

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MÜŞTERİ ODAKLI ALTI SİGMA VE İMALAT
SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Sami ÇELEBİ**

Anabilim Dalı: ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı: MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

EKİM 2006

**MÜŞTERİ ODAKLI ALTI SİGMA VE İMALAT
SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Sami ÇELEBİ
(507971154)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 4 Eylül 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Ekim 2006**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Tufan Vehbi KOÇ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sıtkı GÖZLÜ
Doç.Dr. Seçkin POLAT**

EKİM 2006

ÖNSÖZ

Tez çalışmama değerli katkılarından dolayı danışmanım Sn. Doç. Dr. Tufan Vehbi KOÇ'a, Altı Sigma Kara Kuşakları Sn. Gökçe ADALIOĞLU ve Sn. Özgür YAVUZ'a, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan eşim Işıl ÇELEBİ ve oğlum Yiğit ÇELEBİ'ye çok teşekkür ederim.

Sami ÇELEBİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Sigmanın İstatistiksel Anlamı	1
1.2.1. Değişkenlik (Standart Sapma/Sigma) ve Kusurlu Oranı İlişkisi	4
2. ALTI SİGMA	13
2.1. Altı Sigma'nın Tanımı	13
2.2. Altı Sigma Başarı Öyküleri	16
2.2.1. Motorola'da Altı Sigma	19
2.2.2. GE'de Altı Sigma	20
2.2.3. Allied Signal-Honeywell'de Altı Sigma	21
2.2.4. Ford'da Altı Sigma	22
2.2.5. Diğer Firmalar	23
2.3. Müşteri Odaklı Altı Sigma	23
2.3.1. Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın Temel Noktaları	25
2.4. Altı Sigma Organizasyonu: Roller	28
2.4.1. Üst Kalite Konseyi	28
2.4.2. Yönetim Temsilcisi	29
2.4.3. Kalite Şampiyonu	30
2.4.4. Uzman Kara Kuşak	30
2.4.5. Kara Kuşak	31
2.4.6. Yeşil Kuşak	32
3. ALTI SİGMA METODOLOJİLERİ	33
3.1. TÖADD Metodolojisi	33
3.1.1. TÖADD Ne Zaman Kullanılır?	33
3.1.2. Altı Sigma için Dizayn Yol Haritası	34
3.2. TÖAİK Metodolojisi	35
3.2.1. Tanımlama Aşaması	38
3.2.2. Ölçüm Aşaması	38
3.2.3. Analiz Aşaması	39
3.2.4. İyileştirme Aşaması	40
3.2.5. Kontrol Aşaması	40
3.2.6. TÖAİK Ne Zaman Kullanılır?	41
3.3. TÖAİK ve TÖADD'nin Benzerlikleri ve Farklılıkları	41

3.4. Proje Seçim Süreci	41
3.4.1. Proje Öncelik Analizi	44
4. ALTI SİGMA'DA KULLANILAN ARAÇLAR	46
4.1. Proje Onay Formu (Project Charter)	46
4.2. TGŞÇM (SIPOC) Diyagramı	49
4.3. Süreç Haritası	49
4.3.1. Nasıl Kullanılır?	50
4.4. Kontrol Listesi	54
4.4.1. Nasıl Kullanılır?	54
4.5. Pareto Analizi	55
4.5.1. Nasıl Kullanılır?	55
4.6. Sebep-Sonuç Diyagramı	57
4.6.1. Nasıl Kullanılır?	59
4.7. Serpme Diyagramı	59
4.7.1. Nasıl Kullanılır?	61
4.8. Histogram	61
4.8.1. Nasıl Kullanılır?	64
4.9. Kontrol Grafikleri	65
4.10. Ağaç Diyagramı	67
4.11. İlişkilendirme Diyagramı	68
4.11.1. İzlenecek Adımlar	69
4.12. Ok Diyagramı	69
4.12.1. İzlenecek Adımlar	69
4.13. Hata Modları ve Etkileri Analizi	70
4.13.1. Hata Modları ve Etkileri Analizinin Amaçları	71
4.13.2. Hata Modları ve Etkileri Analizinin Sağladığı Faydaları	72
4.13.2. Hata Modları ve Etkileri Analizinin Türleri	73
4.14. Koşu Diyagramı (Run Chart)	74
4.15. Kuvvet Alan Analizi	74
4.15.1. İzlenecek Adımlar	74
4.16. Süreç Yeterlilik Ölçümleri	75
4.17. Deney Tasarımı	78
4.17.1. Temel Adımları	79
4.18. Korelasyon ve Regresyon Analizi	80
4.18.1. Temel Kavramları	80
4.19. İstatistiksel Anlam Testleri (Chi-kare, t testi, ANOVA)	81
4.19.1. Temel Adımlar	83
4.20. Beyin Fırtınası	83
4.21. Müşterinin Sesi	84
4.21.1. Müşterinin Sesine Ulaşmak	85
4.21.2. Müşteri İhtiyaçlarının Organizasyonu	87
5. UYGULAMA	88
5.1. Proje Seçim Aşaması	89
5.2. Tanımlama Aşaması	91
5.3. Ölçüm Aşaması	94
5.4. Analiz Aşaması	97
5.5. İyileştirme Aşaması	109
5.6. Kontrol Aşaması	111

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	113
KAYNAKLAR	114
EKLER	116
ÖZGEÇMİŞ	124

KISALTMALAR

PÖA	: Proje Öncelik Analizi
PÖK	: Proje Öncelik Katsayısı
TÖAİK	: Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, Kontrol
TÖADD	: Tanımla, Ölç, Analiz et, Dizayn, Doğrula
TGSÇM	: Tedarikçiler, Girdiler, Süreçler, Çıktılar, Müşteriler
PUKY	: Planla, Uygula, Kontrol et, Yap
KFY	: Kalite Fonksiyon Yayılımı
HMEA	: Hata Modları ve Etkileri Analizi
DT	: Deney Tasarımı
ANSI	: American National Standards Institute
AIAG	: Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu
APQP	: İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning)
ASQC	: Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (American Society of Quality Control)
ASL	: Alt Spesifikasyon Limiti
ÜSL	: Üst Spesifikasyon Limiti
ANOVA	: Gruplar Arasındaki Varyans Analizi
R/R	: Tekrarlanabilirlik ve Yeniden Üretilebilirlik (Repeatibility and Reproducibility)
İSK	: İstatistiksel Süreç Kontrolü
PPM	: Milyon Parçada Hatalı Adedi (Parts Per Million)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. 3 sigma ile 6 sigma seviyelerinde oluşan hatalar.....	3
Tablo 1.2. Sigma Değeri - Milyon fırsattaki hata miktarı.....	3
Tablo 1.3. Kusurlu, kusursuz oranı ve standart sapma ilişkisi.....	9
Tablo 1.4. Tolerans aralığı genişliği ve standart sapma ilişkisinin kusurlu (ya da kusursuz) oranına yansımaları ve süreç ortalamasının tolerans aralığı ortasında gerçekleşmesi ile orta noktadan $\pm 1.5\sigma$ sapması durumlarında kusurlu/kusursuz sayı ve oranlarının değişimi.....	11
Tablo 2.1. Firmalar ve Altı Sigma'yı uyguladıkları yıllar.....	17
Tablo 2.2. Firma bazında Altı Sigma maliyet ve kazançları.....	18
Tablo 3.1. TÖAİK Metodoloji fazlarını ve her fazda kullanılan araçları gösteren özet tablo.....	37
Tablo 4.1. ANSI (American National Standards Institute) Süreç Haritası Sembolleri.....	53
Tablo 4.2. Örnek Kontrol Tablosu.....	55
Tablo 4.3. Örnek (Yer Karosu Kusurları).....	56
Tablo 4.4. Paket Ağırlıkları.....	62
Tablo 4.5. Frekans Tablosu.....	63
Tablo 4.6. C_{pk} karar tablosu.....	78
Tablo 5.1. Müşteri Şikayetleri yüzde dağılımı.....	90
Tablo 5.2. Lastik aşınması görülen araçların toe değerleri.....	101
Tablo 5.3. Lastik aşınma aracının yüklü yüksüz ölçüm tablosu.....	101
Tablo 5.4. Yük-Toe değişimi.....	102
Tablo 5.5. Ön düzen ayar cihazı gage R&R çalışması ilk durum.....	104
Tablo 5.6. Ön düzen ayar cihazı gage R&R çalışması son durum.....	105
Tablo 5.7. Ön kros bağlantı noktaları iyileştirme sonrası ölçüm sonuçları.....	110
Tablo 5.8. Gövde bağlantı noktaları iyileştirme sonrası ölçüm sonuçları.....	112

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. : Normal Dağılımların Parametrelerine bağlı Farklılıkları.....	6
Şekil 1.2. : İki yandan sınırlı tolerans aralığı durumunda kuramsal kusurlu oranı.....	7
Şekil 1.3. : Altı Sigma uygulamasında kuramsal en az kusurlu oranı.....	11
Şekil 1.4. : Altı Sigma uygulamasında gerçekleşen en az kusurlu oranı.....	12
Şekil 3.1. : Deming'in PUKY döngüsü.....	36
Şekil 3.2. : TÖAİK iyileştirme modeli.....	36
Şekil 3.3. : Proje Seçim Süreci.....	44
Şekil 4.1. : Akış Diyagramı.....	50
Şekil 4.2. : Örnek Problem Çözümü (AKIŞ DİYAGRAMI).....	52
Şekil 4.3. : Örnek pareto diyagramı.....	57
Şekil 4.4. : Sebep Sonuç Diyagramı.....	58
Şekil 4.5. : Serpme Diyagramı Örnekleri.....	60
Şekil 4.6. : Serpme Diyagramında Çukur ve Tepe.....	60
Şekil 4.7. : Paket Ağırlıklarının Histogramı.....	64
Şekil 4.8. : Örnek ağaç diyagramı yapısı.....	68
Şekil 4.9. : Hata'nın Tanımı.....	76
Şekil 4.10. : Nominal dağılım gösteren bir değişkenin spesifikasyon limitleri dışına taşma olasılığı ya da riski.....	76
Şekil 4.11. : Müşterinin sesine ulaşmak.....	85
Şekil 5.1. : Araç sürüşü ile ilgili müşteri şikayetleri paretosu.....	89
Şekil 5.2. : İhraç araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri.....	90
Şekil 5.3. : Yerli araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri.....	91
Şekil 5.4. : Yerli ve İhraç Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri.....	92
Şekil 5.5. : İhraç Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri (R/1000).....	92
Şekil 5.6. : Yerli Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri (R/1000).....	93
Şekil 5.7. : Yerli ve İhraç Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri (R/1000)....	93
Şekil 5.8. : Yerli Araçlarda Model Bazında Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri.....	95
Şekil 5.9. : Yerli Araçlarda Bölgesel Bazda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri.....	95
Şekil 5.10. : Yerli Araçlarda Km Bazında Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri.....	96
Şekil 5.11. : Lastik Aşınma Sebep-sonuç Diyagramı.....	97
Şekil 5.12. : Ön sağ toe süreç yeterlilik analizi.....	98
Şekil 5.13. : Ön sol toe süreç yeterlilik analizi.....	98
Şekil 5.14. : Toplam ön toe süreç yeterlilik analizi.....	99
Şekil 5.15. : Ön sol kamber süreç yeterlilik analizi.....	99

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 5.16. : Ön sağ kamber süreç yeterlilik analizi.....	100
Şekil 5.17. : Toplam Toe – Yük arası değişim.....	102
Şekil 5.18. : Ön sağ kamber – Yük arası değişim.....	103
Şekil 5.19. : Ön sol kamber – Yük arası değişim.....	103
Şekil 5.20. : Toplam ön toe Gage R&R son durum (ekipman 1&2).....	104
Şekil 5.21. : Toplam ön toe Gage R&R son durum (ekipman 1&2).....	106
Şekil 5.22. : Toplam ön toe yetenek çalışması (ekipman 1).....	106
Şekil 5.23. : Toplam ön toe yetenek çalışması (ekipman 2).....	107
Şekil 5.24. : Ön kros bağlantı noktaları.....	107
Şekil 5.25. : Ön kros bağlantı noktaları ADAMS analizi.....	108
Şekil 5.26. : Gövde bağlantı noktaları ADAMS analizi.....	109
Şekil 5.27. : Gövde bağlantı noktaları.....	110

SEMBOL LİSTESİ

Σ	: Toplam simgesi
σ	: Standart sapma
σ^2	: Varyans
μ	: Ortalama
$T_{\bar{u}}$	: Üst Tolerans
T_a	: Alt Tolerans
C_p	: Potansiyel Süreç Yeterlilik Ölçüsü
C_{pk}	: Fiili Süreç Yeterlilik Ölçüsü
Y	: Bağımlı değişken, çıktı
$X_1, X_2, \dots, X_k$	: Bağımsız değişken, girdi
r	: Korelasyon Katsayısı
ϵ	: Hata (rassal değişken)

ÖZET

Bu çalışmanın amacı son yıllarda süreç ve ürün kalitesinde iyileştirmelerin sağlanması için yaygın olarak kullanılan Müşteri Odaklı Altı Sigma yaklaşımını tanıtmaktır. Müşteri Odaklı Altı Sigma yaklaşımı temelde Altı Sigma felsefesi ve araçlarını kullanan ancak uygulamanın merkezinde her zaman müşteriye bulundurmaya amaçlayan ve bu noktayı daha çok vurgulayan bir yaklaşımdır. Bu nedenle çalışmanın genelinde Altı Sigma yaklaşımı hakkında da bilgi verilmektedir. Altı Sigma dünyanın önde gelen firmaları tarafından kritik bir yönetim programı olarak görülmekte ve uygulanmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde sigma kavramı, değişkenlik, kusurlu oranı ilişkisi konularına değinilmektedir.

İkinci bölümde Altı Sigma'nın tanımı yapılmakta, dünyanın önde gelen Altı Sigma uygulayıcısı firmaların başarı öyküleri ve kazançları aktarılmaktadır. Yine bu bölümde Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın tanımına ve temel noktalarına yer verilirken, Altı Sigma Organizasyon yapısı hakkında da bilgi verilmektedir. Ayrıca proje seçim süreci de bu bölümde açıklanmaktadır.

Üçüncü bölümde Altı Sigma'nın iki temel yöntemi olan TÖADD (Tanımlama, Ölçme, Analiz, Dizayn, Doğrulama) ve TÖAİK (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol) metodolojileri açıklanmakta ve her iki metodolojinin benzer ve farklı yönleri ortaya koyulmaktadır.

Dördüncü bölümde Altı Sigma proje aşamalarında kullanılan araçlar açıklanmaya çalışılmıştır.

Beşinci bölümde Müşteri Odaklı Altı Sigma yaklaşımını belirlemiş, imalat sektöründe yer alan bir firmada, TÖAİK metodolojisiyle gerçekleştirilen bir Altı Sigma İyileştirme Projesine yer verilmektedir.

Çalışmanın sonuçları altıncı bölümde irdelenmiştir.

SUMMARY

The purpose of this study is to introduce Consumer Driven Six Sigma approach which has been implemented to gain improvements in process and product quality in the recent years. Consumer Driven Six Sigma approach, which is based on Six Sigma approach and uses Six Sigma tools, emphasizes the importance of focusing on the customer at every implementation step. That's why Six Sigma approach and Six Sigma tools are explained in this study. Six Sigma is recognized as a critical management program and used by lots of well-known companies.

In the first chapter sigma level, variation and defect rate relations are explained.

Second chapter includes the definition of Six Sigma, some Six Sigma success stories of world's biggest companies and organizational structure of Six Sigma organizations. Also in this chapter Consumer Driven Six Sigma as a term and the key elements of this approach are explained.

In the third chapter two main Six Sigma methodologies, DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) and DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify) are explained and the similarities and differences of these two methodologies are given.

Fourth chapter includes the tools used in Six Sigma projects.

A Six Sigma improvement project has been implemented in a Consumer Driven Six Sigma user manufacturing company and explained in the fifth chapter.

Conclusions of the study are highlighted in the sixth chapter.

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

Günümüzde yaşanan yüksek rekabet şartlarında hayatta kalabilmenin ancak büyüme ve gelişme ile olabileceği herkesçe kabul edilmekte olan bir gerçektir. Rekabet üstünlüğü ancak sürekliliği sağlanmış müşteri, paydaş ve çalışan mutluluğu ile mümkün olabilmektedir. Firmalar müşteri tatminini artırmak için daha hızlı, daha kaliteli ve daha ucuz olmak zorundadırlar. Müşteri tatmini ancak üretim/müşteri etkileşiminin geliştirilmesi ile mümkün olabilir.

Sürekli gelişmenin anahtarı bilmek ve bilgiyi işleyebilmektir. Sayılarla ifade edilmemiş hiçbir bilgi etkili biçimde işlenemez.

- Süreç yeteneklerinin hesaplanması ile farklı süreçleri karşılaştırabiliriz.
- Süreç yeteneğini hesaplayarak gerçek yerimizi görebiliriz.
- Yetenekli süreçler, sonucu bilinen ve hızlı süreçler anlamına gelir.
- Süreç yeteneğinizi geliştirerek müşteri tatminini arttırabilirsiniz.

1.2 Sigma'nın İstatistiksel Anlamı

Sigma (σ), istatistikte standart sapmayı belirtmek için kullanılan Yunan alfabesinin 18. harfidir. Büyük harf sigma genellikle toplam simgesi olarak (Σ) kullanılmaktadır. Küçük harf olarak da (σ) özellikle istatistikte ve istatistiksel süreç kontrolunda çok önemli bir ölçüt olan, standart sapmanın simgesidir. Standart sapmanın karesi, varyans (σ^2) olarak adlandırılır. Varyans, değişkenliğin temel ölçütüdür.

Standart sapma, varyansın(+işaretili) karekökü olduğu ve dolayısıyla birimi de ilgili değişkenle aynı olduğu için dağılma (yayılma, sapma, farklılaşma, heterojenlik)

ölçütü olarak uygulamacı açısından daha kolay anlaşılan ve dolayısıyla tercih edilen bir ölçüttür. Belirli koşullarda oluşan değerler arasındaki farklılaşma ne kadar büyükse, standart sapması da o denli büyük bir değer olarak hesaplanmış olur. Tersine benzeşiklik (homojenlik) düzeyi arttıkça, yani farklılıklar azaldıkça, bunların ölçüsü olan standart sapmanın sayısal değeri de küçülür. Çok ileri ve iddialı bir hedef, sıfır sapmalı (sapmasız) sistemlere, süreçlere sahip olabilmektir. Bu özlemin kalite dünyasındaki karşılığı “sıfır kusur“ ve “sıfır tolerans “ kavramlarıdır.

Altı sigma aslında, sıfır kusur stratejisinin ulaşılabilir bir hedef olarak yaşama geçirilebilmesinde yararlanılan bir istatistiksel yönetim(kontrol) düzeneğidir. Bu bağlamda;

$$\text{Teknik tolerans sınırları} = \left[\frac{T_a + T_{\bar{u}}}{2} \pm 6\sigma \right], \text{ yani} \quad (1.1)$$

$(T_{\bar{u}} - T_a) = 12 \text{ Sigma}$, dolayısıyla

$$\text{Tolerans üst sınırı } T_{\bar{u}} = \frac{T_{\bar{u}} + T_a}{2} + 6\text{Sigma} \text{ ve} \quad (1.2)$$

$$\text{Tolerans alt sınırı } T_a = \frac{T_{\bar{u}} + T_a}{2} - 6\text{Sigma} \quad (1.3)$$

Süreç yeteneği(yeterliliği) endeksi $C_p = 2,0$,

olması anlamına geliyor. Bu düzeyde bir süreç yeteneğine ulaşmış olmak, günümüz koşullarında kusurlu oranını yaklaşık milyonda 3 (3,398) düzeyine indirebilmeyi, tersine kusursuz oranını yaklaşık milyonda 999997 düzeyine yükseltebilmeyi güvenceye alabilmektedir. Bu da kuşkusuz sıfır kusur düzeyine oldukça iyi bir yaklaşım demektir. Altı sigma bu yüzden çok önemlidir. [1]

Teknik veya idari bir proseste, sigma değeri prosesin ne kadar iyi yapıldığını gösteren bir metriktir. Sigma değeri ne kadar yüksek ise proses o kadar iyi gerçekleştiriliyor demektir. Sigma, prosesin hatasız işleme yeteneğini ölçer. Her bir hata müşteri şikayetine sebep olabilir. Tablo 1.1’de 3 sigma düzeyi ile 6 sigma düzeyinin çeşitli süreçler için çıktılarda yarattıkları hata miktarları örneklenmiştir. [2]

6 sigma ortalamadan 6 standart sapmayı ifade eder.

Tablo 1.1: 3 sigma ile 6 sigma seviyelerinde oluşan hatalar

3 Sigma Seviyesi	6 Sigma Seviyesi
Doktor veya hemşire tarafından elden düşürülen yeni doğmuş bebek sayısı: 40,500 bebek/1 sene	Doktor veya hemşire tarafından elden düşürülen yeni doğmuş bebek sayısı: 3 bebek/100 sene
Şebekeye sağlıklı içme suyu pompalanma süresi: 2 saat/1 ay	Şebekeye sağlıklı içme suyu pompalanma süresi: 1sn/6 sene
Telefon veya televizyon sinyali kesintisi süresi: 27 dakika/1 hafta	Telefon veya televizyon sinyali kesintisi süresi: 6 saniye/100 sene
Hatalı ameliyat sayısı: 1350/1 hafta	Hatalı ameliyat sayısı: 1/20 yıl

Tablo 1.2: Sigma Değeri - Milyon fırsattaki hata miktarı

Sigma Süreç kapasitesi	Milyon fırsattaki hata miktarı
6 Sigma	3.4
5 Sigma	233
4 Sigma	6.210
3 Sigma	66.807
2 Sigma	308.537
1 Sigma	690.000

Değişkenlik, ancak olasılık ölçeğinde ölçülüp değerlendirilebilen bir kavramdır. Bilimsel olarak stokastik alanı tamamen bu konu ile ilgilidir. İstatistik de bu alanın içindedir.

Değişkenliğin temel ölçütü olan varyans, ortalamadan farkların karelerinin ortalaması olarak hesaplanır. Pratik açıdan, bir süreç ya da sistemin ürettiği değerlerin ortalamadan, ortalama olarak ne kadar farklı olduğu belirlenmiş olmaktadır.

Değişkenliğin (Varyansın) nelere ne kadar bağlı olduğunu saptayabilirsek, onu yönetmek ya da küçültmek olanağımız da olur. Bu bağlamda gerekli olan araçlar Varyans-kovaryans ve regresyon analizi yöntemleridir. Bu yöntemler için geçerli model, genel doğrusal model olarak bilinir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (1.4)$$

Burada;

Y : Bağımlı / açıklanan değişken(davranışları araştırılan özellik),

$X_1, X_2, \dots, X_k$: Bağımsız / açıklayan değişkenler,

ϵ : Hata (rassal değişken)

Eğer bağımsız değişkenler,

- nitel(faktör/etmen) iseler, Varyans analizi(ANOVA, MANOVA),
- nicel iseler, regresyon analizi,
- bir kısmı nitel ve diğer kısmı nicel iseler kovaryans analizi çözümleme yöntemleridir.

Bu yöntemlerle değişkenlik, bağımsız değişkenlere (etmenler/faktörler) göre bileşenlerine ayrılır. Bunların büyüklüklerine göre önem dereceleri belirlenir. Sonuçta hangi faktör ya da bağımsız değişkenin ilgilendiğimiz Y'nin değişkenliğini ne ölçüde etkilediği saptanabilir. Dolayısıyla Y'nin varyansını küçültmek için hangi faktör ya da değişkenlere yönelik iyileştirme yapmamız gerektiğini belirleme olanağına sahip oluruz. Buradaki sorun bağımsız değişkenlerin (faktörlerin) ve bunların alabileceğin değerlerin saptanmasındadır. Bunun için istatistik bilgisi önemlidir. Ancak ondan da önemli olan, ilgili sorunun doğasını, iç dinamiklerini, nelerden ne ölçüde etkilenebileceği gibi boyutlarının iyi bilinmesidir. Burada o işi iyi bilen, deneyimli kişiler son derece önemlidir. Bu tür çalışmalarda istatistiksel deney planlaması (Design of Experiments) gerekli yöntemsel araçları sunmaktadır. Bu yüzden ki, Kara Kuşak eğitimlerinde DoE önemli bir ağırlığa sahiptir.

1.2.1 Değişkenlik(Standart Sapma/Sigma) ve Kusurlu Oranı İlişkisi

1.2.1.1 Dağılım ve Normal Dağılım

Değişkenliğin neden olduğu belirsizlikle baş edebilmek için bir sistem, ortam ya da koşullar buluşmasında ortaya çıkabilecek bütün değerlerin, en küçüğü ile en büyüğü arasında nasıl bir dağılış gösterdikleri, hangi değerlerin hangi sıklıkta (ya da olasılıkla) karşımıza çıkabileceğini yansıtan olasılık dağılımları gerekli olmaktadır.

Bunlar yardımıyla, olası durumlar, karşımıza çıkabilecek sonuçlar, bir olasılık ölçeğinde kestirilebilmektedir.

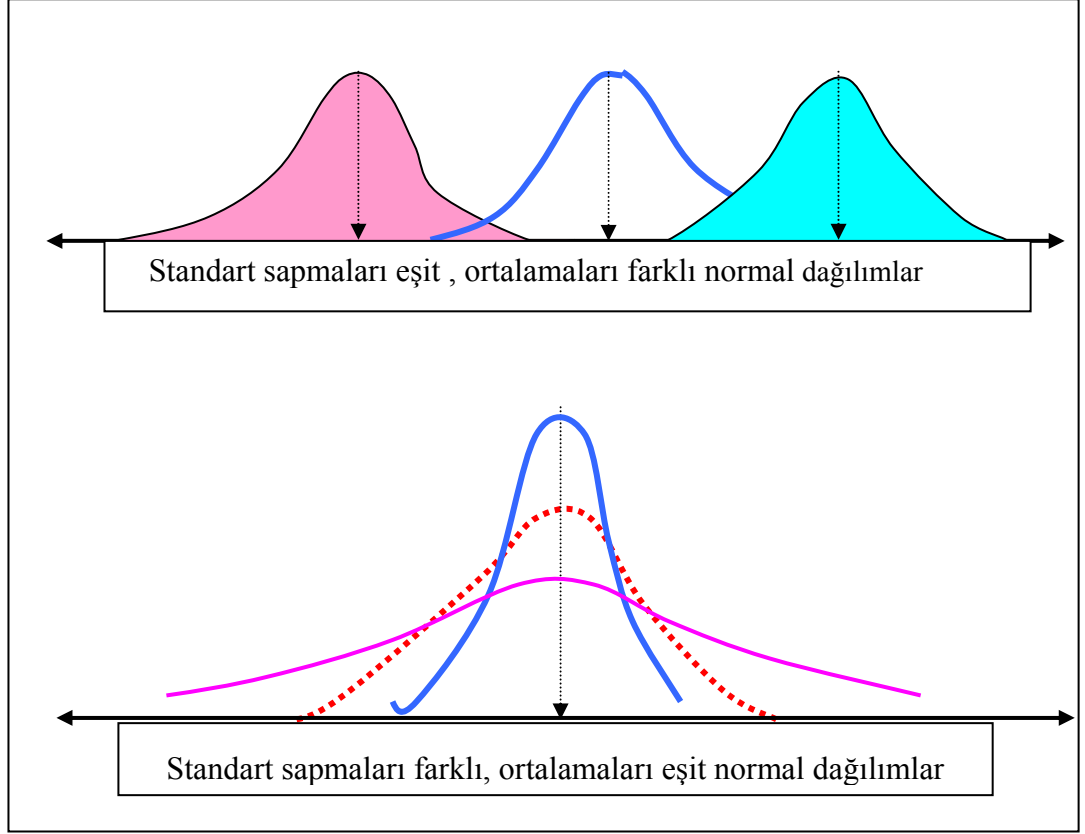
Bu bağlamda karşımıza çıkan en temel kavram olasılık dağılımı (ya da sıklık dağılımı) ve buna ilişkin de en ünlü model normal dağılımdır. Bu dağılım, şekli çan görünümünde olduğu için çan eğrisi olarak da anılır. Niçin normal? Zira sistemlerin normal sayılan koşullarda- ender olarak ya da özel olarak ortaya çıkmış koşullar dışında – ürettikleri değerlerin gerçekten çan eğrisi gibi bir dağılım şekli verdiği görülüyor. Dolayısıyla normal koşulların ürettiği dağılım anlamında normal dağılım adı haklı olarak kabul görüyor. Bu özellik, aynı zamanda bir süreç ya da sistemin davranışlarında bozucu nedenlerin etkili olup olmadığını da kısa yoldan algılama amacıyla da kullanılabilir. Süreçlerin ürettikleri dağılımlar normal dağılım özelliklerinden ciddi olarak uzaklaşıyorsa, burada bir bozucu etkenin rol oynamış olabileceği akla gelir. Bu ilk izlenim ayrıntılı olarak araştırılarak kanıtlanmaya çalışılmalıdır.

1.2.1.1.1 Normal Dağılımların Özellikleri

Kuramsal olarak sonsuz sayıda normal dağılım vardır ve bütün normal dağılımlar;

- Çan şeklinde bir grafiğe sahiptir (çan eğrisi),
- İki parametrelidir. Bu parametreler ortalama ve standart sapma (ya da varyans) dır. Bu demektir ki, normal dağılımlar ortalamaları ve/veya standart sapmalarının değerine göre farklılaşırlar; ya merkezleri (ortası) sayı ekseninde farklı yerdedir ya da yayılışları farklıdır (Şekil 1.1).
- Kuramsal olarak, eksi sonsuzdan artı sonsuza kadar ($-\infty$, $+\infty$) olan bir aralıkta dağılırlar.
- Ortalamaya göre simetrik, tek tepeli ve x =ortalama için en büyük değeri (maksimum) alırlar. Bu en büyük değer standart sapmanın büyüklüğü ile ters orantılıdır ($1/\sigma\sqrt{2\pi} \approx 1/2.5\sigma$).
- Eğri altında kalan toplam alan (toplam olasılık) 1'e eşittir.
- Eğri altında kalan toplam alan (toplam olasılık) 1'in standart sapmaya bağlı bölünüşü aşağıda yansıtıldığı gibidir:

- Değerlerin %68.27'si ($\mu \pm 1\sigma$) aralığında bulunur. Yani bir normal dağılımda ortalamadan $\pm$ bir standart sapma uzaklıktaki sınırlar, olanaklı sonuçların %68.27'sini içine alır.



Şekil 1.1 : Normal Dağılımların Parametrelerine bağlı Farklılıkları.

