmadığını belirleyebilmelidir.
- Kalite fonksiyonu yayılımı (QFD) matrisini tamamlayabilmelidir.
- Bir projenin başabaş noktasını hesaplayabilmelidir.
- Kötü kalite maliyetleri tablosu zaman serisi şeklinde verildiğinde, trend analizi yapabilmelidir.
- Bir veri kümesi verildiğinde yanlılık, tekrarlanabilirlik, yeniden üretilebilirlik, kararlılık, doğrusallık gibi sistematik analizleri yapabilmelidir.
- Bir veri kümesi verildiğinde verilere ait merkezi eğilim, değişkenlik, frekans dağılımı belirleyebilmeli ve histogramlar oluşturabilmelidir.
- Hangi durumlarda parametrik olmayan yöntemleri uygulayacağını bilmelidir.
- Poisson, binom, hipergeometrik, normal, üstel, Ki-kare, t ve F gibi sık kullanılan dağılımları bilmelidir.
- Varyans analizine ilişkin varsayımları bilmeli, verilere dönüşüm tekniklerini seçip uygulayabilmelidir.
- Deney tasarımlarının ilkelerini bilip deney tasarımı yapabilmelidir.
- Alt gruplara ayrılmış bir veri kümesi verildiğinde, doğru kontrol grafiğini seçmeli ve belirli bir sürecin kontrol altında olup olmadığına karar verebilmelidir.
- Alt gruplara ayrılmış, kontrol altında veriler verildiğinde süreç yeterlilik analizi yapabilmeli ve yorumlayabilmelidir.
- Kontenjans tablolarına Ki-kare analizi uygulayabilmelidir.
- Doğrusal, eğrisel ve çoklu regresyon analizleri yapabilmelidir.
- Hata türü ve etkileri analizi (FMEA-HTEA) yapabilmeli ve sonuçlarını anlayabilmelidir.
- Deney için veriler verildiğinde, hangi temel etkilerin anlamlı olduğunu belirleyebilmeli ve bu faktörlerin etkilerini ifade edebilmelidir.

- Bir deneyin sonuçlarını değerlendirebilmelidir.
- Benchmarking'in kısıtlamalarına ve ilkelerine uymalıdır.
- Dayanıklılık ve stres dağılımları verildiğinde, bozulma olasılıklarını hesaplayabilmelidir.
- Altı Sigma yaklaşımının kısıtlarının farkında olmalıdır.

3.1.8. Yeşil kuşaklılar (ekip elemanları)

İyileştirme takımı üyelerine verilen addır. İyileştirme faaliyetlerini bizzat yürüten icracı personelden oluşur. Yeşil kuşakların, temel ölçüm ve analiz yöntemlerini iyi derecede bilmeleri ve bilgisayar yazılımları yardımı ile analizleri çok rahat yapabilecek yeterlilikte olmaları gerekmektedir.⁹⁵

Yeşil kuşaklıların eğitimleri iki haftadır. Bu eğitimler, TÖAİK modelinin uygulamalarına, proje planlamasına, süreç analizi ve istatistiksel analize dayanır.⁹⁶

Bir yeşil kuşaklının görevleri kısaca şöyle sıralanabilir:⁹⁷

- Altı Sigma projelerinde siyah kuşaklıların hedeflerine ulaşmasını sağlamak için belirgin alanlarda kısmi zamanlı çalışırlar.
- Altı Sigma yaklaşımını günlük işleriyle birleştirirler.
- Mini projeleri bizzat üstlenirler.

Yeşil kuşaklılar Altı Sigma'nın temel araçlarını, özellikle ölçme aşamasında kullanılan araçları iyi bilen ve kara kuşak projelerinde ekip elemanı olarak çalışan kişilerdir. Projeler üzerinde tam zamanlı olarak çalışmazlar. Ancak şirketteki diğer işlerini yaparlarken Altı Sigma projeleri üzerinde çalışırlar.⁹⁸

⁹⁵ Baş, Türker; Altı Sigma, <http://www.kaliteofisi.com/download/e-kitap.asp>

⁹⁶ Maryann G. Billington and Peter J. Billington, Ph.D., Six Sigma: Quality Performance, July, 2003, ss.71-76.

⁹⁷ Gürsakal-Oğuzlar; Age., s.76.

⁹⁸ Slatter; Age., s.220.

** DMADV: Define, Measure, Analyze, Design, Verify İngilizce kelimelerinin baş harfleridir.

3.2. Altı Sigma İyileştirme Modeli ve Aşamaları

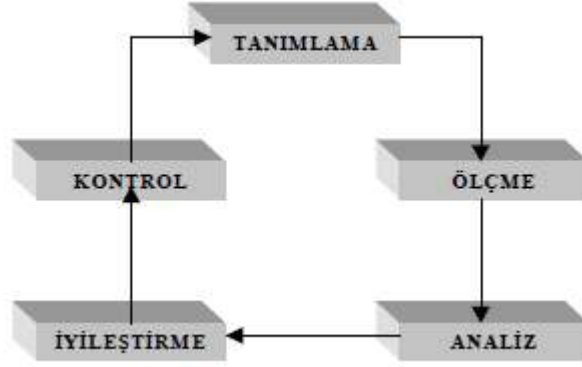
Altı Sigma yaklaşımının temel görevi süreç iyileştirmeye dayanan ölçüm stratejilerinin uygulanması ve Altı Sigma ile geliştirilen projelerin uygulama sürecindeki değişimlerinin azaltılmasıdır. Bu durumda kısa adı TÖAİK (DMAIC (DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve, Control İngilizce kelimelerinin baş harfleridir)) olarak bilinen Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol aşamalarından oluşan model ile kısa adı TÖADD (DMADV (DMADV: Define, Measure, Analyze, Design, Verify İngilizce kelimelerinin baş harfleridir)) olarak bilinen Tanımlama, Ölçme, Analiz, Dizayn ve Doğrulama aşamalarından oluşan yöntemler kullanılarak başarıya ulaşılır.

TÖAİK, mevcut sürecin iyileştirilmesidir. TÖADD ise Altı Sigma kalite düzeyinde yeni süreçler veya yeni ürünler geliştirmek için kullanılan daha ileri bir yöntemdir.⁹⁹

Bilimsel metodun işletme faaliyetlerine uygulanmasında kullanılan çok sayıda iyileştirme modeli bulunmaktadır. Ancak bu modellerin hemen hemen hepsi Deming'in PUKÖ–Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem al döngüsüne dayanır. Temel olarak PUKÖ modelinden büyük bir farklılık göstermeyen TÖAİK modelinde sadece ölçme ve iyileştirme süreçleri özel olarak vurgulanmış ve bu süreçler ayrı birer aşama olarak ifade edilmiştir.¹⁰⁰ Altı Sigma süreç iyileştirme modelinin aşamaları Şekil 3-2'de gösterilmiştir.

⁹⁹ Charles, Waxer. Six Sigma Cost and Saving, <http://www.isixsigma.com/library/bio/cwaxer.asp>

¹⁰⁰ <http://www.arveo.port5.com/6sigma.html>



Şekil 3-2: Altı Sigma TÖAİK (DMAIC) problem çözme modeli grafiği

Kaynak: [http:// www.spac.com.tr](http://www.spac.com.tr)

3.2.1. Tanımlama

Bu safhada ilgili projenin kapsamı ve amacı tanımlanır. Dikkat edilmesi gereken; seçilen projenin firmanın imkânları dahilinde olması, daha yüksek bir kalite yakalama ve maliyetleri azaltma ihtimalinin yüksek olmasıdır. Ayrıca problemlerin net ve sayısal verilerle tanımlanması gerekir.¹⁰¹

Tanımlama aşamasında proje ekibi ve program oluşturulur, müşteriler ile ihtiyaçları ve beklentileri belirlenir ve doğrulanır. Bu durum maddeler halinde şöyle sıralanabilir:¹⁰²

- Altı Sigma ekibinin işini yapabilmesi için, bir amaç ve motivasyon sağlayan bir tüzük oluşturmak
- Müşteri ihtiyaçları ve beklentilerini belirlemek

Bir yüksek düzey süreç haritası çıkartmak Bir projenin konusu belirlendikten sonra, tanımlama safhasında kullanılacak takip tekniklerinin belirlenmesi için Tablo 3-2'den yararlanılabilir.

¹⁰¹ Waxer Charles; Six Sigma Cost and Saving, <http://www.isixsigma.com/library/bio/cwaxer.asp>

¹⁰² Eckes, George; Herkes İçin Altı Sigma, MediaCat Kitapları, İstanbul, 2005, s.35.

Tablo 3-2:Tanımlama süreci takip tablosu

Adımlar	Sorulacak Soru	Kullanılacak Teknik
Fırsatların belirlenmesi	Neden buradayız?	Problemin belirlenmesi
	Amacımız nedir?	Amaç ağacı
	Organizasyonun veya takımın değerleri ile ortak bir çalışma yaptığımızdan nasıl emin olabiliriz?	Proje / Takım tutanağı
	Ne kadar zamanımız var?	Proje planı
Proje alanı	Müşterilerimiz kimler ve ne istiyorlar?	Müşteri istekleri
	Tedarikçilerden neler istiyoruz?	Tedarikçi istekleri
	Sistemimiz nasıl çalışıyor?	Değer akış şeması
	Sorun nerede ve ne zaman oluştu?	Sorun belirleme çalışması
	Sorun hangi sıklıkla meydana geliyor?	Pareto analizi

Kaynak: [http:// www.honeywell.com](http://www.honeywell.com).

Tanımlama safhasında en çok kullanılan teknik araçlar şunlardır:¹⁰³

- Proje Yönetimi
- Kano Model
- Süreç Akış Şeması
- Sebep-Sonuç Diyagramı
- Örnek Edinme
- Yakınlık Diyagramı
- Kritik Kalite Faktörleri Ağacı

3.2.2. Ölçme

Altı Sigma uygulanmasının ikinci aşaması ölçüm aşamasıdır. Mevcut sigma performansı, bazen Altı Sigma'nın stratejik düzeyinde olduğundan daha ayrıntılı bir şekilde, bu ikinci aşamada ölçülür.¹⁰⁴

¹⁰³ Michael, L. George. Lean Six Sigma, McGraw-Hill Inc., New York, 2002, s.172.

¹⁰⁴ Eckes; Age., s.35.

Ölçme aşamasının amacı, varolan süreç durum ve problemlerinin gerçeklere dayanan bir anlayış içinde oluşturulması ile problemlerin kaynak veya yerlerinin işaret edilmesidir. Bu bilgi analiz safhasında araştırmamız gereken potansiyel nedenlerin alanlarını daraltmamız konusunda bize yardımcı olur.¹⁰⁵ Ölçme safhasında kullanılacak takip tekniklerinin belirlenmesi için Tablo 3-3'den yararlanılabilir.

Tablo 3-3: Ölçme süreci takip tablosu

Adınlar	Sorulacak Soru	Kullanılacak Teknik
Mevcut durumun analizi	Hangi girdiler performansı etkiliyor?	Müşteri-Süreç matrisi
	Hangi girdiler çıktıları etkiliyor?	Detaylı akış şeması
	Süreç ne kadar?	Ürün akış şeması
	Mevcut sürecin maliyeti ne kadar?	Süreç maliyet tekniği
	Hangi işler ofis içinde dolaşüyor?	Fiziksel dizilim
	Hangi işler bölümler arası dolaşıyor?	Fonksiyonel süreç haritası
	Kaç farklı değişken var?	Histogram veya nokta taslağı
İstenilen sonucu belirleme	Çevrim zamanını nasıl azaltabiliriz?	"Olmah" akış şeması
	Çeşitliliği azaltmak için ulaşılabilecek hedef nedir?	Kontrol tablosu

Kaynak: [http:// www.honeywell.com](http://www.honeywell.com).

Ölçme safhasında en çok kullanılan teknik araçlar şunlardır:¹⁰⁶

- Veri Toplama Planı
- Çetele Diyagramı
- Frekans Poligonları
- Ölçüm Sistemi Analizi (Tekrar Edebilme ve Yeniden Üretebilme)
- Pareto Şeması
- Hata Tipi ve Etkileri Analizi (HTEA)
- Süreç Yeterliliği ve Süreç Sigması
- Kontrol Grafikleri

¹⁰⁵ Rath&Strong Management Consultants. Six Sigma Pocket Guide, 2nd printing, Massachusetts, 2001, s.21.

¹⁰⁶ http://www.geocities.com/alti_sigma/

Tablo 3-4, ölçümün gerçekleşmesi gereken üç alanı göstermektedir. Bu üç alan, müşteri için önemli olan çıktı ölçütleri, işi yapmanız için önemli olan girdi ölçütleri ve sürecin kendisini merkez alır.¹⁰⁷

Tablo 3-4 : Ölçülenme gerektiren alanlar

Süreç Ölçütleri (Sizin Verimliliğiniz)	Girdi Ölçütleri (Tedarikçi Etkililiği)	Çıktı Ölçütleri (Sizin Etkinliğiniz)
Süreç verimliliği ölçütleri: <ul style="list-style-type: none">• Döngü süresi• Maliyet• Değer• İşgücü	Tedarikçilerinize verilen anahtar kalite ölçütleri	Müşterilerinizin beklentilerini ne kadar karşıladığınızın/aştığınızın ölçütleri

3.2.3. Analiz

Altı Sigma taktiklerinin uygulanmasının üçüncü adımı, analiz aşamasıdır. Bu aşamada ekip, verilerin ve sürecin kendisini analiz ederek, sonunda sürecin kötü sigma performansının kökündeki nedenleri belirler.¹⁰⁸ Analiz aşamasında problemlerin temel nedenleri hakkında teoriler geliştirilip, bu teorileri verilerle doğrularak problemlerin temel nedenleri tanımlanır. Doğruları kanıtlanan neden veya nedenler bir sonraki aşamada tartışılıp, çözümlerin oluşturulması için temel teşkil eder.¹⁰⁹

Analiz aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlar şunlardır:¹¹⁰

- Yakınlık Diyagramı
- Beyin Fırtınası
- Sebep-Sonuç Diyagramı

¹⁰⁷ Eckes; Age., s.42.

¹⁰⁸ Eckes; Age., s.35.

¹⁰⁹ Rath&Strong Management Consultants. Six Sigma Pocket Guide, 2nd printing, Massachusetts, 2001, s.95.

¹¹⁰ <http://arveo.port5.com/6sigma.html>

- Örnekleme
- Hipotez Testleri
- Regresyon Analizi
- Dağılıma Diyagramları

Analiz aşaması pek çok kişi tarafından DMAIC yaklaşımındaki en önemli adım olarak görülür. Bunun nedeni, pek çok proje ekibinin süreci iyileştirmek için ne yapılması gerektiğine dair önceden oluşmuş kriterlerin olmasıdır. Ölçümden sonra hemen iyileştirmeye atlamak isterler. Bir örnek bu durumu anlatmaya yardımcı olacaktır. Eski Denver havaalanı, Stapleton, çok fazla rötör yapılmasından şikayetçiydi.

Heyecanlı politikacılar rötörün nedenlerini ortaya çıkaracak araştırmalar yapma zahmetine girmedi. Fakat yapmış olsalardı Stapleton'daki rötörlerin ardındaki köklü nedenin sınırlı sayıdaki paralel pistler olduğunu görecektlerdi. Bu analiz yapılmadan hemen istedikleri sonuca atladılar: Yeni bir havaalanı. Ne yazık ki yeni havaalanının yapılması pahalıydı ve yerel kullanıcılar için bu havaalanı uygun değildi.

Altı Sigma proje ekipleri Denver'daki politikacılar gibi değildir. Pek çok ekip, problemin neden var olduğunu doğrulamadan sürecin iyileştirme safhasına atlamak ister. Bu yüzden, ekiplerin verileri ve/veya süreçleri analiz etmesi ve son olarak bir ekip olarak başarılı olmak istiyorlarsa Kök Neden Analizi gerçekleştirmesi hayati önem taşır.¹¹¹

¹¹¹ Eckes; Age., s.48-49.

3.2.4. İyileştirme

Müşteri tatmini, ancak süreçlerin iyileştirilmesi ile mümkündür. Süreçlerin iyileştirilmesi ise verilere bağlıdır. Altı Sigma, süreç iyileştirme açısından veri odaklı sistematik bir yaklaşım sunmaktadır.¹¹²

İyileştirme aşamasında nedenleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çözümler geliştirilir, uygulanır ve değerlendirilir. Bu aşamada amaç, verileri kullanarak ortaya konulan çözümün, problemi çözdüğü ve gelişme için yol gösterici olduğunu göstermektir.¹¹³

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar şunlardır:¹¹⁴

- Deney Tasarımı
- Beyin Fırtınası
- Akış Diyagramları
- Hata Tipi ve Etkileri Analizi
- Hipotez Testleri
- Paydaş Analizi

Eğer proje ekibi, Analiz aşamasının Kök Neden Analizi adımıyla kapsamlı bir iş çıkarırsa, TÖAİK'nin İyileştirme aşaması, hızlı, kolay ve tatmin edici bir şekilde gerçekleştirilebilir. İyileştirmenin de iki istasyonu vardır: Çözüm üretme ve çözümler arasından seçim yapma.

Çözümleri uygularken proje ekibinin çözümleri öncelik sırasına koyması, bunları gruplar halinde bir seferde uygulaması ve uygulamanın hemen ardından sigmanın yeniden hesaplanması tavsiye edilmektedir. Bunun nedeni çoğu zaman

¹¹² Gwen Fontenot., Alicia Gresham, Ravi Behara, "Six Sigma in Customer Satisfaction", Quality Progress, Aralık 1994, s.73-75.

¹¹³ Rath&Strong Management Consultants. Six Sigma Pocket Guide, 2nd printing, Massachusetts, 2001, s.151.

¹¹⁴ [http:// www.procen.com](http://www.procen.com)

proje ekibinin hedef ve amaçlarına, önerilen çözümlerin hepsini uygulamadan ulaşılabilecek olmasıdır.¹¹⁵

3.2.5. Kontrol

İyileştirme aşaması sonucunda ortaya konulan çözüm ve uygulamaları kalıcı kılmak ve sürekli kontrol altında tutmak için uygulanan bir aşamadır. Kontrol aşaması sonucunda zamanla yeni metot veya metotların geliştirilmesi sağlanabilir.¹¹⁶

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar şunlardır:35

- Ölçülebilir Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri

$\bar{X} - R$ Grafikleri

$\bar{X} - S$ Grafikleri

Ortanca Değer Diyagramları

- Sayılabilir Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri

p Diyagramları

np Diyagramları

c Diyagramları

u Diyagramları

- Diğer Kontrol Grafikleri

CUSUM Kontrol Grafikleri

EWMA Grafiği

- Zaman Serileri Metotları

¹¹⁵ Eckes; Age., s.65.

¹¹⁶ Rath&Strong Management Consultants. Six Sigma Pocket Guide, 2nd printing, Massachusetts, 2001, s.163.