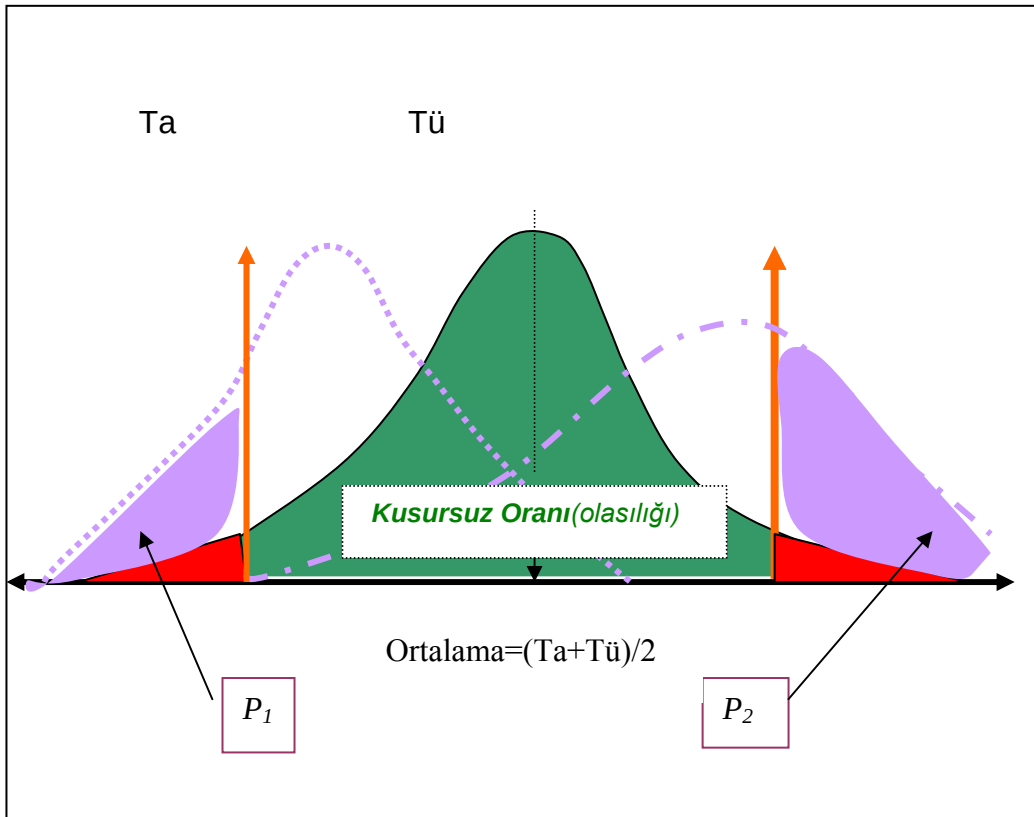
- Değerlerin %95'i ($\mu \pm 1,96\sigma$) aralığında bulunur. Yani bir normal dağılımda olanaklı bir değer ($\mu \pm 1,96\sigma$) aralığında bulunması olasılığı 0.95 tir. ($\mu \pm 2\sigma$) aralığı ise değerlerin %95.45'ini içerir.
- Değerlerin %99'u ($\mu \pm 2,58\sigma$) aralığında bulunur. Bu demektir ki, bir normal dağılımda olanaklı değerlerin %1'i bu aralığın dışında bulunacaktır. Normal dağılımlar ortalama μ 'ye göre simetrik olduklarından %0.5'i ($\mu - 2,58\sigma$)'de küçük ve %0.5'i de ($\mu + 2,58\sigma$)'den daha büyük olabilecektir.
- Değerlerin %99.73'ü ($\mu \pm 3\sigma$) aralığında bulunur. Yani herhangi bir normal dağılımda olanaklı değerlerin ancak on binde 27'si (0.0027) bu aralığın dışında bulunabilecektir. Bunun da yarısı, on binde 13.5 bir uçta, diğer yarısı da diğer uçta bulunacak demektir.

- Değerlerin %99.9'u ($\mu \pm 3,29\sigma$) aralığında bulunur.
- Değerlerin %99.994'ü ($\mu \pm 4\sigma$) aralığında bulunur.
- Değerlerin %99.9999998'i ($\mu \pm 6\sigma$) aralığı içinde bulunur. Bu aralığın dışındakiler ancak milyarda 2 oranındadır.

1.2.1.2 Kusur - Kusurlu ve Kusurlu Oranı

Bir ürün için geçerli ölçü ve toleranslar kusur, kusurlu ve kusursuz için de temel ölçütlerdir. Bir ürünün ilgilenilen kalite özeliği (değişken) X için gerçekleşen değer x, Tolerans alt sınırı Ta ve üst sınırı da Tü olmak üzere,

- İki yanlı tolerans sınırlaması halinde, $Ta < x < Tü$ ise kusursuz, değilse kusurlu (standart dışı) demektir.
- Bir yanlı tolerans sınırlaması durumunda Ta ya da Tü verilmesine göre, $x < Ta$ (ya da $x > Tü$) ise kusurlu anlamına gelecektir.



Şekil 1.2 : İki yandan sınırlı tolerans aralığı durumunda kuramsal kusurlu oranı (olasılığı) $P = P_1 + P_2$, kusursuz oranı olasılığı $q = 1 - P$

Kusurlu oranı, bilindiği gibi, ilgili ürün kitlesi içindeki kusurlu sayısının o ürün kitlesi içindeki toplam ürün sayısına oranıdır. Ancak bu oranın kuramsal olarak incelenmesinde normal dağılım model olarak alınır. Zira ilgili ölçüm değerlerinin yaklaşık olarak normal dağılıma uyması ya da uygun değişken dönüştürmeleri ile norma dağılıma uydurulması olanağı vardır. Dolayısıyla ilgili özellik X 'in sahip olduğu normal dağılımda, teknik tolerans sınırlarına göre uç değerlerin (standart dışı) bulunduğu bölgenin alanı kusurlu oranı anlamına gelecektir. Bu durum aşağıda şekillerle de yansıtılmış bulunmaktadır.

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi, gerçekleşen süreç ortalamasının tolerans aralığı ortasına eşit olması halinde tolerans sınırları dışında kalan uç bölgeler alanı p_1 ve p_2 dir. Normal dağılım ortalamaya göre simetrik olduğu için de $p_1 = p_2$ dir. Dolayısıyla olası kusurlu oranı $p = p_1 + p_2 = 2p_1 = 2p_2$ olacaktır. Bu sonuç olası kusurlu oranının yarısının tolerans alt sınırının geçilmiş olması, diğer yarısının da tolerans üst sınırının geçilmiş olması suretiyle ortaya çıkacağı anlamına gelir. Yani $p_1 = p_2 = p/2$ olacak demektir. Ancak süreç ortalamasının tolerans aralığı ortasından uzaklaşmasına, T_a ya da $T_ü$ 'ye yakın olmasına göre, kusurlu oranı da ilgili tolerans sınırının dışındaki alanın büyüklüğü ölçüsünde büyük bir değer olarak karşımıza çıkabilecektir. Bu durum şekilde de yansıtılmış bulunmaktadır.

Söz konusu kuramsal kusurlu ya da kusursuz oranlarının hesabı, ilgili normal dağılımda tolerans sınırları dışında kalan alanın hesabı demektir. Bunun için de ilgili normal dağılım fonksiyonun ilgili aralıktaki entegralinin belirlenmesi gerek ve yeterdir. Bunların değerleri tablolar halinde her istatistik kitabında da verilir.

1.2.1.3 Kusurlu Oranı ve Standart Sapma (Sigma) İlişkisi

Ürünlerin ilgili X özeliği (değişkeni) açısından gerçekleşen değerleri, ortalaması μ ve standart sapması σ (sigma) olan bir normal dağılım olarak modellendiğinde, bu dağılımın T_a ve $T_ü$ ile sınırlanan uç bölgelerinin alanının kusurlu oranı anlamına geldiği yukarıda açıklanmıştı. Diğer taraftan normal dağılımlarda eğri altında kalan alanın standart sapmaya bağlı olarak bölünüşü de özetlenmişti. Bunlara göre uygulamada karşılaşılabilecek bazı özel durumlara ilişkin veriler aşağıda bir çizelge halinde ve onu izleyen şekillerle yansıtılmışlardır:

Tablo 1.3: Kusurlu, kusursuz oranı ve standart sapma ilişkisi

Sınırlar	Kusurlu Oranı %		Kusursuz Oranı %	
	Bir Yönde (Ta/Tü)	İki Yönde [Ta,Tü]	Bir Yönde (Ta/Tü)	İki Yönde [Ta,Tü]
$\mu \pm 1,00\sigma$	15.87	31.73	84.1345	68.2689
$\mu \pm 1,96\sigma$	2.50	5.00	97.50	95.00
$\mu \pm 2,00\sigma$	2.275	4.55	97.725	95.45
$\mu \pm 2,50\sigma$	0.621	1.242	99.379	98.76
$\mu \pm 2,58\sigma$	0.500	1.00	99.50	99.00
$\mu \pm 3,00\sigma$	0.135	0.27	99.73135	99.73
$\mu \pm 3,29\sigma$	0.05	0.1	99.95	99.90
$\mu \pm 3,50\sigma$	0.02326	0.04653	99.97674	99.95347
$\mu \pm 4,00\sigma$	0.003167	0.006334	99.996843	99.993666
$\mu \pm 4,50\sigma$	0.0003398	0.0006795	99.99966	99.99932
$\mu \pm 5,00\sigma$	0.00002867	0.00005733	99.9999716	99.99994267
$\mu \pm 6,00\sigma$	0.00000009866	0.0000001973	99.9999999	99.99999980
$\mu \pm 7,00\sigma$	0.000000000128	0.000000000256	99.9999999987	99.9999999974

Bu çizelgede teknik toleransların bir yönde ya da iki yönde sınırlama şeklinde verilmiş olması durumlarına göre, bir yönde ve iki yönde kusurlu oranları ile kusursuz oranlarının, tolerans aralığı genişliği (Tü-Ta)'nın sigma ölçeğindeki değerine bağlı olarak ulaşabileceği değerler yansıtılmaktadır. Bu çizelgenin nasıl okunacağına ilişkin bir kaç örnek aşağıda verilmektedir. Örneğin;

- Yalnızca Ta ya da Tü verilmiş ve bu sınır ortalamadan bir standart sapma uzakta bulunuyorsa, yani Ta ve Tü için ($\mu \pm \sigma$) değeri geçerli ise, bir yönde oluşabilecek

kusurlu oranı yaklaşık %15.87 ve kusursuz oranı yaklaşık %84.13 olarak gerçekleşebilecektir.

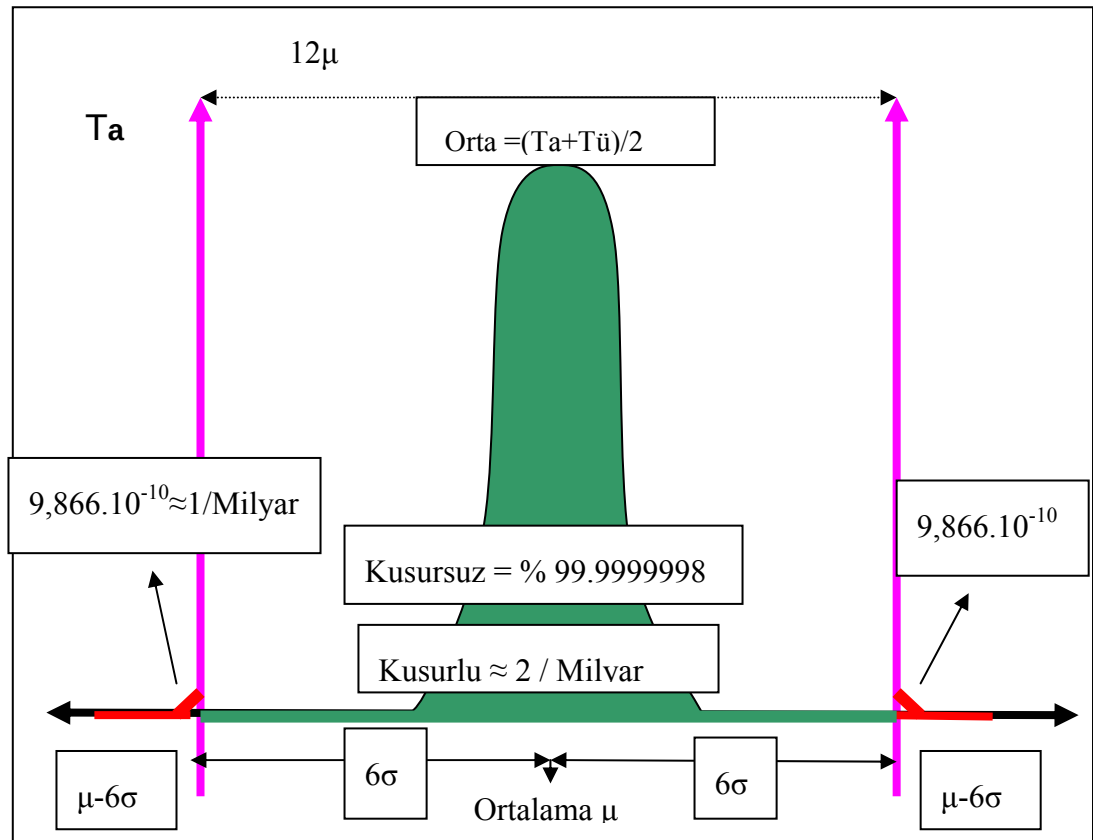
- Hem Ta ve hem de Tü ile sınırlama geçerli ve bunların değeri ($\mu \pm \sigma$) ise, kusurlu oranı iki yöndeki sınır taşmaları ile oluşacak ve bu durumda kusurlu oranı yaklaşık %31.73 ve dolayısıyla kusursuz oranı da yaklaşık %68.27 olarak gerçekleşebilecektir.
- ($\mu \pm 4,5\sigma$) durumunda, bir yönde oluşabilecek kusurlu oranı yaklaşık milyonda 3.4 (3.398) ve kusursuz oranı da yaklaşık milyonda 999997 olabilecektir. Hem Ta ve hem de Tü ile sınırlanıyorsa, iki yönlü kusurlu oranı yaklaşık milyonda 6.8 ve kusursuz oranı da yaklaşık milyonda 999993.2 düzeyinde gerçekleşebilecektir.
- Eğer Ta ve Tü için geçerli değerler ($\mu \pm 6\sigma$) olarak belirleniyorsa, kusurlu oranı bir yönlü sınırlama halinde yaklaşık milyarda 1 ve iki yönlü sınırlama halinde de yaklaşık milyarda 2 düzeyinde olacaktır.

Deneyimler göstermektedir ki, süreç ortalaması teknik tolerans aralığı ortasından $\pm 1.5\sigma$ sapabilmektedir. Bu durumda olası kusurlu ya da kusursuz oranları değişecektir. Bu değerler aşağıda karşılaştırmalı olarak bir Tablo 1.4'te verilmişlerdir.

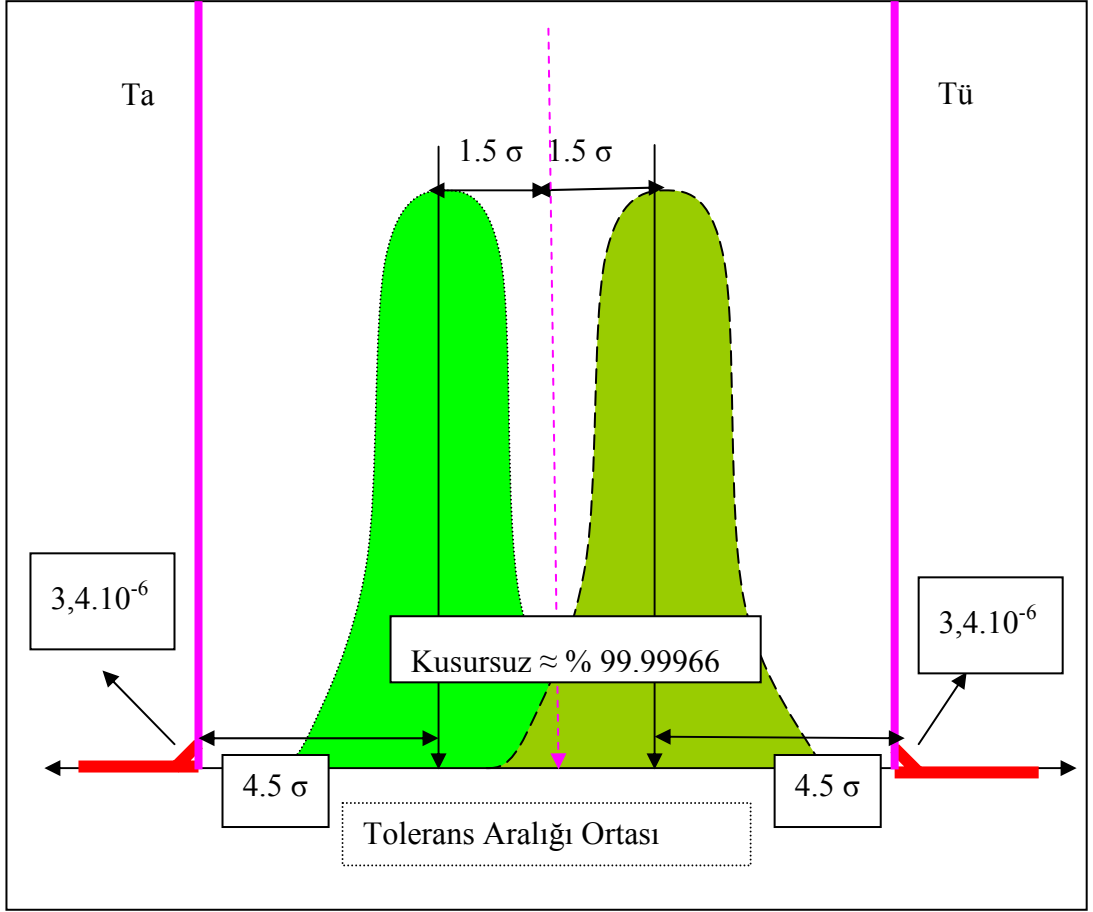
Bu oranların normal dağılım modeli uyarınca hesaplanması ($Tü-Ta$)= 12σ durumu (altı sigma) aşağıda bir Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'te gösterilmektedir.

Tablo 1.4: Tolerans aralığı genişliği ve standart sapma ilişkisinin kusurlu (ya da kusursuz) oranına yansımaları ve süreç ortalamasının tolerans aralığı ortasında gerçekleşmesi ile orta noktadan $\pm 1.5\sigma$ sapması durumlarında kusurlu/kusursuz sayı ve oranlarının değişimi

Adı	Tol. Ara. Gen. Tü-Ta	Milyonda					
		Kusurlu (Toplam)		Kusurlu (Toplam)			
		Süreç Ortalaması		Süreç Ortalaması			
		Ortada	+/-1,5 σ Sap.	Ortada		+/-1,5 σ Sap.	
		Sayısı	Sayısı	Sayısı	%	Sayısı	%
1 σ	2 σ	317311	697672	682689	68,27%	302328	30,23%
1,5 σ	3 σ	133614	501350	866386	86,64%	498650	49,87%
2 σ	4 σ	45500	308771	954500	95,45%	691229	69,12%
2,5 σ	5 σ	12420	158727	987580	98,76%	841273	84,13%
3 σ	6 σ	2700	66810	997300	99,73%	933190	93,32%
3,5 σ	7 σ	465,3	22750	999534,7	99,95%	977250	97,73%
4 σ	8 σ	63,3	6210	999936,7	99,99%	993790	99,38%
4,5 σ	9 σ	6,8	1350	999993,2	99,999%	998650	99,87%
5 σ	10 σ	0,6	233	999999,4	99,9999%	999767	99,98%
6 σ	12 σ	Milyarda 2	3,4	999999,998	99,9999998%	999996,6	99,9997%



Şekil 1.3: Altı Sigma uygulamasında kuramsal en az kusurlu oranı



Şekil 1.4: Altı Sigma uygulamasında gerçekleşen en az kusurlu oranı.

2. ALTI SİGMA

2.1 Altı Sigma'nın Tanımı

Günümüzde birçokları tarafından Altı Sigma'nın babası olarak tanımlanan Bill Smith 1989 yılında Motorola'da görev yaparken Altı Sigma'yı şöyle tanımlamıştır:

Ortak mantığın organize olması. [3]

Altı Sigma'nın önde gelen savunucularından Mikel Harry ve Richard Schroeder “Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations” adlı kitaplarında Altı Sigma'yı şöyle tanımlamaktadırlar: Altı Sigma; firmaların müşteri memnuniyetini ve kazançlarını artırmak için günlük aktivitelerini izleyerek kayıpları ve kullanılan kaynakları minimize edecek şekilde tasarımları sürecidir. [4,5]

Yine Harry ve Schroeder aynı kitaplarında şu tanıma da yer vermektedirler: Altı Sigma veri toplamanın çok yoğun olduğu, bu toplanan verilerin istatistiksel olarak analiz edilerek hata/kayıp nedenlerinin tesbit edildiği ve bu nedenlerin ortadan kaldırılmasını amaçlayan disiplinli bir metottur. [4,5]

Altı Sigma'yı uygulayan öncü firmalardan biri olan General Electric firmasının Altı Sigma tanımı şöyledir: Altı Sigma müşterilerimize dokunan her süreci, her ürün ve hizmeti mükemmele taşımaya odaklanan disiplinli bir metodolojidir.

İş çevreleri ya da medyasında da karşılaşılan çeşitli Altı Sigma tanımlamalarına aşağıda yer verilmektedir:

1. tanım:

Süreç ve ürünleri etkinleştirmek için mühendis ve istatistikçilerce kullanılan hayli teknik bir metottur.

Bu tanım Altı Sigma'nın istatistiksel bir yaklaşım olduğunu vurguladığı için kısmen doğruluk payı içermektedir çünkü istatistik Altı Sigma'da temel bir ögedir.

2. tanım:

Altı Sigma müşteri ihtiyaçlarına mükemmele yakın cevap vermeyi amaçlar.

3. tanım:

Altı Sigma bir şirketin daha fazla müşteri memnuniyeti, kar ve rekabet gücü kazanması için kültürel bir değişim çabasıdır.

Yukarıdaki çeşitli tanımlamaların hepsinde Altı Sigma'nın belirli özellikleri vurgulanmakta olduğuna göre aşağıdaki tanımlama kullanılabilir:

İşletmeyi başarıya ulaştırmak, başarısını sürdürmek ve artırmak için esnek ve uygulanabilir bir sistemdir. Müşteri ihtiyaçlarını anlamayı temel alan, gerçek verilere dayanan disiplinli bir yaklaşımdır. İstatistiksel analiz ile işletme süreçlerinin yönetilmesini, iyileştirilmesini ve yenilenmesini içerir. [6]

Kavramsal olarak değişik kesimler kendi açılarından önemli gördükleri boyutu ön plana çıkaran tanımlamalar vermektedir. Bunlara ilişkin birkaç örnek aşağıda verilmektedir:

- Altı Sigma, bir işletmenin bütünsel olarak iyileştirilmesi ve yenilenmesi programının adıdır.
- Ürün ve süreçlerin optimalleştirilmesine yönelik istatistiksel ve mühendislik yönü baskın olan bir yöntemdir.
- Altı Sigma, her ürün, her süreç ve her dönüştürme eyleminin neredeyse hatasız olarak yapılabilmesine uygun bir programdır.
- Müşteri gereksinimlerinin tam olarak karşılanmasıdır.
- İşletmenin müşteri memnuniyetini yükseltme, karlılık ve yararlılığı güvenceye almayı amaçlayan bir kültür dönüşümüdür.
- Altı Sigma, toplam kalite yönetiminin kristalleşmiş halidir..
- Altı Sigma, İşletme başarısını sağlamaya, sürdürmeye ve yükseltmeye yönelik kapsamlı ve esnek bir sistemdir.
- Uygulanma amacı; müşteri gereksinimlerinin önemsenmesi, ve tam olarak karşılanması,
- Metodolojisi olguların, verilerin ve istatistiksel analizin disiplinli bir şekilde kullanılması, her tür uygulamanın büyük bir özenle gerçekleştirilmesidir.

- Altı Sigma, endüstri tarafından endüstri için geliştirilmiş, somut başarılar ortaya konabildiği için yayılma şansını yakalamış stratejik bir kalite yönetim sistemidir. Bir moda değildir.
- Altı Sigma hem üretim hem de hizmet kesiminde uygulanabilen, hedefi maliyet düşürmek ve satışı/pazar payını yükseltmek olan ve bir işletmeyi bütünsel olarak kapsayan bir stratejik inisiyatifdir.
- Altı Sigma, oldukça sıkı bir çalışma ve olağanüstü dikkat/özen gerektiren uzun soluklu stratejik bir inisiyatifdir.
- Altı Sigma, öncelikle değişkenlik, işlem süreleri ve yararlılık derecesi faktörlerine yönelik iyileştirmelere uygun, projeye dayanan, son derece sonuç odaklı, sistemli (sistematik) ve formel bir metodolojidir.
- Altı Sigma, ciddi ve ayakları yere basan yönetim kadrosu ile öğrenen organizasyon özelliğine sahip işletmelerde başarıya götüren bir sistemdir. [1]

Tanımlardan da görüldüğü üzere genel olarak Altı Sigma başlığı altında müşteriye dayanan bir yaklaşım, düşük kalite ve kayıp maliyetlerini azaltmaya odaklanma, etkinliğin ve verimliliğin iyileştirilmesi, karlılığın artırılması kavramları ön planda tutulmaktadır. Bunun yanında bir diğer önemli nokta olarak 6-sigma'nın subjektif kararlar yerine kantitatif gerçek ve verilere dayanan bir karar verme ve iyileştirme süreci olduğu vurgulanmaktadır. [7]

Özetle Altı Sigma:

- Öncelikle istatistiksel bir ölçümdür. Ürünlerimizin, hizmetlerimizin ve proseslerimizin ne kadar iyi olduğu hakkında bize bilgi veren bir ölçüm tekniğidir. Altı Sigma metodu ürünlerimize, hizmetlerimize ve proseslerimize benzeyen veya benzemeyen diğer ürünler, hizmetler ve prosesleri karşılaştırmamızı sağlar. Bu durumda bize diğerlerinden ne kadar ileride veya geride olduğumuzu gösterir. En önemlisi nereye gitmemiz gerektiğini ve bunu başarmak için ne yapmamız gerektiğini söyler. Başka bir ifadeyle Altı Sigma Toplam Müşteri Tatmini yarışında bize yolumuzu gösteren bir ölçü aletidir. Örneğin bir prosesin 6 Sigma kalite düzeyinde olması, onun sınıfının en iyisi (best in class) olduğu anlamını taşımaktadır. Bir diğer prosesin 4 Sigma kalite düzeyinde olması, onun ortalama kalite düzeyinde olduğunu gösterir. Bu da bir milyon ürün veya hizmette 6200 hatalı ürün veya hizmetin

üretilmesi anlamını taşımaktadır. Bu hassasiyette Sigma, ürünlerimizin, hizmetlerimizin, ve proseslerimizin yeterliliklerini ölçen ve karşılaştırma imkanını sağlayan bir ölçüm skalasıdır.

- İkinci olarak, Altı Sigma bir işletme ve yönetim stratejisidir. İşletmelerin rekabet üstünlüğü kazanmalarında içerdiği stratejiler ve çağdaş yönetim anlayışı ile rehberlik yapar. Bunun nedeni de oldukça basittir. Proseslerin sigma düzeyleri yükseldikçe, ürün kalitesi yükselir ve maliyet azalır. Doğal olarak sonuçta müşteri daha çok tatmin olmaya başlar.
- Üçüncü olarak, Altı Sigma bir felsefedir. Bu da çok değil daha akıllı çalışma felsefesidir. Bunu yaptığımız her işte gittikçe daha az hata yapma şeklinde açıklayabiliriz. Proseslerimizde sapma yaratan kaynakları tespit edip zararsız hale getirdikçe, sigma düzeyimiz sürekli artacaktır. Bu da proses kabiliyetlerimizin artacağı ve hataların azalacağı anlamına gelmektedir.

Altı Sigma yaklaşımı bir iş aktivitesinin kabiliyetinin ölçümünde bir kıyaslama (benchmarking) metodu olarak kullanılabilmektedir. Altı Sigma metodolojisi ile tüm ürünlerin veya hizmetlerin sigma skalası boyutunda kalite düzeyleri ölçülebilmektedir. [1]

2.2 Altı Sigma Başarı Öyküleri:

Altı Sigma'yı başarıyla uygulayan ve etkileyici sonuçlara ulaşan birçok firma bulunmaktadır.

Birçok insan, para kazanmak için para harcamak gerektiğini düşünmektedir. Altı Sigma dünyasında, bu söz gerçeği yansıtır; Altı Sigma metodunu kullanarak , para kazanmak için para gerekir. Eğitime yatırım yapmadan, organizasyonel bir alt yapı oluşturulmadan, kültür yenilemesi olmadan, sadece Altı Sigmayı kullanarak, önemli bir parasal kazanç ve satışları artırma gerçekleşemez.

Altı Sigma için ne kadar finansal kaynak gerekir ve ne kadar büyüklükte finansal kazanç elde edilebilir soruları iş yaşamında olan herkesin merak ettiği ve cevabını duymak istediği sorulardır. Bu sorularla ilgili olarak örnek oluşturması amacıyla Altı Sigma'yı uygulayan dünyanın önde gelen dev şirketlerine ait veriler aşağıdaki tablolarda özetlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 2.1: Firmalar ve Altı Sigma'yı uyguladıkları yıllar [8]

Firma adı	6-Sigma başlangıç yılı
Motorola	1986
Allied Signal (Honeywell ile 1999'da birleşti)	1994
GE	1995
Honeywell	1998
Ford	2000

Her ne kadar yıllık yatırım ve kazançlar mevcut durumu yansıtmasa da, 6-sigma kazançlarının firmalar için öneminin neden giderek artmakta olduğuna dair bir fikir verebilmektedir. Kazançların ciroya yüzdesi, %1.2 ile % 4.5 arasında değişmektedir. GE örneğinde görüldüğü gibi, uygulamanın ilk yıllarında 6-sigma'dan sağlanan kazançların yapılan yatırım maliyetini aşması beklenmemelidir. 6-sigma “çabuk para kazanma “ sağlayan bir uygulama değildir. 6-sigma “yavaş para kazanma” sağlayan bir uygulamadır. Doğru bir plan yapıp, tutarlı bir şekilde yönetilmesi gereklidir.

GE'nin 1996 yılsonu raporunda da belirtildiği gibi; Amerikan şirketlerinin çoğunda geçerli olan 3-4 sigma kalite seviyesi ciroda %10-15 arası kayıp anlamına gelmektedir. Bu oran GE için 8-12 milyar \$ anlamına gelmektedir. GE'nin 2001 cirosu 111.6 milyar dolardır, bu da 6-sigma kalite seviyesine ulaşılması durumunda 11.2-16.7 milyar dolar ilave ciro elde etme fırsatı anlamına gelmektedir. [8]

Tablo 2.2: Firma bazında Altı Sigma maliyet ve kazançları [8]

Yıl	Ciro (Milyar \$)	Yatırım (Milyar \$)	Yatırımın Ciroya Yüzdesi	Kazançlar (Milyar \$)	Tasarrufun Ciroya Yüzdesi
Motorola					
1986-2001	356.9(e)	Belirsiz	-	16	4.5
Allied Signal					
1998	15.1	Belirsiz	-	0.5	3.3
GE					
1996	79.2	0.2	0.3	0.2	0.2
1997	90.8	0.4	0.4	1	1.1
1998	100.5	0.5	0.4	1.3	1.2
1999	111.6	0.6	0.5	2	1.8
1996-1999	382.1	1.6	0.4	4.4	1.2
Honeywell					
1998	23.6	Belirsiz	-	0.5	2.2
1999	23.7	Belirsiz	-	0.6	2.5
2000	25.0	Belirsiz	-	0.7	2.6
1998-2000	72.3	Belirsiz	-	1.8	2.4
Ford					
2000-2002	43.9	Belirsiz	-	1	2.3
Not: Belirtilen rakamlar şirketlerin Amerika'daki faaliyetlerine aittir.					

2.2.1 Motorola'da 6 Sigma

Motorola kaliteyi zor yoldan – büyük zararlar, rekabetçi konumun kaybı, iflasın eşiğine gelme vb. – öğrenen pek çok şirketten sadece biridir. Ancak Motorola'nın bu öğrenme sonrası verimlilik, üretkenlik, karlılık, müşteri tatmini gibi konularda sağladığı olağanüstü başarılar onu diğerlerinden ayırmaktadır. Şirketin 1988 yılındaki Genel Müdürü Bob Galvin'in, Beyaz Sarayda Malcolm Baldrige Kalite Ödülü'nü alırken, bu başarıyı Altı Sigma olarak adlandırdıkları bir yaklaşıma borçlu olduklarını söylemesi, Altı Sigma'yı çok sayıda şirketin ilgi odağı haline getirmiştir. [9]

Motorola 1980'lerde ve 90'ların başında Japon Şirketleriyle rekabet etmekte giderek daha fazla zorlanan Amerikalı ve Avrupalı şirketlerden biriydi. Bunun da ana sebepleri olarak ürün kalitesi ve kusurlu imalat oranının yüksekliği ön plana çıkmaktaydı. Amerika'da televizyon üretimi yapan bir fabrikalarını satın alan bir Japon şirketinin aynı tesiste kısa bir süre içerisinde Motorola yönetimindekine göre 20/1 oranında hatalı üretim gerçekleştirmesi içinde bulundukları durumu çok açık bir şekilde özetlemekteydi. [10-12]

1980'li yılların başında Motorola firmasından Bob Galvin, bu sistemin oluşmasına öncülük etmiştir. Bu sistemi organizasyonuna yerleştirerek çağrı cihazlarının ve telefonların kalitesini artırmayı hedeflemiştir. Altı Sigma'da kullanılan teknikler, Motorola içinde yapılan eğitimler sayesinde çalışanlara aktarılmıştır. 1981 yılında Motorola'nın firma içinde belirlediği 10 hedefin ilk sırasında, Altı Sigma yöntemi ile üretimdeki kaliteyi 1986 yılından önce 10 misli arttırmak yer almıştır.

1981 yılında Motorola süreçlerde on kat iyileşmeyi hedef olarak seçmiştir. Bu amaçla ilk etapta belirlenen 3500 çalışanın eğitilmesi için Joseph M.Juran'dan kronik kalite sorunlarına tanı konulması ve Dorian Shainin'den istatistiksel deney planlaması ve istatistiksel süreç kontrolü/yönetimi gibi konularda eğitimler düzenlenmiştir. Beş yıllık plan sonunda 220.000 \$ yatırıma karşı 6.4 Milyon\$ maliyet iyileşmesi sağlanmıştır. Ancak Müşteri memnuniyeti, istatistiksel yöntemlerin uygulanma başarısı ve çalışanların motivasyonu konularındaki başarılar bu denli belirgin olmamıştır. Bu dönemdeki bir Japonya gezisi sonunda yönetim kurulu başkanı Galvin, Japonya'da süreç verimliliğinin Motorola'dakinden 1000 kat

daha iyi olduğunu belirtmiş ve “Orada kalite bir din gibi, çok başka bir önem taşıyor.” saptamasında bulunmuştur.

1985 yılında iletişimde iyileştirme programını devreye alan Motorola 1987 yılında Altı Sigma uygulamasına başlamıştır. 1989’a kadar ürün ve servis kalitesinde 10 kat iyileştirme hedefleyen firma yaptığı çalışmalar sonunda 1989 yılında Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü’nün sahibi olmuştur.

Öncelikle imalat bölümlerinde Altı Sigma’yı uygulayan Motorola daha sonra hedef olarak toplam çevrim zamanının azaltılmasını seçmiştir. Toplam çevrim zamanı bir müşterinin herhangi bir Motorola ürünü sipariş etmesinden ürünün eline ulaşmasına kadar geçen toplam süredir ve içerisinde sadece ürünün imalat süresini değil, tasarım, pazarlama idare, satış, finans, faturalama gibi tüm firma süreçlerini içermektedir. Bu nedenle Altı Sigma çalışmaları imalat dışında kalan diğer süreçlerde de uygulanmaya başlanmıştır.

1987-1997 yılları arasında kalan 10 yıllık dönemde Motorola Altı Sigma çalışmaları sayesinde satışlarını 5 kat artırmış, karlılıkta ise her sene ortalama %20 artış sağlamıştır. Yine aynı dönemde Altı Sigma çalışmalarıyla elde edilen tasarruf 14 Milyar\$ mertebesinde olmuş ve bu dönemde şirketin borsadaki değeri her sene ortalama %21 değer kazanmıştır.

Günümüzde Motorola kalitesiyle bilinen şirketlerden biri durumundadır. Motorola Üniversitesi kalite ve Altı Sigma eğitiminde öncü eğitim kurumlarından biri durumundadır.

2.2.2 GE’de Altı Sigma

General Electrics (GE) firması Altı Sigma’yı 1995’ten sonra uygulamaya başlamıştır. Motorola Altı Sigma’yı devreye aldığı anda varolma savaşı verirken GE için böyle bir durum söz konusu değildir. GE’nin başkanı Jack Welch, Altı Sigma’nın GE’ye getirdiği en önemli kazancın müşteri üzerinde yarattıkları etkide yattığını belirtmektedir. GE Altı Sigma’yı imalat dışı süreçlerde uygulayan ilk firmadır.

Altı Sigma’yı uygulamaya başladıktan sonraki ilk yıl sonunda ciroda 750 Milyon\$’lık artış sağlamışlardır. Bu artış 1999’da 1.5 Milyar\$’a ulaşmıştır.

Bu rakamlar elbette birçok farklı noktada Altı Sigma'nın başarıyla uygulanması sonucu ortaya çıkmıştır. Bu başarılı uygulamalardan bazı örnekler aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır:

- GE'nin aydınlatma sektöründe faaliyet gösteren GE Ligthing firmasında oluşturulan bir Altı Sigma ekibi firmanın en büyük müşterisi Wal-mart'a faturalamada yaşanan problemleri ve hatalı faturalamayı azaltarak %98 başarı elde etmiş, ödemelerin hızlanmasını ve her 2 firma için de verimliliğin artmasını sağlamıştır.
 - GE Capital'in hizmet şirketlerinden birinde bir avukatın lidieliğini yürüttüğü Altı Sigma ekibi sözleşme gözden geçirme sürecini iyileştirerek anlaşmaların daha kısa sürede tamamlanmasını sağlamıştır. Bunun sonucunda müşterilere daha hızlı hizmet verilmesi sağlanmış ve yıllık 1 Milyon\$ tasarruf elde edilmiştir.
 - GE Enerji grubunda yer alan bir elektrik firması müşterilerinin önemli bir problemini yalnızca ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılması ve güç ünitesi ürünleri ile birlikte verilen dökümantasyonun iyileştirilmesi ile çözdüler. Sonuç olarak yüzbinlerce dolar tasarruf edilmiştir.
 - GE'nin sağlık hizmetleri şirketi yeni bir sağlık tarama teknolojisi geliştirmek için Altı Sigma ile tasarım tekniklerinden faydalanmıştır. Eski yöntemlerle bir hastanın tüm vücut taraması 3 dakika sürmekteyken, geliştirilen yeni teknoloji sayesinde bu süre yarım dakikaya indirilmiştir. Böylece ekipman kullanım süreleri ve tarama başına maliyet azaltılmıştır.
 - GE Capital; mortgage arayanların bilgisayar kaydı yerine canlı bir GE temsilcisine ulaşma yüzdesini %76'dan %99'a artırmış ve bu sayede güçlenen müşteri iletişimi ile milyonlarca dolarlık iş imkanı sağlamışlardır.
- [6]

2.2.3 Allied Signal-Honeywell'de 6 Sigma:

Allied Signal 1990'ların başında kalite iyileştirme çalışmalarına başlamış ve 1999 yılında Altı Sigma prensiplerinin uygulanmasıyla 600 Milyon\$ tasarruf sağlamıştır.

Hataların tamir edilme maliyetlerinin azaltılmasının yanında bu prensipleri yeni ürün tasarımında (uçak motorları gibi) uygulamış ve tasarım süresini 42 aydan 33 aya

indirmişlerdir. 1998 yılında %6 verimlilik artışı sağlamışlardır. Bu aynı zamanda karlılıklarının da %13 artmasını beraberinde getirmiştir. Şirketin borsadaki değeri yıllık %22 oranında artmaktadır. Fortune dergisi firmayı havacılık sektörünün en beğenilen şirketi olarak göstermiştir. [6]

2.2.4 Ford'da Altı Sigma:

Ford Motor Co. 1980'lerde sloganını "Kalite 1 numaralı işimizdir" şeklinde ortaya koymuş ve Toplam Kalite Yönetimi felsefesini kullanmayı denemiştir. Ancak Explorer lastiklerinde yaşanan skandal benzeri kalite sorunları sonucunda müşteri memnuniyeti ve pazar payında düşüşler yaşamıştır. 2001 yılındaki araştırmalara göre Ford Motor Co. en büyük 7 otomotiv üreticisi arasında kalitede son sırada yer almaktadır. 2003 yılındaki araştırmalara göre Ford 4. sıraya yükselmiş durumdadır ve bu gelişmeyi Altı Sigma'ya yaptıkları yatırımlar sonucunda sağladıklarını ifade etmektedirler.

Vizyonunu "dünyanın 1 numaralı otomotiv ürünleri ve servisi sunan firma olmak" olarak ortaya koyan Ford Motor Co. bunun için müşteri tatmininin önemini ortaya koymuş ve Altı Sigma çalışmalarını Müşteri-Odaklı Altı Sigma olarak adlandırılmıştır.

Ford'un Altı Sigma yolculuğu 1999 yılının sonlarında Ford'un Kamyon Departmanı kalite Direktörü olan Phong Vu'nun kaliteyi iyileştirme çalışmalarıyla başlamıştır. Kaliteyi mevcut durumdan daha hızlı iyileştirmek için bir yöntem arayan Vu General Electrics ve diğer Altı Sigma'yı kullanan firmaları araştırmış ve Altı Sigma Akademisi'nde incelemelerde bulunmuştur.

Vu'nun çalışmalarının neticesinde Ford üst yönetimi 2000 Ocak ayında resmen Müşteri Odaklı Altı Sigma sürecini başlatmıştır. İlk aşamada müşteri memnuniyetine doğrudan etki edebilecek problemlere odaklanmayı seçen firma tüm araçları için en öncelikli 25 müşteri şikayetini belirleyerek imalat birimlerinde bu problemleri çözmek için Altı Sigma projeleri gerçekleştirmiştir.

Ford gibi dünya genelinde 345.000 çalışanı 180 Milyar\$ yıllık kazancı olan bir firmada bu tip yenilikçi bir girişimin sonuçlarının kısa zamanda alınması beklenmese de özellikle üst yönetimin büyük önem ve destek vermesi kısa zamanda yüz güldüren sonuçlar oluşmasını sağlamıştır. Ford ilk 1.5 yılda yaklaşık 10.000 çalışanın Altı Sigma eğitimi almasını sağlamış ve bu eğitim için 6 Milyon\$ harcamıştır. Firma Altı

Sigma eğitim hedefini tüm maaşlı çalışan personelinin Yeşil Kuşak olması olarak açıklamaktadır.

2000 yılında Ford Müşteri Odaklı Altı Sigma çalışmaları sonucunda 52 Milyon\$'lık gelir elde etmiştir. 2001 yılı için bu rakam 300 Milyon\$ olarak hesaplanmış ve bunun yanında müşteri tatmini anketlerinde 2 puanlık bir artış sağlanmıştır.

Ford Müşteri Odaklı Altı Sigma çalışmalarının 2. aşaması olarak Altı Sigma Tasarımını devreye almıştır. [13,14]

2.2.5 Diğer Firmalar:

Günümüzde Altı Sigma teknikleri birçok firma tarafından uygulanmaktadır. Bu firmalar arasında ABB Inc., American Express, Bombardier, Dow Chemical, DuPont, Nokia, Polaroid, Seagate Technology, Sony, Texas Instruments, Toshiba sayılabilir.

Ülkemizde de giderek yaygınlaşan Altı Sigma'yı uygulayan şirketler arasında Ford Otosan, Arçelik, Borusan, Vitra, TEİ, Dow Türkiye sayılabilir.

2.3 Müşteri Odaklı Altı Sigma

Günümüzde Altı Sigma; organizasyonların mükemmel (-e yakın) ürün ve hizmetler geliştirme ve sunmasına yardımcı olan etkin ve disiplinli bir metodoloji olarak görülmektedir. İşletme süreçlerinde yer alan hata ve kusurları sistematik olarak bulmaya ve yok etmeye dayanan etkili bir yaklaşımdır. Altı Sigma istatistik temellere dayanan bir metodoloji olarak 1980'lerin ortalarında Motorola'da geliştirilmiştir. GE, Honeywell, Sony, ABB, Dow, Texas Instruments gibi birçok organizasyonun Altı Sigma projelerinden elde ettikleri başarılar güncel literatürde sıkça yer almaktadır.

Altı Sigmayı kalite ve süreç problemlerinin üstesinden gelmek için kullanılabilecek etkin ve disiplinli bir problem çözme metodolojisi olarak tanımlanabilmektedir..

Altı Sigmanın gerçek gücü birçok farklı araç ve tekniği D-M-A-I-C (T-Ö-A-İ-K) çerçevesi ve modeli içerisinde birleştirebilmesinden kaynaklanmaktadır. DMAIC modeli esas olarak Deming'in PDCA (Plan-Do-Check-Act) döngüsüne dayanmaktadır. Altı Sigma iyileştirmeyi amaçlayanlara uygun istatistiki ve diğer araç ve tekniklerin entegrasyonu ile çizilmiş bir yol haritası sağlar.

Altı Sigmanın yeni bir kalite iyileştirme hevesi/aktivitesi olarak görüldüğü organizasyonlarda başarıya ulaşmaması kuvvetle muhtemeldir. Altı Sigma; işletmenin stratejik hedeflerine yönelik projelerin seçilmesiyle, işletmenin stratejisinde belirleyici bir aktivite olarak yer almalıdır. Bu projeler seçilirken müşteri beklenti ve isteklerinin karşılanması amaçlanmalıdır.

Müşteri odaklı Altı Sigma terim olarak mevcut Altı Sigma çerçevesi içerisinde “müşterinin sesi”nin daha fazla vurgulanmasını, bugün ve gelecekteki müşteri ihtiyaç ve isteklerinin daha net belirlenmesini ifade eder. Bu beklenti ve ihtiyaçlar için gerekli değerlerin organizasyon içerisinde hangi kritik süreçler sonucunda yaratıldığı belirlenmelidir. Müşteri ihtiyaç ve etkin süreç matrisi oluşturularak müşteriler için kritik olan süreçler 4 ana başlık altında belirlenebilir: kritik kalite faktörleri, kritik maliyet faktörleri, kritik teslimat faktörleri, kritik satış sonrası faktörler. Bu sayede organizasyon için en uygun Altı Sigma projeleri seçilebilir.

Müşteri odaklı Altı Sigma; müşterinin sesi ışığında yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi, mevcut süreçlerin iyileştirilmesi ile müşteri memnuniyetinin ve müşteriye verilen değerin artırılması için çalışan ve verilere dayanan bir firma kültürü yaratmaya odaklanır.

Müşteri odaklı Altı Sigmanın amacı; müşterilerin beklentisi olan fiyat, zamanında teslimat, güvenilirlik, kalite gibi performans kriterlerinde 6 sigma seviyelerine ulaşmak için yine müşterilere odaklanmaktır. En büyük hedef ise müşteriye ilgilendiren her sürecin Altı Sigma metodolojisi ile sürekli olarak iyileştirilmesidir.

Müşteri odaklı Altı Sigmanın günümüzün artan rekabet ortamında niçin elzem olduğu sorusunun cevabı basit bir örnekle verilebilir. Polaroid firması operasyonel maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlamasına rağmen iflas etmiştir. Uzun yıllarca Polaroid markasını kullanan müşterilerin dijital fotoğraf makinelerine yönelmesi ve Polaroid’in rakibi olan Sony, Kodak, HP gibi firmaların bu teknolojiyi ürünlerinde Polaroid’den daha hızlı biçimde kullanmaya başlamaları bu sonucu kaçınılmaz kılmıştır. Temel hata firmanın maliyet azaltma gibi iç operasyonel metriklere önem verirken (kısa vadeli kazançlar) müşteriye dayana dış metriklere (uzun vadeli kazançlar) yeterince önem vermemeleridir. [15]

Günümüz müşterileri geçmişe göre bazı konularda farklılıklara sahiptir. Bilgi teknolojilerinin hızla gelişmesi müşterileri daha detaycı/araştırmacı kılmaktadır.

Özellikle ürün/hizmet performansındaki değişiklikler müşteri için daha önemli hale gelmiştir. Buna bağlı olarak firmalar; süreçlerindeki değişkenlikleri müşterilerin kabul kriterleri içerisinde kalacak şekilde azaltmayı stratejik hedef olarak almaktadırlar. Hedef veya beklenen performanstan sapmalardan kaynaklanan kayıpların sayısal ifadesi ya da ölçülmesi için Taguchi metodu kullanılabilir. Müşteriler güvenilir, tutarlı süreçler sonucunda ortaya çıkan üstün ürün kalitesi ve hizmet performansına değer verirler. [15-17]

Müşteri odaklı Altı Sigmanın uygulanması ile elde edilebilecek faydalar aşağıda sıralanmıştır:

- Artan müşteri sadakati
- Müşteri tercihleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak
- Artan müşteri ilişkileri
- Pazar payı artışı
- Uzun vade rekabet gücü / avantajı
- Düşük kalite kaynaklı maliyetlerin azaltılması
- Firma itibarının artması
- Müşteri sesi'nin ilk seferde doğru anlaşılması özelliğinin firma tarafından kazanılması

2.3.1 Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın Temel Noktaları:

Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın temelinde 5 ana nokta bulunmaktadır. Bunlar;

1. Müşteriye odaklanmak
2. Liderlik
3. Metodoloji ve araçlar
4. İnsan
5. Proje odaklılık

2.3.1.1 Müşteriye Odaklanma:

Müşteri Odaklı Altı Sigma müşterilerin etkilendiği süreçlerdeki hata ve değişkenliği önlemek için kullanılır. Birçok firma müşteri memnuniyetini 1 numaralı hedef olarak seçmiş olsa da müşterilerinin istek ve ihtiyaçlarını doğru anlamayı başarabilen pek az sayıda firma başarıya ulaşabilmektedir. Müşteri odaklı Altı Sigma'da performans

ölçümü müşterinin sesi ile başlar ve sona erer. Hata/kusur; müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanamadığı durumların ölçülebilir ifadesidir.

- Adından da anlaşılacağı üzere yapılan tüm çalışmaların merkezinde müşteri yer alır.
- Tüm çalışmalar müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin belirlenmesi ile başlar. Süreç spesifikasyonlarını bu beklenti ve ihtiyaçlar belirler. Hedef müşterilerin etkilendiği süreçlerdeki hata ve değişkenliği yok ederek, kaliteyi artırmak ve sürekli müşteri memnuniyetini sağlamaktır.
- Müşteri spesifikasyonları Müşteri odaklı Altı Sigma'nın temelini oluşturur. Süreçler için performans beklentileri bu spesifikasyonlar ışığında oluşturulur. Süreçlerin hedef değerlerden minimum sapma ile işletilmesi pratikte hatasız performansın anahtarıdır.
- Kabul edilebilir performansın ne olduğunu müşteriler belirler.

2.3.1.2 Liderlik:

Müşteri Odaklı Altı Sigma farklılığı katılımcı, yapıcı ve güçlü liderliğe dayanır. Müşteri odaklı Altı Sigma içerisinde risk yönetimi de bulunmaktadır. Altı Sigmayı hedefleyen her şirket sürekli olarak daha mükemmel olmaya çalışmalıdır. Unutulmamalıdır ki müşterinin mükemmel tanımı değişkendir ve şirketler ve özellikle de liderler bazı zamanlarda karşılaşılabilecek başarısızlıklara karşı hoşgörülmeyi ve bu başarısızlıklarla başetmeyi öğrenmek zorundadırlar.

- Liderler Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın anlamını ve gereklerini ifade etmelidirler.
- Liderler müşteri odaklılığı tam olarak anlamalı ve organizasyonun tümüne bu felsefeyi yaymalıdırlar.
- Liderler Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın veriye dayalı disiplinli bir metodoloji uygulaması olduğunun bilinciyle davranmalı, çalışanları bu şekilde yönlendirmeli ve motive etmelidirler.
- Liderler çalışmaları takip etmeli, desteklemeli ve takdir etmelidirler.

2.3.1.3 Metodoloji ve Araçlar:

Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın metodolojisi ve araçları veriye dayalı ve istatistiksel olarak doğrulanabilir. Bilgi çağının getirdiği kolaylıklar ne kadar artarsa artsın çoğu firma yöneticileri ya da çalışanları kararlarını geçmiş tecrübelerine ve hislerine

dayanarak, kabuller yaparak vermektedirler. Müşteri odaklı Altı Sigma'da performansın değerlendirilebilmesi için kritik olan metriklerin belirlenmesi, belirlenen metriklere etken süreç ve değişkenlerin anlaşılması ve tüm bunlar için de veri toplanması ve analiz edilmesi gereklidir.

Veriye Dayalı

- Bilginin temeli veridir. Tüm çalışmalarda veri toplama çok önemli bir aşamadır. Müşteri Odaklı Altı Sigma içerisinde verinin toplanması ve değerlendirilmesi için tutarlı teknikler yer almaktadır.
- Doğru verinin toplanması ve değerlendirilmesi (analiz ve iyileştirme) tecrübe ve hissiyata dayanmayan, bilgiye dayanan kararlar vermede çok önemlidir.

İstatistiksel

- İstatistik verinin toplanması, analiz edilmesi, yorumlanması ve sunulması disiplindir.
- Müşteri Odaklı Altı Sigma ile süreçlerde iyileştirme sağlayabilmek için problemleri istatistiksel olarak tanımlamak, istatistik ile değerlendirmek ve istatistik olarak çözmek gereklidir.

2.3.1.4 İnsan:

İnsan faktörü Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın başarısı için bir diğer önemli etkidir. Müşteri odaklı Altı Sigma yüksek bir işbirliği ve ekip çalışması gerektirir. İnsanların müşteriye verilen değerde, değeri yaratan süreç resmindeki rollerini anlamaları ve öğrenmeleriyle bu işbirliğinin ortak amaç doğrultusunda yalnızca bazı bölümler tarafından değil her rol sahibinin katılımıyla sağlanması gerekmektedir.

- Çalışanların yaklaşım ve katılımı başarı sağlanması için çok kritiktir.
- Çalışanların müşteriye memnun etmede oynadıkları rolü anlamaları çok önemlidir.
- Eğitimli ve istekli insanlarla yapılan uygulamaların başarılı olabileceği bir gerçektir. Felsefe, metodoloji ve kullanılan araçlar kadar şirket hedefleri konusunda çalışanlar yeterince bilgilendirilmelidir.

2.3.1.5 Proje Odaklılık

Her proje müşterinin memnuniyetini ve sadakatini artırmaya yönelik olmalıdır. Bunun için projeler seçilirken sorulması gereken bazı sorular şunlardır:

- En sık karşılaşılan müşteri şikayetleri nelerdir?
- En çok hata/kusur hangi süreçlerde ortaya çıkıyor?
- Proje ile desteklenen şirket hedefi nedir?
- Hangi müşteri bu projeden fayda sağlayacak?
- Proje müşteri kritik kalite faktörleri ile ilişkili mi? [16, 17]

2.4 Altı Sigma Organizasyonu: Roller

Altı Sigma'nın başarısı herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu denklemin insan gücü tarafıdır. Örneğin bir futbol takımında görev yapan suçu çocuktan, takım kaptanına kadar herkesin açıkça tanımlanmış bir görevi vardır. Ayrıca bu görev tanımları içerisinde iyi bir iş çıkaramamanın sonuçları ve başarının sağlayacağı ödüllerde 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.

Bu nedenle Altı Sigma uygulamalarına geçmeden önce şirketiniz için uygun yapıyı belirlemeniz gerektiği söylenebilir. Aşağıda Motorola, General Electric ya da Arçelik gibi büyük çaplı şirketlerde görülebilecek ayrıntılı bir yapı verilmiştir. Şirketinizin büyüklüğü ve uygulamanızın kapsamına göre bu görevleri birleştirebilir ya da ek görevler oluşturabilirsiniz. Ayrıca bu yapının sabit olmadığı değişen ihtiyaçlara göre yenilenebileceği unutulmamalıdır.

2.4.1 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,
- 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 çözmek,
- Altı Sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak,
- Elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm şirkette yaygınlaşmasını sağlamak,

şeklinde özetlenebilir.

2.4.2 Yönetim Temsilcisi

Altı 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 üst yönetim adına karar verebileceği için proje çalışmaları sırasında çıkan sorunların çözümü 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, danışmalık şirketleri ve diğer ilgili kuruluşlardan yardım almak,
- Altı Sigma konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak,
- proje seçimi ve takımların oluşturulmasında kalite şampiyonu/şampiyonlarına 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 şampiyonlarına her konuda destek olmak,
- tüm iyileştirme projelerini takip etmek ve elde edilen sonuçları bir rapor halinde üst kalite konseyine sunmak,

şeklinde özetlenebilir.

2.4.3 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.

2.4.4 Uzman Kara Kuşak

Altı Sigma ile ilgili her konuda en üst düzey teknik bilgiye sahip uzmandır. Bu görev, Altı Sigma çalışmalarının başlangıcında dış kuruluşlardan kiralanan bir danışman tarafından yürütülebilir. Uzman Kara Kuşağın başlıca görevleri;

- iyileştirme takımlarına başta istatistik yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her konuda teknik destek sağlamak,
- Kalite Şampiyonlarına projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak,
- iyileştirme projelerinden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için bir araya getirmek ve özetlemek,
- Altı Sigma konusunda eğitim vermek,
- çalışanları bilgilendirmek suretiyle Altı Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkı sağlamak,

şeklinde özetlenebilir.

2.4.5 Kara Kuşak

İyileştirme Takımının lideridir. İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Kara Kuşak görevini yürüten kişi asli görevini proje tamamlanıncaya kadar bir başkasına devreder. Proje bitiminde ise aynı göreve devam edebileceği gibi daha üst bir göreve terfi edebilir. Kara Kuşaklar, Altı Sigma araçlarını etkin bir şekilde kullanarak, işletme sorunlarına hızlı ve kalıcı çözümler getirebilecek yeterlilikte olmalıdırlar. Bunun için Kara Kuşaklar, Uzman Kara Kuşak ya da dış eğitim kuruluşları tarafından ortalama dört ay süreli eğitime tabii tutulurlar. Ancak eğitim bir hafta ders üç hafta uygulama şeklinde icra edildiğinden, Kara Kuşaklar birinci haftanın sonunda küçük çaplı projelere liderlik edebilirler. Kara Kuşakların başlıca görevleri;

- iyileştirme projesini belirleyerek kalite şampiyonuna teklif etmek,
- iyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini kalite şampiyonuna teklif etmek,
- takım üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde kalite şampiyonuna yardımcı olmak,
- takım üyeleri arasında iş/görev dağılımını yapmak,
- iyileştirme projesini yönetmek ve projenin miadında tamamlanmasını sağlamak,

- bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirlemek ve bu talepleri kalite şampiyonuna bildirmek,
- takım üyelerine Altı Sigma araçlarını kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamak,

şeklinde özetlenebilir.

2.4.6 Yeşil Kuşak

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. Bunun için Yeşil Kuşaklar proje takımlarının belirlenmesini müteakip ortalama iki hafta süre ile eğitime tabii tutulurlar. Daha önce Yeşil Kuşak eğitimi almış çalışanlar bu eğitime girmeyebilirler. [2,16,18]

3. ALTI SİGMA METODOLOJİLERİ

Altı Sigma'yı uygulayan firmaların uyguladığı metodolojiler incelendiğinde çoğu firmanın süreç üzerinde bazı farklılıklara sahip olduğu görülmektedir. Ancak hemem hepsi temelde 2 metodolojiye dayanmaktadır: bunlar TÖAİK (Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, kontrol et) ve TÖADD (Tanımla, Ölç, Analiz et, Dizayn, Doğrula) metodolojileridir.

İş hayatı süreçlerden oluşur. Satış personeli kontakları ve firmalarla bağlantıya geçerek satış yapar, üretim siparişi alır ve imalatı planlar, ürün üretilir, paketlenir, sevkedilir ve faturalandırılır. Eğer paketleme bölümünün sürecinde bir problemi varsa hangi metodu kullanması gerekir? TÖAİK ya da TÖADD (Altı Sigma için dizayn olarak da bilinir)?

3.1 TÖADD Metodolojisi

Tanımla: Projeninin hedefini ve iç/dış müşteri göstergelerini belirle.

Ölç: Ölç ve müşteri ihtiyaç ve beklentilerini tesbit et.

Analiz: Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için süreci analiz et.

Dizayn: Müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde süreci tasarla.

Doğrula. Dizaynın müşteri beklentilerini karşılayıp karşılamadığını doğrula

3.1.1 TÖADD ne zaman kullanılır?

- Firmada mevcut olmayan yeni bir süreç ya da ürüne ihtiyaç duyulduğunda
- Mevcut bir ürün ya da süreç optimize edilmesine karşın (TÖAİK ile ya da başka şekilde) halen müşteri beklentilerini 6 sigma seviyesinde karşılamıyorsa

Sıklıkla Altı sigma projeleri süreçlerde iyileştirmeyi amaçlayarak TÖAİK metodolojisi ile başlarken aslında çoğunluğunda TÖADD metodunun kullanılması

daha doğru olmaktadır. Ancak bu gerçeğin anlaşılması genelde projelerde 1 ayın sonunda olmaktadır.

3.1.2 Altı Sigma İçin Dizayn Yol Haritası

21. yy.da yeni teknolojiler kurulacak geliştirilecek ve daha yeni teknolojilere duyulan ihtiyaç sonucunda da devre dışı olacaktır. Dinamik olarak değişen günümüz dünyasında ürün süreçlerinin aylarla ifade edilen sürelerde tamamlanması beklenmektedir. Hızla değişen talep ve beklentileri karşılamak için ürün geliştirme çalışanları en kısa sürede güvenilir ve rekabetçi yeni ürünleri ortaya koymak zorundadırlar.

Günümüzde birçok ürün geliştirme tekniği geliştirilmiş ve kullanılır durumdadır. Deneysel tasarım, Kalite fonksiyon yayılımı (KFY), Hata modları etki analizi (HMEA), ve deney tasarımı (DT) ürün geliştirme sürecinde yardımcı olarak kullanılan araçlarda bazılarıdır.

Bu bölümde ürün geliştirme için kullanılabilecek olan Altı Sigma İçin Dizayn yol haritası ortaya konulması amaçlanmıştır. Yol haritası müşteri talep ve beklentilerinin belirlenmesinden ya da KFY ile teknik spesifikasyonların tanımlanması ile başlar.

2 tip kalite

Tip.1: Müşteri kalitesi – Müşterinin istediği özellikler

Tip.2: Mühendislik kalitesi – Müşterinin istemediği problemler

Müşteri kalitesi pazar payının büyüklüğünde belirleyicidir. Fonksiyon, nitelik, renk ve şekil gibi maddeleri içerir. Müşteri kalitesi arttıkça Pazar büyüklüğü artar. Pazar büyüklüğünü korumak için fiyat dengesini tutturmak gereklidir. Müşteri kalitesi müşteri araştırmaları ve KFY ile belirlenebilir.

Diğer tarafta mühendislik kalitesi hata, kusur, ses, titreşim, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve imalat problemlerinin bertaraf edilmesini kapsar.

Dayanımlı ürünler

Her mühendisin rüyası dayanımıyla ön plana çıkan ürünler tasarlamaktır. Ancak, pek azı dayanımın tanımını gerçek anlamda yapabilmektedir. Dayanımın en bilinen tanımı Taguchi tarafından yapılmıştır: Dayanım; teknoloji, ürün veya süreç

performansı açısından değişkenliğe minimum hassasiyet göstermek ve minimum maliyetlerde yıpranmaya sahip olmak demektir.