TÖAİK'nin son aşaması olan kontrol aşamasında iki istasyon vardır; kontrolün teknik metodunun belirlenmesi ve tepki planının oluşturulması. İyileştirme gerçekleştikten sonra, çözümlerin zaman içerisinde “kalıcı” olduğundan emin olmak önemlidir.

Teknik kontrol metodu, yeni süreçten ne kadar çıktı geçtiğini ve yeni sürecin ne kadar standardizasyona sahip olduğunu baz alır. Tablo 3-5'te, çıktı ve standardizasyon düzeyinde hangi teknik aracın kullanılacağını belirten bir matris gösterilmiştir.

Kontrolün ikinci istasyonu olan tepki planı ise, görünüşte veri toplama planına benzer.

Burada sürecin müşterileri tarafından doğrulanan spesifikasyonları ve hedeflerini, hangi veri toplama şekillerinin kullanıldığını, ekip tarafından seçilen kontrol yöntemlerini ve en göze çarpan süreç iyileştirmelerini kronolojik sırayla verir.¹¹⁷

Tablo 3-5: Süreç çıktısı- standardizasyon matrisi

Yüksek standardizasyon Düşük çıktı %15	Yüksek standardizasyon Yüksek çıktı %80
Yüksek standardizasyon Düşük çıktı <%1	Düşük standardizasyon Yüksek çıktı %5

3. 3. Altı Sigma'nın Uygulandığı Organizasyonlar

Günümüz işletmelerinde rekabet artarak devam ettikçe üretim ve hizmet organizasyonlarının daha verimli ve etkili hale gelmeleri gerekmektedir. Üretim organizasyonlarında verimlilik ve kalite artarken maliyet azalmalıdır. Hizmet organizasyonlarında ise, müşteri tatmini artırılmalı ve çevrim süresi kısaltılmalıdır.

¹¹⁷ Eckes; Age., s.66-67.

İşletmeler devamlılıklarını sağlayabilmek için bu şartları yerine getirmelidir. Son yıllarda Altı Sigma kavramı işletmelerin hayatlarını devam ettirebilmeleri için ulaşılmaması gereken bir hedef olarak benimsenmiştir.¹¹⁸

Sigma düzeyleri üretim ve hizmet sektörlerinde farklı farklı karşımıza çıkmaktadır. Bu durum Tablo 3-6'da gösterilmiştir.

Tablo 3-6: Üretim ve hizmet sektöründe sigma düzeyi ile kalite anlayışı

Süreç Sigması	Milyonda Hata	Başarı (%)	Hizmetler	Üretim
0	933000	6.7		
1	691000	30.9	Zayıf	
2	309000	69.1	Orta	Zayıf
3	66800	93.32	İyi	Orta
4	6210	99.379	Çok iyi	İyi
5	233	99.9767	World-Class	Çok iyi
6	3.4	99.99966		World-Class

Kaynak: Mulbury Consulting, Six Sigma Calculator, http://www.eurosixsigma.com/sixsigma/sigma_calc.htm

Tablo 3-7: Süreç aşamaları, süreç iyileştirme ve süreç tasarlama arasındaki ilişki

Aşamalar	Proses İyileştirme	Proses Tasarlama
Tanımlama	<ul style="list-style-type: none"> Sorumu belirleme İstekleri tanımlama Amaçları ortaya koyma 	<ul style="list-style-type: none"> Özel sorunları tanımlama Amaçları tanımlama Müşteri istekleri
Ölçme	<ul style="list-style-type: none"> Sorumu / Süreci Onaylama Sorumu / amacı inceleme Anahtar adımları ölçme 	<ul style="list-style-type: none"> Gerçekleşen istekleri ölçme Süreç verimlilik verilerini Toplama
Analiz	<ul style="list-style-type: none"> Hipotezler geliştirme Sebepleri ortaya koyma Hipotezleri geçerli kılma 	<ul style="list-style-type: none"> Doğru yöntemleri tanımlama Süreci değerlendirme İstekleri inceleme
Geliştirme	<ul style="list-style-type: none"> Sebepleri ortadan kaldıracak çözümler üretme Test sonuçları Sonuçları ölçme 	<ul style="list-style-type: none"> Yeni süreci tasarlamak Yeni süreci uygulamak
Kontrol	<ul style="list-style-type: none"> Sağlanan başarıyı ölçme Sorumları düzeltme 	<ul style="list-style-type: none"> Sağlanan başarıyı ölçme Sorumları düzeltme

Kaynak: Neuman P. Robert-Pande S. Peter- Cavanagh R. Roland; Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul, 2004.

¹¹⁸ Forrest W. Breyfogle; Implementing Six Sigma: Smarter Solution Using Statistical Methods, John Wiley and Sons, New York, 1999, s.39.

Altı Sigma yönteminde kullanılan TÖAİK (DMAIC) modeli hem süreç iyileştirme hem de süreç tasarlama aşamalarında kullanılır. Her bir aşama ile süreç iyileştirme ve süreç tasarlama arasındaki ilişki Tablo 3-7’te gösterilmiştir.

Altı Sigma yöntemi hem üretim hem de hizmet sektöründe uygulanabildiği gibi ayrıca ürün geliştirme ve tasarımında da uygulanabilmektedir.¹¹⁹ Fakat üretim, hizmet, ürün geliştirme ve tasarımı Altı Sigma çalışmalarında birbirlerinden farklılıklar göstermektedir.¹²⁰ Aşağıda bu üç değişik süreç hakkında kısa bilgiler verilecektir.

3.4. Altı Sigma’nın Altı İlkesi

Altı Sigma Organizasyonun temel süreçlerini, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, değerlendirilmek ve iyileştirmek için şimdi ve gelecekte, tüm çalışanların etkin olarak kullanılmasını gerektirmektedir.

3.4.1. Müşteri odaklılık

Altı Sigma’da en büyük önem, müşteriye odaklanmaya verilir. Altı Sigma performansının ölçümleri müşteri ile başlar. Altı Sigma’nın sağladığı iyileşmeler, müşteri memnuniyeti ve değeri üzerinde yaptığı etki ile tanımlanır. Altı Sigma, işin müşteri gereksinimlerini, erişilen performansın bu gereksinimlere kıyasla ölçümünü neden ve nasıl tanımlayabileceğini, yeni gelişmeleri ve karşılanmamış talepleri nasıl takip edeceğini inceler.¹²¹

Altı Sigma yönteminde, müşteri beklentileri esas alınarak çapraz fonksiyonlu ekiplerle hedef alanlarda iyileştirme çalışmaları yapılır. Ekipler, firmadaki müşteri tatminini etkileyen tüm süreçleri belirler. Analiz sonucunda toplam müşteri tatmini

¹¹⁹ Fred R. McFadden; Six Sigma Quality Programs, Quality Progress, June 1993, s.37.

¹²⁰ Micheal J. Fisher; Six Sigma and the Service Culture, Six Sigma Forum Magazin, 2001, www.sixsigmaforum.com/articles/exec/execsss-service.shtml

¹²¹ Arzu Atabek; Üretim ve Kalite İyileştirmede Çağdaş Çözüm: 6 Sigma, Otomasyon Dergisi, Eylül 2004, s:94-97.

için iyileştirme çalışmaları yapılır. Bu sonuçlar sadece dış müşteri için değil, aynı zamanda iç müşteri için de başarılı bir şekilde uygulanabilir.¹²²

3.4.2. Verilere ve gerçeklere dayalı yönetim

Son yıllarda ölçüme, bilginin yönetimine, bilişim teknolojilerine vb. verilen öneme rağmen iş dünyasında çok sayıda kararın hala fikir ve varsayımlara dayalı olarak alındığı bilinmektedir.¹²³

Altı Sigma uygulamalarının ilk basamağı iş performansını tahmin etmek için gerekli anahtar kilitlerin belirlenmesidir. Bu anahtar kilitler daha sonra kritik değişkenleri anlamak ve sonuçları optimize etmek için kullanılır. Daha açık bir ifade ile Altı Sigma, verilere dayalı karar ve çözümleri desteklemek için yöneticilerin şu iki temel soruyu cevaplamalarına yardımcı olur.¹²⁴

- Hangi veri/bilgilere gerçekten ihtiyaç var.
- Bu veri/bilgileri en fazla yarar sağlayacak şekilde nasıl kullanabilirim.

3.4.3. Sürece odaklanma, yönetim ve iyileştirme

Altı Sigma'da süreçler eylemin olduğu yerler olarak görülmektedir. Altı Sigma süreç ne olursa olsun (ürün veya hizmet tasarımı, performans ölçümü vb.), süreci başarının anahtarı olarak görmektedir.¹²⁵

Bugüne kadar Altı Sigma çalışmalarının en kayda değer atılımlarından biri, süreçlerde başarılı olmanın yalnızca gerekli bir beceri olmadığına, müşterilere bir değer sunarken rekabet gücünü arttıran bir yapı kurma yöntemi olduğuna lider ve yöneticileri ikna edebilmesidir.

¹²² Gwen Fontenot- Alicia Gresham- Ravi Behara; Six Sigma in Customer Satisfaction, Quality Progress, Aralık 1994, s.73-75.

¹²³ Neuman -Pande- Cavanagh; Age., s.45.

¹²⁴ <http://www.procen.com.tr/altisigma.htm>

¹²⁵ Erhan Ada - Burcu Aracıoğlu - Yiğit Kazançoğlu; Türk İşletmelerinde Verimlilik Artışı İçin Altı Sigma Yönetim Sistemi Modeli, Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, Haziran 2004, s.1-12.

3.4.4. Proaktif yönetim

En basit anlatımla, “proaktif” olmak, olaylardan önce harekete geçmek demektir. Gerçek hayatta proaktif yönetimin anlamı; iddialı hedefler belirlemek ve onları sık sık gözden geçirmek, öncelikleri net olarak belirlemek; sorun çözmekle uğraşmak yerine, sorunların ortaya çıkmasına meydan vermemek; “işlerin yürütülme biçimini” körü körüne savunmak yerine, bunları niçin yaptığımızı sorgulamak demektir.¹²⁶

3.4.5. Sınırsız işbirliği

Sınırsızlık, iş başarısı için Jack Welch’in deyişlerinden birisidir. Şirketin tedarikçileri, müşterileriyle ve şirket çalışanlarının da birbirleriyle kuracakları işbirliğinin getireceği fırsatlar büyüktür. Müşteriye değer oluşturmak için ortak çalışması gereken gruplar arasındaki rekabet ve irtibatsızlıklardan dolayı her gün milyarlarca dolar masada bırakılır. Altı Sigma, insanların büyük resimdeki yerlerini görmelerini ve faaliyetler arasındaki ilişkileri anlamalarını sağlayarak iş birliği fırsatlarını arttırır. Altı Sigma’daki sınırsız işbirliği, karşılıksız fedakârlık anlamında değildir. Bununla birlikte son kullanıcıların gerçek ihtiyaçları ile süreçler arasındaki ilişkilerin anlaşılmasını gerekli kılar. Ayrıca müşteri ve süreç arasındaki ilişkiden elde edilen bilginin tüm ilgili şahıs ve birimlere yarar sağlayacak şekilde kullanımını öngörür.¹²⁷

3.4.6. Mükemmele yöneliş, başarısızlığa karşı hoşgörü

Bu son ilke kendi içinde çelişkili gibi görünebilir. Nasıl hem mükemmele ulaşmayı isteyip hem de başarısızlığa karşı hoşgörülü olunabilir ki? İşin özünde, bu iki düşünce birbirini tamamlamaktadır. Hiçbir şirket, yeni düşünceler ve yaklaşımlar üretmeden (ki bunlar da her zaman bir risk taşır) Altı Sigma’ya yakın bir noktaya ulaşamaz. Daha iyi bir hizmete, daha düşük maliyetlere, yeni becerilere vb. götüren (yani mükemmele çok yaklaştıran) bir yol olduğunu gören kişiler,

¹²⁶ Neuman -Pande- Cavanagh; Age., s.46.

¹²⁷ <http://arveo.port5.com/6sigma.html>

muhtemel başarısızlığın sonuçlarından da çok korkuyorlarsa, hiçbir zaman bu yeni yolu denemeye kalkışmazlar. Bu durumda sonuç: durgunluk, çürüme ve ölümdür.¹²⁸

3.5. Altı Sigma'nın Hedefleri

Altı Sigma, temel süreç bilgilerinin işlenmesiyle hataları yok etmeyi amaçlayan bir iş yapma düşüncesidir. Bu bağlamda yüksek iş hacmi, etkin verimlilik gibi unsurları ve kalitenin artırılarak maliyetlerin azaltılması Altı Sigmanın hedefleri arasındadır. Bu hedefleri aşağıdaki başlıklarda açıklayabiliriz.

3.5.1. Hataların azaltılması

Hata veya bir başka deyişle kusur; bir ihtiyaç, beklenti ve spesifikasyonları karşılayamama durumudur. Tedarik edilen parçanın reddi, üretimde yeniden işleme ve hurdanın olması, müşteriden şikâyet gelmesi veya geri dönüşe sebep olan tüm unsurlar “hata/kusur” olarak tanımlanır.¹²⁹

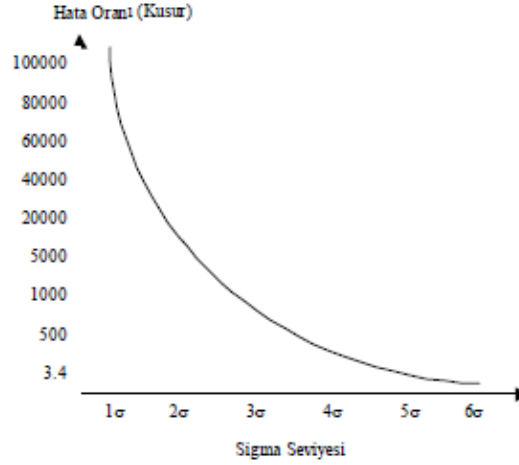
Altı Sigma performansına ulaşmadaki hedef, bir sürecin Altı Sigma'sının yani değişkenliğin standart sapmalarının müşterinin talepleri doğrultusunda belirlenmiş sınırlar içerisine çekilmesi yoluyla, değişkenliği azaltmak ya da daraltmaktır. Bu, pek çok ürün, hizmet ve süreç için çok büyük ve son derecede değerli bir iyileştirme anlamına gelir.¹³⁰

¹²⁸ Neuman -Pande- Cavanagh; Age., s.47.

¹²⁹ Honeywell Authot Team, Corporate Sigma Calculation Methods, Version 3.0, Honeywell

¹³⁰ Neuman -Pande- Cavanagh; Age., s.55.

Sigma seviyesi ile hata oranı arasındaki ilişki grafiği Şekil 3-3'ten gösterilmiştir.



Şekil 3-3: Süreç sigma seviyesi ile hata oranı (DPMO) grafiği

Kaynak: Kevin Linderman; *Journal of Operations Management*, 2003, s.194

3.5.2. Kalitenin artırılarak maliyetlerin azaltılması

Daha önceleri kalite, mamule yapılan bir katkı olarak değerlendirildiği için kalitenin maliyetlerin artışına sebep olduğu ifade edilmekteydi. Yani klasik anlamda kalite ve maliyet birbirleriyle çelişen bir durum gibi görünüp, kalite artınca maliyetlerin de arttığı kabul edilmekteydi. Günümüzde ise bunun böyle olmadığı yani kaliteye yapılan bir birimlik harcamanın, maliyeti aynı oranda artırmadığı, hatta belli bir zaman sonra maliyetlerde bir düşmeye sebep olduğu görülmüştür.¹³¹

Bugün artık düşük kalitenin üretici firmalar için daha maliyetli olduğu kabul edilmektedir. Birçok üretici firmanın 'kalite maliyeti yüksektir' düşüncesi ile kaliteyi düşük tuttuğu ve pazar payını kaybettiği bir gerçektir. Geçmişte uygulanan geleneksel maliyet muhasebesi teknikleri, sadece çıktılardan miktarına önem verilmesine, kaliteli mamul üretimine gereken önemin verilmemesine ve dışarıdan

¹³¹ Özcan, Selami; ISO 9000 Standartlarının Uygulanmasında Ortaya Çıkan Kalite Maliyetleri Analizi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 1998, s.243-244.

hammadde/malzeme tedarikinde sadece satın alma fiyatının dikkate alınmasına sebep olmuştur.¹³²

Altı Sigma etkin bir şekilde uygulandığında:¹³³

- Yüksek kalitede bir ürünü ilk seferde üretememek, yeniden işleme, hurdaya ayrılan ürünlerin maliyeti, fazla mesai gibi zaman ve maliyet kaybının minimum seviyeye düşürülmesi,

- Üretim ve ürün kalitesinin artması,

- Müşteri beklentilerinin daha iyi belirlenerek, sürekli müşteri memnuniyetinin sağlanması,

- Pazar payının artırılması,

- Dağıtım ve kalite performansının artırılması,

- Daha uygun tasarımlar yapılarak üretilebilirliğin artırılması,

- Tüm süreçlerde kayıpların en aza indirilmesi sağlanmaktadır.

3 ile 4 sigma kalite düzeyinde çalışan bir işletmede milyonda kusur sayıları 66800 ile 6210 arasında değişim göstermektedir. Bu kusur oranları, toplam gelirlerin %25'inin kusur nedeni ile kaybedilmesi demektir. Altı sigma yaklaşımı milyonda 3.4 kusur veya hatayı hedefleyerek bu olumsuzlukları ortadan kaldırmayı amaçlar.¹³⁴

Altı Sigma yaklaşımında sigma seviyesi ile kalitesizlik maliyeti arasında ciddi bir ilişki vardır. Bu ilişki Tablo 3-8'de görülmektedir.¹³⁵

¹³² Şimşek, Muhittin; Toplam Kalite Yönetimi, Alfa Yayınları, İstanbul, 2004, s.229.

¹³³ Aydın, Mehtap; Altı Sigma, <http://www.destekdan.com/bilgi/6%20sigma.htm>

¹³⁴ Fred Love; Six Sigma: What Does It Really Mean? Informed Outlook, Volume 3, Number 19, 1999, ss.12-23.