Proje Ekibi

Ürün geliştirme sürecinin tamamında pazarlama, imalat, tasarım, kalite güvence ve yan sanayi bölümlerinin katılımıyla oluşan bir proje ekibi oluşturulmalıdır.

Akış Diyagramları

Aşağıda verilen akış diyagramlarıyla en kısa zaman diliminde sağlam ürün geliştirme metodu açıklanmaya çalışılmıştır. (Bkz. Ek A – TÖADD ile Ürün Geliştirme Akış Diyagramı) Akış diyagramları yanında kullanılabilecek çeşitli kontrol çeteleleri verilmiştir. (Bkz. Ek A – TÖADD ile Ürün Geliştirme Kontrol Tabloları). Geliştirilen ürün tipine bağlı olarak daha farklı ve ilave kontrol çeteleleri oluşturulabilir. [8]

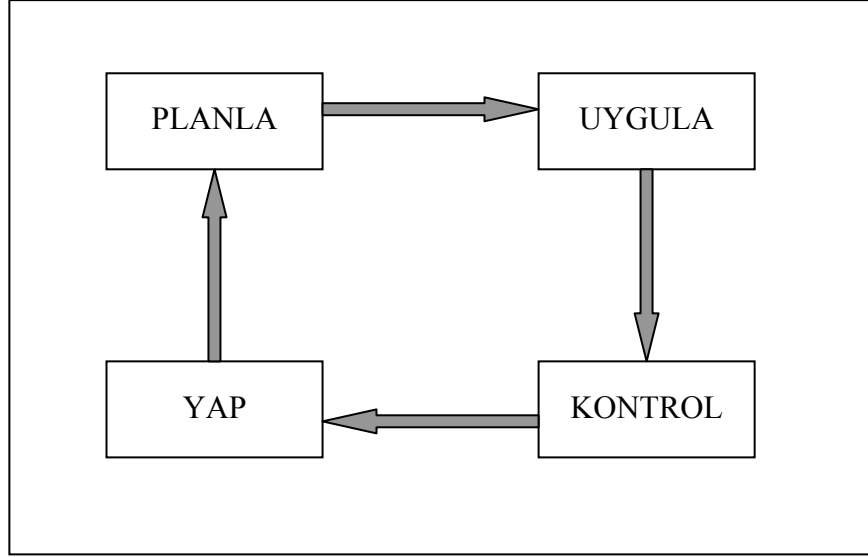
3.2 TÖAİK Metodolojisi

Altı Sigma TÖAİK (Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, Kontrol) metodolojisi problem çözümü ve ürün/süreç iyileştirme için bir yol haritası olarak görülebilir. Çoğu firma Altı Sigma'yı uygulamaya TÖAİK metodu ile başlar ve organizasyonel kültür ve tecrübe seviyesi uygun hale geldikten sonra Altı Sigma Tasarımını devreye alır.

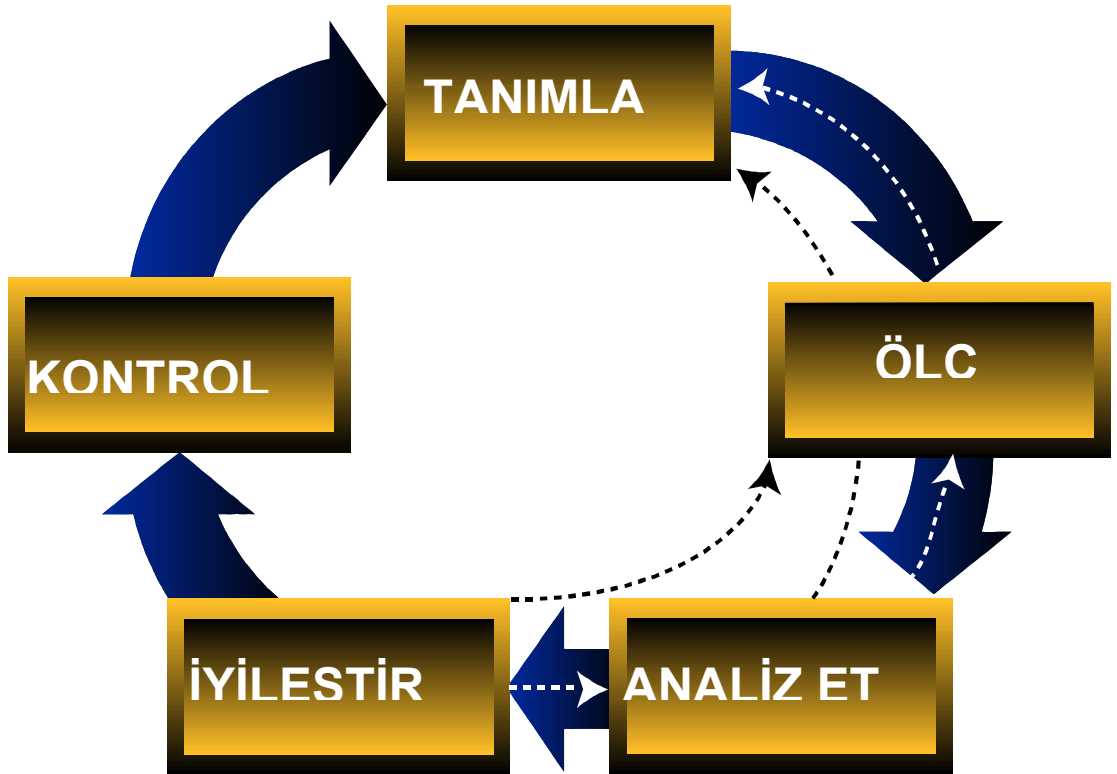
Müşteri odaklı Altı Sigma projelerinde kullanılan en yaygın metod TÖAİK metodolojisidir. Tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol fazlarından oluşan bu metod ilk bakışta da görülebileceği gibi Deming'in veri tabanlı süreç iyileştirme döngüsü olan PUKY (Planla-Uygula-Kontrol et-Yap) döngüsüne dayanmaktadır.

Genellikle literatürde TÖAİK süreci lineer olarak gösterilmekteyse de uygulamada fazlar arasında geri dönüşler yaşanmaktadır. Örnek olarak ölçüm aşamasında toplanan veriler sonucunda proje ekipleri süreç tanımının yetersiz yapıldığı sonucuna varabilir ve tanımlama aşamasına dönerek tanımlı revize edebilirler. Ya da, analiz aşamasında kök nedenleri belirleyen proje ekibi ilave ölçümler yapılması gerektiği sonucuna vararak ölçüm aşamasına dönebilirler.

Uygulamada karşılaşılan fazlar arası olası bu geri dönüşler de göz önünde bulundurularak TÖAİK döngüsü Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Deming'in PUKY döngüsü



Şekil 3.2: TÖAİK iyileştirme modeli [2]

Aşağıda her bir fazın amacı ve bu fazlarda kullanılabilecek araçlar hakkında bilgi verilmiştir. Unutulmaması gereken önemli bir nokta bu araçların hepsinin her Altı sigma projesinde kullanılması şartı olmadığıdır. Hangi durumda hangi araçların kullanılacağı zaman, tecrübe ve uzman kara kuşak ya da kara kuşakların desteğiyle belirlenebilir.

Tablo 3.1: TÖAİK Metodoloji fazlarını ve her fazda kullanılan araçları gösteren özet tablo [8]

TÖAİK Metodolojisi Aşamaları	Kullanılan Araçlar
T – Tanımlama Aşaması: Proje hedeflerini ve müşteri (iç-dış) göstergelerini tanımla	
- Müşterileri ve ihtiyaçlarını tanımla (KKK) - Problem tanımını, hedefi ve getiriye belirle - Proje şampiyonunu, süreç sahibini ve ekibi belirle - Kaynakları belirle - Gerekli organizasyonel destek ihtiyacını belirle - Proje planını ve zamanlamayı hazırla - Süreç haritasını oluştur	- Proje Onay Formu - Süreç Akış Diyagramı - SIPOC Diyagramı - Çıkar sahipleri analizi - KKK tanımlamaları - Müşterinin Sesi
Ö – Ölçüm Aşaması: Mevcut performansı ve problemi nicel olarak ifade et, süreci ölç	
- Hata, fırsat ve metrikleri belirle - Detay süreç haritalarını hazırla - Veri toplama planını hazırla - Ölçme sistemin, doğrula - Veri topla $Y=f(x)$ problem fonksiyon denklemini oluşturmaya başla - Proses yeteneğini ölç	- Süreç Akış Diyagramı - Veri Toplama Planı - Kıyaslama (Benchmarking) - Ölçüm sistemi analizi – yetenek çalışması - Müşterinin Sesi - Prosesin Sigma Hesaplaması
A – Analiz Aşaması: Hataların kök nedenlerini tesbit ve analiz et.	
- Performans hedeflerini belirle - Katma değer katan/katmayan proses adımlarını belirle - Değişkenliğin nedenlerini belirle - Kök nedenleri belirle $Y=f(x)$ için iyileştirilecek kritik x'leri belirle	- Histogram - Pareto Diyagramı - Koşu Diyagramı - Sağlım Diyagramı - Neden-Sonuç Diyagramı - Süreç haritası gözden geçirme ve analizi - İstatistiksel analiz - Hipotez testi
İ – İyileştirme Aşaması: Hataları ortadan kaldırarak süreci iyileştir.	
- Deneyisel tasarım uygula - Potansiyel çözümler geliştir - Potansiyel sistemin çalışma toleranslarını belirle - Potansiyel çözümler için hata modu analizi yap - Pilot çalışmalarla çözümleri doğrula - Potansiyel çözümleri düzelt/değiştir	- Beyin fırtınası - Hata önleme - Deneyisel Tasarım - Pugh Matrisi - Hata modları etki analizi - Simülasyon programları
K- Kontrol Aşaması: Sürecin gelecekteki performansını kontrol altına al.	
- İzleme ve kontrol sistemini belirle ve doğrula - Standartları ve prosedürleri geliştir - İstatistiksel Süreç kontrolü uygula - Proses yeteneğini belirle - Prosesi süreç sahibine teslim et - Kazanç, tasarruf, büyüme verilerini tesbit et - Projeyi kapat, dökümantasyonu tamamla - Sonucu işletmeyle paylaş, ekibi tebrik et	- Süreç sigma hesaplaması - Kontrol diyagramları - Maliyet azaltma hesaplamaları - Kontrol planı

3.2.1 Tanımlama Aşaması

Bu aşamada projenin amaç ve kapsamı tanımlanır. Süreç ve müşteri hakkında bilgi toplanır. Seçilen ve tanımlanan projenin daha yüksek bir kalite yaratma ve maliyetleri azaltma olasılığının yüksek olması önemlidir. [2,16,19]

Tanımlama aşamasında şunlar amaçlanır:

- İyileştirilecek sürecin tanımlanması, başlangıç ve bitiş sınırlarının belirlenmesi
- Müşterinin tanımı, ihtiyaçlarının belirlenmesi
- Mevcut sürecin çıktıları ile müşteri beklentileri arasındaki farkın sayısal olarak ifade edilmesi
- Performans standartlarının ve gerekli ölçümlerin belirlenmesi
- Proje hedeflerinin belirlenmesi
- Projede kullanılması gereken kaynakların temini

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar şunlardır;

- Proje onay formu,
- Süreç Haritası,
- Paydaş analizi,
- TGSCM diyagramı (Tedarikçiler, Girdiler, Süreçler, Çıktılar, ve Müşteriler),
- Ürün analizi,
- Müşterinin sesi,
- Kritik kalite faktörleri tanımlamaları.

3.2.2 Ölçüm Aşaması

Bu aşamada iyileştirilecek sürecin mevcut durumunu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanır. Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan iyileştirmelerin etkilerini belirlemek mümkün değildir. Aynı zamanda sürece etkisi olduğu düşünülen kritik kalite karakteristiklerinin etkileri bu aşama sonucunda sayısal olarak ifade edilerek $Y=f(x)$ problem tanımının netleştirilmesi amaçlanır. Y; süreç çıktısı, sürece etki eden girdilerin bir fonksiyonudur. Bu aşamanın çıktısı;

- Sürecin mevcut performansı,
- Problemi ya da problemin oluşumunu açıklayan veriler,

- Problemin daha özel ve detaylı bir tanımıdır.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Detay süreç haritası
- Sebep sonuç matrisi
- Veri toplama planı,
- Veri toplama formları,
- Kıyaslama (Benchmarking)
- Frekans dağılımları,
- Ölçüm sistemi doğrulaması (tekrarlanabilirlik, tekrar üretilebilirlik)
- Pareto kartları,
- Önceliklendirme matrisi,
- Süreç yeteneği analizi,
- Süreç mevcut sigma hesaplaması,
- Grafik teknikleri
- Zaman serisi diyagramları.

3.2.3 Analiz Aşaması

Bu aşamanın amacı problemin asıl nedenlerini tanımlamak ve bunların nedenlerini doğrulamaktır. Bunun için ölçüm aşamasında toplanan veriler analiz edilir. Dolayısıyla bu aşamanın çıktısı test edilen ve doğrulanan bir hipotez olacaktır. Analiz aşaması sonucunda $Y=f(x)$ formülünde sürecin iyileştirilebilmesi için kritik olan x 'ler belirlenmiş olmalıdır. [2,16,19]

Bu aşamada doğrulanan neden/nedenler bir sonraki aşamanın girdisini oluşturur. Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Sebep-sonuç diyagramı,
- Histogram
- Frekans dağılımları,
- Hipotez testleri,
- Pareto kartları,
- Regrasyon analizi,
- Kuvvet alan analizi
- Örneklem – istatistiksel analiz,
- Serpme diyagramları,

- Koşu Diyagramı
- Süreç analizi gözden geçirme ve analizi

3.2.4 İyileştirme Aşaması

Bu basamakta problemin temel nedenlerini ortadan kaldıracağı iddia edilen çözümler denenir ve uygulamaya konulur. Bu çözümler daha iyi bir tahmini, daha iyi bir programlamayı, daha iyi bir prosedürü ya da daha iyi bir ekipmanı içerebilir. Bu aşamada ayrıca sonuçların bir sonraki aşamada nasıl değerlendirileceğini açıklayan bir plan oluşturulmalıdır. [2,16,19]

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Beyin Fırtınası
- Konsensus,
- Yaratıcılık teknikleri,
- Deney tasarımı,
- İdeal süreç haritası,
- HMEA – Hata modları etki analizi
- Planlama araçları,
- Paydaş analizi,
- Simülasyon programları

3.2.5 Kontrol Aşaması

Bu aşamanın amacı uygulanan iyileştirme planını ve elde edilen sonuçları değerlendirmek ve elde edilen kazançların sürdürülmesi ve artırılması için yapılması gerekenleri ortaya koymaktır. Genel olarak bu aşama ile birlikte proje ekipleri iyileştirilmiş süreci süreç sahiplerine teslim ederler. Bu nedenle bu aşama içerisinde eğitim de yer almaktadır. [2,16,19]

Bu aşamanın çıktıları;

- İyileştirmeye konu olan sürecin son durumu,
- İyileştirme sonucu sağlanan kazançlar,
- İyileştirme sonucu ortaya çıkan fırsatlar ve tavsiyelerdir.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Kontrol kartları,

- Kontrol Planı
- Öncesi ve sonrası kontrol için frekans dağılımı, pareto kartı vb. kartlar.
- Kalite kontrol prosesi kartı,
- Standardizasyon.

3.2.6 TÖAİK ne zaman kullanılır?

TÖAİK metodolojisi, firmada mevcut olan ancak müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayamayan bir ürün ya da süreç söz konusu olduğunda kullanılmalıdır.

3.3 TÖAİK ve TÖADD'nin benzerlikleri ve farkları

Her iki metodoloji de:

- 6 sigma metodolojileridir ve milyonda 3.4 kusur oranına ulaşmayı hedefler.
- Veriye dayalı çözüm yaklaşımlarıdır. Sezgisel yaklaşımların 6 sigmada yeri yoktur.
- Yeşil, siyah ve uzman siyah kuşaklar tarafından uygulanır.
- İşletmelerin karlılıklarını ve kalite seviyelerini artırmalarını hedefler.
- Organizasyonel olarak aynı yapıya sahiptir. Şampiyon ve süreç sahibi vardır.

Her ne kadar kulağa çok yakın kavramlar gibi gelse de her iki metodolojiyi birbirinden net olarak ayıran farklar söz konusudur. [8]

3.4 Proje Seçim Süreci

Altı Sigma ile ilgili yayınlanan raporlara göre General Electric gibi büyük firmalarda yılda 7000'den fazla proje tamamlanmaktadır. Bu rakam daha küçük ölçekli firmalarda yüzler mertebesinde. Altı Sigma projelerinin firmalar için önemli olmasının en büyük nedeni bilginin maddi kazanca dönüştürülmesini sağlamasında yatmaktadır. Ancak her projenin beklendiği ölçüde kazanç sağlamadığı da uygulamada sıkça karşılaşılan bir durumdur.

Proje seçim süreci Altı Sigma programında başarı ya da başarısızlığı belirleyen çok önemli bir etkidir. Projenin belirlenen zamanda tamamlanabilmesi, finansal getiri sağlaması ve müşteri memnuniyetini artıracak olması bu süreçte gözönünde bulundurulmalıdır. Thomas Pyzdek'e göre "yanlış proje seçimleri sonucunda kalite

ve verimlilikte büyük iyileştirmeler yapmak ancak net kazanç sağlayamamak olasıdır”. Başka bir deyişle, doğru problemi çözmek, en az problemi doğru çözmek kadar önemlidir.

Genel olarak Altı Sigma problem çözümü ve proses çıktısını iyileştirmek için hataların bertaraf edilmesi yaklaşımı olarak görülebilir. Bu noktada proje seçimine gereken özen gösterilmelidir.

Farklı bir bakış açısıyla; kısıtlı kaynak kullanımına sahip firmalar için ancak kalite ve karlılıklarını artıracak doğru proje seçimleri yapmak onlara yarışta bir avantaj sağlayabilecektir.

Doğru proje seçimleri işletmelere büyük faydalar sağlayabilmektedir. Düzgün uygulandığında 3-6 ay içerisinde tamamlanan projeler çalışanların Altı Sigma’ya olan yaklaşım ve inançlarını artırmasının yanısıra yönetim ve paydaşların da elde edilen kazançları görerek Altı Sigma’yı benimsemelerini ve desteklerinin artmasını sağlayacaktır. Proje seçim süreci gerektiği gibi ele alınmadığında sonuçlar beklentilerin altında kalacak ve tam tersi durumlar ortaya çıkacaktır.

Firmaların kendilerine özel geliştirdikleri proje seçim metodları bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak proje onay formu gösterilebilir. Proje onay formunda proje adı, problem tanımı, işletmeye etkisi, proje içeriğinin tanımı, proje hedefleri, proje metrikleri ve proje ekibi yer alır. Proje seçiminde bir çok farklı teknik kullanılabilir ancak hepsinde amaç projelerin önceliklendirilebilmesidir. Genel olarak uygulamada Uzman Kara Kuşaklar bu proje onay formları değerlendirerek öncelikli projeleri belirlemektedirler.

Literatürde proje seçimi için kısıtlı sayıda araç ve teknik yer almaktadır. Pyzdek Altı Sigma El Kitabı’nda “pareto öncelik katsayısı”nı önermektedir. Bu basit katsayı pareto konseptini temel almaktadır.

Pyzdek’in bir diğer yaklaşımı fizibilite analizi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yaklaşımda da yatırımın geri dönüşü (return on investment) öncelik katsayısı ele alınmaktadır. Farklı ağırlıklara sahip kriterlerden oluşan bu yaklaşımda kriter olarak; destek (sponsorluk), fayda (iç/dış ve diğer paydaşlara sağlanan), kaynaklar, kara kuşak iş gücü ihtiyacı, proje sonunda beklenen hedefler, süre, ekip, proje planı ve Altı Sigma değeri ele alınmaktadır. Aşağıda ilgili formül gösterimi verilmiştir.

$$OS_i = \sum_{j=1}^9 w_j S_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (3.1)$$

OS = i projesi için toplam puan

W_j = kriter ağırlık puanı

S_{ij} = i projesinin j kriteri için değeri

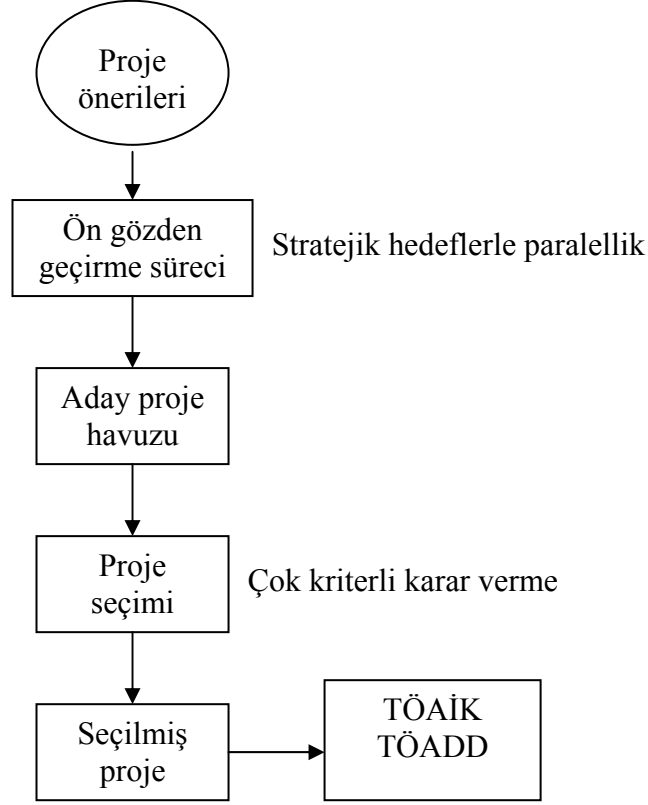
K = aday proje adedi

Bir diğer metot Kısıtlar Teorisine dayanmaktadır. Bu metot ile organizasyonun net karına yönelik sonuçlar ön planda vurgulanmaktadır.

Proje seçim süreci Altı Sigma'nın temel faaliyetlerinden biridir. Kalite ve verimlilikte sağlanan belirgin iyileştirmeler her zaman firmaların net karına beklenen etkiyi yapmaz. Pyzdek'e göre tipik Altı Sigma organizasyonlarında iş gücünün yalnızca %1'i tüm mesaisini Altı Sigma aktivitelerine ayırmaktadır. Bu kişiler 1 yıl içerisinde 3-7 proje tamamlayabilmektedirler. Bunun yanında çalışanların %5'i part-time olarak bu projelerde yer almaktadırlar. [8]

Programın başarısı için aday projelerin değerlendirilmesi çok önemlidir. İnsan kaynaklarında (işgücü) yaşanan sıkıntı firmaları en öncelikli projelere kaynak ayırmasının önemini artırmaktadır. Proje seçimi çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele alınabilir. Aday projeler işletmenin stratejik hedefleri ile paralel olmalıdır. Altı Sigma uygulayan firmalarda yapılan bir araştırmaya göre proje seçimi en önemli kritik başarı faktörü olarak belirlenmiştir. Buna rağmen çoğu firmada hakettiği önemi görmemektedir. İyi tanımlanmış ve doğru bir metotla seçilmiş projeler daha iyi ve hızlı sonuçlar verecektir. Aksi takdirde ulaşılan sonuçlar beklentileri karşılamayacaktır.

Altı Sigma projelerinin seçiminde kritik faktörler firma stratejileri ve kaynaklarıdır. Projeler firma stratejileri ile ilişkili olmalı ve doğru hedeflere odaklanmalıdır. Bu stratejiler ile ilgili olmayan bir proje yatırımın geri dönüşü yüksek olsa dahi öncelikli seçilmemelidir. Benzer şekilde kaynakların yetersiz kaldığı projeler de başlatılmamalıdır. İyi bir Altı Sigma projesi önceden tahmin edilebilir bir sonuç taşımamalıdır.



Şekil 3.3: Proje Seçim Süreci

3.4.1 Proje Öncelik Analizi:

PÖA hızlı ve kolay bir aday proje değerlendirme tekniğidir. Formülü pareto öncelik katsayısı (PÖK) mantığına dayanır.

$$PÖK = \frac{\text{tasarruf} / \text{kazanç} \times \text{başarı olasılığı}}{\text{maliyet} \times \text{tamamlanma süresi}} \quad (3.2)$$

Bu formül bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Bu durumlarda ilave kriterler söz konusu olmaktadır. Bunlardan biri müşteri memnuniyeti bir diğeri de tekrarlanma olasılığıdır.

1. yatırımın geri dönüşü = ilk yıl için gelir / yatırım maliyeti
2. Proje süresi: Genelde 3-6 ayda bir projenin tamamlanması beklenir. Daha kısa sürede tamamlanacak projeler öncelikli olmalıdır.
3. Müşterinin Sesi: Müşteri memnuniyetine yönelik sonuçlar elde edilecek projeler öncelikli olmalıdır. Bunun için araştırmalar, anketler, müşterilerle birebir yapılan görüşmeler gibi kaynaklarla veri toplanabilir.
4. Tekrarlanan problemler proje olarak öncelik verilmesi gereken durumlardır. Eğer bir süreç sonucunda sıklıkla problem ortaya çıkıyorsa sürecin

maliyetinde artış söz konusudur. Öncelikli olarak bir iyileştirme yapılması gereklidir.

5. 5. kriter olarak başarı olasılığı kabul edilmektedir. Bu genelde uzman kara kuşakların değerlendirmesine bağlı bir kriterdir.

Her bir proje için öncelik rakamı 5 kriter için belirlenen faktör değerlerinin çarpımı sonucunda elde edilir. Yüksek rakamlı proje öncelikli olmalıdır.

Bu yaklaşıma kaynak kısıtı da bir faktör olarak eklenebilir.

4. ALTI SİGMA'DA KULLANILAN ARAÇLAR

4.1 Proje Onay Formu (Project Charter)

Proje onay formu Altı Sigma metodolojisinin ilk adımıdır. Tanımla aşamasında yer alır ve bir projenin başarılı olup olmamasına direkt etkisi vardır. Proje için gerekli kaynakların ya da kısıtların net olarak ifade edildiği bir proje onay formu projenin başarılı olmasında etken olabildiği gibi, ekip motivasyonunu düşüren, etkinliği azaltan ya da net ifadelerden oluşmayan bir proje onay formu ise projenin başarısız olmasına yol açabilmektedir. [2, 8, 17]

Proje onay formu proje ekibinin misyonunu ve projenin organizasyonun misyonu ile ilişkilendirmesini içermesi gerekir. Misyon tanımlamalarında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar şunlardır:

- Misyonun net olarak ifade edilmesi gerekir.
- Misyonun çok geniş ifade edilmemesi gerekir.
- Problemin doğası ve şiddetinin tanımlanması gerekir.
- Projelerin organizasyonun başarısına etkili olması gerekir.
- Belirlenen misyon başka ekiplerin misyonları ile çakışmamalı ya da onları kapsamamalıdır.
- Belirlenen misyonlar yönetilebilir büyüklükte olmalıdır.
- Misyonlar kök nedene yönelik olmalıdır.
- Proje göstergeleri tanımsız olmamalıdır.

Misyon tanımları farklı ekiplerin çalışma alanlarının sınırlarını net olarak belirlemelidir. Çakışma olduğu takdirde proje sponsorları bir araya gelerek sorumlulukları netleştirmelidir.

Proje onay formunun hazırlanmasında 6 ana adım vardır:

1. Problem tanımının yapılması

2. Ana çıkar/fayda sağlayacakların belirtilmesi
3. Sürecin makro ölçekte akışının çıkarılması
4. Ekip üyelerinin seçilmesi
5. Ekibin eğitim ihtiyacının belirlenmesi
6. Ekip liderinin seçilmesi

Bu adımlar detay seviyede değil daha genel seviyede gerçekleştirilir. Proje ilerledikçe her bir madde ekip tarafından daha detay seviyede incelenerek düzeltililecektir. Bu düzeltmelerde proje sponsoru ile iletişimde bulunulması gereklidir. Proje onay formunda yapılan revizyonlar dökümanite edilmeli ve sponsor tarafından onaylanmalıdır.

Aşağıda genel olarak Proje onay formunda yer alan başlıklar belirtilmektedir:

Proje Adı

Yapılan çalışmanın ileride başka kişilere örnek olacağı düşünülerek çalışmayı doğru adlandırmak önemlidir.

Kara/Yeşil Kuşak:

Bu kişi süreç iyileştirme projesini yöneten kişidir.

Uzman Kara Kuşak:

Projeyi yöneten kara/yeşil kuşakların karşılaşılan problemlerde bilgi ve desteğine başvurmaları için her projede uzman bir kara kuşağın danışman olarak atanmasında fayda bulunmaktadır.

Proje Başlangıç Tarihi:

Projenin tam olarak ne zaman başladığını göstermek amacıyla kullanılır. Bir çok firma proje tamamlanma sürelerini kara kuşak ve uzman kara kuşakların performansını belirleme aracı olarak kullanmaktadır.

Hedef Tamamlama Tarihi:

Danışman, uzman kara kuşak ya da kalite şefi tarafından belirlenebildiği gibi çoğu firmanın kullandığı genel süreler de mevcuttur. Belirlenen süre ekibin yapacağı

alışmaları, projeye ayıracağı mesai zamanını, tatil zamanlarını vs. gözönünde bulundurarak verilmelidir.

Düşük Kalite Maliyeti:

Her ne kadar her durumda tanımlanması kolay olmasa da projenin tamamlanması sonucu yapılacak iyileştirmenin getireceğı kazancın yazıldığı alandır.

Sürecin Önemi:

Bu alanda iyileştirmenin yapılacağı sürecin firma ya da müşteri açısından önemi açıklanmalıdır.

Problem:

Sürecin önemini genel olarak belirttikten sonra süreçte yaşanan problem de bu alanda ifade edilir.

Süreç başlangıç/bitiş noktaları:

Projenin kapsama alanının tam olarak belirlenmesi açısından iyileştirmenin yapılacağı sürecin başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

Proje Hedefleri:

Projenin sonunda neler beklenmektedir, bu alanda belirtilir.

Proje Ölçümleri:

Projenin etkinliğini anlamak için ne gibi ölçümler yapılacağı bu alanda belirtilir.

Ekip Üyeleri:

Aşağıdaki rollerin atanması gerekmektedir:

- Sponsor
- Proje Lideri
- Proje üyeleri

Proje Zaman Çizelgesi

Projenin fazlarının hedef başlangıç tarihleri, sunuş zamanları gibi önemli noktalarının zamanlamaların bu bölümde belirtilir.

4.2 TGSÇM (SIPOC) Diyagramı:

İngilizcede Supplier (Tedarikçi), Input (Girdi), Process (Süreç), Output (Çıktı) ve Customer (Müşteri) kelimelerinin baş harflerinden oluşan TGSÇM diyagramı süreç iyileştirme projelerinde kullanılan ve iyileştirilecek süreçle ilgili tüm elementlerin belirlenmesini sağlayan bir araçtır. [8, 20]

TGSÇM diyagramının kullanılmasını gerektiren belirsizliklerden bazıları aşağıda verilmiştir:

- Sürece girdileri kimler sağlamaktadır?
- Girdilerde hangi spesifikasyonlar yer almaktadır?
- Sürecin gerçek müşterileri kimlerdir?
- Müşterilerin ihtiyaçları nelerdir?

TGSÇM diyagramlarının tamamlanması için aşağıdaki adımlar izlenebilir:

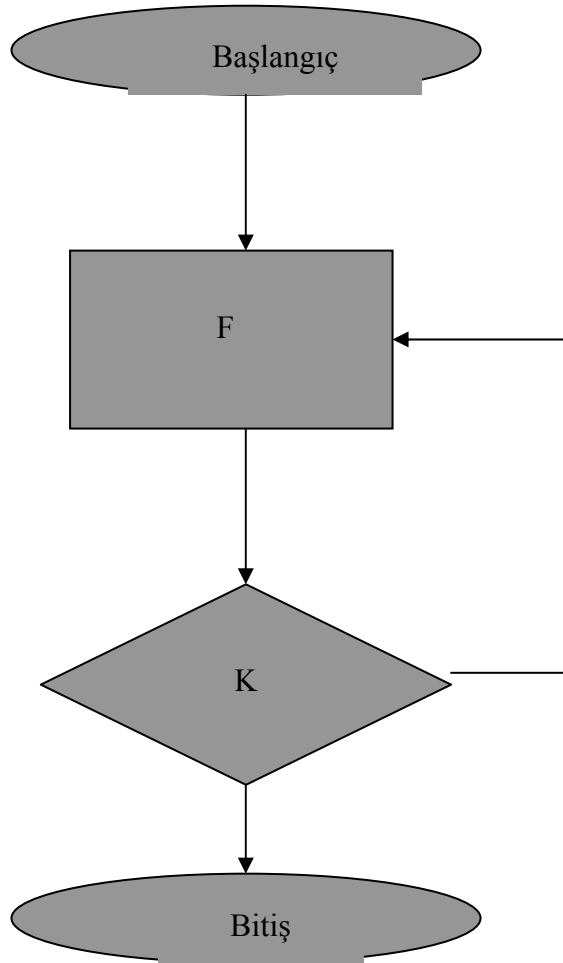
1. Ekibin TGSÇM diyagram üzerine ilavelerini yapabileceği bir alan yaratıp bu alan içerisinde konu başlıklarını maddeleyin
2. Süreç ile başlayıp, süreci 4-5 ana basamakta tanımlayın.
3. Sürecin çıktılarını tanımlayın.
4. Sürecin çıktılarını alacak olan müşterileri tanımlayın.
5. Sürecin doğru işlemesi için gereken girdileri tanımlayın.
6. Sürecin ihtiyaç duyduğu girdilerin imalatçılarını tanımlayın.
7. Opsiyonel: Müşterilerin ihtiyaçlarını ön hazırlık olarak belirleyin. Bu ihtiyaçların doğrulanması Ölçüm aşamasında yapılacaktır.
8. Proje sponsoru, şampiyonu ve diğer ekip üyeleri ile yapılan diyagramı tartışarak doğrulayın.

4.3 Süreç Haritası

Bir ürün veya hizmetin izleyeceği gerçek ve ideal yolu belirlemek amacı ile kullanılır. Sürece ait başlıca adımları, dalları ve sonuçları gösterir.

Altı Sigma’da süreç haritası Tanımlama ve İyileştirme aşamalarında kullanılır. Tanımlama aşamasında proje konusu sürecin mevcut süreç haritası oluşturulur. İyileştirme aşamasına gelindiğinde ideal süreç haritası’nın nasıl olması gerektiği ortaya konulur.

Bir akış diyagramında sürece ait başlangıç ve bitiş noktalarını, faaliyet adımlarını, karar basamaklarını, iş akışını ve çevrimlerini göstermek için sembollerden yararlanılır.



Şekil 4.1: Akış Diyagramı

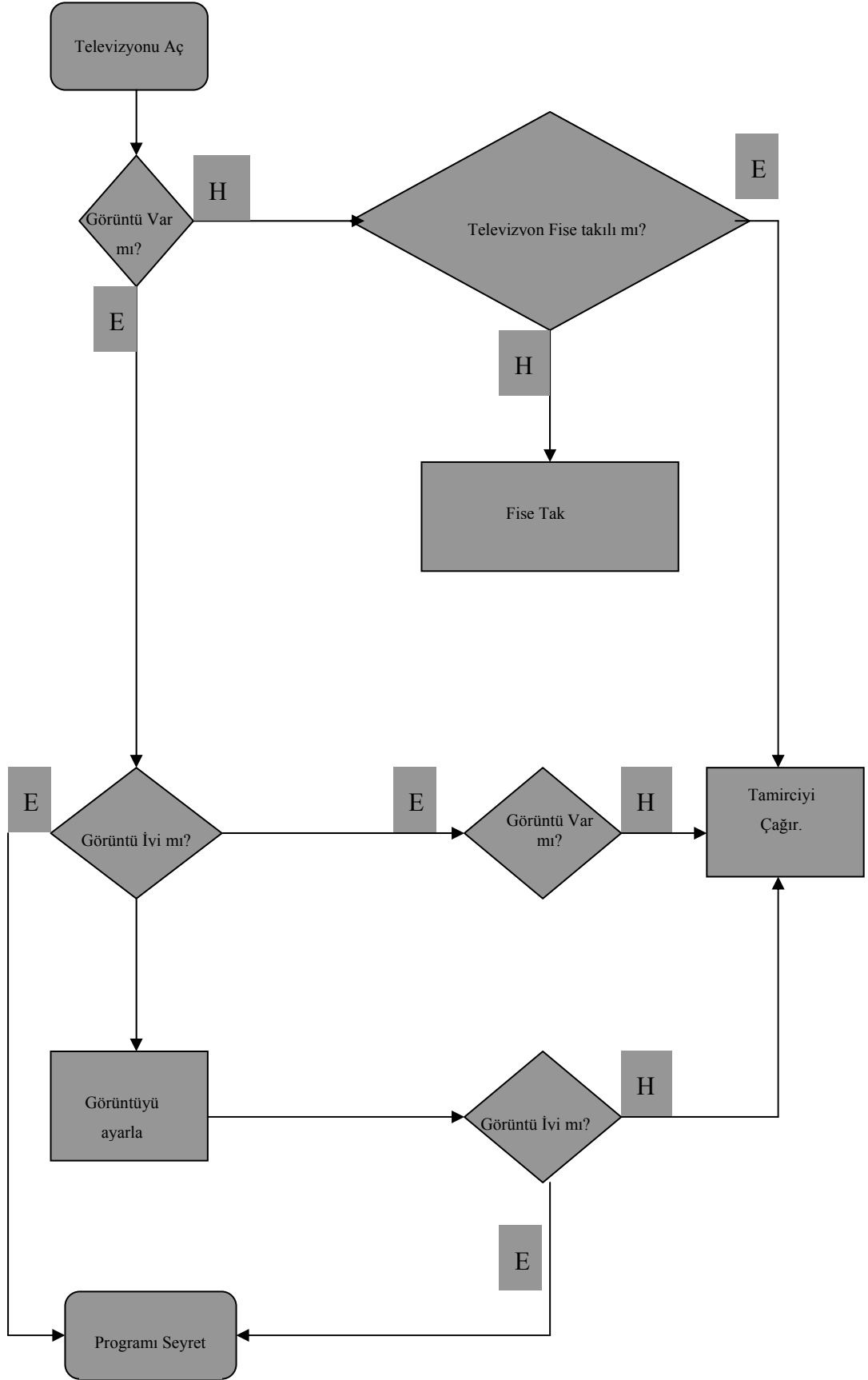
4.3.1 Nasıl Kullanılır?

1. İncelenecek sürecin çeşitli kısımlarını temsil eden kişilerden bir takım kurulur.
2. Sürecin nerede başlayıp nerede biteceğine karar verilir.

3. Süreçteki başlıca faaliyetleri ve karar noktalarını belirlemek için beyin fırtınası yönteminden yararlanılır.
4. Bu faaliyetler, akışın yönünü gösterecek oklardan yararlanarak sıralanır.
5. Karmaşık faaliyetler ayrı ayrı gösterilir.

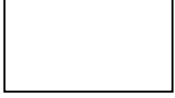
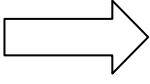
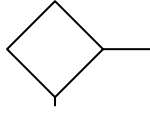
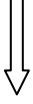
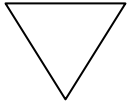
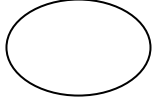
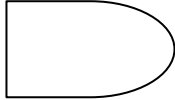
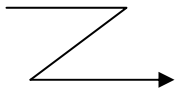
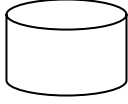
Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- İncelenecek sürecin içeriğinin ve sınırlarının tam olarak belirlenmesi şarttır.
- Akış diyagramında kullanılacak detay seviyesi önceden belirlenmelidir.
- Her geri besleme çevriminin bir çıkış noktasının olduğunun unutulmaması şarttır.



Şekil 4.2: Örnek Problem Çözümü (AKIŞ DİYAGRAMI)

Tablo 4.1: ANSI (American National Standards Institute) Süreç Haritası Sembolleri

	Aktivite; Süreç içinde durum değişikliği yaratan işlemlerin gösterilmesinde kullanılır.
	Hareket, Taşıma; Süreç akışı içinde lokasyonlar arasındaki hareketleri gösterir.
	Karar; Soru şeklinde ifade edilen karar adımlarının gösterilmesinde kullanılır. Sorulara verilebilecek olası cevaplar ve verilen cevaba göre sürecin izleyeceği akış karar kutusundan çıkan oklarla gösterilir.
	Raporlama/Dökümantasyon; Süreç akışı içerisindeki raporlama ve dökümantasyon adımlarının gösterilmesinde kullanılır.
	Akış Yönü; Süreç adımlarının ilerleyiş yönünü göstermekte kullanılır.
	Depolama; Malzeme, mamul, yarı mamul depolama işlemlerinin gösterilmesinde kullanılır.
	Konnektör; Sürecin diğer süreçlerle bağlantısını göstermek için kullanılır. Konnektör içine bir rakam ya da harf yazılır. Farklı iş akış şemalarında ortak harf/rakamların kullanılması süreçlerin birbiriyle olan bağlantısını gösterir.
	Terminal; Sürecin başlangıcının ve sonunun tanımlanmasında kullanılır
	Gecikme; Süreç akışı içindeki bekleme, gecikme gibi katma değer sağlamayan zaman kayıplarını gösterir. Bekleme süresi sembolle birlikte belirtilir.
	Bilgi Transferi; Sistematik bilgi aktarımını belirtir.
	Veri Tabanı; Süreç akışı içindeki elektronik bilgi depolama işlemlerinin gösterilmesinde kullanılır.

4.4 Kontrol Listesi

Örnek gözlemlere dayanarak toplanan veriden yararlanarak, bir eğilim belirlemek için kullanılır. Kontrol listesi kullanılarak aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır;

- Ne tür olaylar oluyor? (hata tipi)
- Olaylar ne zaman ve hangi sıklıkta meydana geliyor. (hata sıklığı)
- Olaylar nerede oluyor. (hata yeri)
- Söz konusu olay diğer bir takım olaylar ile birlikte mi ortaya çıkıyor?(dış faktörler)
- Unuttuğunuz bir şey var mı?

4.4.1 Nasıl Kullanılır?

1. Hangi verilere ihtiyaç olduğunu belirleyin.
2. Bu verilerin kaydedileceği bireysel kontrol listesi formu hazırlayın.
3. Bireysel kontrol listesi formlarından alınacak sonuçların gösterileceği sonuç kontrol listesi formu hazırlayın.

Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- Gözlenecek olay üzerinde herkesin hem fikir olmasını sağlanır.
- Gözlem zamanını belirleyin.
- Kolay kullanılabilecek, anlaşılır bir form hazırlanır.
- Verileri toplarken tutarlı ve titiz olunması gerekir.

Tablo 4.2’de verilen örnek kontrol tablosu üzerine şu yorumlar yapılabilir ve hatalar rahatlıkla gözlemlenir ve problemlerin meydana geliş nedenleri araştırılıp çözüm yolu bulunur.

- 1.ayda toplam 8 problem meydana gelmiştir. Bunların 2’si “A” problemi 1’i “B”, 4’ü de “C” problemidir.
- 3 ay içerisinde 5 adet “A” problemi gerçekleşmiştir. Bunların; 2’si 1. ayda, 2’si 2. ayda, 1’i 3. ayda gerçekleşmiştir.

Tablo 4.2: Örnek Kontrol Tablosu

PROBLEM	AY			TOPLAM
	1	2	3	
A	II	II	I	5
B	I	I	I	3
C	III	II	III	12
TOPLAM	8	5	7	20

4.5 Pareto Analizi

Mevcut problemlerin veya şartların bağıl büyüklüğünü ve önemini göstermek için kullanılır. Başlıca amaçları şunlardır:

1. Problem çözmek için bir başlangıç noktası seçmek,
2. Probleme ait temel nedenleri belirlemek,
3. Başarıyı izlemek,

4.5.1 Nasıl kullanılır?

1. Diyagramda gösterilecek problemler seçilir.
2. Ölçüm yapılacak standart karşılaştırma birimi seçilir.
3. Seçilen problemler, bunlara ait verilerden de yararlanarak önem sırasına sokulur ve diyagramın en solundan başlayarak yerleştirilir.
4. Yatay (X) eksenine problem tiplerini, düşey (Y) eksenine bunların meydana gelme sıklığını gösteren diyagramı çizin. (Y) eksenini tekrarların kümülatif (yığışım) yüzdesini göstermek için kullanılır.

Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- En sık karşılaşılan problemler ile maliyetleri en yüksek olan problemlerin aynı olması gerekmediği unutulmamalıdır. Örneğin ölümle sonuçlanan iki

trafik kazası, yaralanma ile sonuçlanan 100 trafik kazasından daha çok dikkat çekmelidir.

- Verilerin toplandığı zaman periyodu açıkça belirtilmelidir.
- Eğer mümkünse veriler normalize edilmelidir. Böylece verileri gelecekteki pareto diyagramlarında da kullanarak değişimleri gösterebiliriz.

Örnek: Bir seramik üretim sürecinde, pişirme sonrası 300*300*25 (mm) boyutlarındaki yer karosunda 100 adetlik örnekte gözlenen kusurlar aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.3: Örnek (Yer Karosu Kusurları)

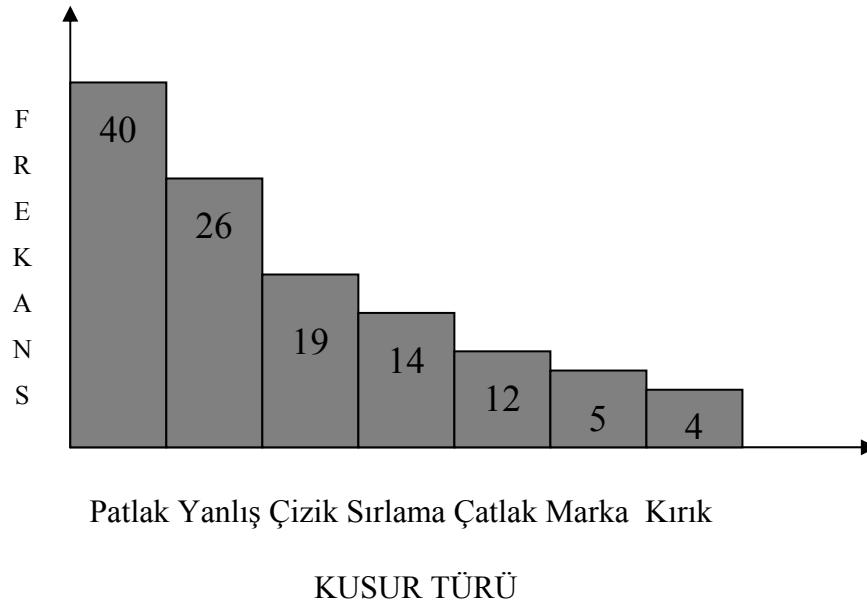
Kusur Türü	Çetele	Frekans
Çatlak	XXXXXXX	12
Kırık	XX	4
Yanlış Desen	XXXXXXXXXXXXXXXX	26
Sırlama	XXXXXXXX	14
Marka	XX/	5
Çizik	XXXXXXXXXX/	19
Patlak	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	40
	TOPLAM	120

Yer karosu kusurlarına ilişkin tablo incelendiğinde en yüksek frekanslı kusurun patlak olduğu görülür. Bunu ikinci olarak yanlış desen izlemektedir. Diğerlerinin de frekanslarına göre yer aldıkları diyagram aşağıdaki gibi olur.

Çizilen diyagram yardımıyla ürün kusurlarını gidermeye yönelik bir programın öncelikle hangi kusur türünü ele alması gerektiği belirlenir. Bağlı olarak sürecin hangi aşamasında bu kusurun kaynaklanabileceği araştırılır.

Pareto diyagramı kusurların parasal boyutlarına göre de çizilebilir. Çok az gözlenen bir kusuru gidermek yada kusur nedeni ile ürünü ıskartaya ayırmak önemli ölçüde parasal kayıp yaratabilir. Böylesi bir durumda pareto analizini parasal boyutta

yapmak daha tutarlı olacaktır. Her bir kusurun yarattığı parasal kayıplar belirlenerek düşey eksende ,büyüklük sıralarına göre yer alırlar.



Şekil 4.3: Örnek pareto diyagramı

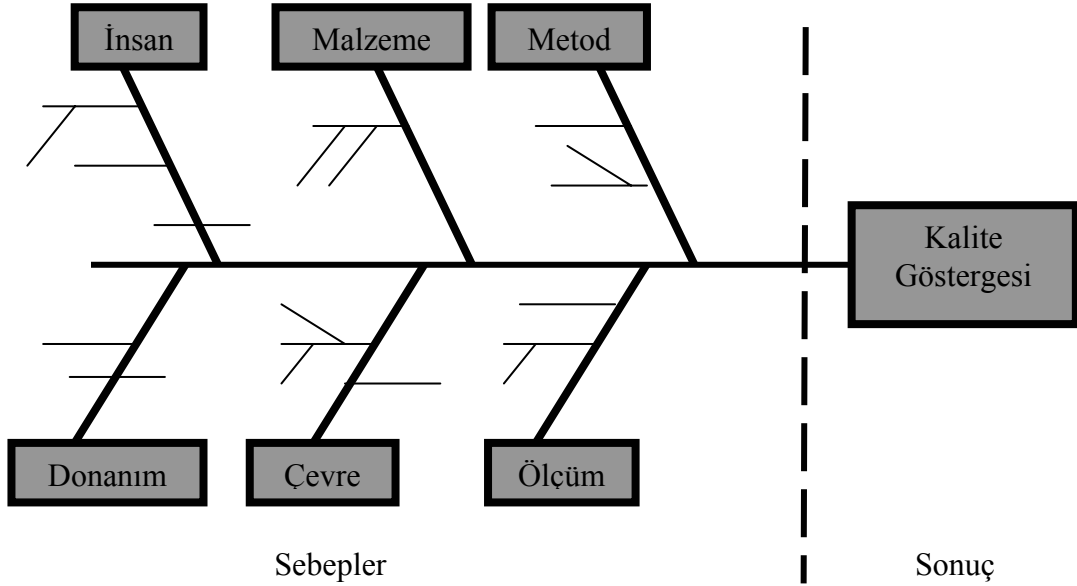
Süreçte yapılan iyileştirme çalışmaları sonrası, gerekli verilerin derlenip yeni bir pareto diyagramının çizilmesi ile yapılan çalışmaların etkili olup olmadığı ortaya çıkar. Kusurların bazılarının giderildiği, önem sıralarının değiştiği ve benzeri durumlarla karşılaşılabilir.

4.6 Sebep – Sonuç Diyagramı

Bir olayın ortaya çıkmasına neden olan durumlar (sebep) ile ilgilenilen olayın (sonuç) şekilsel gösterimi sebep – sonuç (cause-effect) diyagramı olarak adlandırılır. Görünümleri nedeniyle Balık Kılçığı ya da bu diyagramları geliştiren Dr. K. İshikawa'nın adıyla da anılır. İlgilenilen olayın nedenlerinin araştırılmasına sistematik bir yaklaşım getirmektedirler. Belirlenen sonuç kalınca çizilen yatay bir okun ucuna yazılır ve onu yaratacağı düşünülen temel nedenler de ince oklarla buna birleştirilerek Sebep- Sonuç Diyagramı oluşturulur. [8]

Sonuç olarak belirlenen olay olumlu / olumsuz olabilir. Olumlu olması durumunda arkasındaki nedenler açığa çıkarılabilecek, olumsuz ise düzeltici eylemlerin başlatılması gereği ortaya çıkacaktır. Her sonuca ilişkin bir çok nedenden söz

edilebilir. Başlıca çalışma yöntemleri (metod), malzeme, işgücü, ölçüm, donanım ve çevre ana başlıklarında toplanan nedenlerin herbiri bir alt dizi alt nedene de ayrıştırılabilir. Aşağıdaki şekilde sözü edilen tüm nedenler gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Sebeple Sonuç Diyagramı

Bir sonuca yol açan nedenlerin belirlenmesinde bir kişinin düşünceleri, deneyimleri yetersiz kalabilir. Konunun bir grup, gerekirse disiplinler arası bir ekip tarafından ele alınarak tüm olası nedenlerin araştırılması gerekir. Beyin Fırtınası tekniği Sebeple-Sonuç diyagramı oluşturulması sırasında potansiyel düşünceleri ortaya çıkarmak için kullanılır. Yapılacak beyin fırtınası oturumlarında aşağıdaki noktaların göz önünde bulundurulması yararlı olacaktır.

- Her üyeye sırası ile görüşünü söyleme fırsatı verilmesi,
- Görüşlerin niteliğinden çok sayısının önemli olması ,
- Eleştirilere izin verilmemesi,
- Çözüm arayışının ön planda tutulduğu resmi olmayan rahat bir ortamın yaratılması
- Diyagramın herkes tarafından rahatça görülmesinin sağlanması,

İlk beyin fırtınası oturumu sonrası, ortaya çıkan görüşlerin olgunlaştırılması amacıyla ara verilir. İkinci oturumda, üyelere görüşlerin bir listesi verilir. Yeni görüşler ortaya

çıkılmamaya başladığında oturum sona erdirilir. Oluşturulan sebep- sonuç diyagramı üzerinde değerlendirme çalışmaları yapılarak en olası nedenler belirlenir.

4.6.1 Nasıl Kullanılır?

1. Nedenleri araştırılacak problemleri belirleyin.
2. Kağıdın sol tarafına bir kutu içinde problemi yazın, bu kutuya yönelen bir ok çizin.
3. Başlıca olası nedenleri beyin fırtınası yönteminden de yararlanarak belirleyin. Bu nedenleri de kutular içine alarak ana ok ile birleştirin. Ana nedenleri gösteren dalların sayısının ideal olarak iki ile altı arasında olmasına dikkat edin.
4. Herhangi bir neden için “bunun nedeni nedir?” sorusunu sorun. Verilen cevapları birer yan dal olarak diyagrama ekleyin. Bu işlemi temel nedeni bulana kadar yineleyin.

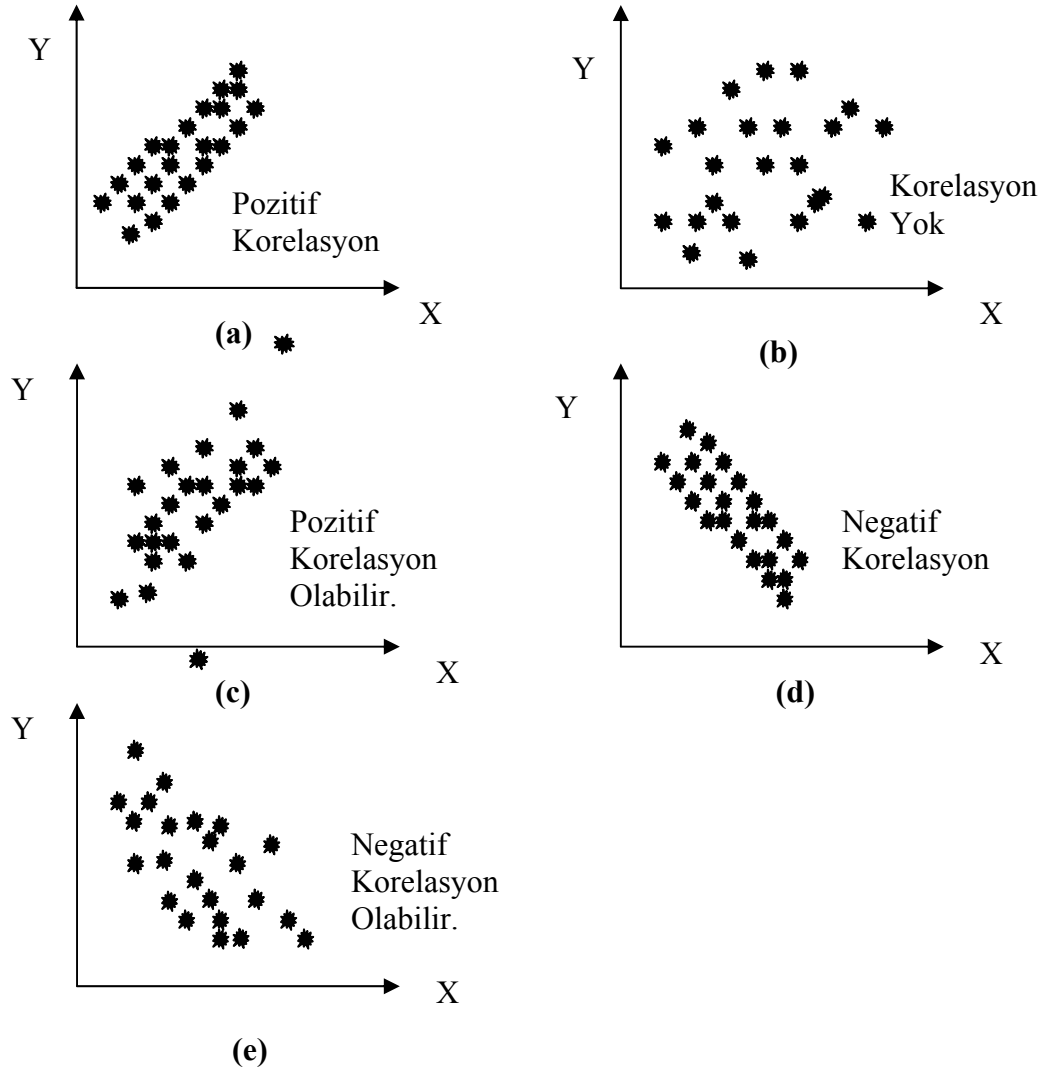
Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- Problemin tanımı üzerinde herkesin hem fikir olmasının sağlanması gerekmektedir.
- Grubun deneyimi veya kontrolü dışında kalan problemlerin çözümü için uğraşılmamalıdır.
- Farklı nedenlerin sıklığını belirlemek için veri toplanmalıdır.

4.7 Serpme Diyagramı

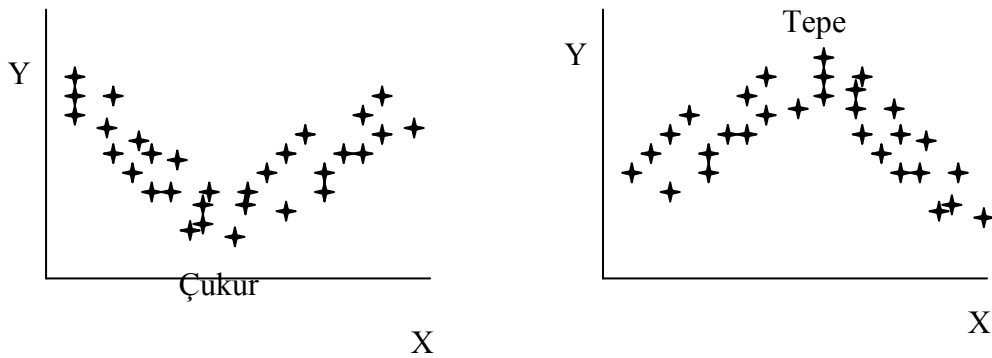
Sebeup – Sonuç Diyagramları, bir sonucu etkileyebilecek olası sebepleri gösteririr. Fakat hangi yönde ve derecede olduklarını belirtmezler. Söz konusu eksikliği gidermek amacı ile, sonuç olarak kabul edilen karakteristiğe ve sebeplerden biri ya da bazılarına ilişkin veriler derlenerek grafik üzerinde işaretlenmeleriyle elde edilen grafik Serpme Diyagramı (Scatter Diagram) olarak adlandırılır. Böylece ele alınan sebep ve sonuç birer değişken olarak tanımlanırsa, aralarındaki ilişkinin (korelasyon), varsa, yönü ve derecesi görülür.

Serpme diyagramları iki değişken arasındaki ilişkiyi gösterdiklerinden birinin kontrol altına alınması ile diğerinin nasıl davranabileceği de kestirilebilir. Karşılaşılabilecek bazı serpme diyagram örnekleri aşağıdadır.



Şekil 4.5: Serpme Diyagramı Örnekleri

İki değişkene ilişkin serpmme diyagramında çukur yada tepe noktaları da oluşabilir. Diyagramın yorumlanmasında böylesi durumlara dikkat edilmesi gerekir. Sözü edilen durumlara ilişkin serpmme diyagramlarıda aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.6: Serpme Diyagramında Çukur ve Tepe

Serpme diyagramıyla değişkenler arasındaki ilişkinin yönünün belirlenmesine karşın, derecesi sayısal bir değerle ifade edilemez. Korelasyon Analizi ile bu ilişkinin derecesi de belirlenebilir. Böylelikle yapılacak çalışmalara veri desteği sağlanmış olur.

Kısaca bu teknik iki değişken arasındaki neden –sonuç ilişkilerini göstermek amacı ile kullanılır. Değişkenlerden birinin değişimin diğeri üzerindeki etkisi incelenir.

4.7.1 Nasıl Kullanılır?

1. Her iki eksenin de ayrı birer değişkenin bulunduğu serpme diyagramında genellikle (X) eksenine Sebep, (Y) eksenine ise Sonuç değişkeni işaretilenir. Eğer tekrarlanan değer varsa, o noktayı tekrar sayısı kadar çember içine alınır.
2. İşaretilenen noktaların nasıl biçimlendiğine dikkat edilir. Diyagramdaki serpilmenin yönü ve yoğunluğu, bu iki değişken arasındaki ilişkinin de gücünü belirtir.

Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- Seçilen örnek büyüklüğünün yeterli sayıda olmasına dikkat edilmelidir.
- Serpme diyagramı, bir değişkenin diğerinin nedeni olduğunu ispat etmez, sadece bu değişkenler arasında bir ilişkinin olup olmadığını ve bu ilişkinin yapısını gösterir.
- Pozitif ilişkilerde (X) artıkça, (Y) azalır. Negatif ilişkilerde ise (Y) artıkça, (X) azalır.

4.8 Histogram

Bir konuda derlenmiş sayısal verilerin belirli aralıklarda yer alan sayılarının grafik şeklinde gösterimi histogram olarak adlandırılır. Verilerin en küçüğü ve en büyüğü grafiğin yatay ekseninde işaretilenir. Ve ikisinin arası eşit uzaklıkta alt aralıklara bölünür. Aralık sayısının 5-10 arasında olmasında yarar vardır. Verilerden herbir aralığa düşenler sayılır ve bu sayılar (frekans) düşey ekseninde işaretilenir. Daha sonra da her aralıkta karşı gelen frekans yüksekliğinde dikdörtgenler oluşturulur. Histogramın bu şekilde oluşturulması sezgisel yöntem olarak bilinir. [8,20]

Histogram oluşturmada kullanılan ikinci yöntem ise 2^m kuralıdır. Örnek büyüklüğü n olmak üzere, 2^m 'nin kuvvetleri alınır ve $2^m > n$ oluncaya kadar devam edilir. Belirtilen koşulu sağlayan m değeri istenilen sınıf sayısını verir. Sınıf aralığı ise, gözlem / ölçüm değerlerinin en büyüğü X_{enb} ve enküçüğü X_{enk} olmak üzere,

$$h = \frac{X_{enb} - X_{enk}}{m} \quad (4.1)$$

şeklinde belirlenir. Buradan da her bir sınıfın frekansı bularak histogram çizilir.