¹³⁵ <http://sixsigmatutorial.com/Six-Sigma/Six-Sigma-Capability-Improvement.aspx>

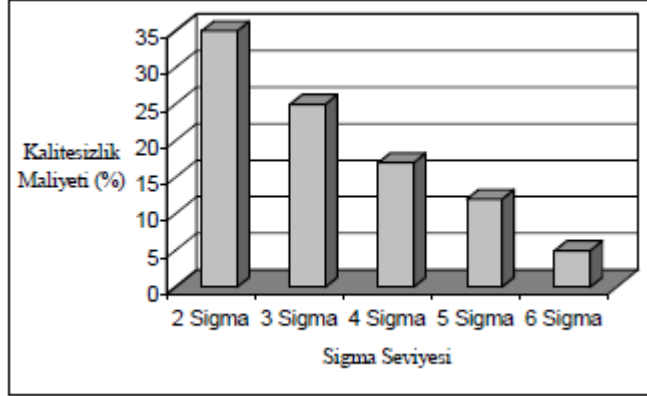
Tablo 3-8: Sigma değeri ve zayıf kalitenin maliyeti arasındaki ilişkisi

Başarı	DPMO	Sigma	C _p	COPQ
0.840	160000	2.50	0.83	%40
0.870	130000	2.63	0.88	
0.900	100000	2.78	0.93	
0.930	70000	2.97	0.99	
0.935	65000	3.01	1.00	
0.940	60000	3.05	1.02	
0.945	55000	3.10	1.03	%30
0.950	50000	3.14	1.05	
0.955	45000	3.20	1.06	
0.960	40000	3.25	1.08	
0.965	35000	3.31	1.10	
0.970	30000	3.38	1.13	
0.975	25000	3.46	1.15	
0.980	20000	3.55	1.18	%20
0.985	15000	3.67	1.22	
0.990	10000	3.82	1.27	
0.995	5000	4.07	1.36	
0.998	2000	4.37	1.46	
0.999	1000	4.60	1.53	%10
0.9995	500	4.79	1.60	
0.99975	250	4.98	1.66	%5
0.9999	100	5.22	1.74	
0.99998	20	5.61	1.87	
0.9999966	3.4	6.00	2.00	

Kaynak:<http://sixsigmatutorial.com/Six-Sigma/Six-Sigma-Capability-Improvement.aspx>

Günümüzde birçok firmanın üç ile dört sigma aralığında çalışıldığı göz önüne alındığında kalitenin maliyeti, gelirin %15 ile %25'ini oluşturur. Hâlbuki firma Altı Sigma kalite seviyesini yakaladığında, kalite maliyeti %5'in altına düşer.¹³⁶ Bu durum Şekil 3-3'de görülmektedir.

¹³⁶ Keller, Paul, Does Six Sigma Work in Smaller Companies?, <http://www.isixsigma.com>



Şekil 3-3: Sigma seviyeleri ve kalitesizlik maliyeti grafiği

Kaynak: <http://sixsigmatutorial.com/Six-Sigma/Six-Sigma-Capability-Improvement.aspx>

3.6. SIPOC Diyagramı

İngilizce Suppliers (Tedarikçiler), Inputs (Girdiler), Process (Süreç), Outputs (Çıktılar) ve Customers (Müşteriler) kelimelerinin baş harflerinden oluşan SIPOC terimi altı sigma sürecinin en temel yapı taşları arasındadır. SIPOC diyagramı organize bir iş sürecinin yaratılmasına, büyük resmin görülmesine imkan sağlar ve DMAIC stratejisinin temelini oluşturur.

SIPOC diyagramı başlıca iş süreçlerini şekillendirmede ve olası ölçüleri tanımlamada tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem, baştan aşağıya tüm süreci ele alarak alt süreçleri ve temel faaliyetleri saptamada kullanılır. Bu yöntem çok fazla detaya inmeden sürecin kritik elemanlarını belirlemek ve sınırlarını çizmek amacıyla kullanılır.¹³⁷

SIPOC diyagramı organize bir iş sürecinin yaratılmasına, büyük resmin görülmesine imkan sağlar ve DMAIC stratejisinin temelini oluşturur.

DMAIC, sapmaların azaltılması ve iyileştirme amacıyla altı sigma içerisinde kullanılan sistematik bir metottur. DMAIC, İngilizce Define (Tanımlama), Measure (Ölçme), Analyze (Analiz etme), Improve (Geliştirme), ve

¹³⁷ Pande-Hollp, a.g.e.,

Control (Kontrol) kelimelerinin baş harflerinden türetilmiştir. Bu kelimeler bir altı sigma projesinin beş aşamasını tanımlar.

Bir altı sigma iyileştirme projesinin tanımlama aşamasında müşterinin sesinin tanımlanması için bilgi ve ürünlerin tedarikçilerden müşterilere aktığı süreçlerin haritalarının çıkarılması, her bir sürecin bileşenlerinin ve her bir bileşenin müşterilere ürünlerin sunulmasında sağladığı katkının belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. SIPOC, müşteriler için değer yaratılmasına ve sunulmasına katkı sağlayacak sürecin beş ana bileşeni ile ilişkili üst seviyeli bir diyagramdır ve bileşenlerin ne olduğunu ve her bir bileşenin süreç içerisine nasıl bir katkı sunduğunu gösterir. Süreçlerin görsel bir haritasına sahip olmak her bir sürecin önemli bileşenleri arasındaki ilişkileri kurmayı kolaylaştırır, projenin temel bir çerçeve içerisinde daha kolay bir anlaşılmasını sağlar.¹³⁸

SIPOC diyagramı içerisinde yer alan her bir elemanın tanımı aşağıdaki şekildedir:

1. *Tedarikçiler*: Müşterilere satılan değer oluşması için kullanılan süreç içerisindeki hammadde, hizmet ve bilgilerin sağlayıcılarıdır.
2. *Girdiler*: Müşterilere satılan değer oluşması için kullanılan süreç içerisindeki hammadde, hizmet ve bilgilerdir.
3. *Süreç*: Bir kurum içerisinde, hammadde ve hizmetlerin değere dönüşmesi için gerçekleştirilenlerdir.
4. *Çıktılar*: Kurum tarafından müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretilen değerdir.
5. *Müşteriler*: Kurumlar tarafından oluşturulan değer kullanıcılarıdır.

¹³⁸ McGraw.Hill.Professional.Lean.Six.Sigma.Using.SigmaXL.and.Minitab.Jan.2009.eBook-DDU

SIPOC diyagramı süreç hakkında bilgi sahibi olan kişilerle hazırlanır. Bu kişiler arasında altı sigma ekibinde tam zamanlı olarak yer almayanlar da bulunabilir. Öncelikle belirli bir amaca yönelik beyin fırtınası ile başlanır. Bunun için ekipte yer alanlara sürecin tanımı yapılır ve tanım üzerinde mutabakata varılır. Örnekler:

- “Personel istihdam etmek”
- “Malların depolanması için gereken alanı azaltmak”
- “Makine parkının çalışmadığı süreyi azaltmak”
- “Dağıtımda için kullanılan mesafeyi azaltmak”

Bütün aşamaların tamamlanmasının ardından elde edilen bilgiler o sürecin üst seviyede tam bir resmini ortaya çıkarır. Bu resim Altı Sigma uygulaması için kullanılacak en değerli araçlardan birisidir çünkü DMAIC için gereken koşulları hazırlamış olur. SIPOC ile sürecin kendisini tanımlamak, ölçümler için bir çerçeve ve analiz için bir temel oluşturmak ve iyileştirme alanları belirlemek için gereken verilerin temelleri atılmıştır.¹³⁹

Süreç: Personel İstihdam Etmek				
Tedarikçiler	Girdiler	Süreç	Çıktılar	Müşteriler
İnsan Kaynakları Departmanı	Personel talebi	<ol style="list-style-type: none"> 1. İhtiyaçların belirlenmesi 2. Personel niteliklerinin belirlenmesi 3. İşe alma ilanı verilmesi 4. Adayların değerlendirilmesi 5. İş teklifi yapılması 6. İş başlangıcın onaylanması 	Yeni personel	A departmanı

Tablo 3-9: Basitleştirilmiş bir SIPOC diyagramı

¹³⁹Gygi, Craig, Decarlo Neil, Six Sigma For Dummies, 2005, Wiley Publishing, Indianapolis

Yukarıda basitleştirilmiş bir SIPOC diyagramı gösterilmektedir. Mevcut duruma göre daha fazla tedarikçi, girdi, süreç, çıktı ve müşteri eklenebilmektedir.

140

SIPOC Diyagramına eklenebilecek diğer bilgiler

Bir SIPOC diyagramının daha açıklayıcı olmasını sağlamak için Şekil 2’de verilenlere ek olarak yeni bilgiler eklenebilir, bunlar arasında:

- Sürecin amacı: Örneğin doğru zamanda doğru nitelikte personelin istihdam edilmesi;
- Sürecin sahibi: Sürecin başından sonuna sorumlu olanlar;
- Sürecin başlama ve bitiş zamanı: Bunlar bir süreç haritasının başlangıcı ve bitişini göstermektedir, bazı süreçlerin birden fazla başlangıç ve bitiş noktaları olabilir;
- Sürecin sınırlarının tanımlanması: Müşteri türleri, alınan risk, vb. Bu bilgiler birden fazla süreç haritasına ihtiyaç duyulup duyulmayacağını da gösterir.

141

Kuruluşların başarılı olabilmesi için tüm çalışanlar tarafından organizasyonel sistemin bütün bir resim olarak anlaşılması gerekmektedir. Proje yöneticileri veya takım üyeleri değiştirmeleri veya oluşturmaları gereken sistemin her bir parçasını bir bütün olarak görebilmeye ihtiyaç duyarlar. Sistemin bütününe görebilmek için SIPOC diyagramı kullanılan araçlardan bir tanesidir. Bir proje, süreç girdisi, tedarikçiler, görevler, ekipmanlar ve çıktıları gerektirir. Bu nedenle SIPOC diyagramı proje takımının işini kolaylaştıran güçlü bir araçtır.¹⁴²

140

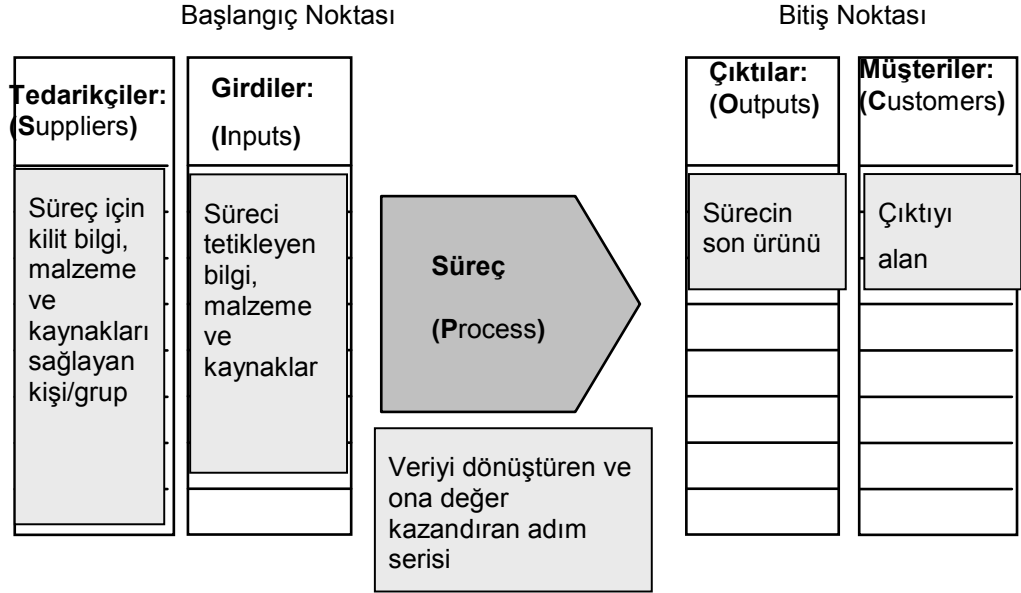
http://www.businessknowledgesource.com/manufacturing/what_is_a_sipoc_diagram_high_level_process_map_and_how_is_it_used_in_six_sigma_021699.html

¹⁴¹ McGraw-Hill - The Six Sigma Handbook 3rd Edition (2009)

142 <http://ianjseath.files.wordpress.com/2009/04/sipoc.pdf>

SIPOC diyagramı, süreç faaliyetlerini parçaları, rolleri ve ilişkileri gösterir. Kullanılan bu diyagramın amacı; projeyi tanımlamak ve kapsamını çizmek, paydaşları tanımlamak, çözüm önerilerini analiz etmek, uygulama sonuçlarını raporlamaktır.

SIPOC diyagramı (SIPOC Diyagramı) başlıca üç süreçlerini şekillendirmede ve olası ölçüleri tanımlamada tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem, baştan aşağıya tüm süreci ele alarak alt süreçleri ve temel faaliyetleri saptamada kullanılır. Bu yöntem çok fazla detaya inmeden sürecin kritik elemanlarını belirlemek ve sınırlarını çizmek amacıyla kullanılır.



Tablo 3-10: SIPOC Diyagramı

- Sürece ait tüm ilgili elemanların ekipçe tanınması amacıyla kullanılan bir araçtır.
- Kapsamı iyi belirlenememiş karmaşık bir projeyi tanımlamaya yardım eder.
- Süreç Haritalama ve “Kapsam içi/Kapsam Dışı” araçlarına benzerdir ancak ilave detayların da görülmesini sağlar.
- SIPOC diyagramına gerekirse İhtiyaçlar (Requirements) bölümü de eklenebilir.

Tedarikçi	Girdiler	Süreç	Çıktı	Müşteri
CAT	Stok	Satış İşlemi	Makine	Belirlenmiş Müşteriler
BMST	Makine Yığını	<ul style="list-style-type: none"> ○ Haberleşme ○ Cari fiyat ○ Müzakere ○ Sözleşme ○ Sipariş 	Parça	
ASSC	Ürün dizisi		CSA	
Müşteri	Fiyat		Parçalar ve servis	
Rakip	Rakipler		Satış Anlaşması	
Diğer Üretici	İştirak		Satış (Müşteri faturası)	
Finans Şirketleri (Bankalar, Leasing şirketleri, Cat finans vb.)	Finans Alternatifleri	Satış Kayıpları		
	Finansal Kiralama Belgeleri	Satış Kayıp Sebepleri		
	Entegre Çözümler	Sözleşme İptalleri		
	Ölçüp Biçme	Pazar Payı (PINS)		
	Kiralama	Fatura		
	Gruplama	Sevkiyat		
	Hizmet Ağı	Ödeme		
	Parça mevcudu	Yeni Yönetim		
	Onay			
	Pazarlama Faaliyetleri			
	Satış Grubu ve Uzmanlar			
	Yönetim			
	Borusan Bilinci			
	Bilgi			
Teminat				

Tablo 3-11 Sipoc çalışmasının gösterilmesi

3.7. Süreç Haritası

Proje aşamasında proje ekibi birkaç tane süreç haritası oluşturur. Süreç haritası iyileştirilmesi hedeflenen süreçteki mevcut aşamaların bir resmini verir.

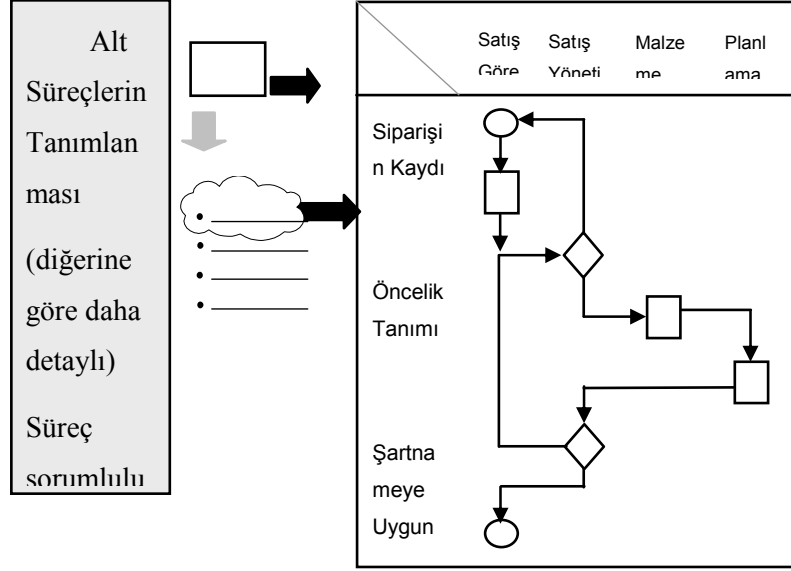
Süreç haritası sürecin tedarikçilerinin, tedarikçilerin temin ettiği girdilerin, sürecin adının, sürecin girdilerinin ve sürecin müşterilerini belirlenmesi şeklinde başlıca beş kategoride yapılacak iş bulunmaktadır. Bir süreç haritasını tamamlamak için gerçekleştirilmesi gereken aşamaları ekibe göstermek amacıyla bu adımların her biri SIPOC olarak özetlenmiştir.

Süreç haritası çıkarmanın dört aşaması vardır. İlk aşama, ekibin proje çalışmasının Tanımlama aşamasında oluşturdukları haritadır. Bu yüksek düzey bir süreç haritasıdır çünkü proje ekibi mevcut süreçteki en üst düzey adımlardan beş ila yedi tanesine odaklanır. Bazen beşten az ya da yediden çok olabilir fakat genelde ekip beş ila yedi tane elde etmeye çalışmalıdır.

Süreç haritası çıkarmanın ikinci adımı Analiz aşamasında gerçekleşir burada orijinal yüksek düzey süreç haritası daha ayrıntılı oluşturulur. Bu ikinci tür süreç haritasına alt süreç haritası denir. Üçüncü tür süreç haritası DMAIC'nin iyileştirme aşamasında oluşturulur. Bu harita, yeni sürecin nasıl olması gerektiği hakkındaki iyileştirilmiş haritadır. Bu yüzden olması gerekenler haritası olarak da adlandırılır. Son olarak, dördüncü tür süreç haritası, Altı Sigmaya göre tasarım uygulamasından elde edilen olabilirler haritasıdır.¹⁴³

¹⁴³ Eckes George, Herkes için Altı Sigma, MediaCat, 2005, s.73

3.8. Süreç Haritalama Teknikleri



Şekil 3 -4 Süreç Haritalama Tekniklerinin gösterimi

	Başlangıç & Bitiş Noktası	Sürecin sınırlarını tanımlar.
	Faaliyet	Yapılan faaliyet: gerekli gereksiz faaliyetleri belirler.
	Karar	Karar noktalarını gösterir, faaliyetin kime bağlı olduğunu simgeler, kabul,red,onayı simgeler.
	Ok	Süreç akışını gösterir.
	Girdi / Çıktı	Detaylı tanımlamadan önemli girdi ve çıktıları belirtir.
	Süreç Bağlantıları	Akışı başka bir sürece veya sayfaya bağlar.
A#	Faaliyet No	Faaliyetin sıralamadaki yerini gösterir..
D#	Karar No	Kararın sıralamadaki yerini belirtir..

Tablo 3-82 Süreç Haritası Sembolleri

Sürecin başlama noktası bir daire ile gösterilir. Her süreç adımı veya işlem, bir dikdörtgen ile ve sürecin sona ermesi de bir oval gösterilir. Karar nedeniyle süreç dallanmasının olduğu nokta baklava biçiminde gösterilir. Paralelkenar, süreç adımlarında olmayan faydalı bilgileri içerir. Ok çizgisi sembolleri bağlamak ve akış yönünü göstermek için kullanılır.