Sturges Kuralı da sınıf sayısının belirlenmesinde kullanılan üçüncü bir kuraldır. Sınıf sayısı,

$$m = 1 + 3,322 \log n \quad (4.2)$$

olarak belirlenir. Ve sonuç bir üst tam sayıya yuvarlanır. Sınıf aralığı da yukarıdaki formül yardımı ile hesaplanır. Sınıfların frekansları da belirlenerek histogram çizilir. Açıklanan her üç yöntemde de belirlenen sınıfların tüm verileri içermesi gerekir. [20]

Örnek: Bir baharat paketleme makinasından 10 dakika aralıklarla 6 paketlik örnekler alınarak ağırlıkları (gr) X_i , tartılmış ve sonuçlar aşağıdaki gibidir. Paket ağırlıkların histogramı da aşağıdaki olacaktır.

Tablo 4.4: Paket Ağırlıkları

Örn No:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_1	6,3	8,8	7,9	8,6	8,7	8,3	7,8	9,2	4,1	6,7
X_2	7,7	7,6	6,8	7,7	6,8	7,1	8,1	8,5	5,6	5,7
X_3	6,8	7,5	5,9	7,3	7,1	7,5	7,2	9,6	6,8	6,8
X_4	9,4	7,9	6,5	8,4	7,5	6,4	7,7	9,1	7,9	7,3
X_5	8,6	7,9	6,0	9,2	8,1	6,6	6,3	8,7	7,3	7,4
X_6	8,4	4,6	7,1	9,2	8,4	6,3	5,2	8,4	7,5	6,8

Toplam n = 60 tane paketin ağırlıkları ölçülmüştür. $X_{\text{enb}} = 9,6$ / $X_{\text{enk}} = 4,1$ olduğu tabloda görülmektedir. Sınıf sayısını belirlemek için 2^m kuralı uygulandığında, $2^6 = 64 > 60$ olduğundan m = 6 olur. sınıf aralığı da

$$h = \frac{9,6 - 4,1}{6} = 0,92 \approx 1.0 \text{ olarak hesaplanır.}$$

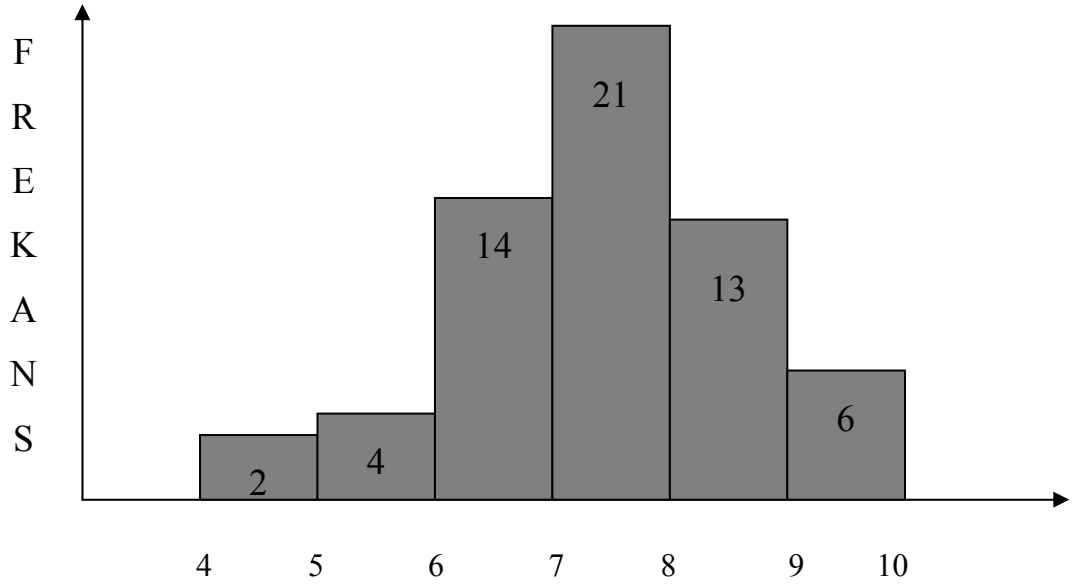
İşlemlerde kolaylık olması için, ilk sınıfın alt değeri 4,0 olarak alınırsa, değerler yardımı ile sınıflar ve frekanslar aşağıdaki gibi bulunur.

Tablo 4.5: Frekans Tablosu

Sınıflar	Çetele	Frekans
4,0-5,0	X	2
5,0-6,0	XX	4
6,0-7,0	XXXXXXXX	14
7,0-8,0	XXXXXXXXXX/	21
8,0-9,0	XXXXXX/	13
9,0-10,0	XXX	6

Çizilen histogram aşağıdaki gibidir. Histogram incelenirse, paket ağırlıklarının, X, önemli bir kısmının 6,0 – 9,0 gr. Arasında yer aldığı kolayca görülür.

Histogram verilerin nasıl dağıldığını grafik olarak gösterir. Verilerin alındığı sürecin ya da işlem noktasının, varsa spesifikasyonlara uygulduğu incelenir. Çizilen histogram yardımı ile süreç / tezgah yeteneği ortaya çıkarılır. Böylece herhangi bir problem olup olmadığı gözlenir. Doğru bir histogram çizebilmek için en az 50 verinin derlenmemesi unutulmamalıdır.



Şekil 4.7: Paket Ağırlıklarının Histogramı

4.8.1 Nasıl Kullanılır?

1. İncelenecek veri grubuna ait noktaların toplam sayısı bulunmalıdır.
2. Tüm veri grubuna ait değişim aralığı bulunmalıdır.
3. Veri grubu belirli sayıda sınıflara ayrılmalıdır.
4. Veri tablosundaki değerlerin hangi sınıfta ne kadar tekrarlandığını belirlemek için bir frekans tablosu oluşturulmalıdır.
5. Frekans tablosunu temel alarak histogram çizilmelidir.

Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- Histogramdaki sınıfların sayısı, dağılımın ne kadar rahat görülebileceğini belirler.
- Her dağılımın çan eğrisi şeklinde olması beklenmemelidir. Bazı prosesler kendiliğinden çarpıktır.
- Verilerin iki veya daha fazla sayıda farklı kaynaktan toplandığını gösteren ikiz tepelerin mevcut olup olmadığının kontrolü yapılmalıdır.

4.9 Kontrol Grafikleri

İstenilen kalitede mamul üretmek için sürecin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde Shewhart Kontrol grafikleri olarak da bilinen kontrol grafiklerinin yaygın bir kullanımı vardır. Bell Telefon Laboratuvarları'nda çalışan Dr. Walter A. Shewhart tarafından geliştirilen kontrol grafikleri kalite kontrolündeki gelişmelerin temelinde yer alırlar. İstatistik bilimi'nin kalite kontrol çalışmalarında kullanılmasının kontrol grafikleri ile başladığı kabul edilmektedir. Kalite değişkenliğinin izlenmesinde büyük kolaylıklar sağlayan kontrol grafikleri basit fakat güçlü araçlardır.

Bir sürecin istatistiki olarak kontrol altında olup olmadığının belirlenmesi amacı ile kullanılır. Süreçteki değişimin ne kadarının tesadüfi, ne kadarının tekil olaylar veya hareketlere bağlı olduğunu bulmak için kontrol grafiklerinden yararlanılır.

Kontrol grafiklerinde, sürecin ortalaması istatistiksel olarak belirlenmiş bir üst ve alt limit ile sınırlıdır.

Toplanan örneklerin hesaplanan ortalama değerleri grafik üzerine yerleştirilir. Belirlenen alt ve üst kontrol sınırları aşılıp aşılmadıkları gözlenir. Bir veya daha fazla noktanın bu sınırların dışında kalması durumunda süreç kontrol dışına çıkmış demektir.

Kontrol diyagramları, bir süreci veya olayı kontrol altında tutmaya çalışırken işlenebilecek iki tip hatayı engelleme amacı taşır:

1. Özel faktörler mevcut değilken aramaya kalkışmak ve gereksiz tedbirler almak
2. Özel faktörler mevcut olduğu halde farkına varmamak ve önlem almakta geç kalmak,

Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- Kontrol sınırlarını hesaplamadan önce, yaklaşık olarak 20 – 25 örnek grubu toplanmalıdır.
- Üst ve alt kontrol limitleri İstatistiki olarak hesaplanmaktadır. Bu sınırları ürün ihtiyaçlarına dayanan spesifikasyon sınırları ile karıştırılmamalıdır.

- Verileri topladıkları sırayı bozmadan koruyun. Aksi takdirde hiçbir anlam ifade etmez.

Üretilen mamülün ölçülen kalitesi her zaman şans nedeni ile belirli bir miktarda değişimin etkisin altındadır. Bir kısım kararlı şans etkileri üretimin ya da muayenenin herhangi bir safhasında içsel olarak vardır. Bu kararlı düzen dışında oluşan değişkenlik saptanabilir ve düzeltilebilir.

Kontrol grafiklerinin gücü, süreçte meydana gelen ve kaliteyi etkileyen bu belirlenebilir nedenleri ayırabilmesindedir. Böylece bir çok üretim sorununun teşhisi ve düzeltilmesi mümkün olur. Sadece şans etkileri nedeni ile değişkenlik gözlenen bir süreç istatistiksel kontrol altında olarak tanımlanır. Belirlenebilir nedenlerin varlığı altında çalışan bir süreç ise kontrol dışındadır.

Kontrol grafiği üzerinde temelde üç çizgi yer alır. Birincisi ilgilenilen karakteristik Y olarak tanımlanırsa, süreç kontrol altında iken Y'nin ortalama değerini gösteren orta çizgidir. İkinci ve üçüncü çizgiler ise, örnek değerlerinin ya da istatistiklerinin aralarına düşmesi beklenen üst ve alt kontrol sınırlarıdır. Sözü edilen çizgiler ilgilenilen Y'ye göre sırası ile $O\check{C}_Y$, $\check{U}KS_Y$, ve AKS_Y olarak gösterilir. Y sürekli ya da süreksiz değer alabilen bir süreç karakteristiği olabilir.

Grafiğin orta çizgisi ilgili süreç karakteristiğinin spesifikasyon değerinden ya da alınan örneklerin ortalamalarından kolayca belirlenebilir. Üst ve alt kontrol sınırlarının belirlenmesinde ise durum farklıdır. Üretimin tümünün istenilen kalitede olması arzu edilir. Bir başka ifade ile kontrol sınırları spesifikasyonlarla da uyumlu olmak üzere, örneklemelerden türetilen istatistiklerin tümü iki kontrol sınırı arasında kalabilecek şekilde belirlenmelidir. Sözü edilen durum gerçekleşse de işaretlenen noktaların düzeni önemlidir. Genel olarak bir kontrol grafiği oluşturmak için, ilgilenilen süreç karakteristiği Y ve onun ortalaması ile standart sapması da, sırası ile μ_Y ve σ_Y olsun. Kontrol sınırlarının orta çizgiye olan uzaklığını standart sapma cinsinden gösteren katsayı k olmak üzere, kontrol grafiğinin orta çizgisi ve kontrol sınırları

$$\check{U}KS_Y = \mu_Y + k\sigma_Y \quad (4.3)$$

$$O\check{C}_Y = \mu_Y \quad (4.4)$$

$$AKS_Y = \mu_Y - k\sigma_Y \quad (4.5)$$

Olarak belirlenir.

Kontrol grafiğinin kontrol sınırları standart sapmanın dışında , belirlenen bir olasılığa eşit olacak biçimde de oluşturulabilir. İlgilenilen süreç karakteristiğinin kontrol sınırları arasında çıkması olasılığı, kontrol sınırlarının grafik üzerindeki yerini belirler. Eğer I.tip hata olasılığı $\alpha = 0,05$ olarak belirlenirse, karşı gelen k değeri 1,96 olacaktır. Buna göre kontrol grafiğinin kontrol sınırları

$$\text{ÜKS}_Y = \mu_Y + 1,96 * \sigma_Y$$

$$\text{OÇ}_Y = \mu_Y$$

$$\text{AKS}_Y = \mu_Y - 1,96 * \sigma_Y$$

Olarak hesaplanacaktır.

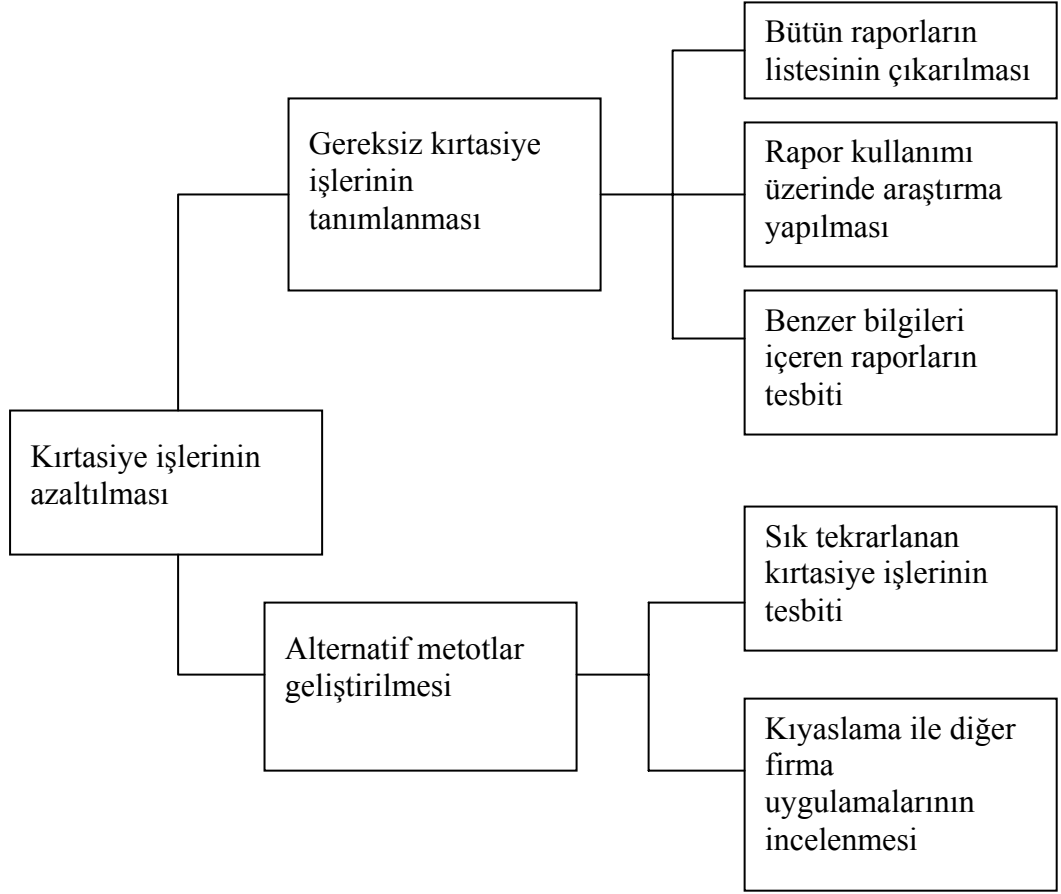
4.10 Ağaç Diyagramı

Ağaç diyagramı Shigero Mizuno tarafından tanımlanmış 7 yönetim ve planlama aracından birisidir. Ağaç diyagramı, bir amaca varmak veya bir problem çözmek için sistemli bir düşünme tarzıdır. Kullanıldıkları yere göre “strateji geliştirme” veya “bileşen geliştirme” olmak üzere ikiye ayrılır.

İzlenecek adımlar:

1. Çözümü istenen problem veya hedef belirlenir ve kutu içine yazılarak sayfanın sol tarafına yerleştirilir.
2. Bu hedefi gerçekleştirmek için neler yapılmalıdır diye sorulur. İlişki diyagramı kullanılarak konuya en yakın fikirler belirlenir ve bunlar hedefi tanımlayan kutunun sağ tarafına yerleştirilir.
3. “Bu amaca ulaşmak için hangi metodu veya faaliyeti tanımlamak zorundayız?” sorusuna verilen cevaplar en sağa yerleştirilir ve bağlantılı çizgilerle aracın amacını oluşturacaktır.
4. Amaç ve araçlar belirlendikten sonra, sağ taraftan başlayarak her bir aracın uygulandığı takdirde amacı başarıp başaramayacağı kontrol edilir. Düzeltme gerekiyorsa yapılır.

Ağaç diyagramının problem çözümünde, izlenecek yolun sistematik ve mantıksal olarak ayrıntılı biçimde tanımlanarak geliştirilmesinde, grup üyelerinin fikir birliğine varmasına imkan sağlar. Projenin tam olarak içeriğinin ortaya konulmasında ya da proje ekibinin üzerine yoğunlaşması gereken noktaların tesbitinde yardımcı olur.



Şekil 4.8: Örnek ağaç diyagramı yapısı

4.11 İlişkilendirme Diyagramı (Affinity Diagram)

İlişkilendirme diyagramı, belirli bir konu hakkında çok sayıda fikir, düşünce ve ilişkiyi doğal ilişkiler bazında gruplamaya yarayan bir tekniktir. Aslında Kawakita Jiro tarafından bir kalite yönetim aracı olarak ortaya konulmuş olmasa da günümüzde en çok kullanılan Japon yönetim ve planlama araçlarından biri durumundadır. Basit veya çözümü kolay olan problemlerin çözümünden ziyade Neden-Sonuç diyagramıyla başarılamayacak karmaşık problemlerin çözümünde kullanılır. İlişkilendirme diyagramı merkezleştirilmiş, yön gösterici, ilişkisel ve uygulanan olarak dört çeşittir. Genelde beyin fırtınası sonucunda oluşan fikirlerin ayrıştırılması ve gruplandırılmasında kullanılır. [8, 20]

4.11.1 İzlenecek Adımlar:

1. Konu belirlenir.
2. Konuyla ilgili gerçekler, tahminler, fikirler, sonuçlar gibi veriler toplanır ve sınıflandırılır. Gözlemler, araştırmalar ve bireysel düşünceler diğer kaynaklıdır.
3. Her bir sözlü veri tek bir karta yazılır. Sonra bu kartlar toplanır, karıştırılır ve geniş bir masaya yayılır. Gruptan bir kişi birbirine benzeyen kartları ayırır.
4. Benzer kartlar 10 gruptan fazla olmamak şartıyla gruplar oluşturulur. Gruplandırılmayan kartlar kendi gruplarını oluşturur. Her gruptan o grubun anlamını içeren bir kart bulunur ve bu kart üst üste konulur. Buna ilgi kartı denir.
5. Kartlar yeniden düzenlenir ve yeni ilgi kartları belirlenir. Bu işlem bilgiler 3-4 gruba ininceye kadar devam eder. Sonra büyük bir kağıda gruplar ve ilgi kartları belirtilerek yazılır.

İlişkilendirme diyagramı, takım üyelerini düşünme biçimlerini geliştirerek kendi aralarında uzlaştırmaktadır. Önceliklerin doğru olarak belirlenmesini sağlayarak, problemlerin nedenleri ile olan ilişkilerini netleştirir ve anlaşılmasına yardımcı olur. Karmaşık neden-sonuç ilişkisiyle bağımlı olan sorunların mantıksal olarak sıralanmasına imkan sağlayarak, genel durumla ilgili geniş bir bakış açısı elde etmeye yönelik planlama çalışmalarında faydalıdır.

4.12 Ok Diyagramı

Ok diyagramları, program değerlendirme ve gözden geçirme tekniği olarak bir çizelgeleme planı türüdür. Bir planı uygulamaya almak için gerekli olan işler arasındaki ilişkiyi gösteren bir ok ağı ve bağlantı noktalarından oluşur.

4.12.1 İzlenecek Adımlar

1. Belli bir amaca ulaşmak için faaliyetler listelenir.
2. Listelenen faaliyetler ayrı ayrı kartlara yazılır ve bir çizgi çizilerek kart ikiye ayrılır. Alt kısmına faaliyetlerin tamamlanma süresi yazılır.

3. Kartlar, işlem sırasına göre büyük bir kağıt üzerinde soldan sağa doğru sıralanır. Gereksiz işlemler ve kartlar çıkartılır, atlanmış işlemler varsa ilave edilir.
4. Seriyi oluşturan kartlar aralarında boşluk kalacak şekilde bağlantı noktaları işaretlenerek sıralanır. Paralel akış gösteren kartlar bulunur ve birleştirilir.
5. İşlem kartlarının pozisyonları belirlendikten sonra kartlar oklarla birleştirilip bağlantı noktalarına numaralar konulur.
6. Bir işlemi tamamlayacak zaman miktarı, okların altına yazılır. En erken ve en geç tamamlama süreleri hesaplanır.

Ok diyagramı genellikle yeni mamul geliştirme ve yapılandırma projeleri gibi konularda uygulanır.

4.13 Hata Modları ve Etkileri Analizi

HMEA bir ürün ya da süreçte bilinen veya meydana gelebilecek hataların, önceki deneyimler ya da teknoloji kullanılarak belirlenmesi ve bu hataların olmaması için yapılan bir planlamadan oluşan analitik bir tekniktir.

Tasarım ve geliştirme aşamalarında hataları önlemek için kullanılan etkin bir araçtır.

Bu yöntem, hataların etkisini ve bunları önlemenin adımlarını saptamaya yarayan sistematik bir yaklaşımdır. HMEA güvenilirlik mühendisliğinin bir parçası olarak ürün ve süreç hatalarını analiz eder.

Standartlardaki tanıma göre güvenilirlik; Bir sistemin belirli koşullar altında kendinden beklenen fonksiyonları yerine getirme olasılığıdır. Doğru bir şekilde uygulanan HMEA, uygulayıcıya sistemde, tasarımda, süreç ve hizmette yer alan risklerin azaltılmasını sağlayacak yararlı bilgiler sunar. Dolayısıyla HMEA güvenilirlik güvencesini sağlayan bir tekniktir.

Hata Modları ve Etkileri Analizi (HMEA) disiplini, ABD ordusunda geliştirilmiştir. Hata Modları, Etkileri ve Riskinin Analizi Üzerine Prosedürler olarak adlandırılan Askeri Prosedür MIL-P-1629, 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır. Sistem ve donanım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Hatalar görev başarısına ve personel/donanım güvenliğine etkilerine göre sınıflandırılmıştır. Bu, modern imalat sisteminin yapısına

uymamaktadır. Günümüzde tüketici malları üreten imalatçılar müşteri güvenliği ve memnuniyeti gibi yeni öncelikler belirlemişlerdir. [20-22]

1988 yılında Uluslararası Standartlaştırma Örgütü iş yönetimi standartları üzerine ISO 9000 serisini ortaya çıkarmıştır. ISO 9000 standardının gerekleri işletmeleri, tüketicinin istekleri, gereksinimleri ve beklentileri doğrultusunda Kalite Yönetim Sistemleri geliştirmeye itmiştir. ISO 9000'in otomotiv sektöründeki karşılığı olan QS 9000, bu alanda faaliyet gösteren firmalar kalite sistemlerini standartlaştırma çabasına sokmuştur. Bunun için otomotiv sektöründeki firmalar, Hata Modları ve Etkileri Analizi'ni de içeren İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP) uygulamakta ve Kontrol Planı oluşturmaktadır. Şubat 1993'te Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) endüstri çapında Hata Türü ve Etki Analizi standardı oluşturmuştur. Bu standart HMEA yapısı QS 9000 standardının geliştirilmesinde işbirliği yapan Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul edilmiştir ve desteklenmektedir.

4.13.1 Hata Modları ve Etkileri Analizinin Amaçları :

Hata Modları ve Etkileri Analizi (HMEA) öncelikli olarak ürün ve süreç geliştirme üzerine eğilen, disiplinli bir tasarım gözden geçirmedir. HMEA tekniğinin öncelikli amaçları şunlardır:

- Ürün veya süreçte oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek.
- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj süreçleriyle bağıntılı olarak bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz etmek.
- Potansiyel hata modları belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyellerini azaltmak.
- Montaj veya imalat süreci için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de yazılı hale getirmek.
- Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir HMEA; süreç geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak,

mantık örgüsü içerisinde yalnız gidebilecek her birimin analizini içeren) özetlemek.

4.13.2 Hata Modları ve Etkileri Analizinin Sağladığı Faydalar :

HMEA ile elde edilen bilgiler tasarımda, üretim sürecinde değişiklikler yapma, kullanılan malzemeyi değiştirme, kalite kontrol ve kalite muayene ölçütlerini tekrar gözden geçirme gibi kararların verilmesinde kullanıldığından, yöntem karar verme aracı olarak da değerlendirilir. HMEA aşağıdaki fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar;

- Ürün, süreç ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata modlarını sistematik olarak gözden geçirir,
- Ürün, süreç, hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlar,
- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, süreç ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler, bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlar,
- Montajda, montaj öncesinde, üründe ve süreçte hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden kaynaklanabileceğini (tasarım, süreç, vb.) belirler,
- Diğer kaynaklardan elde edilmesi mümkün olmayan hata oranlarını ve modlarını tanımlayarak gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- Bir ürün için değişikliklerin olabilecek etkilerini tanımlar,
- Yüksek riskli bileşenlerin nasıl güvenilir hale getirilebileceğini tanımlar,
- Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımlar.

Yukarıdaki mühendislik avantajlarının yanı sıra ayrıca Hata Modları ve Etkileri Analizi tekniği kullanmanın getirdiği genel anlamdaki avantajlar aşağıda sıralanmıştır:

- Hizmet veya ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini artırır.

- Şirket imajını arttırır.
- Rekabet avantajını arttırır.
- Müşteri tatminini arttırır.
- Ürün geliştirme zaman ve maliyetini azaltır.
- Tasarım geliştirme faaliyetlerinde bir öncelik sağlar.
- En uygun sistem tasarımını seçmekte kolaylık sağlar.
- Gelişim isteği doğurur.
- Organizasyon kültürünü arttırır.

HMEA çalışmaları sonucunda;

- Hata giderilinceye kadar sürecin durması veya devam etmesi kararı verilir,
- Hataları önleyecek programlar hazırlanır,
- Makine, tezgah ve süreç akışını gerçekleştiren donanımda hangi elemanların yenilenmesi gerektiği,
- Tasarım ve spesifikasyonlarda ne gibi değişikliklerin yapılacağı,
- İhtiyaç duyulan bakım süresi ve gerek duyulan bakım araç-gereci,
- Gerekli görülen testler,
- Bakım, operasyon, kontrol talimatlarında yapılacak değişiklikler belirlenir.

4.13.3 Hata Modları ve Etkileri Analizinin Türleri

Hata Modları ve Etkileri Analizinin uygulama aşamaları birbirine çok benzemekle birlikte uygulama yerlerine ve amaçlarına göre dört türü vardır.

- Sistem HMEA : Bütün donanımların ve tasarımın tamamlanmasının sonrasında üretim, kalite güvence gibi sistemlerin akışını en elverişli hale getirmek için kullanılan bir yöntemdir. Sistem HMEA sistemde bozukluklara neden olan potansiyel hata modlarına odaklanır.
- Tasarım HMEA : Tasarım HMEA, ürün deneme safhasından önce tasarım esnasında veya ürünün fizibilite çalışmaları esnasında karmaşık ürünlerdeki ana riskli bölgeleri bulup ortaya çıkarmak için yapılan HMEA çalışmasıdır.

- Süreç HMEA : Üretim ve montaj işlemlerini analiz etmek için kullanılır. Üretim ve montaj işlemlerinde aksaklıklara yol açan hata modları üzerine odaklanır.
- Hizmet HMEA : Müşteri hizmetlerini geliştirmek amacıyla üretim, kalite güvence ve pazarlama koordinasyonu ile uygulanan bir yöntemdir.

4.14 Koşu Diyagramı (Run Chart)

Koşu diyagramı, sürecin kontrol dışına çıktığını belirten bir diyagramdır. Ardı ardına 7 veya daha fazla noktanın orta değerin bir tarafına düşmesidir.

Koşu diyagramı, belli bir zaman diliminde verilere ait noktaların birbirlerine göre dağılımını incelemeye ve değişimlerin sebeplerinin özel ya da genel olup olmadığını saptamaya yarar.

4.15 Kuvvet Alan Analizi

Kuvvet alan analizi, yapılması gereken değişikliklere yardım etmek veya engel olmayı sağlayan kuvvetleri tanımlamada kullanılan bir tekniktir. Bu analiz iyileştirme fırsatlarını, düzeltildiğinde bir problemin çözümüne olumlu katkısı olabilecek temel sebepleri belirler, yeni bir program veya önerilen bir iyileştirmenin, gerçekten, arzu edilen yararları sağlama olasılığını değerlendirir ve engelleyici kuvvetleri yoketmek ve itici kuvvetleri desteklemek için gerçekçi bir uygulama planı oluşturur. [20]

4.15.1 İzlenecek Adımlar

1. Planlanan iyileştirme açık bir şekilde tanımlanır ve bir hedef cümlesi şeklinde yazılır.
2. Hedefe ilişkin performans düzeyini temsil eden düz bir çizgi çizilir ve mevcut performans düzeyi, ortaya çizilen dikey bir çizgi ile temsil edilir.
3. Bir analiz yapmadan, performansı etkileyen ilk olarak itici kuvvetler ve sonra da engelleyici kuvvetler beyin fırtınası yoluyla belirlenir.

Listelerdeki kuvvetler, amaca ulaşmak için en fazla potansiyeli olan kuvvetler belirlenene kadar azaltılır. Bunlardan en etkili olan üç veya dört itici kuvvet

belirlenir. Aynı şekilde, gerçekten zayıflatılabileceği düşünülen üç veya dört engelleyici kuvvet belirlenir.

4.16 Süreç Yeterlilik Ölçümleri

Süreç yeterliliği, bir sürecin sağlayabildiği en az kalite değişkenliği olarak tanımlanabilir. Süreç yeterliliği; insan, cihaz, malzeme, metot ve çevre faktörlerine bağımlı olup, bu faktörlerin değişiminden etkilenmektedir.

Süreç Yeterliliği, incelenen bir sürecin müşteri spesifikasyonlarını karşılama yeteneğidir. Şirketler kendi hedef değerlerini belirler ve belirledikleri hedefler doğrultusunda müşteri tatminini incelerler.

Süreç yeterliliği için kullanılan indeksler temelde çok basit olmasına karşın standart sapmanın hesaplanmasında çok hassas davranılmalıdır. C_p ve C_{pk} 'nin ayrılmaz bir parçası olan standart sapmanın hesaplanmasında birçok yöntem bulunmaktadır.

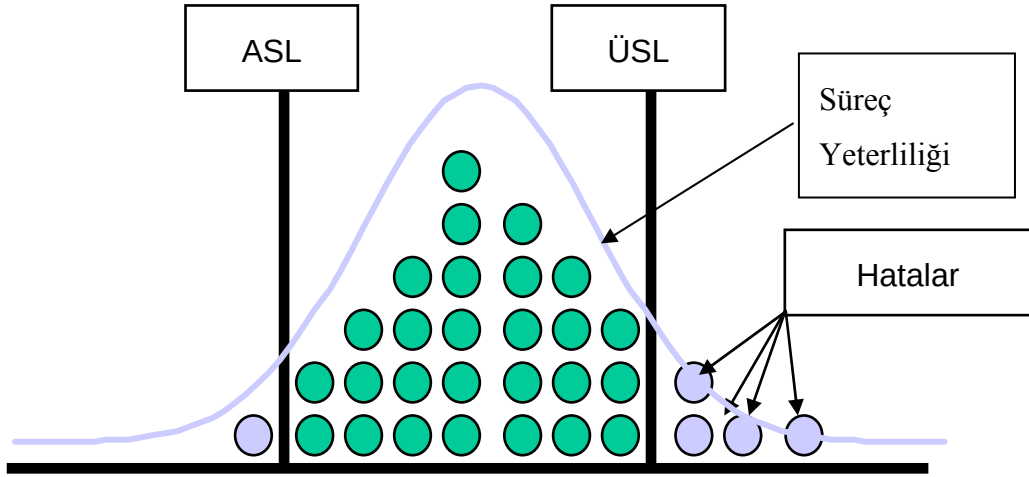
Standart sapmanın hesaplanması zaman gerektirdiğinden, pratik ve kolay bir yol izlemek için genelde sapmanın $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$ tahmin edicisinden faydalanılmaktadır.

Süreç yeterliliğinin hesaplanmasında kullanılan verilerin normal dağılması gereklidir. Eğer veriler normal dağılmıyorsa süreç yeterlilik indekslerinin hesaplanması önerilmez.

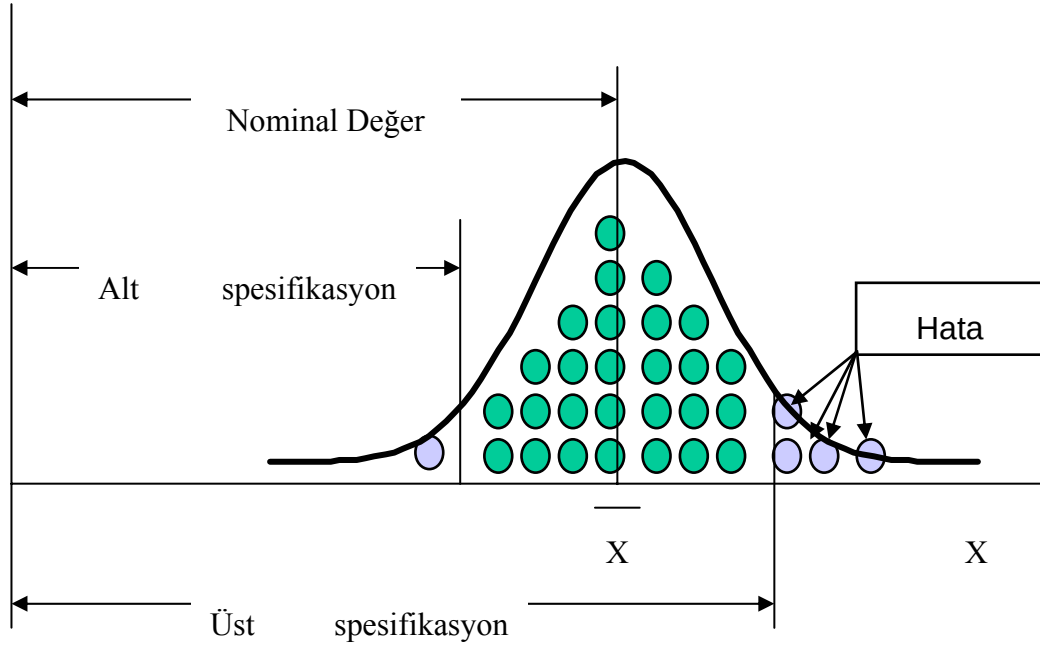
Süreç karakteristiklerinin almasını istediği değer nominal değer olarak adlandırılır. Karakteristik değişkenliğin en büyük aralığı; üretimde karar verilen nominal değerlere ait toleranstır.

Süreç yeterliliği; seçilmiş karakteristik için ölçülen, normal süreç değişiminin tam aralığıdır.

Hata; ürün veya parçaların gerekli karakteristiklerinin spesifikasyonundan sapmasıdır. Bu da müşterilerin fiziksel ve işlevsel isteklerini yerine getirecek ürünlerin nominal değerlerinden uzaklaşmasıdır. Basit olarak hata, müşteri memnuniyetsizliğine sebep olan her şeydir.



Şekil 4.9: Hata'nın Tanımı



Şekil 4.10: Nominal dağılım gösteren bir değişkenin spesifikasyon limitleri dışına taşma olasılığı ya da riski

Normal olasılık dağılımının uygulandığı süreç yeterliliğinin ölçülmesinde en yaygın olarak C_p ve C_{pk} süreç yeterlilik indeksleri kullanılır.

C_p süreç yeterlilik indeksi; sürecin yalnızca yayılımını kontrol eden yeterlilik indeksidir.

Normal dağılımda süreç değerlerinin %99.73'ünün doğal tolerans limitleri ($\mu \pm 3\sigma$) içerisinde kalması nedeniyle, süreç değişkenliği 6σ ile ifade edilir.

Spesifikasyon aralığı; alt ve üst spesifikasyon limitleri arasındaki farka eşittir ve süreç karakteristiğinin maksimum kabul edilebilir değişkenliğini (tolerans) belirler.

C_p belli bir süreç karakteristiği için doğal süreç değişkenliğinin (6σ) spesifikasyon aralığı (ÜSL-ASL) ile ilişkisini ölçer ve

$$C_p = \frac{\text{Tanımlanan Genişlik}}{\text{Süreç Yeterliliği}} = \frac{\text{ÜSL} - \text{ASL}}{6\sigma \text{ (ya da } -3\sigma \text{ ile } +3\sigma \text{ arasındaki toplam alan)}}$$
$$C_p = \frac{\text{ÜSL} - \text{ASL}}{6\sigma} \quad (4.6)$$

Büyükte hesaplanır.

C_p süreç yeterlilik indeksinin yüksek olması ($C_p \geq 1.0$) süreç değişkenliğinin spesifikasyonları karşılayacak yeterlilikte olduğunu gösterir ancak süreç değerlerinin spesifikasyon limitleri içinde kalıp kalmadığına dair fikir vermez. Juran'a göre C_p 'nin 1.33 olması sürecin yeterli olduğunu gösterirken, Motorola'da uygulanan Altı Sigma programına göre C_p 'nin 2 olması sürecin yeterli olduğunu gösterir.

Ortalama tasarım toleransı $\pm 4\sigma$ düzeyi olarak alınır;

$$C_p = \frac{\text{Tasarım Toleransı}}{\text{Süreç Yeterliliği}} = \frac{\pm 4\sigma}{\pm 3\sigma}$$

$$C_p = 1,33$$

Olarak bulunur.

Buna karşın tasarım toleransı $\pm 6\sigma$ olarak tanımlanırsa;

$$C_p = 2$$

Olarak bulunur.

C_{pk} süreç yeterlilik indeksi, hem yayılımı hem de ortalamanın hedeflerden sapmasını kontrol etmektedir.

C_{pk} süreç yeterlilik indeksi; süreç değişkenliğinin spesifikasyon genişliğini karşılama düzeyine ve süreç değerlerinin alt ve üst spesifikasyon limitleri arasında yerleşimine ilişkin bilgi verir ve

$$C_{pk} = C_p (1-k) \quad (4.7)$$

$$k = \frac{|\text{Nominal Değer} - \text{Gerçekleşen Ortalama}|}{1/2(\text{ÜSL} - \text{ASL})} \quad (4.8)$$

Biçiminde elde edilir.

$C_{pk} = C_p$ olması, süreç ortalaması alt ve üst spesifikasyon limitlerinin tam ortasında yer aldığını gösterir. $C_{pk} < C_p$ olması, süreç ortalaması alt ve üst spesifikasyon limitlerinin ortasında yer almadığını gösterir.

Tablo 4.6: C_{pk} karar tablosu

C_{pk}	Süreç Dağılımı
$C_{pk} \leq -1.0$	Süreç dağılımı spesifikasyon limitleri dışında yer almaktadır.
$-1 < C_{pk} < 0$	Süreç ortalaması spesifikasyon limitlerinin dışında yer almaktadır
$C_{pk} = 0$	Süreç ortalaması spesifikasyon limitlerinden birine eşittir.
$0 < C_{pk} < 1.0$	Süreç ortalaması spesifikasyon limitlerinin içindedir ancak hedeften oldukça sapmıştır.
$1.0 \leq C_{pk}$	Süreç dağılımı spesifikasyon limitleri içindedir.

Juran'a göre C_{pk} 'nin 1,33 olması sürecin yeterliliği için önerilirken, Altı Sigma'da sürecin yeterliliği için C_{pk} 'nin 1,5 olması önerilmiştir.

4.17 Deney Tasarımı

Deney Tasarımı, bir sürecin, ürünün, hizmetin veya çözümün performansını test etmek ve en üst düzeye çıkarmak için kullanılan yöntemdir. İstatistiksel belirginlik testleri, korelasyon ve regresyon gibi teknikleri kullanır, amacı da değişik şartlar altında bir ürünün ya da hizmetin nasıl davranacağını belirlemektir. Deneysel tasarımın kendine özgü yanı, sadece deneysel gözlem denilen şekilde gerçek dünyadaki olayları gözlemlemenin ve onlar hakkında bilgi toplamanın tersine, bir deney yaparak değişkenleri planlama ve kontrol etme fırsatını vermesidir.

Deneysel tasarım yöntemleri yeni ürün veya varolan ürünün geliştirilmesi amacıyla,

- Temel yapıların değerlendirilip diğerleri ile karşılaştırılması
- Malzeme alternatiflerinin değerlendirilmesi
- Performans üzerine etkili ürün parametrelerinin incelenmesi

Gibi mühendislik tasarım uygulamalarını içerir. [19, 20]

Deney tasarımı yöntemleri incelenen sistemde;

- Değişimlerin nedenlerini araştırmayı,
- Bu değişimleri yok etmeyi veya değişimlere karşı güçlü bir sistem oluşturmayı hedefler.

Deney tasarımının Altı Sigma kuruluşlarında pek çok farklı uygulaması vardır.

- Müşterinin sesi sistemlerini değerlendirmeye, müşterileri sıkmadan geçerli bilgiler üretmek için en iyi yöntem şeklini bulmaya
- Bir sorun ya da hatanın temel nedenini diğer faktörlerden ayırmaya
- En iyi iyileştirme stratejisini bulmak için olası sonuç kombinasyonlarını denemeye
- Potansiyel sorunları tanımlamak ve birinci günden itibaren hataları azaltmak için ürün ve hizmet tasarımları geliştirmeye imkan tanır.

4.17.1 Temel Adımları

Deney tasarımının temel adımları aşağıdaki gibidir:

1. Değerlendirilecek etkenler tanımlanmalıdır. Deney sonucunda ne öğrenmek istenildiği, sürecin ya da ürünün olası etkilerinin neler olduğu sorularına cevap verilmelidir. Bu etkenleri seçerken daha fazla etkeni test ederek ek bilgi toplamanın yararıyla maliyet ve karışıklığı dengelemenin önemi unutulmamalıdır.
2. Test edilecek etkenlerin düzeyi belirlenmelidir. Hız, zaman, ağırlık vb. Gibi değişkenler söz konusuysa, bunlar sonsuz sayıda düzeyde test edilebilir. Bu nedenle bu adımda, sadece hangi değerleri değil aynı zamanda kaç tane farklı kombinasyonun test edilmek istendiğine karar verilir.
3. Bir deneysel kombinasyon serisi oluşturulur. Deney tasarımında genellikle her değişkenin ayrı olark test edildiği “bir seferde tek etken” yaklaşımından

kaçınmak yerinde olacaktır. Daha çok koşul serileri, tüm etkenler, temsil edecek veriler elde edilecek şekilde incelenmelidir. Olası kombinasyon ya da seriler istatistik programlar ile toplanabilir ya da tablolarda bulunabilir ve kullanımları olası her permütasyonu test etmekten firma kurtulmuş olur.

4. Deneyi önceden belirlenmiş şartlarda yürütmek gerekir. Burada anahtar, diğer test edilmemiş etkenlerin, sonuçları etkilemelerine izin vermemektir.
5. Sonuçlar değerlendirilmelidir. Deney tasarımı verisinden çıkan sonuç ve kalıplar görülmek isteniyorsa ANOVA ve çoklu regresyon gibi araçlar şarttır. Deneysel veriden pek çok açık yanıt alınabilir ya da daha sonra ek deneylerle test edilmesi gereken sorunlar çıkabilir.

4.18 Korelasyon ve Regresyon Analizi

Korelasyon ve regresyon analizi, ilişkileri 2 veya daha fazla etken arasında analiz eden araçları kapsar. İki etken arasında korelasyon varsa bu, birindeki bir değişikliği diğerindeki değişikliğin izleyeceği anlamına gelir. İstatistiksel hesapları bu veriye uygulayarak, etkenler arasındaki ilişkilerin gücü ölçülür ve birçok yardımcı sonuç çıkarılır. [19, 20]

Değişik türdeki korelasyon ve regresyonlar arasında bulunan araçlar, aşağıda verilenleri yapmada yardımcı olabilir:

- Şüphelenilen neden (X) ve tepki ya da çıktı (Y) arasında bir bağlantı olup olmadığını görmek için temel neden hipotezini test etmek
- Sonuçlardaki (Y) değişik etkenlerin etkisini (X) ölçmek ve karşılaştırmak
- Bir sürecin, ürünün ya da hizmetin belli koşullar altındaki performansını önceden bilmek

4.18.1 Temel Kavramları

- Korelasyon katsayısı: Bir dağılım çizelgesi çizmek için kullanılan veri, etkenlerin korelasyon içinde olup olmadıklarını ve korelasyon varsa bunun gücünü söyleyen bir sayı – buna r denmektedir – olarak ifade edilebilir. Korelasyon katsayısı r -1’den 1’e kadar değişebilir. Genellikle -0,7’den daha düşük ya da 0,7’den daha yüksek çıkması durumunda daha fazla araştırma

yapılması gerektiği sonucuna varılır. Negatif olması olumsuz bir korelasyon olduğu anlamına gelmektedir.

- Korelasyon yüzdesi: r olarak simgelenen korelasyon yüzdesi neden olan Y(bir iş sürecindeki çıktılarda yer alan etken ya da ölçümler) ya da ona bağlı etkenin, X(bir iş sürecindeki girdilerde ya da süreç parçalarında yer alan etken ya da ölçümler) etkeninin değişkenlik yüzdesini ya da miktarını yansıtır.
- Regresyon: Değişik regresyon analiz formları, ilerideki sonuçları önceden bilmek için mevcut veriyi kullanmak üzerine yoğunlaşır. En yaygını “doğrusal regresyon” denilen türdür ve iki değişken için kullanılır.
- Çoklu regresyon: Çoklu değişken analizinde olduğu gibi çeşitli etkenler ile sonuçlar arasındaki ilişkiyi inceler.

4.19 İstatistiksel anlam testleri (Chi-kare, t testi, ANOVA)

Bir süreci ya da ürünü ölçer ya da analiz ederken, sadece veriye bakarak değerli sonuçlara varmak mümkündür. Fakat veriden öğrenilenlerin açık ya da kesin olmadığı durumlar da vardır. Mevcut verilerdeki trendler ya da kalıpları bulacak ya da onaylayacak daha sağlam istatistiksel analiz yöntemleri uygulanabilir. [19, 20]

İstatistiksel anlam testleri Altı Sigma şu gibi durumlarda uygulanır:

- Performanstaki bir sorunu ya da anlamlı bir değişikliği onaylamak
- Verinin dğerli olup olmadığını kontrol etmek
- Bir grup sürekli verideki kalıp tipini ya da dağılımını belirlemek
- Kalıp ve farklılıkları temel alan bir temel neden hipotezi geliştirmek
- Temeldeki neden hipotezlerini değerlendirmek ya da tersini ispatlamak

Sıfır Hipotezi, bir ana kütle veya süreçte gözlemlenen herhangi bir değişkenin, değişikliğin ya da farklılığın tamamen şansa bağlı olduğunu söyler.

Bir hipotezi istatistiksel denemelerden geçirmek için kullanılan çeşitli yöntemler şunlardır:

- Chi-kare (χ^2) testi: Bu genellikle kesikli veriyle, kimi durumlarda da sürekli veriyle kullanılan bir yöntemdir. Chi-kare testinin uygulanabileceği örnekler şunlardır:
 - o İki bölgedeki hata oranlarının belirgin bir biçimde farklı olup olmadıklarını görmek için bunları karşılaştırmak,
 - o Müşterinin ürün seçimlerindeki haftalık değişikliklerin anlamlı bir değişken düzeyi gösterip göstermediğini kontrol etmek
 - o Değişik eleman düzeylerinin müşterinin memnuniyetine olan etkilerini denemek
- T testi: Bu yöntem iki adet sürekli veri grubu ya da örneği varsa, anlam testi için kullanılabilir. Verinin nitelikli olduğu farz edilirse, t testi şu durumlarda uygulanabilir:
 - Üç aylık bir dönem boyunca, herhangi bir anlamlı değişiklik olup olmadığını görmek için sürecin kilit adımının iki haftadaki çevrim zamanlarını kıyaslamak
 - İki bölgedeki müşteri gelirinin incelemek, bunun amacı birindeki gelir düzeyinin diğerinden belirgin bir şekilde daha yüksek ya da daha alçak olup olmadığını görmektir.
- Disket sürücülerin iki parçasındaki arama hızının farklı olup olmadığını görmek için denem yapmak
- Değişkenlik Analizi (ANOVA): ANOVA sürekli veri için kullanılan başka bir anlam testidir. T testinden farklı olarak iki ya da daha fazla sayıdaki grup veya örneği kıyaslamak için kullanılır. Yukarıda t testi uygulanan durumlardaki grup veya örnek sayısı arttığı takdirde ANOVA uygulanması gerekmektedir.
- Çoklu değişken analizi: Manova olarak da bilinen bu yöntem çeşitli etkenlerin belirginliğini tanımlamak için kullanılır ve ilk adımı genellikle ANOVA uygulamasıdır.

4.19.1 Temel Adımlar:

- Analiz edilen konu tanımlanır. İstatistiksel bir test yapılacak olan kilit sorun ya da kavram hangisidir sorusunun cevaplanması gerekir. İstatistiksel bir değerlendirmenin gerçekten gerekip gerekmediğinden emin olmak gereklidir.
- Hipotez ve sıfır hipotezinin formüle dökülmesi gerekir. Hipotezde olanlar hakkındaki düşünceler tanımlanır ve tüm bu düşüncelerin rastlantısal bir olasılık olması durumu da sıfır hipotezi olarak ortaya konur.
- Doğru istatistiksel test seçilir. Sürekli bir veri tekniği seçmeden önce, bu verinin işe yarayıp yaramadığını görmek için gözden geçirilir.
- Hesap yapılır ve sonuçlar gözden geçirilir. Temelde üç olası cevap vardır;
 - o Sıfır hipotezi kanıtlanır, bu da veride hipotezi destekleyecek kanıt yok demektir.
 - o Bu veriye göre, Sıfır hipotezi doğru değildir, bazı belirgin etkenler veriyi etkilemektedir ve bu nedenle de hipotez doğru olabilir.
 - o Eldeki veride ya da seçilen araçta bir yanlışlık olduğunu gösteren bir hata vardır.

4.20 Beyin Fırtınası

Yaratıcı düşünceler üretmek için beyin fırtınası ve yakınlık diagramı gibi araçlar kullanılması gerekir. Beyin fırtınası bir problem ya da soruya bir grubun verdiği tüm yanıtların listelenmesini ifade eder. 1939 yılında Alex Osborn tarafından terim olarak ortaya konulmuştur. Grup içerisinde yer alan herkesin tüm fikirlerini özgürce dile getirmesi teşvik edilir ve tüm fikirler söylenene kadar hiçbirisi hakkında yorum yapılmaz. Beyin fırtınası aşağıda verilen belirgin sorular için kullanılan etkili bir yöntemdir:

- Bu sene firmamızı ne tip fırsatlar bekliyor?
- A bölümünün performansını kısıtlayan faktörler nelerdir?
- B problemine neler sebep olabilir?
- C probleminin çözümü için neler yapılabilir?

Ancak beyin fırtınası tekniği problem sebeplerinin pozitif olarak tanımlanmasında kullanılmaz, ancak bir fikir havuzu oluşturulmasında kullanılarak bu fikirlerin daha sonra değerlendirilmesi ve kıyaslanması için bir veri tabanı oluşturur. Beyin fırtınası metodunun başarıyla uygulanabilmesi için aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gereklidir:

1. Tartışılan soru/konunun herkes tarafından net ve doğru bir şekilde anlaşılır olması gerekir.
2. Fikirlerin söylenmeye başlanmasından önce herkese düşünmek için kısa bir süre tanınması uygundur. Ancak bu süre çok fazla tutulursa insanlar fikirlerini söylemeden önce kendi kendilerine yorumlama ve sınırlandırmaya kalkışabilirler.
3. 1 seferde herkesin bir fikir beyan etmesini ya da o turu pas geçmesini sağlayın.
4. Daha çok fikir daha fazla yanıt alternatifi demektir. En radikal fikirlerin bile söylenmesini destekleyin.
5. Hiçbir şekilde söylenen fikirlerin yargılanmasına ya da tartışılmasına müsaade etmeyin.
6. Söylenenleri söylendiği gibi kaydedin.
7. Tüm fikirler söylenene kadar seansı kapatmayın.
8. Tekrarlamalara ya da konuyla ilgisiz fikirlere izin vermeyin.

Bir beyin fırtınası seansı net bir soru ile başlar ve ham bir fikirler listesi ile sona erer. Bu fikirlerin bazıları iyi bazıları da kötü olabilir. Ancak bu yargılama seans bittikten sonra yapılmalıdır. Genelde beyin fırtınası tek başına kullanılmaz, oluşturulan fikirler başka kalite araçları kullanılarak değerlendirilir. [8]

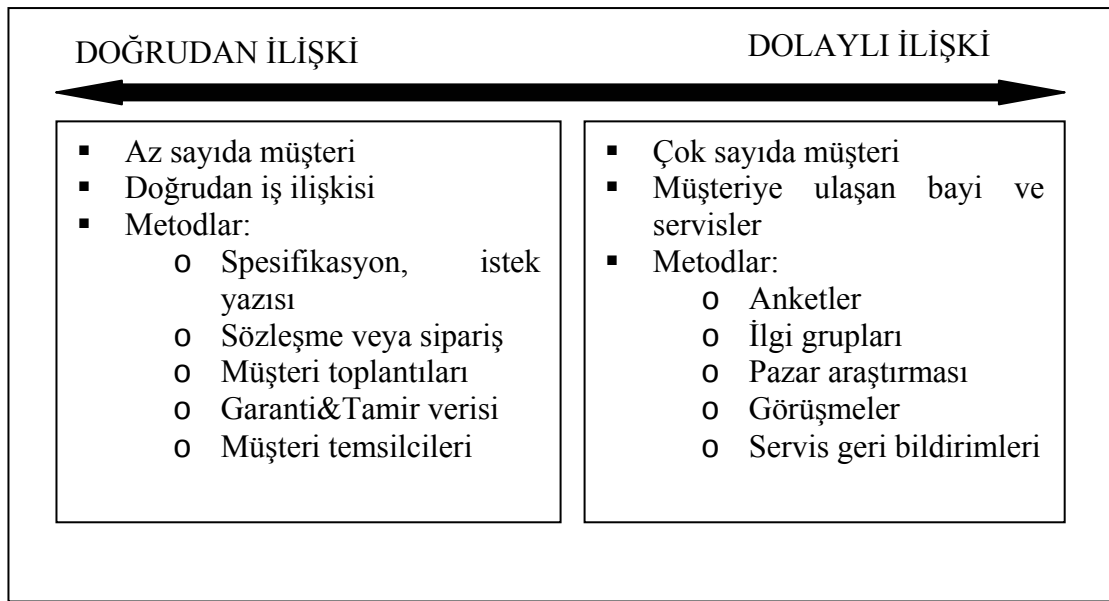
4.21 Müşterinin Sesi

Kalite müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve daha yüksek değer yaratmak olarak tanımlanabilir. Müşteri ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için öncelikler bu ihtiyaçların anlaşılabilmesi gereklidir. “Müşterinin sesi” terimi bilinen ve bilinmeyen tüm müşteri istek ve ihtiyaçlarını ifade etmek için kullanılır. Müşterinin sesi bir kaç

yöntemle elde edilebilir: doğrudan görüşmelerle, anketlerle, gözlemlerle, şikayet verileri ile, servis raporları ile gibi.

4.21.1 Müşterinin Sesine Ulaşmak

Hedef pazar ve müşteri kitlesini belirleyen bir ürün planı hazırlandığında bir sonraki adım olan ürün geliştirme için gereken; hedef kitle ihtiyacının nasıl öğrenileceğidir. Bu kapsamda hedef müşterilerin belirlenmesi, hangi müşterilerle temasa geçileceğinin belirlenmesi, istek ve ihtiyaçların belirlenmesi için hangi araçların kullanılacağı, planlama ve araştırma için gereken kaynakların tesbiti söz konusudur.



Şekil 4.11: Müşterinin sesine ulaşmak

Müşterinin sesi çeşitlilik gösterir. Tüketim ürünleri pazarında çok farklı ihtiyaçlar söz konusudur. Aynı aile içinde dahi aile bireyleri yaş gruplarından kaynaklanan farklı ihtiyaçlara sahiptirler. Endüstriyel ürün pazarında da durum farklı değildir. Aynı organizasyon içerisinde, ürünün alınmasından sorumlu grubun ürünü kullanan ya da ürünün bakımını yapan gruplara göre farklı beklenti ve ihtiyaçları söz konusudur. Başarılı bir ürün için tüm bu farklı sesleri anlamak, yorumlamak ve dengelemek gereklidir.

Genel olarak organizasyonlar içerisinde pazarlama bölümü müşterinin sesini ve üründen beklentilerini belirlemekten sorumludur. Bu geleneksel yaklaşım ne yazık ki mühendislik ve diğer geliştirme çalışanlarının müşteriden uzaklaşmasına neden

olmaktadır. Bu sebeple de bu grupların müşteri ihtiyaç ve isteklerini ilk elden öğrenebilmeleri firası kaçırılmaktadır.

Ürün geliştirme çalışanları müşterinin sesi tanımlama çalışmalarına doğrudan dahil olmalıdırlar. Bu kapsamda müşterilerle görüşmeli, ürünleri kullanan müşterileri gözlemlemelidirler. Ürün geliştirme ile satış pazarlama bölümleri arasında rotasyon uygulaması da bir diğer olumlu yaklaşımdır. Bu doğrudan katılım müşteri beklentilerinin daha iyi anlaşılmasını, ürünün kullanıldığı çevrenin ve kullanım şartlarının daha doğru belirlenmesini sağlayarak geliştirme aşamasında verilecek kararların daha sağlıklı ve bilgiye dayalı olmasına katkıda bulunur. Örneğin hedef müşteri kitlesinin ürünün son teknolojiyi içermesi yerine sağlamlığına ve kullanım kolaylığına önem vermesi gibi.

Az sayıda müşteriye sahip olan ve müşterileri ile doğrudan iletişim kuran firmalarda ise ürün geliştirme grubu içerisine müşteri temsilcilerinin dahil edilebilmektedir. Ayrıca ilgi gruplarından da (denek müşteri grubu) faydalanılabilir. Dikkate alınması gereken bir diğer husus mevcut müşteriler yanında potansiyel müşterilerin de olacağıdır.

Kontak kurulması gereken müşteri adedi, ürünün karmaşıklığına, pazarın genişliğine, ürün kullanımına ve müşterilerin sosyal ve kültürel yapısına bağlıdır. Amaç ihtiyaç ve beklentilerin %90-95 oranında belirlenmesidir.

Kimlerle konuşulması gerektiği sorusuna cevap olarak ilk akla gelen eğer ürün mevcut markete sunulacaksa mevcut müşteriler olmaktadır. Bunun yanında potansiyel müşteriler de, özellikle ürün yeni bir markete sunulacaksa önemlidirler. Bir diğer kaynak rakip ürün ya da firmanın müşterileri ile görüşme olabilir. Bu sayede rakip ürünün güçlü yanları ve ürününüzün tercih edilmeme nedenleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Özel müşteri grubu olarak adlandırılan, ürünü en üst seviyede ve tüm fonksiyonlarıyla kullanan müşteriler, müşteriler de özellikle yeni ürün araştırmalarında çok değerli bilgiler sağlamaktadırlar.

Müşteri görüşmeleri sırasında temel beklentileri belirlemek önemlidir. Sıklıkla müşteriler ihtiyaçlarının ne olduğunu değil, nasıl karşılanacağını ifade ederler. Bu da geliştirme seçeneklerinde bir kısıt oluşturur. Geliştirme ve pazarlama çalışanları temel ihtiyacı anlayana kadar neden sorusunu sormalıdırlar. Her ihtiyaç ve beklentinin önceliğinin belirlenmesi ve önem derecelerinin tesbit edilmesi gereklidir.

Temel amaç hangi beklentinin satınalma kararına ne derece etki ettiğinin belirlenmesidir.

Beklenti ve ihtiyaçların tanımlanmasından sonra bir diğer konu da ürünün rakip ürünlere göre durumu hakkında bilgi sahibi olmaktır. Bunun için de ürün konsepti ya da prototipi oluşturulduğunda müşterilerle yeniden irtibata geçip ürün hakkındaki yorumları ve diğer rakip ürünlere göre kıyaslamaları istenmelidir. [8, 20, 23]

4.21.2 Müşteri İhtiyaçlarının Organizasyonu

Müşterilerden beklenti ve ihtiyaçlarına dair bilgiler toplandıktan sonra bu bilgilerin ayıklanarak kullanılabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bunun için yakınlık diyagramı sıklıkla kullanılan bir uygulamadır. Kilit müşteri beklentileri kartlar üzerine kısa ifadelerle yazıldıktan sonra birbiriyle ilgili olanları gruplanır ve bir veri bankası oluşturulur.

Bunun yanında müşteriler tarafından dile getirilmeyen özellikler de ilgi çekici fırsatlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tip özellikler mühendislik, pazarlama ya da müşteri destek birimleri tarafından eklenilebildiği gibi ürünü kullanan müşterilerin gözlenmesi sonucunda da ortaya çıkabilir.

5. UYGULAMA

Proje uygulaması ülkemizin önde gelen otomotiv imalatı yapan A firmasında yapılmıştır. Firma 2001 senesinden bu yana müşteri odaklı 6-sigma'yı uygulamaktadır. A firması ülkemizin ilk 500 şirket sıralamasında en üst sıralarda yer alan ve hem içi hem dış pazara araç imalatı yapan bir firmadır. 2005 yılında 240.000 araç üretmiş ve bu üretiminin %60'ını Avrupa başta olmak üzere dünyanın birçok ülkesine ihraç etmiştir.