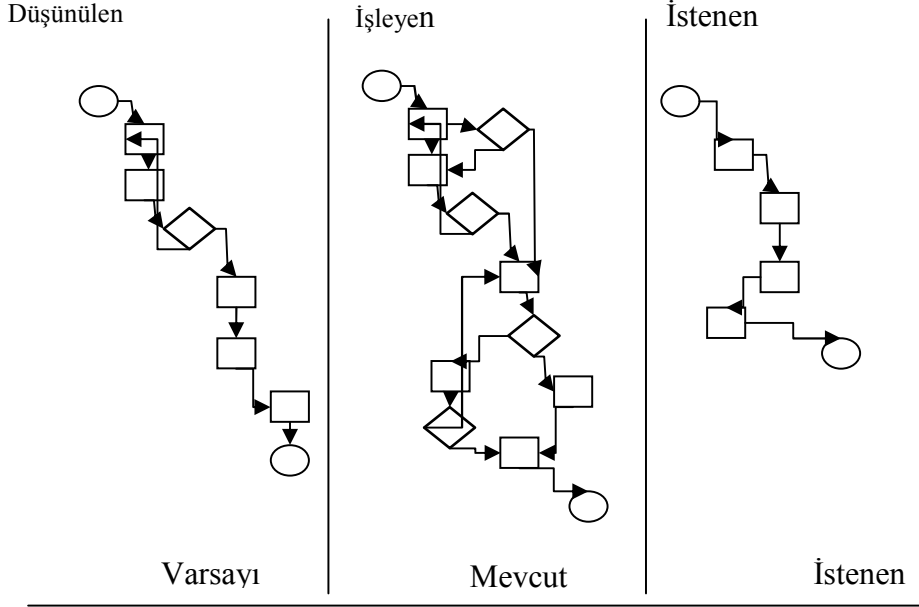
Akış çizelgelerini oluşturmada sıralama şöyle olmalıdır.

- Sürecin sınırlarının belirlenmesi
- Mümkün olduğunca en basit sembollerin kullanılması
- Her geri beslenme döngüsü bir yeri göstermeli
- Süreç kutusundan sadece bir ok ve karar kurusundan da sadece iki ok çıkmalı
- Sonraki aşamada ne yapılacağı hakkında bir kuşku duyulursa konuyu bilen başka elemanların da takıma dahil edilmesi gerekir.

Takım, süreç hakkında en çok bilgisi olan kişilerden oluşmalıdır. Birlikte mevcut sürecin akış çizelgesi hazırlanır. Çünkü tek bir kişinin diğerlerinin yardımı olmadan iş akışını tamamlaması çok zordur. Hazırlanan bu çizelgede bilgi boşluğu görülürse, takıma yeni üyeler alınarak bu boşluk doldurulur ve ikinci bir akış çizelgesi hazırlanır. Her iki çizelge karşılaştırılarak hurda kaynaklar, hatalar ve problemler aydınlatılarak, hangi alanlara süreç iyileştirme planı uygulanacağı belirlenir. Ayrıca iyi çizilen bir akış çizelgesi süreç bilgisini geliştirecek ve gereken iyileşmeleri bulmak için takım çalışmasını geliştirmeye başlatacaktır.¹⁴⁴

¹⁴⁴ Öztürk, Ahmet; Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Basım, 2009, s.367

Süreç Haritalama



Şekil 3-5 Süreç haritalama teknikleri

3.8. Hipotez Testi

Gözlem ya da deneme sonucu elde edilmiş sonuçların, şans eseri ortaya çıkıp çıkmadığının incelenmesinde kullanılan istatistiksel yöntemlere hipotez testleri adı verilir.

Bir istatistiksel hipotez testi deneysel verileri kullanarak istatistiksel kararlar almak için kullanılan bir metottur. İstatistikte bir sonucun istatistiksel öneme sahip olması için şans ile oluşmamış olması gerekmektedir. "Önem testi" terimi literatüre Ronald Fisher tarafından kazandırılmıştır: "Bu tür kritik öneme sahip testler "önem testi" olarak adlandırılabilir ve bu tür testler yapılabildiğinde

ikinci bir örneklemin birincisinden önemli ölçüde farklı olup olmadığını anlayabiliriz^{145, 146}.

Hipotez testi bazen veri doğrulama analizi olarak da kullanılmaktadır. Hipotez testinin bir diğer kullanım alanı deneysel sonuçların oluşturulan tahmin üzerinde herhangi bir kuşku yaratıp yaratmayacak kadar bilgi sağlayıp sağlamadığını görmektir¹⁴⁷.

Kitleler gösterdikleri olasılık dağılımları ile tanımlanırlar ve kitle hakkında verilecek kararlar, ancak bu dağılımlar bilindiği zaman kesinlik kazanır. Bununla birlikte her zaman kitledeki tüm bireylere ulaşmak mümkün olmadığından, kitleden çekilecek örneklem yardımıyla kitle parametreleri tahmin edilebilir. Kitle hakkında karar verirken ya tahmin yapılır, ya da konuyla ilgili bir varsayımda bulunulur; ileri sürülen bu tip varsayımlara “hipotez” adı verilir. Genelde bir hipotezin doğru ya da yanlış olduğu ispatlanamaz; yalnızca, rasgele değişkenin değerleri yardımı ile elde edilen bilgiler hipotezi desteklediğinde “hipotez reddedilemez” denebilir⁴.

İstatistiksel hipotez testi için en önemli alternatif yöntem Bayeşi sonuç çıkarımı metodudur. Fakat verilerin kullanımı ile kararlar vermek için farklı yöntemler de mevcuttur. İstatistiksel test prosedürleri bir mahkemeye benzetilebilir. Kullanılan yöntemlerde sanık mahkemeye çıkarılır ve tersi ispat edilene kadar suçsuz sayılır. Savcı ise sanığın suçlu olduğunu ispat etmeye çalışmaktadır. Sadece yeterli derecede delil oluştuğunda sanığın suçlu olduğu hükmüne varılır.

¹⁴⁵ R. A. Fisher. Statistical Methods for Research Workers, Edinburgh: Oliver and Boyd, 1925, s.43.

¹⁴⁶ Wikipedia, Statistical hypothesis testing
http://en.wikipedia.org/wiki/Hypothesis_testing#cite_note-Fisher1925-0, 18 Ocak 2010

¹⁴⁷ Boyacıoğlu, Hayal, GÜNERİ, Pelin, Sağlık Araştırmalarında Kullanılan Temel İstatistik Yöntemler, Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi, Cilt: 30, Sayı: 3, 2006, s.78.

Prosedürün başlangıcında iki hipotez mevcuttur bunlar H_0 yani “sarığın suçsuz olduğu” ve H_1 ’dir yani “sarığın suçlu olduğudur”. Birincisine sıfır hipotezi adı verilir ve test süresince doğru olduğu kabul edilir. İkincisi ise karşıt hipotezdir. Süreç içerisinde bu hipotezin doğru olduğu ispatlanmaya çalışılır.

Bir bilimsel hipotezin kurulup test edilmesinde 4 unsur göz önünde bulundurulmaktadır.

1. Sıfır Hipotezi (H_0)
2. Alternatif Hipotez (H_a)
3. Hata Tipleri
4. Test İstatistiği Sıfır Hipotezi (H_0); test edilecek hipotezi gösterir.

Test yapılmasının mantığı, daima, verilen teoriyi çürütünceye kadar standart teorinin doğruluğuna inanmaktır. H_0 hipotezinin reddedilip reddedilmemesi ile ilgili karar, kitleden çekilen örnekteki bilgilere dayanır ve karar verme işlemi örnekteki verilerden yararlanarak hesaplanan bir test istatistiğinin büyüklüğünün önceden belirlenen bir değer ile karşılaştırılması ile yapılır. Hipotez Testi ile hesaplanan değer, biri kabul diğeri red bölgesi olan 2 bölgeye ayrılmaktadır. Hesaplanan değer red etme bölgesinde ise H_0 hipotezi reddedilir, kabul bölgesinde ise H_0 hipotezi reddedilemez.

Hipotez test sürecinin adımları¹⁴⁸

1. H_0 Hipotezinin Belirlenmesi ve Formüle edilmesi
2. H_1 Seçenek Hipotezinin Belirlenmesi ve Formüle edilmesi
3. Test ölçütünün belirlenmesi
4. Test İstatistiğinin Hesaplanması

¹⁴⁸ Sakarya Üniversitesi, Hipotez Testi Ders Notları,
<http://web.sakarya.edu.tr/~adurmus/statistik/acikogretim/unite09.pdf>, 18 Ocak 2010, s.215-222.

5. Karar ve yorumlama

Hipotez testi türleri

Hipotez testleri, ilgilenilen değişken(ler)in ölçülmesinde benimsenen ölçüğe bağlı olarak, parametrik hipotez testleri ve parametrik olmayan hipotez testleri şeklinde sınıflandırılırlar¹⁴⁹.

Parametrik testler değişkenlerinin ölçülmesinde eşit aralıklı ya da oranlı ölçüğün kullanıldığı hipotez testleridir. Çünkü; bu iki ölçükle de elde edilen veriler üzerinde aritmetik işlemler yapmak mümkündür. Parametrik hipotez testlerinde, hipotezde bilinen bir olasılık fonksiyonundaki q parametresinin önceden bilinen, $q = 0$ değerine eşit ya da bundan büyük, küçük ya da farklı olduğu ileri sürülebilir. Parametrik testler örneklem sayısının tek ya da iki oluşuna ve iki örneklemin varlığında, bu örneklemelerin bağımsız ya da bağımlı oluşuna bağlı olarak sınıflandırılırlar. En önemli parametrik testler z ve t testleridir. Bu ünite de tek anakütle (ya da tek örneklem) ortalamasına ilişkin z ve t testleriyle tek anakütle (ya da tek örneklem) oranına ilişkin z testi ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Parametrik olmayan testler, anakütle dağılımı nasıl olursa olsun uygulanabilen testlerdir. Bu testlerde, parametrelerle ilgilenilmeyip, hipotezler, ilgili değişkenin belirli bir nitel özelliğine göre oluşturulur. Parametrik olmayan testler, değişkenlerinin ölçülmesinde, sınıflayıcı ya da sıralayıcı ölçüğün kullanıldığı hipotez testleridir. Bu tür testlerde, parametrik testlerde olduğu gibi, anakütlenin (örneklemin) tek ya da iki oluşuna ve iki anakütle (iki örneklem) sözkonusu olduğunda da örneklemelerin bağımsız ve bağımlı oluşuna göre sınıflandırılırlar.¹⁵⁰

¹⁴⁹ Pyzdek, Thomas, , The Six Sigma Handbook, The McGraw-Hill Companies, Inc., 2003, s.315-316.

¹⁵⁰ Frederick J. Gravetter, Larry B. Wallnau, Statistics for the Behavioral Sciences, Wadsworth Cengage Learning, 2009, s.258-260.

- Bir değerin herhangi bir hataya yol açıp amayacağına istatistiksel olarak karar vermemizi sağlar.
- İki veri setinin birbirinden tamamen bağımsız ve farklı olup olmadığını söyler.
- Bir istatistiksel parametrenin (ortalama, standard sapma vs.) elimizdeki değerlerden (ilgi alanımızdan) farklı olup olmadığını belirtir.
- Belirsizliği daha iyi ele almayı
- Daha objektif olmayı
- Kabullerin teyit edilmesini veya ürütölmesini
- Yanlış karar alma veya sonuçlara ulaşma konusundaki riskleri kontrol etmeyi sağlar.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BORUSAN MAKİNA'DA ALTI SIGMA UYGULAMASI

Kuruluşların performansı büyük ölçüde süreçlerin kabiliyetine bağlıdır. Yüksek kaliteli performanslı süreçler; yüksek kalitedeki ürünleri zamanında ve düşük maliyetlerde üretebilmektedir. Operasyonel mükemmelliğe ulaşmada süreçlerin ölçümü ve geliştirilmesi kesinlikle büyük önem taşımaktadır. Bu boyutta işletmelere rehberlik edip yol gösterecek bir yöntem ve işletme felsefesi olan Altı Sigma karşımıza çıkmaktadır. İşletmeler tarafından son yıllarda altı sigma, ulaşılmaya çalışılan bir hedef olarak benimsenmeye başlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde toplanan veriler irdelenerek, iyileştirmeye açık alanlar belirlenmekte ve uzman kadroların çalışmaları neticesinde hata sayılarının düşmesi sağlanmaktadır. Değişkenliklerin kaynağı ve hatalar yok edildiğinde maliyetler ve süreç çevrim süreleri azalmaktadır.

Uygulama kısmı otomotiv sanayi için yedek parça üretimi yapan bir sanayi işletmesinde yapılmıştır. Bir firmanın Altı Sigma hedefine ulaşabilmesi açısından bir departmanda, Altı Sigma'nın başlatılarak uygulanması çok önemlidir. Bu bölümde firma hakkında kısa bir bilgi verdikten sonra firmada, yedek parça satışlarının artırılmasına yönelik olarak yapılmış hataların Altı Sigma yaklaşımı kullanılarak minimize edilmesidir.

4.1. İşletme Hakkında Genel Bilgi

Türkiye'nin önde gelen sanayi ve hizmet gruplarından biri olan Borusan'ın temelleri 1944 yılında İstikbal Ticaret'in kurulmasıyla atılmıştır. Çelik iş kolunu ana faaliyet alanı olarak seçen Borusan, zamanla mevcut işleriyle sinerji yaratabileceği farklı iş kollarında da faaliyet göstermeye başlamıştır.

Türkiye'de çelik boru sektörü 1957 yılında Mannesmann Sümerbank ile başlamış, 1958 yılında kurulan Borusan Boru takip etmiştir. Borusan bugün çelik, distribütörlük, lojistik, enerji ve telekomünikasyon ana iş kollarında faaliyet

göstermektedir. Faaliyet gösterilen tüm iş alanlarında piyasanın lideri ya da liderin yakın takipçisi olma hedefi temel alınmıştır.

Borusan'ın ilk sanayi şirketi olan kuruluş, yıllar itibariyle büyümesini sürdürerek 1998 yılında büyük bir işbirliğine imza atmış ve Türkiye'deki boru faaliyetlerini Mannesmannröhren Werke AG ile birleştirmiştir. 2004 yılı itibariyle; Borusan Boru'nun Mannesmann Boru'yu devralması suretiyle iki şirket tek bir çatı altında birleşmiştir. Bu birleşme ile Borusan Mannesmann ismini alan şirket, 1400 çalışanı, 750,000 ton üretim kapasitesi ve 520 milyon dolar cirosu ile Avrupa'nın en önde gelen üreticilerinden biridir. 12 Eylül 1994 tarihinden itibaren İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda işlem görmeye başlayan şirketin halka açıklık oranı %16,1'dir.

Borusan Holding, "Kurumsal Merkez" olarak tanımladığı yönetim yapısıyla Grup ve bağlı şirketler üzerinde yönetim ve kontrol yetkisine sahiptir. Gruba bağlı şirketler, pazar ve hissedar yapılarına uygun şekilde, bağımsız birer stratejik iş birimi olarak yönetilmektedir. Holding, Grup şirketlerine katma değer yaratacak stratejik liderlik yapar; iş sonuçlarına katkısı olan araç ve sistemlerin kullanılmasını sağlar. Grup şirketleri arasındaki sinerjinin, insan ve bilgi kaynaklarının paylaşımının etkin şekilde yürütülmesi için çalışır. Holding'in en önemli sorumlulukları arasında, Grubun uzun vadede güçlü ve başarılı olmasını sağlayacak finansal kaynakların yaratılması ve var olan birikimlerin uygun şekilde kullanılması yer almaktadır.

2006 yılında Birleşmiş Milletler Örgütü'nün Global Compact Sözleşmesi'ni imzalayan Borusan Grubu, "İyi Kurumsal Yönetişim" ve "Sürdürülebilirlik" ilkelerini uzun vadeli ve kalıcı başarının bir gereği olarak görmekte ve uygulamaktadır. İyi Kurumsal Yönetişim ilkeleri aşağıdaki yönetim modelleri ve süreçlerle hayata geçirilmektedir:

- Yalın Altı Sigma
- Müşterinin Sesi Uygulamasının Yönetimi

- Çağdaş İnsan Kaynakları Uygulamaları
- Değer Bazlı Yönetim
- Stratejik Planlama
- Stratejik İletişim Süreçleri

4.2. Borusan Holding Altı Sigma'yı Seçme Nedeni

Artan rekabet karşısında ve belirlenen zorlayıcı hedefleri gerçekleştirmek için değişimin şart olduğunu düşünerek “yarın bugünkü gibi olmamalıyız, konfor alanlarınızı terk etmeliyiz” söyleminden yola çıkarak Altı Sigma Metodolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Altı Sigma'nın GE, Motorola, Allied Signal ve Caterpillar gibi firmalarda başarı sağlamış ve kanıtlanmış olması seçimde bir diğer faktör olmuştur.

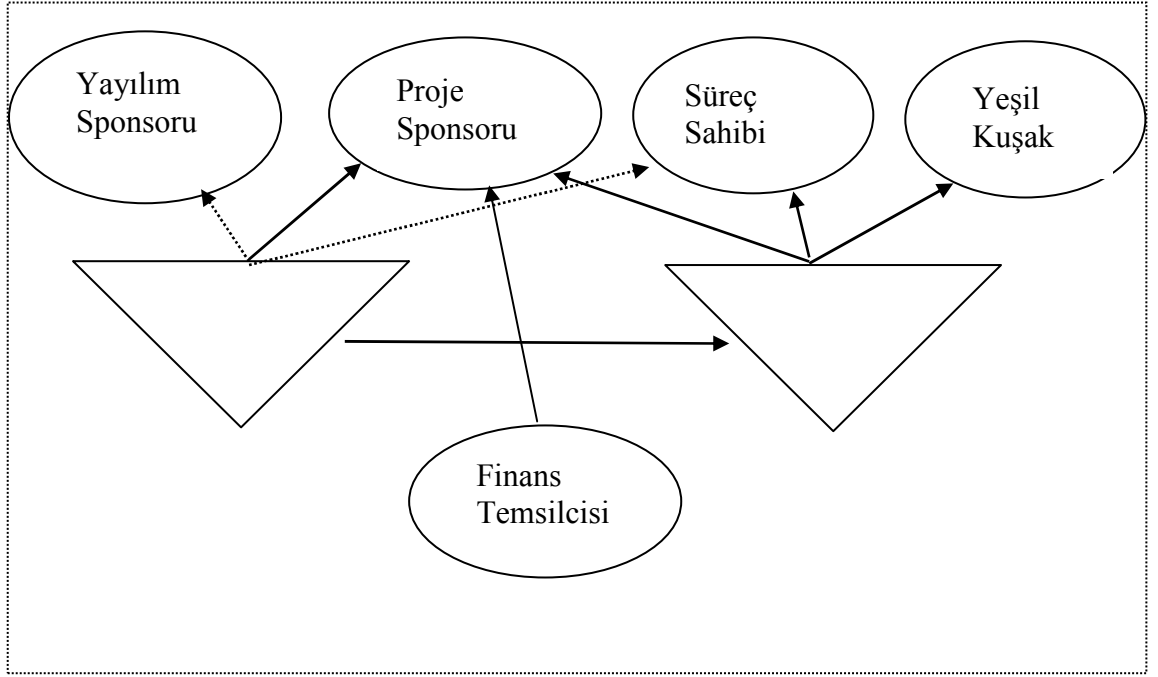
Borusan'a göre, Altı Sigma EFQM 'i tamamlayıcı rol oynamakta ve TKY ile daha önceden oluşturulan altyapıyı temel almaktadır. Caterpillar distribütörleri içinde öncü rol üstlenmekte olan Borusan Makine'de “bir adım önce olmak” vizyonunun başlangıcı olarak Altı Sigma uygulamalarını başlattı. Borusan'ın vizyonu müşteri, organizasyon ve çalışanlar temeli üzerine kurulmuştur. Müşterilerin sesini dinleyerek onlardan gelenleri paylaşarak güvenilir iş ortağı olmak amaçlanmaktadır. Organizasyon verilere dayalı kararlarda yönetilerek, mevcut performans geliştirilir ve tüm faaliyetler yapılan işlerle ilişkilendirilerek, işin yeni olanaklar ve mevcut kanallarla büyütülmek istenmektedir. Çalışanların gelişimi, birbirini desteklemeleri ve teşvik ederek en iyi olabilmek amacıyla konfor alanlarının sürekli sorgulaması yapılmaktadır.

4.3. Borusan Holding Altı Sigma Organizasyonu

Altı Sigma başarısına uzun vadede sürdürebilmek için Borusan Organizasyonun tam zamanlı adanmışlığı ile her kademedeki çalışanların güçlü iş birliği ve koordinasyonunu sağlamak için Altı Sigma organizasyon geneline yayılmıştır.

Altı Sigma Organizasyonuna üst yöneticiler ve şirket genel müdürlerinden başlanmaktadır.

Roller, sorumluluklar ve ilişkiler belirlidir. Roller arasında ilişki Şekil 4-1’de görülmektedir.



Şekil 4-1 : Borusan’da Altı Sigma rolleri ve ilişkileri

Yayımlı şampiyonları değişimi kolaylaştırırlar. Yarı zamanlı çalışırlar. İş yayılım planını yaratarak yön belirler.

Proje sponsorları projenin sahibidir. Alanlarındaki projelerin tespit edilmesine ve önceliklerin belirlenmesine liderlik ederler. Sonuçları uygularlar.

Süreç sahipleri siyah kuşakları ve proje sponsorlarını desteklerler. Kazançları sürdürmek ve yükseltmekle görevlidirler. Çözümleri uygularlar.

Yeşil Kuşaklar proje ekiplerinde yer alırlar ve bu projelerde yarı zamanlı çalışırlar.

Usta Kuşaklar siyah kuşakları ve yeşil kuşakları eğitirler ve koçluk yaparlar. Tam zamanlı çalışırlar. Siyah kuşaklar da tam zamanlı çalışırlar. Problem çözmeyi kolaylaştırırlar. Proje gruplarını yeşil kuşakları eğitir ve koçluk ederler. Finans

temsilcisi de projelerin getirilerinin hesaplanmasından ve doğrulanmasından sorumludur.

Kurumsal düzeyde yıllık strateji inceleme ve planlama, şirket düzeyinde aylık veya üç aylık Altı Sigma planlamaları, proje düzeyinde ise 14 günlük uygulama planları yapılır.

4.4. Borusan Holding'in Altı Sigma Tecrübeleri

Altı Sigma projelerinin başarısı için liderlerin adanmışlığı gerekmektedir. Stratejilerin belli olması ve çalışanlarla paylaşımın gerekliliği öğrenilmiştir. Bu yüzden Altı Sigma program yönetim altyapısının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Altı Sigma ile ilgili hedeflerin ve performans göstergelerinin tanımlanması öğrenilmiş, proje takip alt yapısı sağlanmıştır. Ekip çalışmasının önemi fark edilmiştir.

Projenin başarıya ulaşması için yeşil kuşak eğitiminin önemi vurgulanmaktadır. İyi donatılmış personellerle projeler daha büyük başarılarla ulaşmaktadır.

Bilgilendirme toplantıları ve iletişimin önemi ortaya çıkmıştır. İletişimi sağlamak için değerlendirme toplantıları belirli aralıklarla tekrar edilmektedir. Projelerin durum raporlaması ve geçiş toplantıları Altı Sigma'nın uygulanmalarının başarısı için önem taşımaktadır.

4.5. Borusan Holdin'in Altı Sigma Düzeyi

Borusan Holding'in Altı Sigma düzeyini her daim hedefleyen bir firma farklı düzeyde farklı bölümlerde çalışmaktadır.

Makine satış, yedek parça, finansman ve çeşitli konularda çeşitli lokasyonlarda çalışmalar sürdürülmektedir. Bölge ve şubelerde ölçümler zamanında yapma, aylık bazda yapılmaktadır. Yıl sonunda en başarılı bölüm seçilmektedir. Sürekli her bölüm için hata ölçümleri yapılmaktadır.

Borusan Holding'in bu çalışmaları yapmasının iki sebebi bulunmaktadır. Birincisi Tedarikçi olan firma CAT'in bunu istemesi ve CAT'in koyduğu bir takım hedeflerin olmasıdır.

Parçayı stoktan karşılama oranı, yedek parçayı sattıktan sonra iade etme oranı, bölgeler arası transfer, Müşteri Destek Anlaşması, teknisyen verimliliği, kısımlar arası süreçlerde ki hatalar ölçülmektedir.

İşletmede maliyet optimizasyonu için her sürecin hedefi Altı Sigma olarak belirlenmemektedir.

Örnek olarak dış servis karşılama hedeflerini Altı Sigma belirlersek gün içinde tüm gelen taleplerin karşılanması gerekmektedir. Oysa gün içinde gelen talepler farklılık göstermektedir dolayısıyla daha az talep geldiğinde araçlar atıl vaziyette bekleyerek israf olacaktır.

Dolayısıyla bazı süreçlerde Borusan Holding'in sigma düzeyi 3 olan bölümlerde hedef 4 olarak belirlenmektedir.

4.6. Projenin Tanımlanması ve Proje Bildirisi

Distribütörlüğü yapılan Caterpillar marka makinelerin yedek parça ithalatları (Genel Olarak Belçika Grembergen Depo'dan) kamyon ve uçak olarak yapılmaktadır. Kamyon ve uçak ile getirilen parçaların geliş süreleri incelenerek eksikliklerin tespit edileceği proje, bir siyah kuşak, bir uzman yeşil kuşak, dört yeşil kuşak adayı tarafından yürütölmüş fakat henüz tamamlanmamıştır. Ekonomik kriz dolayısıyla Altı Sigma projelerinin yavaşlatılması nedeniyle çalışılmakta olunan bu projenin sonucunda müşteri memnuniyeti ile fırsatlar oluşabileceğinin saptanmasıyla değerlendirilmeye başlanacaktır.

Müşteri siparişi onayı itibari ile Uçak siparişlerinin 5 gün, kamyon siparişlerinin ise 18 günde gelmesi gerekmektedir. Özellikle kamyon siparişlerinde müşteriler, gecikmeler olduğunu iddia etmekte ve bu durumdan şikayet

etmektedirler. Bu yüzden kamyon ve uçak siparişlerinin geliş günleri daha önceki kayıtların baz alınması ile incelenecektir.

Kamyon ve uçak ile getirilen parçaların geliş süreleri incelenerek eksikliklerin kök nedenleri tespit edilecektir. Özellikle müşteriye verilen 6 ve 18 gün ortalamasının üzerindeki gecikmeler ayrı ayrı olarak hem uçak hem de kamyon siparişleri için incelenilecektir. Ortalama sipariş süreleri tekrar sağlanılarak müşteri memnuniyeti tekrar ölçülecektir. Bu memnuniyet doğrultusunda parça satışları ve memnun müşteri sayısı artırılması hedeflenmektedir.

Projenin Adı: Caterpillar Yedek Parçaların (Belçika ana depo'dan getirilen) geliş sürelerini kısaltılması	
İş Durumu	Olanak Bildirisi
Distribütörlüğü yapılan Caterpillar marka makinelerin yedek parça ithalatları (Genel Olarak Belçika Grembergen Depodan) kamyon ve uçak olarak yapılmaktadır. Müşteri siparişi onayı itibarı ile Uçak siparişlerin 5 gün, kamyon siparişlerinin ise 18 günde gelmesi gerekmektedir. Özellikle kamyon siparişlerinde müşteriler gecikmeler olduğunu iddia etmekte ve bu durumdan şikayet etmektedirler.	Kamyon ve uçak ile getirilen parçaların geliş süreleri incelenerek eksikliklerin kök nedenleri tespit edilecektir. Özellikle müşteriye verilen 6 ve 18 gün ortalamasının üzerindeki gecikmeler ayrı ayrı olarak hem uçak hemde kamyon siparişleri için incelenecektir. Ortalama sipariş süreleri tekrar sağlanarak müşteri memnuniyeti tekrar ölçülecektir. Bu memnuniyet doğrultusunda parça satışları ve memnun müşteri sayısı artırılması hedeflenmektedir.
Y: Caterpillar orijinal yedek parça geliş sürelerinin kısaltılması X1:Fırsatların Tanımlanması X2: Caterpillar X3:YP&Serv dept X4: DBS satış sistemi X5: Parça geliş sürelerinin müşterilere verilen terminlerle karşılaştırılması. Projemiz stratejik projedir. Mali getiri müşteri memnuniyeti ile sağlanacaktır.	Kapsam İçi: Caterpillar orijinal yedek parçaları (Belçika stoklarından uçak ve kamyonla tedarik edilen İstanbul Bölge Müdürlüğü)
	Kapsam Dışı: Montsinen, Thwates, Nordberg, Biteli parçaları ve Belçika Depo dışından getirilen orijinal Cat parçaları
Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
DMAIC	
DEFİNE	
MEASURE	
ANALYSIS	
İMPROVE	
CONTROL	
	Proje Ekibi Sponsor: Süreç Sahibi: Siyah Kuşak: Uzman Yeşil Kuşak: Yeşil Kuşak :

Tablo 4-1 : Proje Bildirisi

Performans Ölçümü	Operasyonel Tanım	Veri Kaynağı ve Yeri	Örneklem Büyüklüğü	Verilerin Toplanması	Veriler Hangi Zaman Diliminde Toplanacak	Veriler Nasıl Toplanacak
Yedek Parça Servis Satış Dokümanları	Parça Siparişi İtibarı İle Depoya Giriş Süreleri (Gün)	DBS	Son 1 yıllık satışlar		27.03.2009....	DBS den çekilen gün sayılar excele girilecek.
Verileri Nasıl Kullanacaksınız				Veri Nasıl Gösterilecek		
CCR'lara göre parçalar geç geliyor, Ortalama uçak 4 gün, kamyon 18 günde neden gelmiyor?				Minitab, Excel ile pareto, bar, run chartları çizilecek		

Tablo 4-2 : Performans Ölçümü

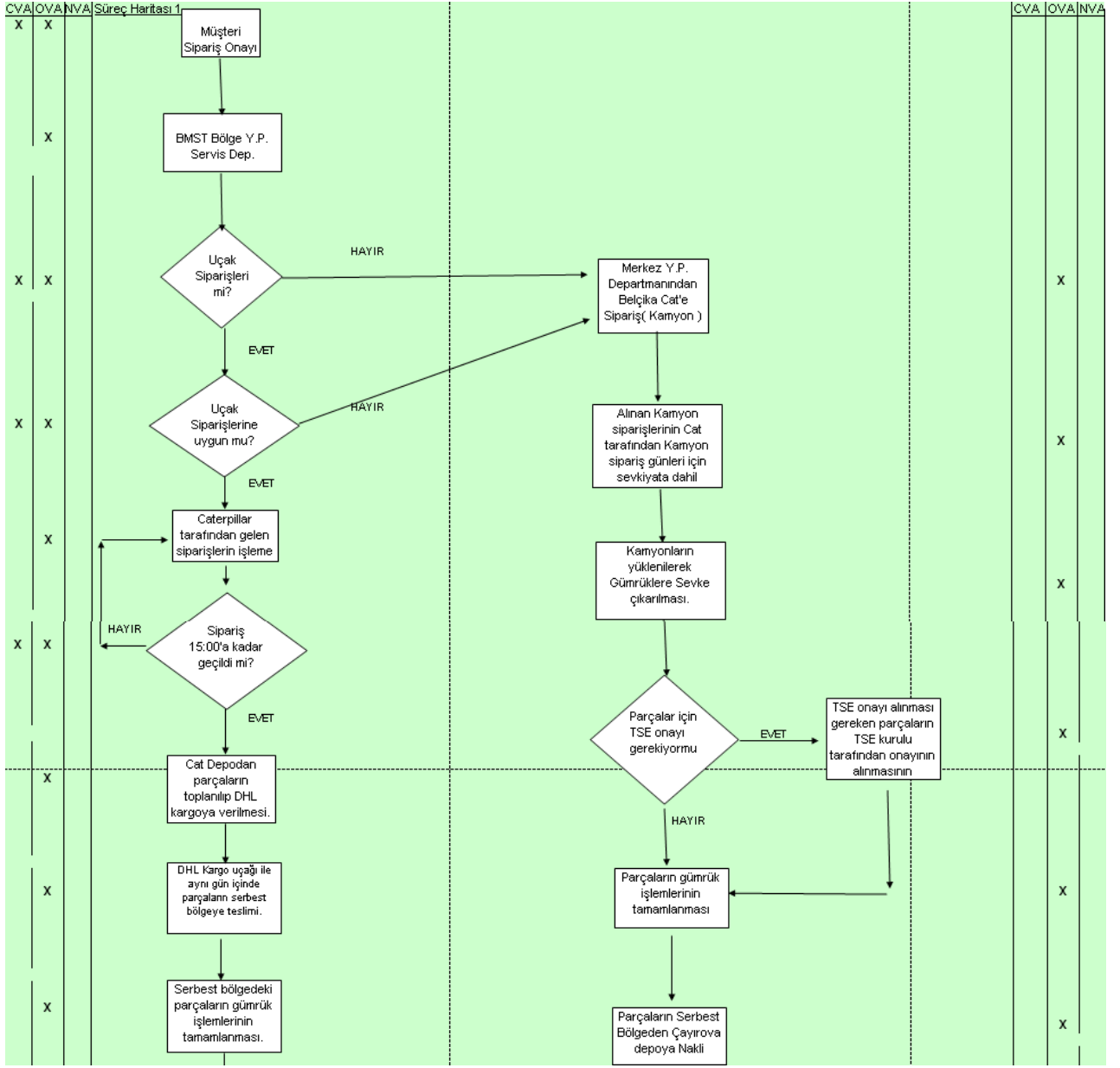
Tedarikçileri, Girişleri, Süreçlerin, Çıktıları ve Müşterileri göstermekte olan SIPOC çalışması;

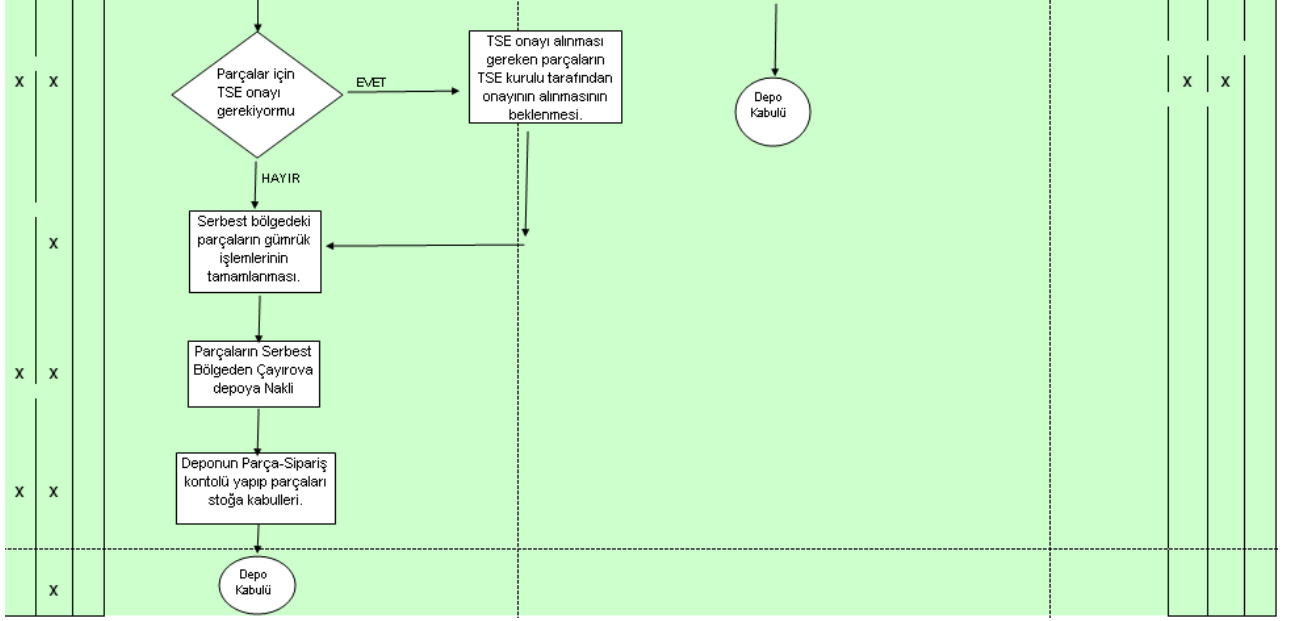
Tedarikçi	Girdi	Süreç	Çıktı	Müşteri
Y.P. Satış Temsilcileri	Teklif Onayı	Caterpillar Orijinal Y.P.'ların (Belçika depodan getirilen) tedarik sürelerinin kısaltılması	DBS Satış Dokümanı	Müşteri
Servis Mühendisleri	Müşteri Bilgileri		Gümrük Dosyaları	Depo
CAT	Satış Dokümanı		Çekilecek Kasa Dosyaları	Satış Temsilcileri
BMST	DBS sistemi		Merkez İthalat Dokümanları	Servis Mühendisleri
IT Departmanı	Merkezden Cata Sipariş Dokümanı		Fatura	
Merkez İthalat Departmanı	Parça getiriliş şeklinin girilmesi(Uçak veya Kamyon)		Depoya gelen malzemelerin onaylanıp stoğa girilmesi	
Planlama Departmanı BMST				
Merkez Y.P. Departmanı				

Tablo 4-3: SPOC çalışması

Müşteri siparişinin verilmesinden, malzemenin depoya getirilmesine kadar olan akış şeması aşağıda verilmiştir.

Bu akış şemasındaki işlemler Müşteri odaklı (CVO), Operasyon odaklı (OVO) ve Etkisiz odaklı (NVO) olmak üzere sınıflandırılması yapılmış olup şemadaki var olan gereksiz adımların tespiti ve ortadan kaldırılması işlevi yapılmıştır.





Şekil 4-2: ISKHAWA çalışması

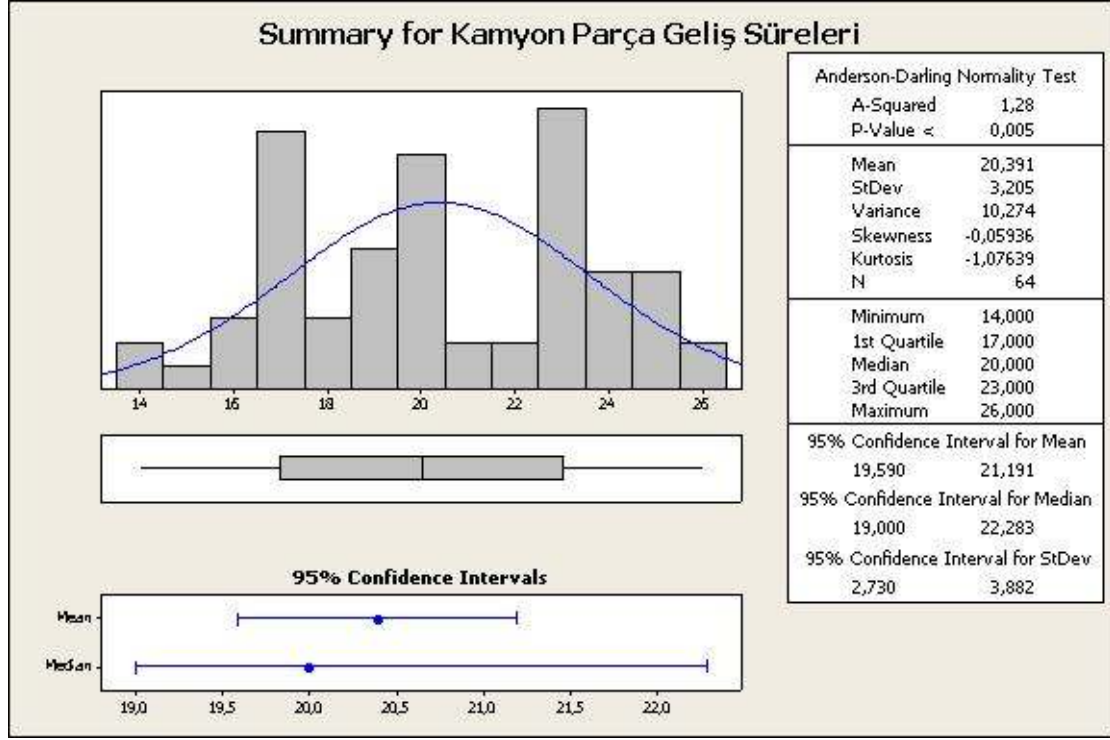
Yurt dışından gelen parçaların teslimat süreleri daha önceki kayıtlardan bulunarak uçak ve kamyonu ait olmak üzere 64 örnek üzerinde çalışma yapılacaktır.

Kamyon Parça Geliş Süreleri	Kamyon Parça Geliş Süreleri	Uçak Parça geliş süreleri	Uçak Parça geliş süreleri
15	17	3	3
17	16	4	3
14	17	6	3
14	17	6	5
20	18	7	5
22	20	8	5
19	20	8	5
17	20	8	6
17	23	8	5
18	23	7	6
24	23	4	4
25	23	4	3
21	23	4	5
20	23	5	6
19	24	4	7
17	25	5	5
17	26	5	4
18	26	5	5
19	25	5	6
16	24	5	5
22	24	6	6
23	25	6	6
21	25	6	5
20	23	6	5
20	23	4	4
19	23	4	4
19	23	4	4
19	23	4	4
16	24	4	4
17	20	4	4
17	20	4	5
17	20	3	5

Tablo 4-4 Kamyon ve uçak geliş süreleri

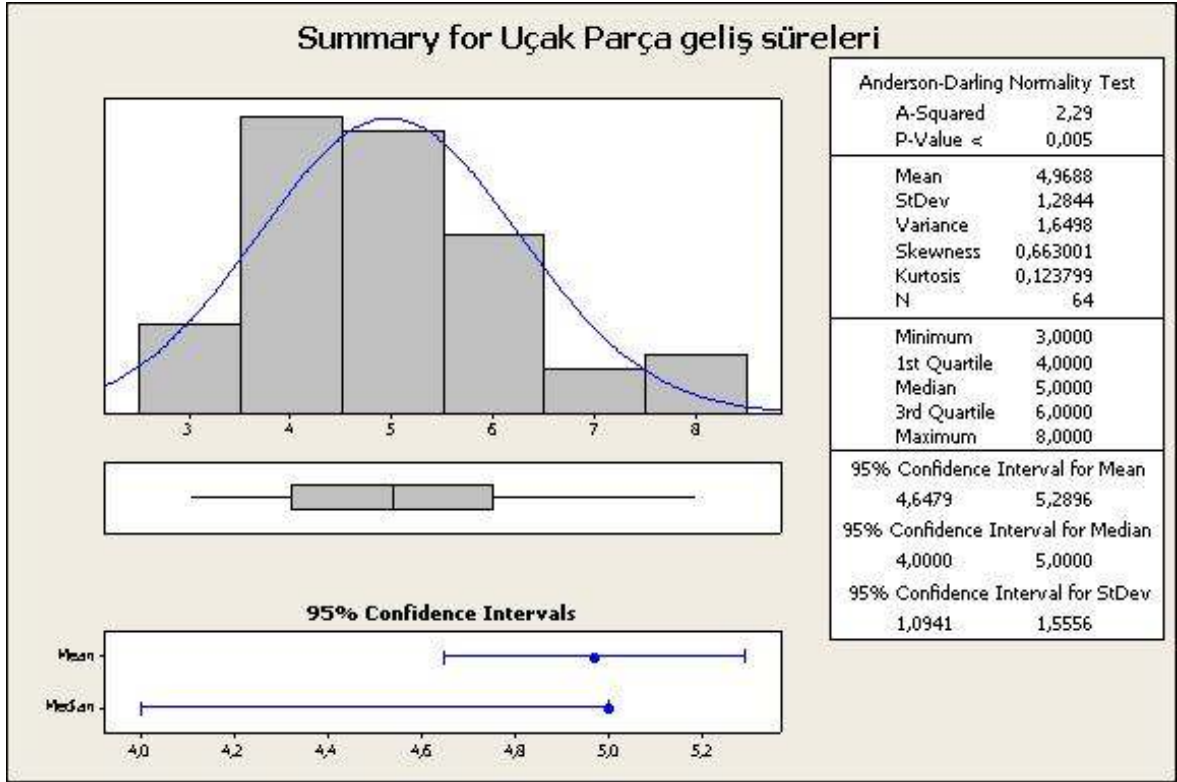
Tablodaki veriler kullanılarak Minitab programı yardımıyla Histogram grafiklerinin çizilmesi;

Kamyon için Grafikselsel Gösterimi (Histogram);



Şekil 4-3 : Uçak için Grafikselsel Gösterim (Histogram)

Histograma bakıldığında, kamyon geliş süreleri ortalamasının 20,391 gün olduğu ve standart sapmasının 3,205 olduğu görülmektedir. Kamyonların minimum 14 maksimum ise 26 günde geldiği görülmektedir. Kamyonların geliş sürelerinde değişkenlik problemi olduğu ve ortalamaya bakıldığında 18 günden fazla sürede geldikleri anlaşılmaktadır.

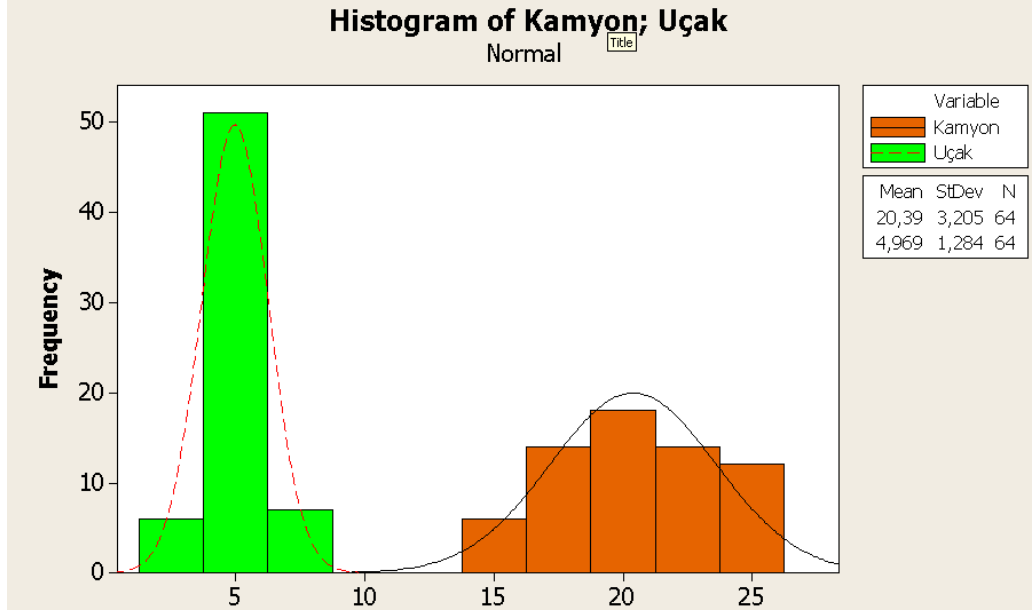


Şekil 4-4: Kamyon ve uçak StDev (standart sapmaları)

Kamyon ve uçak standart sapmaları karşılaştırıldığında uçak geliş sürelerinin kamyonunkinin daha yüksek olduğu gözükmemektedir.

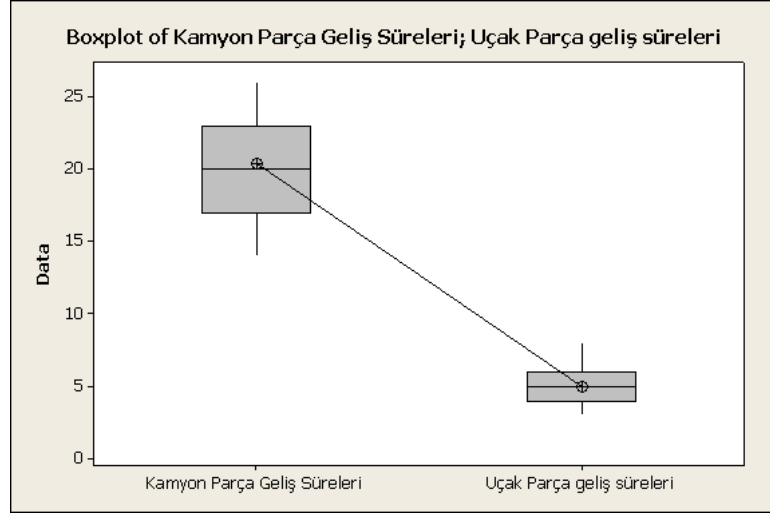
P value <0,05 olduğu için iki dağılım %95 güven aralığında birbirinden farklıdır deriz.

Bu farklılığın sebebi analiz fazında araştırılacaktır.



Şekil 4-5: Kamyon ve Uçak Histogramı

Kamyon ve uçak standart sapmalarının karşılaştırılmasının farklı gösterimleri Şekil 4-5 ve Şekil 4-6 deki grafiklerle verilmiştir.;



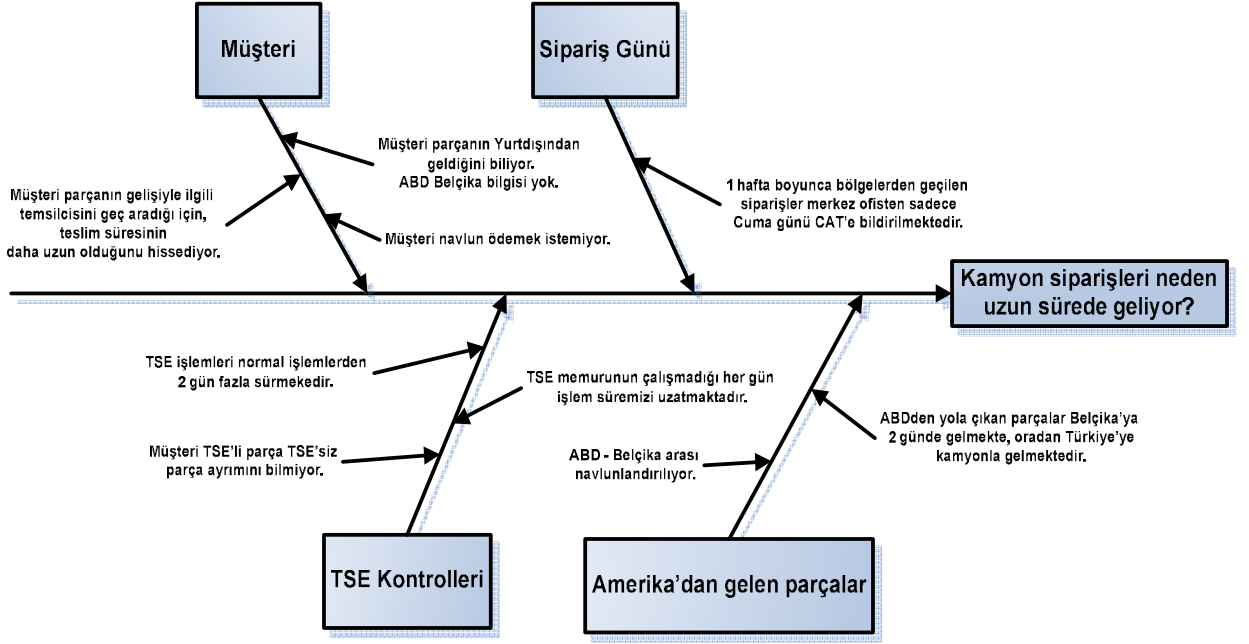
Şekil 4-6: Kamyon Parça Geliş Süreleri

Sonuç olarak kamyon geliş ortalamaları uçağa göre çok daha yüksektir. Ama önemli olan şu ki kamyon geliş sürelerinin sapması (standart sapma) uçaktakilere göre yüksek olduğu görülmektedir.

CCR (critical customer requirement) uçak için 4, kamyon için 18 gün diyebiliriz. Böylece 20,39 olan kamyon geliş ortalaması gelişim alanı olarak karşımıza çıkar.

4.7. Analiz Fazı

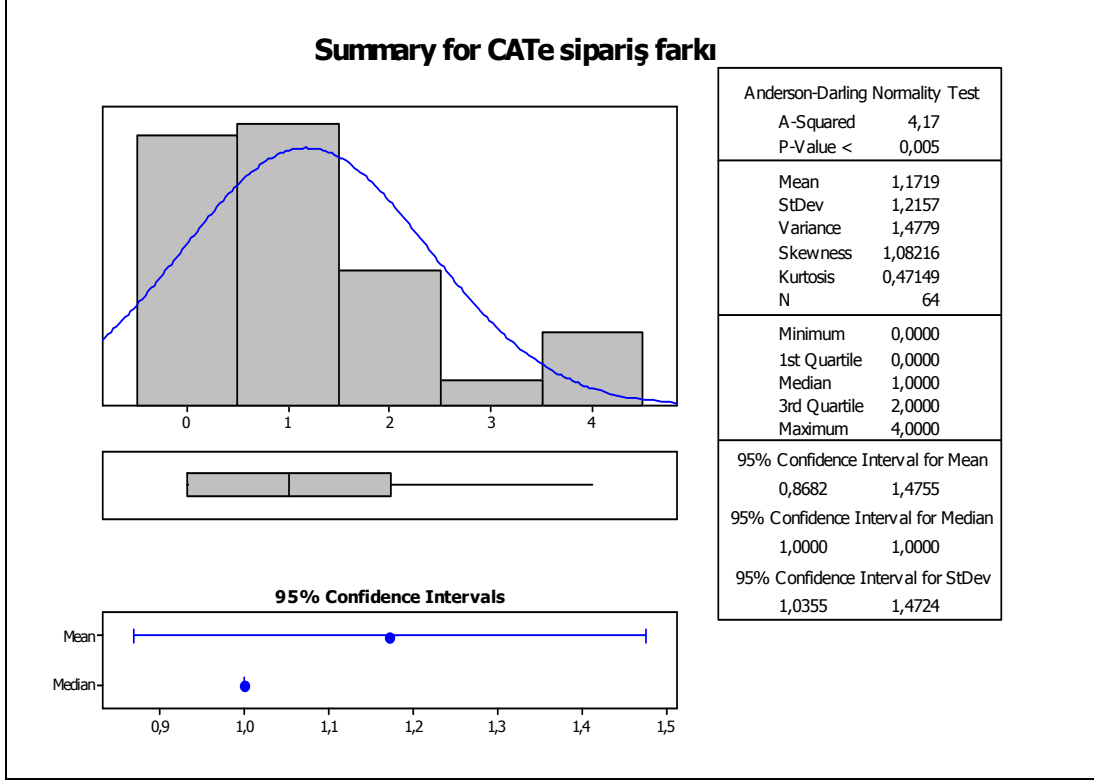
Analiz fazının ilk aşamasında *potansiyel* kök sebepleri görmek için Balık kılıçığı diyagramı (Ishikawa) yapılmıştır.



Şekil 4-7 : Balık Kılıcı Diyagramı

Potansiyel kök sebeplerin, TSE li parça işlemlerinin uzun sürmesi, müşterilerin siparişlerinin “yurtdışından geliyor” olarak bilmesine rağmen ABD ve Belçika olmak üzere iki farklı lokasyondan geldiğini, bölgelerden geçen günlük kamyon siparişlerinin merkez departmanınca biriktirilip haftada sadece Cuma günü geçilmesi olarak görülmüştür.

Ayrıca Borusan Makina depolarına gelen parçalardan müşterilerin geç haberdar olması sebebiyle, hissedilen teslim süresinin daha uzun olduğu görülmüştür. Gelen parçasıyla ilgili müşteriye bilgilendirme süreci bulunmamaktadır. Süreçte bu iyileştirme yapılması gerekmektedir.



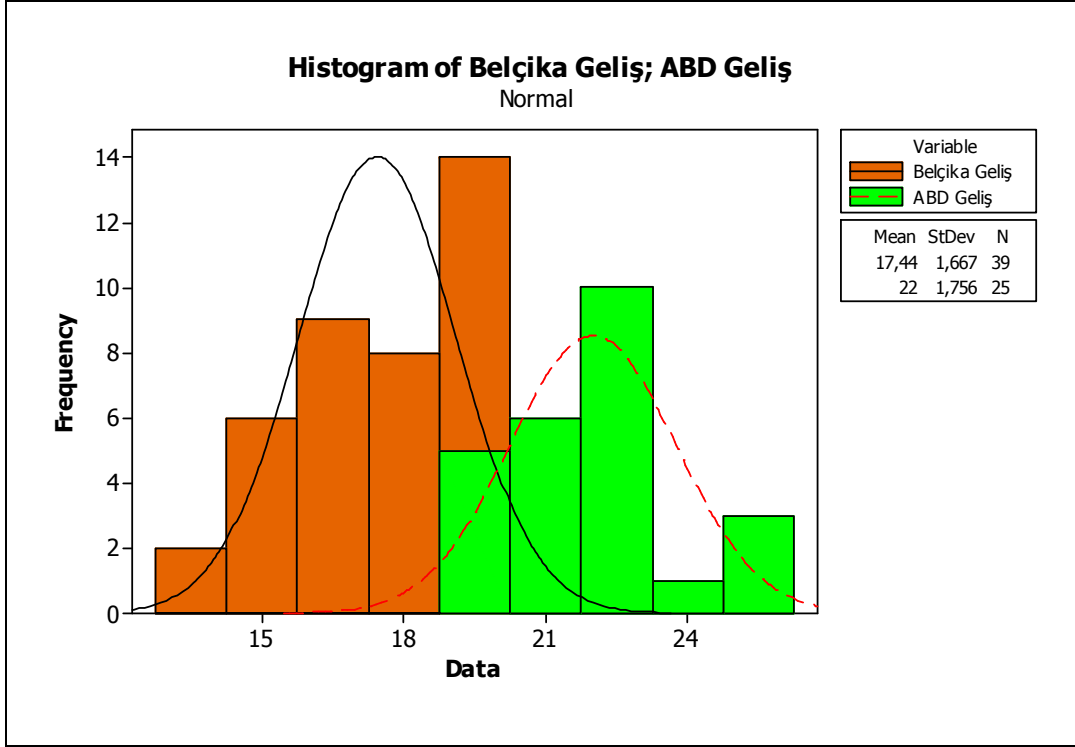
Şekil 4-8 : Bölgelere göre Sipariş Farkı

Müşterilerin bölgelere verdiği siparişler, merkez tarafından ortalama 1,17 gün sonra ve 2.2157 sapmayla CAT'e iletilmektedir. Geç sipariş geçme fırsat alanı olarak görüldüğünden, bundan sonraki analizler, parça siparişi müşterinin bölgeye, merkezin CAT'e aynı gün sipariş verdiği varsayılarak yapılacaktır.

ABD-Belçika geliş sürelerine bakılırsa, ABD stoklarından gelmesi gereken ağır parçaların (kamyon siparişi olarak adlandırılır), ABD Belçika arasını uçakla gelmesi CAT stratejisince zorunludur ki bu ortalama 2 gün sürmektedir. Belçika'ya gelen parçalar Borusan Makina'ya kamyon ile yollanır.

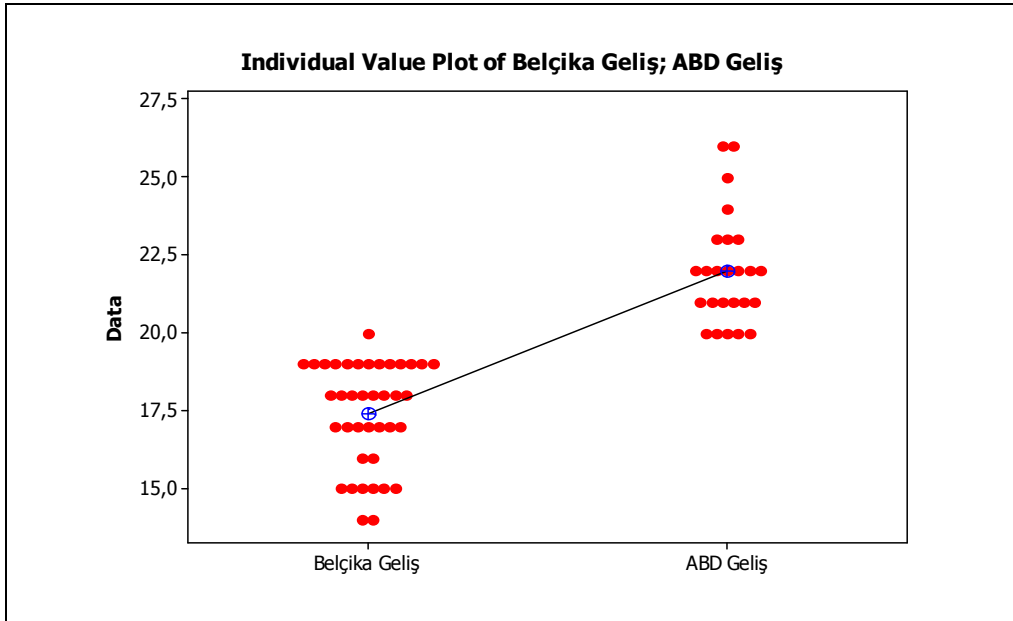
Müşteriler parçanın nereden geldiği konusunda bilgi sahibi değildirler.

ABD ve Belçika'dan gelen parçaların teslim süreleri aşağıdadır:



Şekil 4-9 Uçak ve Kamyon Geliş Süresi Karşılaştırılması

İki data serisi üzerinde yapılan T-testinde p değeri 0,05'ten küçük çıkmıştır. (İstatiksel olarak %95 güven aralığında datalar birbirinden farklı dağılmaktadır.)



Şekil 4-10. Uçak ve Kamyon Geliş Süresi Karşılaştırılması

Yurtdışından gelen bazı parçalar TSE denetiminden geçmektedir. Bu süreçte çalışan kişi sayısına ve işlem süresine müdahale şansı bulunmamaktadır. Aşağıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere TSE işlemleri ortalama 2 gün sürmektedir.

Parçaları geldiği yer ve TSE kontrolünden geçip geçmemesine göre gruplarsak Amerika ve Belçika geliş sürelerinde 2 günlük bir süre uzatımına yol açtığını görebiliriz.

	TSE'li	TES'siz
ABD	22,5 gün	21 gün
Belçika	19 gün	17 gün

Müşteri teslim süresi algısına bakıldığında; Ekip ile yapılan beyin fırtınası çalışmasında, müşteri algısının parçanın gerçek geldiği zamana göre değil, parçasının gelip gelmediğini sorguladığı zamana göre işlediği tespit edilmiştir. Parçanın geldiğine dair müşterinin bilgilendirilmesi gerekliliği iyileştirme fazında görüşülecektir.

4.8. İyileştirme Fazı

Kanıtlanmış Kök Sebepler:

1. Merkez departmanı siparişleri CAT'e geç iletmektedir.
2. Müşteri yurtdışı tedarik kaynağının tek olduğunu düşünmektedir. ABD'den gelen parçalar Belçika'dan gelenlere göre 3 gün geç gelmektedir.
3. TSE işlemleri teslim süresini 2 gün geç hale getirmektedir.
4. Müşteriler teslim süresini, parçanın gerçek geldiği ana göre değil, haberdar oldukları ana göre değerlendirmektedirler.

Proje kapsamında gümrük, TSE ve CAT süreçlerinde iyileştirme yapılamaması unutulmamalıdır.

Çözümler:

- Merkez satış departmanının bölgelerden gelen siparişleri CAT'e geç ilettiği tespit edilmiştir. Uygulamanın hergün sipariş vermeye dönmesiyle sağlanacak performans iyileştirmesi aşağıda gösterilmiştir.

İyileştirme Öncesi			İyileştirme Sonrası		
	TSE'li	TSE'siz		TSE'li	TSE'siz
ABD	23,5 gün	23,4 gün	ABD	22,5 gün	21 gün
Belçika	21 gün	18,14 gün	Belçika	19 gün	17 gün

Borusan Makina'ya herhangi bir maliyeti olmayan bu iyileştirme ile Belçika'dan gelmekte olan parçalar CCR'ı karşılar hale gelmiştir.

- Müşteriler yurtdışı tedarik kaynağının tek olduğunu düşünmektedir. ABD'den gelen parçalar Belçika'dan gelenlere göre ortalama 3 gün geç gelmektedir. Ayrıca TSE standartları uygunluk testinden geçmesi gereken parçaların, geliş süreleri 2 gün uzamaktadır. Müdahale şansımızın olmadığı bu süreçlerde; müşterilerde gerekli bilincin yaratılması, önceden bilgi verilmesi müşteri memnuniyetini artıracaktır.

Hali hazırdaki teklif formatında parça no, parça adı, fiyatı ve ağırlığı bilgileri bulunmaktadır. AS400 sisteminde yapılacak değişiklikte teklif formatına parçanın nereden geleceği, TSE'li olup olmadığı ve ölçümlerimizden çıkan sürelerle göre parçanın ortalama geliş süresi sütunları eklenecektir.

- Müşteriler teslim süresini, parçanın gerçek geldiği ana göre değil, haberdar oldukları ana göre değerlendirmektedirler. Bu da hissedilen parça teslim süresini uzatmaktadır. Müşteri siparişinin tamamlandığı gün bilgilendirilmelidir.

Bu bağlamda parça siparişlerinin verildiği ve depo kabullerinin yapıldığı AS400 sisteminin pazarlama departmanının halihazırda kullandığı SMS mesaj hizmeti uygulaması ile entegre edilmesine karar verilmiştir.

AS400 sisteminde müşteri bilgileri menüsünde, firmada servis, yedek parça ve finans konuları hakkında temasa geçilecek kişilerin isim ve cep telefonları ayrı ayrı bulunmaktadır. Bir satış dökümanında yurtdışından gelmesi beklenen parça kalmaması durumunda (backorder olmaması durumu) sistem otomatik tetiklenecek ve müşterinin yedek parça konularından sorumlu kişisine otomatik metinlerle SMS giderek bilgilendirme yapılacaktır.

4.9. Risk Analizi

Çözümlerin uygulamaya alınmasıyla karşılaşılabilecek riskleri ortaya koymak için BRM çalışması yapılmıştır. 45 puan ile sonuçlanan risk analizinden proje çözümlerinin “az riskli” kategorisine girdiği belirlenmiştir.

İşletme Risk Sınıflaması		Skor 0, 1, 3 veya 9
1-Bilgi ve Teknoloji	✓	3
2- E – iş	✓	9
3-Hesap Raporları	✓	3
4-Yatırım Değerleme ve kontrol	✓	9
5-Envanter Yönetimi	✓	9
6-Maliye/Hazine	✓	9
7-Ürün kalitesi/teminat	✓	9
8- İnsan kaynakları	✓	9
9-Birleşmeler ve kazanımlar	✓	9
10-Yönetim	✓	9

11-Satınalma/Tedarik	✓	9
12-Kapasite	✓	9
13-Pazarlama	✓	3
14-İşletme Uygulamaları	✓	9
15-Sağlık ve Güvenlik	✓	9
16-Çevre	✓	9
17-Tehlikeli Madde	✓	9
18-Ürün güvenliği/Yönetim	✓	9
19-Ürün Geliştirme	✓	9
Bu listenin en düşük yedinci skoru Üçüncü çalışma tablosu mekanik toplamların birleşik skoru		45

Tablo 4-5 : Risk Analizi

Çalışmamızda CAT yedek parça geliş sürelerinde ki gecikme nedenleri ve müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesi ile ilgili çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda TSE işlemlerinin 2 gün sürede yapılması, müşteri temsilcisinin geç araması, geçilen siparişlerin haftanın sadece 1 günü CAT' e bildirilmesi ve teslimatla ilgili müşteri bilgilendirilmesinin yapılmaması gibi hatalar belirlenmiş ve hizmet sürecinde sigma düzeyi tahmin edilmek istenmiştir.

Şirketin 2009 yılında yaptığı yedek parça siparişlerinden 1000 yedek parça siparişinden toplamda 458 tanesinin istenen gün sayısının üstünde olduğu tespit edilmiştir. Toplam hatalı siparişin sayısı (D) toplam sipariş sayısına bölünerek bir milyon ile çarpılması sonucu (Birim Başına Hata) $BBH=458000$ bunun anlamı bir milyon yedek parça siparişinden 458000 tanesinin istenen sürede olmayacağıdır.

Müşteriler Caterpillar Yedek Parçaların 16 günde kendilerine ulaşmasını istemektedirler. Bir yıllık verilerden edilen bilgiye göre, istenen geliş sürenin dışında ki Yedek Parça gelişleri hata olarak değerlendirilmiştir. Belirlenen hatalar ise dört tiptir. Yedek Parçaların sadece haftada bir gün sipariş edilmesi, TSE li parça işlemlerinin TSE de 2 gün onaylanması için beklenmesi, müşteri bilgilendirmesinin eksik olması ve merkez departmanının siparişleri CAT'e geç iletmesi sonucu, elde edilen hata tiplerinin Birim Başına Hatanın hata türü sayısına bölünmesi ile DPMO'nun hesaplanması sonucunda 114500 Ek 1'deki sigma çevrim tablosuna bakılarak sigma düzeyinin 2,7 olduğu görülür.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Global durgunluk yaşanan günümüz şartlarında, düşük kaliteden kaynaklanan maliyet artışlarının fiyatlara yansıtılması mümkün olmamakta ve firmaların kârlılıkları azalmaktadır. Günümüzün hızlı iletişim aracı İnternetin de yardımıyla artık son tüketiciler, diledikleri firmadan veya ülkeden istedikleri ürünü veya hizmeti çok kolay ve kısa sürede talep eder hale gelmişlerdir. Son tüketici en kaliteli ürünü veya hizmeti en uygun fiyat ile talep etme şansına sahiptir. Bu da açıkça gösteriyor ki, günümüzde firmalar müşterileri değil, müşteriler firmaları yönlendirmektedir. Müşteri odaklı firmalar, başarıyı yakalama konusunda daha fazla şansa sahiptirler. Altı Sigma yönteminin hedefi, müşteri beklentilerini ve isteklerini anlayarak en kısa sürede müşterilere en doğru ürünü veya hizmeti sunmaktır.

Altı Sigma, süreç kalitesinin ölçümü ve iyileştirilmesinde, uçak parçası üretiminden hizmet üretimine kadar çok geniş alanda kullanılmaktadır. Altı Sigma, istatistiksel bir ölçüm tekniği olarak ürün ve sürecin ne kadar iyi olduğu hakkında bilgi verir. Birbirine benzemeyen ürün ve süreçle karşılaştırma imkânı sağlar. Bu durum işletmelerin diğerlerinden ne kadar ileride veya geride olduğunu gösterir. En önemlisi, nereye gidilmesi gerektiğini ve başarmak için ne yapmak gerektiğini söyler. Altı Sigma, bir işletme ve yönetim stratejisi olarak işletmelerin rekabet üstünlüğü kazanmalarında, içerdiği stratejiler ve çağdaş anlayışı ile rehberlik yapar. Çünkü süreçlerin sigma seviyesi arttıkça ürün kalitesi yükselir ve maliyet azalır. Böylece müşteriler daha yüksek düzeyde tatmin olurlar.

Altı Sigma uygulamalarında başarı sigma seviyeleri ile ölçülmektedir. Ancak bu bir zorunluluk anlamına gelmemektedir. Hedeflenen, mevcut süreçte iyileştirmelerin sağlanmasıdır. Birçok karmaşık süreçte sigma seviyesinin tespit edilmesi çok da önemli değildir. Önemli olan hataların müşteri ve kuruluşun istediği seviyeye çekilmesidir.

Altı Sigma yaklaşımında en sağlıklı uygulama, elbette ki kuruluşun tüm süreçlerinde iyileştirme yapılması veya yeniden tasarım modelinin kurulmasıdır.

Ancak Altı Sigma yaklaşımı kısmi olarak da süreç iyileştirme veya yeniden tasarım amaçlı kullanılabilir.

Bu çalışmanın teori bölümünde Altı Sigma yaklaşımı ilişkili olduğu konularla birlikte detaylı olarak izah edilmiştir. Böylece yerli literatür yeni yabancı kaynaklarla desteklenmiştir.

Çalışmanın uygulama bölümünde ise yurt dışından gelen yedek parçaların kamyon ve uçak geliş sürelerinin azaltılmasında Altı Sigma çalışmalarında kullanılan TÖAİK iyileştirme modelinden faydalanılarak süreç iyileştirme çalışması yapılmıştır. İyileştirme modelinde Altı Sigma tekniklerinden sadece gerekli olan teknikler kullanılmıştır. Elbette farklı Altı Sigma çalışması için farklı tekniklerin kullanılması mümkündür.

Yapılan çalışmada sigma seviyesinin 2,7 olarak tespit edilmesi Türkiye’de Altı Sigma yaklaşımını benimsemiş olan oldukça iyi bir şirketin sigma seviyesinin diğer ülkelerde Altı Sigma yaklaşımını benimseyen firmalarda ki sigma seviyesinin uzağında olması bize bu konuda daha çok çalışılması gerektiğinin bir kanıtıdır.

Türkiye’de üretim yapan işletmeler altı sigma yaklaşımı çerçevesinde süreçlerini iyileştirip yüksek kalitede mal ve hizmet ürettiklerinde dünya piyasaları ile daha iyi rekabet edebileceklerdir.

KAYNAKLAR

Kitap ve Yayınlar:

- Ay, Mevhibe. **QFD ve Uygulama Örneği**, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2003.
- Bendell A., Disney J., Pridmore W. A., **Taguchi Methods: Applications in World Industry**, Springer Verlag, Berlin, 1989.
- Bircan, H.-Özcan, S. **Excel Uygulamalı Kalite Kontrol**, Yargı Yayınları, Ankara, 2004.
- Borça, Güven, **Bu Topraklardan Dünya Markası Çıkar mı? Dördüncü Basım**, Şefik Matbaası, İstanbul, 2002.
- Bozkurt, Rıdvan. **Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri: İstatistiksel Teknikler**, Milli Produktivite Merkezi Yayınları No:630, Ankara, 2001.
- Bozkurt, Rıdvan- Odaman, A. **ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri**, Ankara, 1997.
- Breyfogle III, W. Forrest. **Implementing Six Sigma: Smarter Solution Using Statistical Methods**, John Wiley and Sons, New York, 1999.
- Burnak, Nimetullah. **Toplam Kalite Yönetimi-İstatistiksel Süreç Kontrolü**, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 1997.
- Costin, Henri. **Total Quality Management**, The Dryden Press, Orlando, 1994.
- Çetin C.- Akın B.- Erol V., **Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi**, Beta Yayınları, 2.Baskı, İstanbul, 2001.
- Dale, H. Besterfield. **Quality Control**, 3. Baskı, Prentice Hall, International Editions, 1990.
- Deming, Edwards W. **Krizden Çıkış**, Arçelik Yayınları, İstanbul, 1996.
- Doğan, Üzeyme. **Kalite Yönetimi ve Kontrolü**, İstiklal Matbaası, İzmir, 1991.
- Düren, Zeynep. **İşletmelerde Kalite Çemberleri**, Evrim Basım Yayım, İstanbul, 1990.
- Eckes, George. **Herkes İçin Altı Sigma**, MediaCat Kitapları, İstanbul, 2005.
- Ertuğrul, İrfan. **Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2004.
- Feingebbaum, Armand, V. **Total Quality Control**, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1986.
- Flood, Louis Robert. **Beyond TQM**, John Wiley and Sons, West Sussex, P019 1UD, England, 1993, s.31.
- General Electric Aircraft Engines, Altı Sigma Yeşil Kuşak Eğitimi Notları, 2000.

- George, Stephen-Weimerskirch, Arnold. **Total Quality Manegement: Strategies and Techniques Proven at Today's Most Successful Companies**, John Wiley and Sons Inc., New York, 1996.
- Gitlow, H.-Gitlow, S.-Oppenheim A.- Oppenheim, R. **Tools and Methods for the Improvement of Quality**, Irwin Homewood, IL, U.S.A., 1989.
- Gözlü, Sıtkı. **Endüstriyel Kalite Kontrolü**, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1990.
- Guinta, R. Lawrence-Praizler, C. Nancy. **The QFD Book**, New York,1993.
- Gürsakal, Necmi. **Bilgisayar Uygulamalı İstatistik II**, Alfa Yayınları, İstanbul, 2002.
- Gürsakal, Necmi-Oğuzlar, Ayşe. **Altı Sigma**, Vipaş A.Ş., Bursa, 2003.
- Gürtan, Kenan. **İstatistik ve Araştırma Metotları**, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1982.
- Harry, Mikel J. **The Vision of Six Sigma: Tools and Methods for Breakthrough**, Sigma Publishing Company
- Harry, Mikel J.**The Nature of Six Sigma Quality**, Motorola University Press, New York, 1997.
- Harry, Mikel J.-Lawson, Ronald J. **Six Sigma Producibility Analysis and Process Characterization**, Motorola University Press, Schaumburg,1992.
- Hoisington Steven H.-Nauman Earl. **Customer Centered Six Sigma: Linking Customers, Process Improvement, and and Financial Results**, Quality Pres, ISBN: 0873894901, 2000.
- Ishikawa, Kaoru. **Guide to Quality Control**, Asian Productivity Organization, Tokyo, 1982.
- Ishikawa, Kaoru. **Quality Control Circles At Work**, Asian Productivity Press Organization, Tokyo, 1984.
- Jobson, J. D. **Applied Multivariate Data Analysis**, Springer-Verlag New York Inc., New York, 1991.
- Juran, Joseph M. **Juran on Quality by Design**, The Free Press, New York, 1992.
- Kartal, Mahmut. **Bilimsel Araştırmalarda Hipotez Testleri: Parametrik ve Nonparametrik Teknikler**, Şafak Yayınevi, 2.Baskı, Erzurum, 1998.
- Kartal, Mahmut. **İstatistiksel Kalite Kontrolü**, Şafak Yayınevi, Erzurum, 1999.
- Koçel, Tamer. **İşletme Yöneticiliği**, 6.Baskı, Beta Yayınları, İstanbul, 1998.

- Kohler, Heinz. **Statistics for Business and Economics**, U.S.A.: Scott, Foresman and Company, 1988.
- Kotler, Philip. **Marketing Management**, 8th.Edition, Prentice-Hall, Englewood, Cliffs, N.J., 1996.
- Martin, William B. **Müşteri Hizmetlerinde Kalite**, Çev: Ahmet Ünver, Rota Yayınları, İstanbul, 1997.
- Michael, L. George. **Lean Six Sigma**, McGraw-Hill Inc., New York, 2002.
- Monic, J. G. **Operations Management Theory and problems**, McGraw-Hill Book Co., New York, 1987.
- Montgomery, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control**, Second Edition, John Wiley and Sons. Inc., 1991.
- Montgomery, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control**, 4th Edition, John Wiley and Sons. Inc., 2001.
- Montgomery, C. Douglas. **Design and analysis of Experiements**, John Wiley & Sons Inc., New York, 1991.
- Newbold, Paul. **İşletme ve İktisat için İstatistik**, Çev: Ümit Şenesen, Literatür Yayınları, Yayın No:44, İstanbul, 2002.
- Neuman, P. Robert-Pande, S. Peter- Cavanagh, R. Roland. **Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri**, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul, 2004.
- Özevren, Mina. **Toplam Kalite Yönetimi**, Alfa Yayınevi, İstanbul, 1997.
- Özcan, Selami. **ISO 9000 Standartlarının Uygulanmasında Ortaya Çıkan Kalite Maliyetleri Analizi**, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas Yayınlanmamış Doktora Tezi, 1998.
- Öztürk, Ahmet. **Kalite Yönetimi ve Planlaması**, Ekin Yayınevi, Bursa, 2009.
- Pande, Peter- Holpp, Larry. **What is Six Sigma?**, McGraw-Hill Inc., New York, 2000.
- Pekdemir, İşil Mendeş, **İşletmelerde Kalite Yönetimi**, Beta Matbaası, İstanbul, 1992.
- Prokopenko, Joseph. **Verimlilik Yönetimi**, Çev.: Olcay Baykal, Nevda Atalay, Erdemir Fidan, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, Ankara, 1992.
- Pzydek, Thomas. **Six Sigma Handbook**, McGraw Hill Inc., New York, 2001.
- Rath&Strong Management Consultants. **Six Sigma Pocket Guide**, 2nd Printing, Massachusetts, 2001.

- Rao, Ashok-Lawrence, Carr-Martin, **John. Total Quality Management: A Cross Functional Perspective**, John Wiley and Sons, New York, 1994.
- Revelle B. Jack, Moran W. John, Cox A. Charles, **QFD Handbook**, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.
- Russ, Johnson, O. Winchel, William. **Management and Quality**, American Society for Quality Control, Milwaukee, 1989.
- Slatter, Robert. **Jack Welch ve General Electric'in Yolu**, Çev: Türkan Arıkan ve Saadet Özkal, Literatür Yayınları, İstanbul, 2000.
- Smith, Gerald M. **Statistical Process Control and Quality Improvement**, MacMillan Publishing, 1993.
- S. P. A. C. **Altı Sigma Mükemmellik Modeli Nedir?**, S. P. A. C. Danışmanlık Şirketi Yayınları, Ankara, 2003.
- Squires H. Frank. **Pareto Analysis-Quality Management Handbook**, ASQC Quality Press, New York, 1986.
- Şimşek, Muhittin. **Toplam Kalite Yönetimi**, Alfa Yayınları, İstanbul, 2004.
- Şirvancı, Mete. **Kalite İçin Deney Tasarımı-Taguchi Yaklaşımı**, Literatür Yayınları, İstanbul, 1997.
- Tan, S.- Peşkirioğlu, N. **Kalitesizliğin Maliyeti**, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:316, Ankara, 1991.
- Türkel, Asuman. **İnsan Kaynaklarının Etkin Yönetimi**, Türkmen Kitapevi, Yayın No: 121, Eğitim Dizisi:21, İstanbul, 1998.
- Uysal, Fatih. **Kalite Fonksiyon Yayılımının İncelenmesi**, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
- Walton, Mary.** Deming Management at Work, **GP Putnams's Sons, New York, 1990.**
- Yenersoy, Gönül. **Toplam Kalite Yönetimi**, Rota Yayınları, İstanbul, 1997.
- Yetiş, Nüket. **Kalite Kontrol ve TKY: Kalite Organizasyonu**, I.S.O. ISO 9000 ve Kalite Seminerleri, Yayın No: 13, İstanbul, 1993.209

Makaleler:

- Ada, Erhan-Aracıoğlu, Burcu-Kazançoğlu Yiğit. *Türk İşletmelerinde Verimlilik Artışı İçin Altı Sigma Yönetim Sistemi Modeli*, Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, Haziran 2004.
- Akbaba, Atilla. *Kalite Fonksiyonu Göçerimi Metodu ve Hizmet İşletmelerine*

- Uyarlanması*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:2, Sayı:3, 2000, ss.9-17.
- Ann, Walmsley. *Six Sigma Enigma*, Report on Bussines Magazine, Ekim 1997, s.4
- Argüden, Yılmaz. *Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi*, İş,Güç Bakış - İş Yaşamı Dergisi, Sayı:6, Aralık 2002, s.
- Atabek, Arzu. *Üretim ve Kalite İyileştirmede Çağdaş Çözüm: 6 Sigma*, Otomasyon Dergisi, Eylül 2004, s:94-97.
- Boyles, Russell A. *Taguchi Capability Index*, Journal of Quality Technology, Vol:23, No:1, 1991.
- Caulcutt, Roland. *Why is Six Sigma so Successful?*, Journal of Applied Statistics, Vol: 28, No: 3, 2001.
- Desphande, P.B.-Makker, S.L.-Goldstein, M. *Boost Competitiveness via Six Sigma*, Chemical Engineering Progress, September, ss.65-70, 1999.
- Fred R. McFadden, *Six Sigma Quality Programs*, Quality Progress, June 1993.
- Garvin, David A. *Competing on the Eight Dimensions of Quality*, Harward Business Review, November-December, 1987.
- Gitlow, Howard. *Definition of Quality*, Proceedings-Case Study Seminar-Dr. Deming's Management Methods: How They are Being Implemented in the U.S. and Abroad, Andover, Mass: G.O.A.L., November, 1984, pp.4-18.
- Gnibus, Robert J., *Six Sigma's Missing Link*, Quality Progress, Novemeber, 2000, ss.77-83.
- Goh, Thong N. *A Strategic Assessment of Six Sigma*. Quality and Reliability Engineering International, Vol.18, No.2, 2002.
- Grant, Robert M., R. Shani ve R. Krishnan. *TQM's Challenge to Management Theory and Practice*, Sloan Management Review. Winter 1994, Vol. 35. s.25-35.
- Guinta, Lawrence R. ve Nancy C. Praizler. *The Qfd Book, The Team Approach To Solving Problems And Satisfying Customers Through Quality Function Deployment*, New York: Amacom, 1993.

Hahn J Gerald-Hill J. William- Hoerl W. Roger- Zinkgraf A. Stephen. *The Impact of Six Sigma Improvement - A Glimpse Into the Future of Statistics*, The American Statistician, Vol. 53, Number 3, 1999.

Honeywell Authot Team, *Corporate Sigma Calculation Methods*, Version 3.0, Honeywell

Hoyer, Robert W. *What is Quality: Learn How Each of Eight Well-known answers this question*, Quality Progress, July 2001, ss.53-62

Imai, Masaaki. *Kaizen, the key to Japan's competitive success*. Random House, New York, 1986.

Jerome A. Blakeslee Jr. *Imlementing the Six Sigma Solution*, Quality Progress, Julay 1999, s. 77-86.

Kasa, Halit. *Altı Sigma Gerçeği*, Kalite Forum Dergisi, 2003, s.33

Kane, Victor E. *Process Capability Indices*, Journal of Quality Technology, Vol:18, No:1,1986.

Kevin Linderman, Roger G. Schroeder, Srilata Zaheer, Adrian S. Choo, *Six Sigma: a goal-theoretic perspective*, Journal of Operations Management, 2003, ss:193-

Kotz, Samuel I.-Johnson, Norman L. *Process Capability Indices*, Chapman and Hall, England,1993.

Pandu, R. Tadikamalla. *The confusion Over Six Sigma Quality*, Quality Progres, November 1994.

Price, Michael J., and E. Eva Chen. *Total Quality Management in a Small, High-Technology Company*, California Management Review.İ Spring,1993, ss.96-117.

Ravi S. Behara, Gwen F. Fontenot, Alicia Gresham *Customer Satisfaction Measurement And Analysisusing Six Sigma*, International Journal of Quality&Reliability Management, MCB University Pres Vol. 12 No.3, 1995, ss:9-18.

Shores, A.R., *TQM Approach to Achieving Manufacturing Excellence*, Wisconsin, Milwaukee, ASQ Quality Press, 1990.

Smith, Larry R. *Altı Sigma Tasarımı*, Çev: Didem Doran, Altı Sigma Forum Magazine, Kasım 2001.

Snee D. Ronald, *Six Sigma Improves Both Statistical Training and Processes*, Quality Progress, October 2000, s.70.

Söndürmez, Günay-Özveri, Onur. *Süreç Yeterlilik Analizi Tekniklerinin Bir Tekstil İşletmesinde Uygulanması*, V. Ulusal Ekonometri Sempozyumu, Adana, Eylül 2001.

Türkmen, İsmail. *Toplam Kalite Yönetimine Geçiş ve Uygulamada Başarıyı Engelleyen Faktörler*, Verimlilik Dergisi, Özel Sayı, 1995, s.146

Vaziri, H. Kevin. *Using Competitive Benchmarking to Set Goals*, Quality Progress, October 1992

Kevin, Linderman ve diğerleri, *Six Sigma: a goal theoretic perspective*, Journal of Operations Management, Vol:21, 2003, ss.193-203

Web Adresleri:

Baş, Türker. Altı Sigma, <http://www.kaliteofisi.com/download/e-kitap.asp>
www.kimekskimya.com

Dora, Erkan. ASELSAN'da 6 Sigma Uygulamaları,
<http://www.aselsan.com.tr/DERGI/mayis2000/sig.htm>

Özkan, Mehmet. http://www.danismend.com/konular/stratejyon/str_6_sigma.htm
<http://www.sytsma.com/tqmttools/proccapanal.html>

http://www.adamssixsigma.com/sample_project/six_sigma_projects.htm

Argüden, Yılmaz. **Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi**, <http://www.Kalder.org>
Carnegie Mellon Software Engineering Institute, **Six Sigma**,
http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/sigma6_body.html

Charles, Waxer. **Six Sigma Cost and Saving**,
<http://www.isixsigma.com/library/bio/cwaxer.asp>

Cohen, Pil. **Deming's 14 points**,
<http://www.hci.com.au/hcsite2/articles/deming.htm>

<http://www.symphonytech.com/articles/pdfs/sixsigma.pdf>

Fisher, Micheal J. Six Sigma and the Service Culture, Six Sigma Forum Magazin
[http://www.sixsigmaforum.com/articles/exec/exec ss services.html](http://www.sixsigmaforum.com/articles/exec/exec_ss_services.html)

http://www.geocities.com/alti_sigma/

http://www.eurosixsigma.com/sixsigma/sigma_calc.htm

Polat, Akın. Tasarım Sürecinde Altı Sigma: Altı Sigma Metodu'nun Toplam Kalite

Yönetimi ve Tasarım Süreçlerindeki Yeri

Pyzdek, Thomas. Why Six Sigma is not TQM,

http://www.pyzdek.com/six_sigma_vs_tqm.htm

Pyzdek, Thomas. The Value of Six Sigma,

<http://sixsigmatutorial.com/Six-Sigma/Six-Sigma-Capability-Improvement.aspx>

Argüden, Yılmaz, Altı Sigma Ve Toplam Kalite Yönetimi, "İŞ,GÜÇ BAKIŞ" - İŞ

YAŞAMI DERGİSİ SAYI:6 Aralık 2002 <http://www.Işguc.org>

<http://www.kobifinans.com.tr/article/view/60175/1/255>

<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=35>

<http://web2.concordia.ca/Quality/tools/12fishbone.pdf>

<http://sixsigmatutorial.com/Six-Sigma/Six-Sigma-Capability-Improvement.aspx>

Paul Keller, "**Does Six Sigma Work in Smaller Companies?**",

<http://www.isixsigma.com>

<http://main.isixsigma.com/forum/showmessage.asp?messageID=437>

Pyzdek, Thomas. **The 1.5 Sigma Shift,**

EKLER**Ek Tablo 1: Milyon Parça ve Sigma Arasındaki Dönüşüm Tablosu**

Sigma Düzeyi	Hata Oranı	Başarı Yüzdesi	Hata Oranı (1.5 Sigma Kaydırılmış)	Başarı Yüzdesi
1	317310.520	68.2689480	697672.15	30.232785
1.1	271332.203	72.8667797	660082.92	33.991708
1.2	230139.463	76.9860537	621378.38	37.862162
1.3	193601.099	80.6398901	581814.88	41.818512
1.4	161513.423	83.8486577	541693.78	45.830622
1.5	133614.458	86.6385542	501349.97	49.865003
1.6	109598.579	89.0401421	461139.78	53.886022
1.7	89130.864	91.0869136	421427.51	57.857249
1.8	71860.531	92.8139469	382572.13	61.742787
1.9	57432.986	94.2567014	344915.28	65.508472
2	45500.124	95.4499876	308770.21	69.122979
2.1	35728.715	96.4271285	274412.21	72.558779
2.2	27806.798	97.2193202	242071.41	75.792859
2.3	21448.162	97.8551838	211927.71	78.807229
2.4	16395.058	98.3604942	184108.21	81.589179
2.5	12419.360	98.7580640	158686.95	84.131305
2.6	9322.444	99.0677556	135686.77	86.431323
2.7	6934.046	99.3065954	115083.09	88.491691
2.8	5110.381	99.4889619	96809.10	90.319090
2.9	3731.760	99.6268240	80762.13	91.923787
3	2699.934	99.7300066	66810.63	93.318937
3.1	1935.342	99.8064658	54801.40	94.519860
3.2	1374.404	99.8625596	44566.73	95.543327
3.3	966.965	99.9033035	35931.06	96.406894
3.4	673.962	99.9326038	28716.97	97.128303
3.5	465.347	99.9534653	22750.35	97.724965
3.6	318.291	99.9681709	17864.53	98.213547
3.7	215.660	99.9784340	13903.50	98.609650
3.8	144.745	99.9855255	10724.14	98.927586
3.9	96.231	99.9903769	8197.56	99.180244
4	63.372	99.9936628	6209.70	99.379030
4.1	41.337	99.9958663	4661.23	99.533877
4.2	26.708	99.9973292	3467.03	99.653297
4.3	17.092	99.9982908	2555.19	99.744481
4.4	10.834	99.9989166	1865.88	99.813412
4.5	6.802	99.9993198	1349.97	99.865003
4.6	4.229	99.9995771	967.67	99.903233
4.7	2.605	99.9997395	687.20	99.931280
4.8	1.589	99.9998411	483.48	99.951652
4.9	0.960	99.9999040	336.98	99.966302
5	0.574	99.9999426	232.67	99.976733
5.1	0.340	99.9999660	159.15	99.984085
5.2	0.200	99.9999800	107.83	99.989217
5.3	0.116	99.9999884	72.37	99.992763
5.4	0.067	99.9999933	48.12	99.995188
5.5	0.038	99.9999962	31.69	99.996831
5.6	0.21	99.9999979	20.67	99.997933
5.7	0.012	99.9999988	13.35	99.998665
5.8	0.007	99.9999993	8.55	99.999145
5.9	0.004	99.9999996	5.42	99.999458
6	0.002	99.9999998	3.4	99.999660

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Yeri ve Yılı : Sivas 08.03.1973

Öğr.Gördüğü Kurumlar : **Başlama Yılı** **Bitirme Yılı** **Kurum Adı**
Lise : 1986 1989 Bursa Kız Lisesi
Lisans : 1989 1994 Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Yüksek Lisans : 1996 Uludağ Üniversitesi

Doktora :

Medeni Durum : Evli

Bildiği Yabancı Diller ve Düzeyi: İngilizce İyi

Çalıştığı Kurum (lar) : **Başlama ve Ayrılma Tarihleri** **Çalışılan Kurumun Adı**
1. 1995 Devam ediyor Bursa Büyükşehir Belediyesi

Yurtdışı Görevleri :

Kullandığı Burslar :

Aldığı Ödüller :

Üye Olduğu Bilimsel ve Mesleki Topluluklar : Şehir Plancıları Odası

Editör veya Yayın Kurulu Üyelikleri :

Yurt İçi ve Yurt Dışında katıldığı Projeler :

Katıldığı Yurt İçi ve Yurt Dışı Bilimsel Toplantılar:

Yayımlanan Çalışmalar :

Diğer :