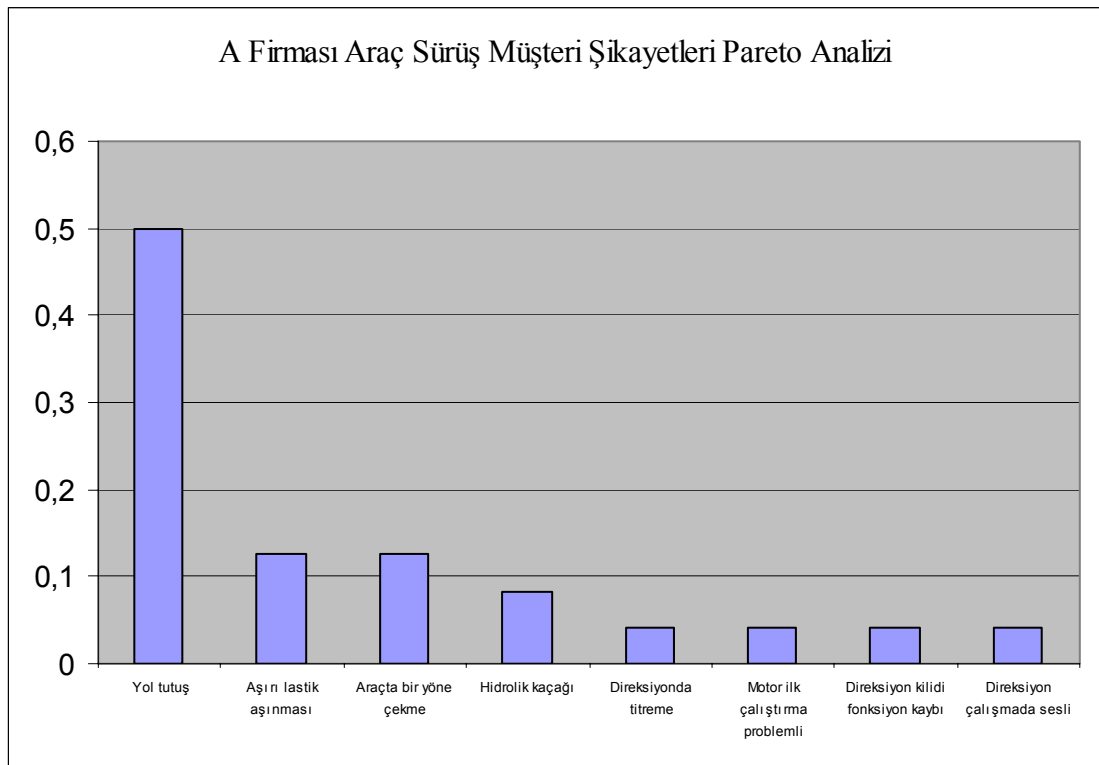
Firma müşteri odaklı 6-sigma'yı TÖAİK metodolojisini kullanarak uygulamaya başlamıştır. Halen tasarımda 6-sigma uygulamasının yaygınlaştırılması için çalışmalar ve eğitimler sürdürülmektedir. Firmanın hedefi tüm beyaz yakalı personelinin yeşil kuşak eğitimlerini tamamlamasıdır. Bu amaçla planlanan eğitim programı devam etmektedir. Bu bağlamda yalnızca imalat bölümlerinde değil finans, muhasebe, lojistik, planlama ve ürün geliştirme gibi tüm departmanlarda görev yapan kara kuşak ve yeşil kuşaklar bulunmakta ve her departmanda 6-sigma projeleri yürütülmektedir.

Firmanın 6-sigma organizasyonu bünyesinde uzman kara kuşakları ve her departmanda görev yapan kara kuşakları bulunmaktadır. Uzman kara kuşaklar sorumluluk alanlarında yer alan departmanlardaki kara kuşaklarla bağlantılı çalışarak 6-sigma faaliyetlerini yürütmektedir. Firmanın skor kartında 6-sigma önemli bir yer tutmaktadır. Yıl içinde tamamlanması hedeflenen 6-sigma proje adedi, yıllık proje kazancı, 6-sigma eğitim saati toplamı, yeşil kuşak ve kara kuşak sayısı firmanın skor kartında yer alan metriklerdir. Fabrika skorkartında yer alan bu hedef ayrıca tüm departmanların skor kartlarında da departman hedeflerini gösterir biçimde yer almaktadır.

Konu proje; imalat bölümünde gerçekleştirilmiş bir iyileştirme projesidir.

5.1 Proje Seçim Aşaması

Müşteri odaklı 6-sigma projelerinde yapılan projelerin öncelikle müşteri memnuniyetine yönelik olması esastır. Bu nedenle proje konusu belirlenirken müşteri şikayetleri datası incelenmiştir. 1 yıla ait müşteri şikayetleri verisi gruplandırılmış ve en çok karşılaşılan müşteri şikayetleri belirlenmiştir. Müşterilerin araç sürüşü ile ilgili şikayetlerine ait paretolar hazırlanarak müşterinin sesi anlaşılmaya çalışılmıştır. Şekil 5.1’de aracın sürüşü ile ilgili olan müşteri şikayetlerinin paretosu gösterilmektedir.

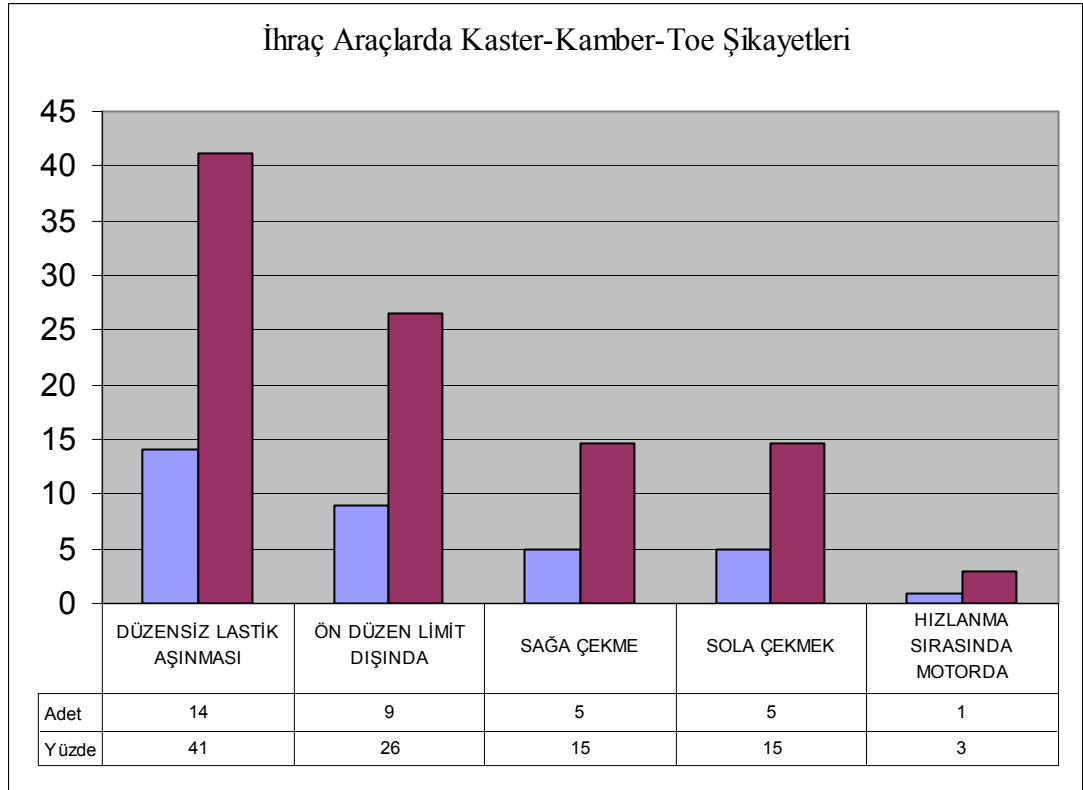


Şekil 5.1: Araç sürüşü ile ilgili müşteri şikayetleri paretosu

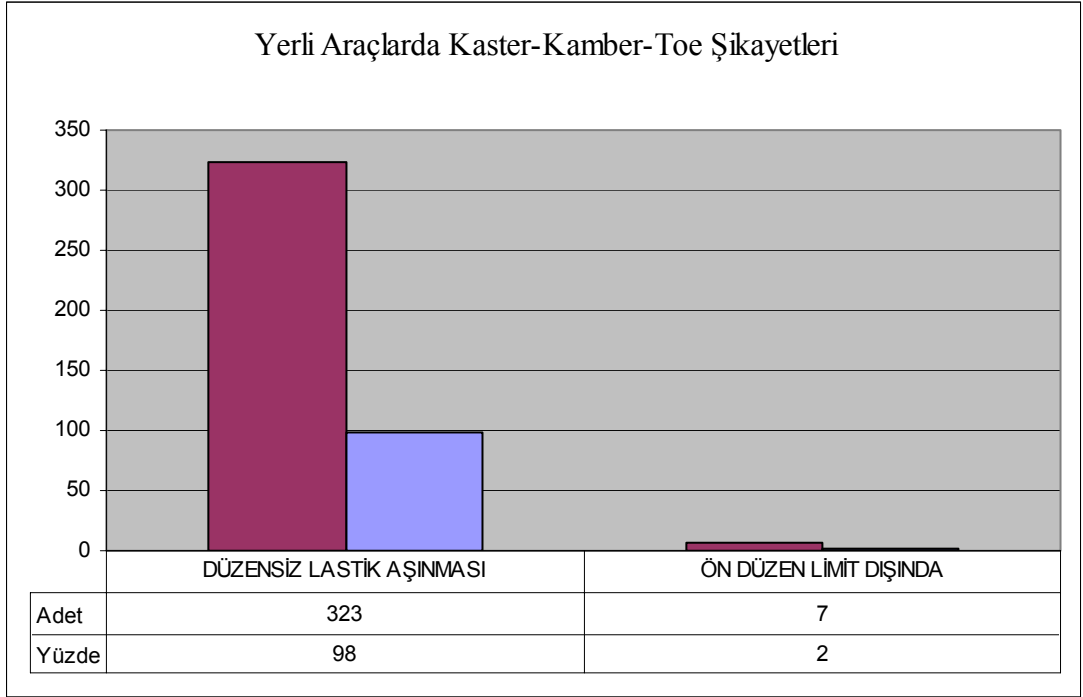
Aşırı lastik aşınması ve araçta bir yöne çekme şikayetleri kamber/kaster/toe şikayetleri olarak da bilinmekte ve %25 yüzdeye sahip oldukları görülmektedir. Proje konusu olarak bu şikayetlerde iyileştirme seçilmiştir.

Tablo 5.1: Müşteri Şikayetleri yüzde dağılımı

Şikayet Tanımı	Şikayet Yüzdesi
Yol tutuş	50,0%
Aşırı lastik aşınması	12,5%
Araçta bir yöne çekme	12,5%
Hidrolik kaçağı	8,3%
Direksiyonda titreme	4,2%
Motor ilk çalışmada problemlili	4,2%
Direksiyon kilidi fonksiyon kaybı	4,2%
Direksiyon çalışmada sesli	4,2%



Şekil 5.2: İhraç araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri



Şekil 5.3: Yerli araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri

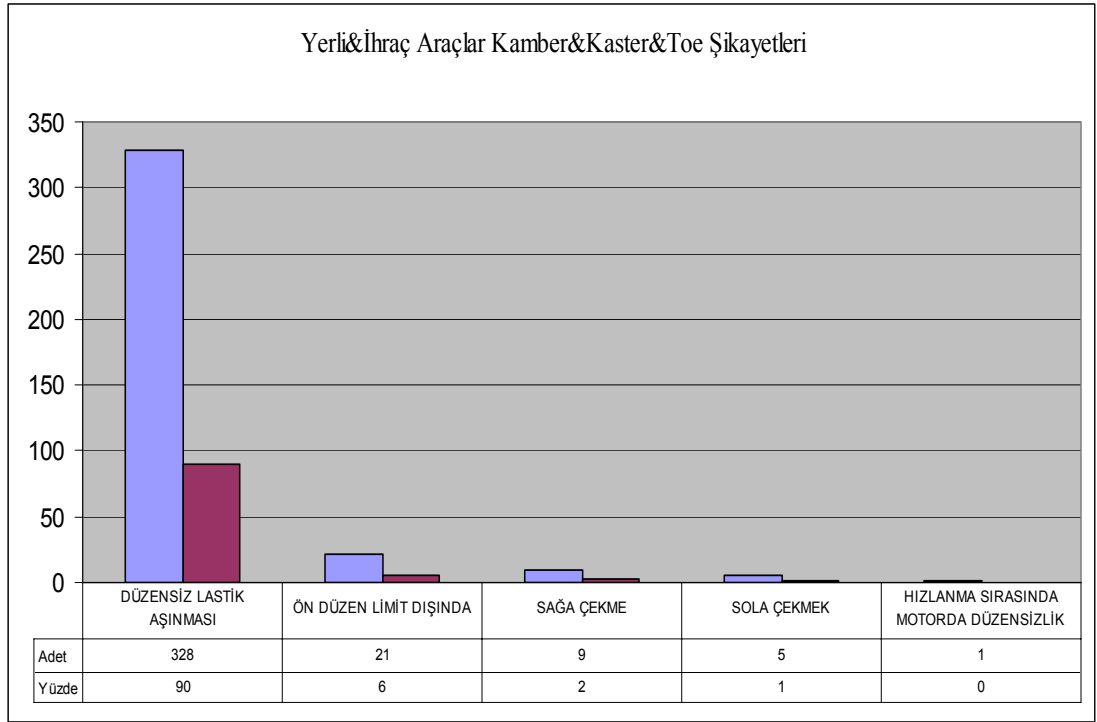
5.2 Tanımlama Aşaması

Tanımlama aşamasında amaçlananlar şunlardır:

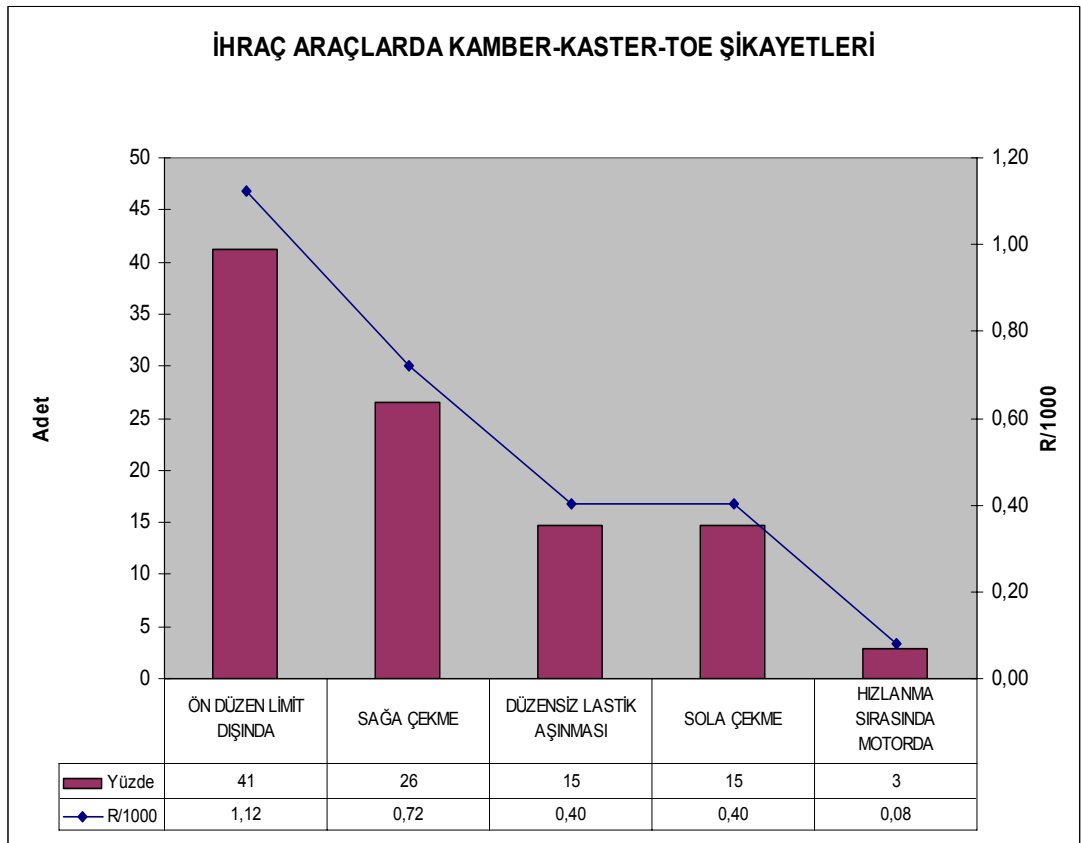
1. Müşterilerin belirlenmesi
2. Müşteri ihtiyaç ve taleplerinin belirlenmesi
3. Proje hedefinin tanımlanması
4. Proje kapsamının belirlenmesi

Müşterilerin belirlenmesi amacıyla servis verileri gruplanarak şikayetlerin ihraç edilen araçlarda ve yerli pazara satılan araçlarda durumu incelenmiştir.

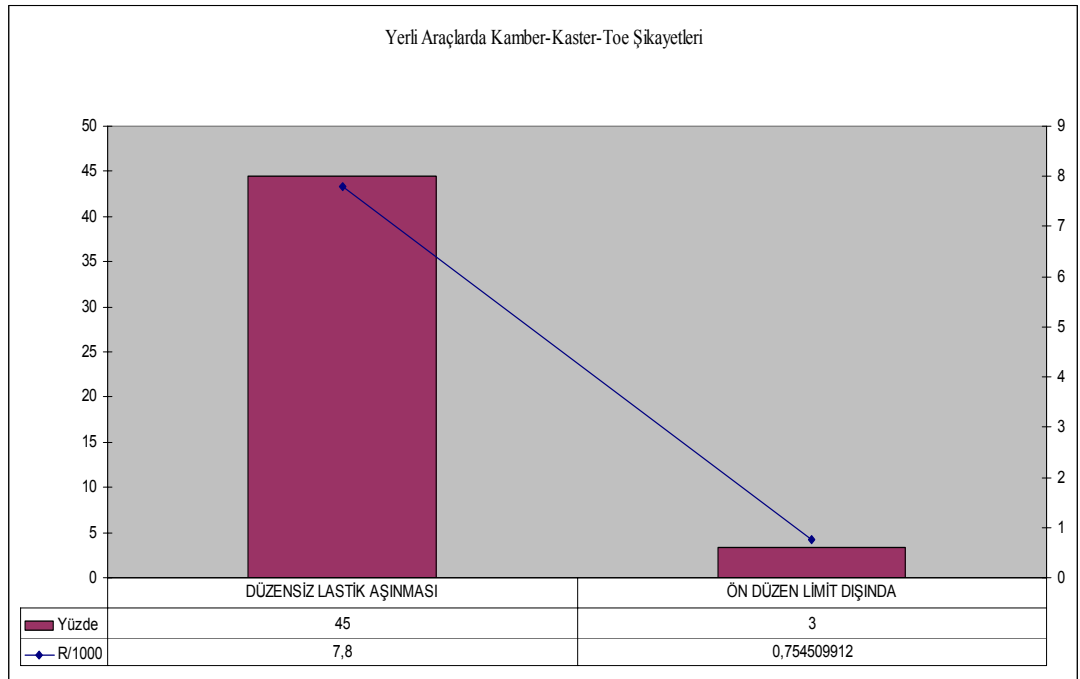
Şekil 5.2 ve 5.3’de yerli ve ihraç araçlarda Kaster-Kamber-Toe şikayetlerinin adet ve yüzdeleri gösterilmektedir. Şekil 5.4’de her iki veri aynı grafikte toplanmıştır. Yerli pazara satılan araçlarda şikayetin ihraç pazara satılan araçlara göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir.Şekil 5.5 ve 5.6’da ihraç ve yerli Pazar araçları için Kaster-Kamber-Toe şikayetleri R/1000 verisiyle birlikte grafikleştirilmiştir.



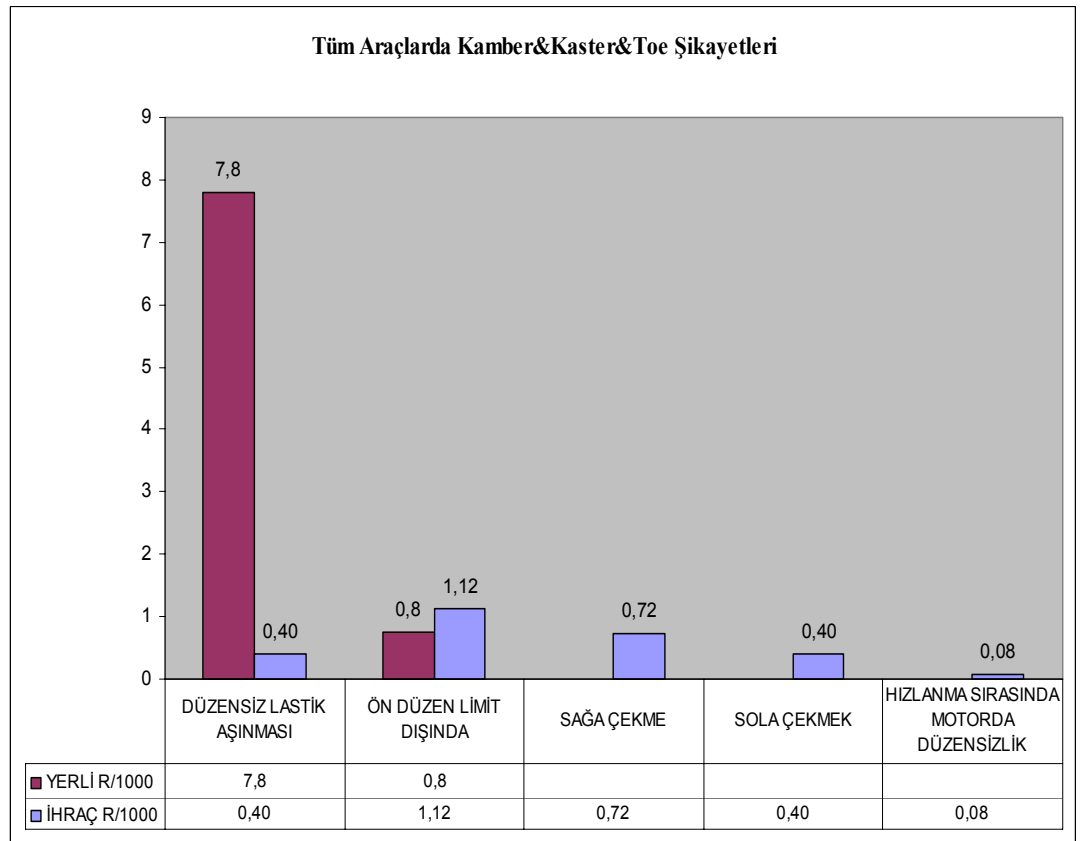
Şekil 5.4: Yerli ve İhraç Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri



Şekil 5.5: İhraç Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri (R/1000)



Şekil 5.6: Yerli Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri (R/1000)



Şekil 5.7: Yerli ve İhraç Araçlarda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri (R/1000)

Şekil 5.7’de görüldüğü üzere yerli pazardan gelen kamber-kaster-toe şikayetleri içerisinde düzensiz lastik aşınması ilk sırada yer almaktadır ve R/1000 değeri 7,8’dir.

Buna göre proje kapsamı olarak yerli pazardan gelen düzensiz lastik aşınma şikayetlerinin azaltılması seçilerek proje onay formu oluşturulmuştur. (Bkz. Ek B – Uygulama Proje Onay Formu)

Proje onay formunda belirlenen ana başlıklar şöyledir:

Problem Tanımı: Yerli Pazar müşterileriön lastiklerde aşınma şikayetinde bulunmaktadır. Problemin R/1000 değeri 7,8 olarak gerçekleşmiştir. Problem ilk 10 şikayet sıralamasında 7. sıradadır.

Kritik kalite karakteristiği: Müşteriler ön lastiklerinde normal kullanım çevriminden önce aşınma yaşamak istememektedirler.

Proje hedefi: Projenin ilk hedefi kök nedenlerin tanımlanmasıdır. Projenin sonunda yerli pazardan gelen şikayetlerin %70 iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Proje Kapsamı: Proje kapsamında yapılacak çalışmalar şu şekilde belirlenmiştir:

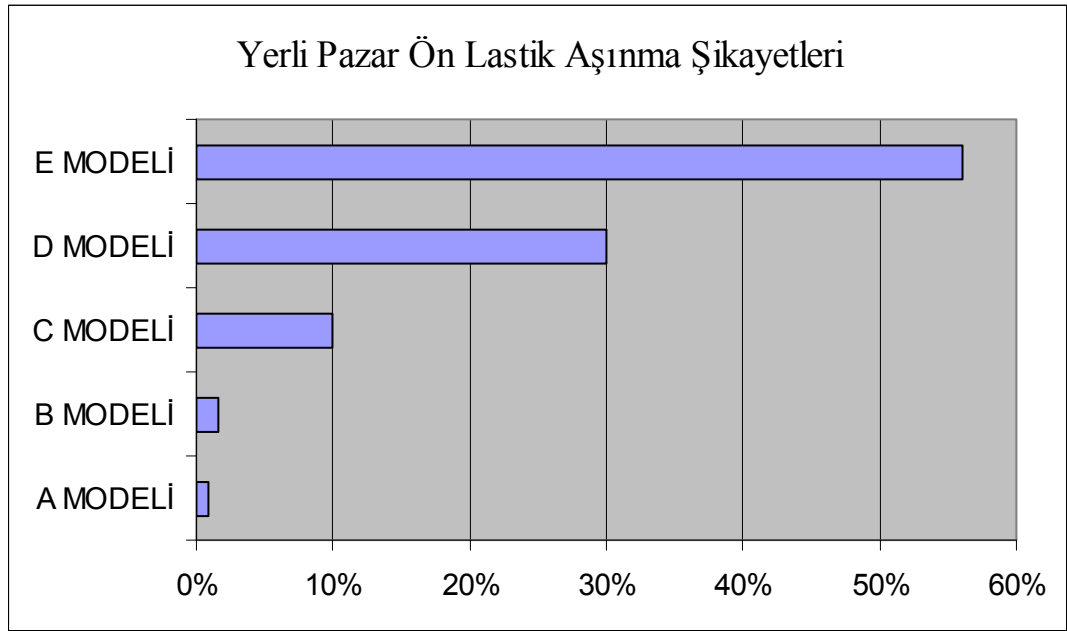
1. Kontrol edilebilir olması açısından ön süspansiyon sisteminin toe ve kamber değerlerindeki değişkenliğin kontrol altına alınması
2. Ön süspansiyon parçalarının ve gövde bağlantı noktaları ölçülerinin kontrol edilmesi

5.3 Ölçüm Aşaması

Ölçüm aşamasında şunlar amaçlanmaktadır:

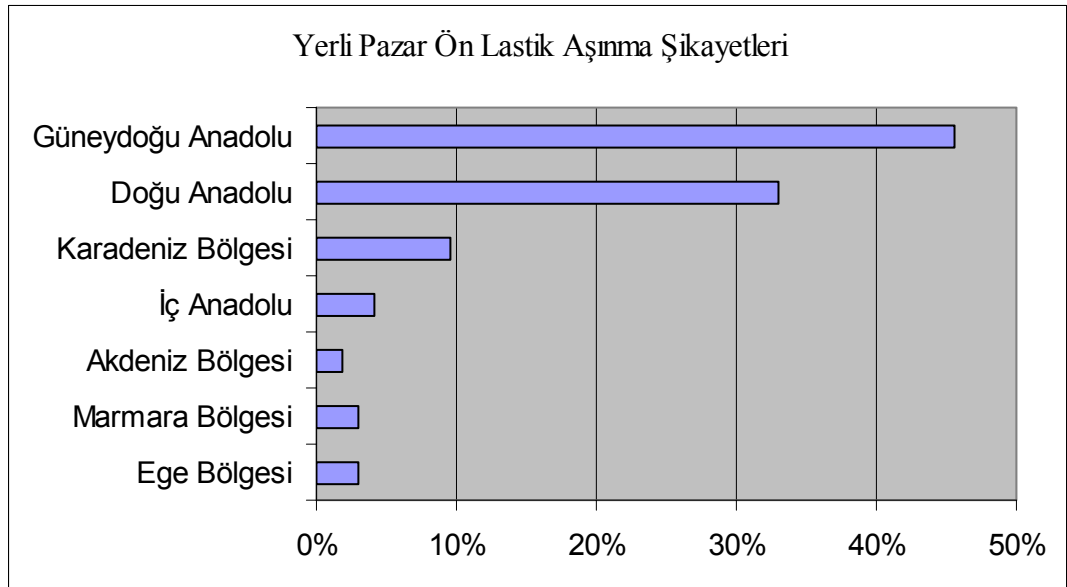
- Mevcut sürece ait verilerin toplanması, ölçümlerin yapılması.
- Mevcut sürecin performansının hedef performans ile karşılaştırılabilmesi için ölçülmesi
- Süreç çıktısını etkileyen girdi değişkenlerinin belirlenmesi

Tanımlama aşamasının ardından yerli pazardan gelen lastik aşınma şikayetlerinin hangi araç modellerinde ve hangi bölgede yoğunlaştığı incelenmiş ve şikayetlerin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ve E ve D modeli araçlarda daha yoğun olarak yaşandığı tesbit edilmiştir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10.



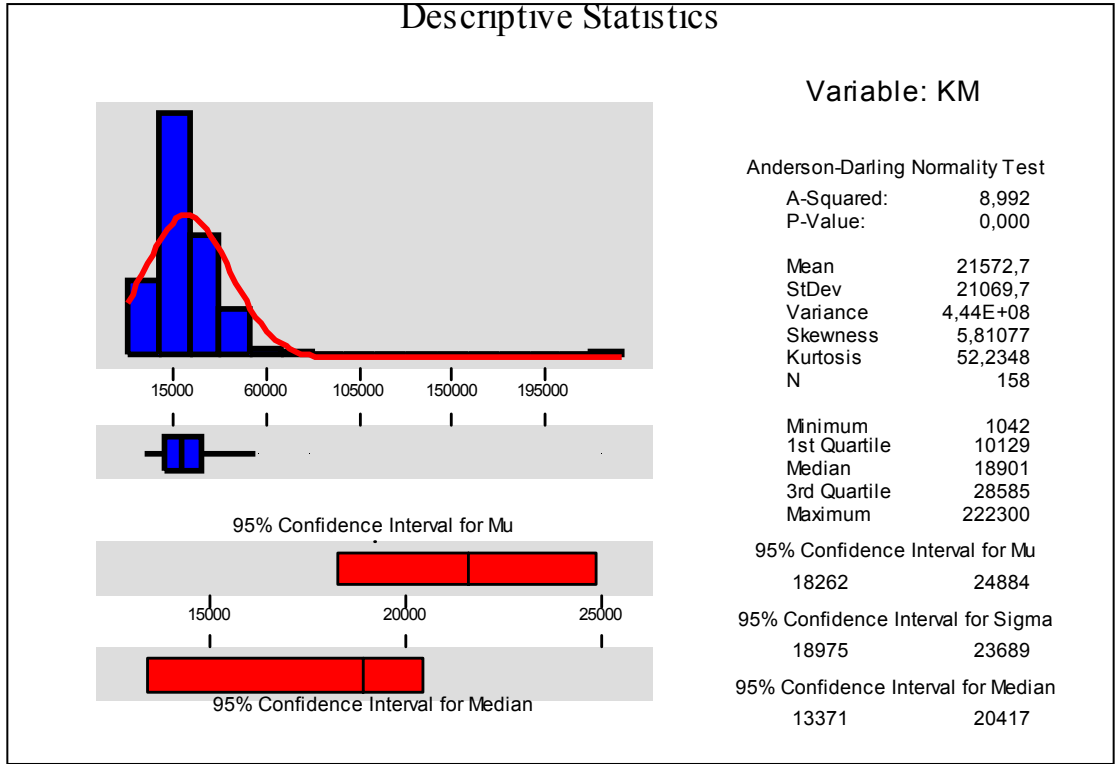
Şekil 5.8: Yerli Araçlarda Model Bazında Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri

Şekil 5.9 ve 5.10’da görüldüğü üzere yerli pazardan gelen ön lastik aşınma problemlerinin %79’u Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden kaynaklanmaktayken şikayetlerin %56’sı E model araçlarda, %30’u D model araçlarda görülmektedir.



Şekil 5.9: Yerli Araçlarda Bölgesel Bazda Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri

Ayrıca müşteri şikayetleri datası incelenerek ön lastik aşınma şikayeti ile servislere başvuran kullanıcıların araçlarının yapmış olduğu km şekil 5.11’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere servislere başvuran araçların ortalama 21.500 km yol yaptıkları belirlenmiştir.

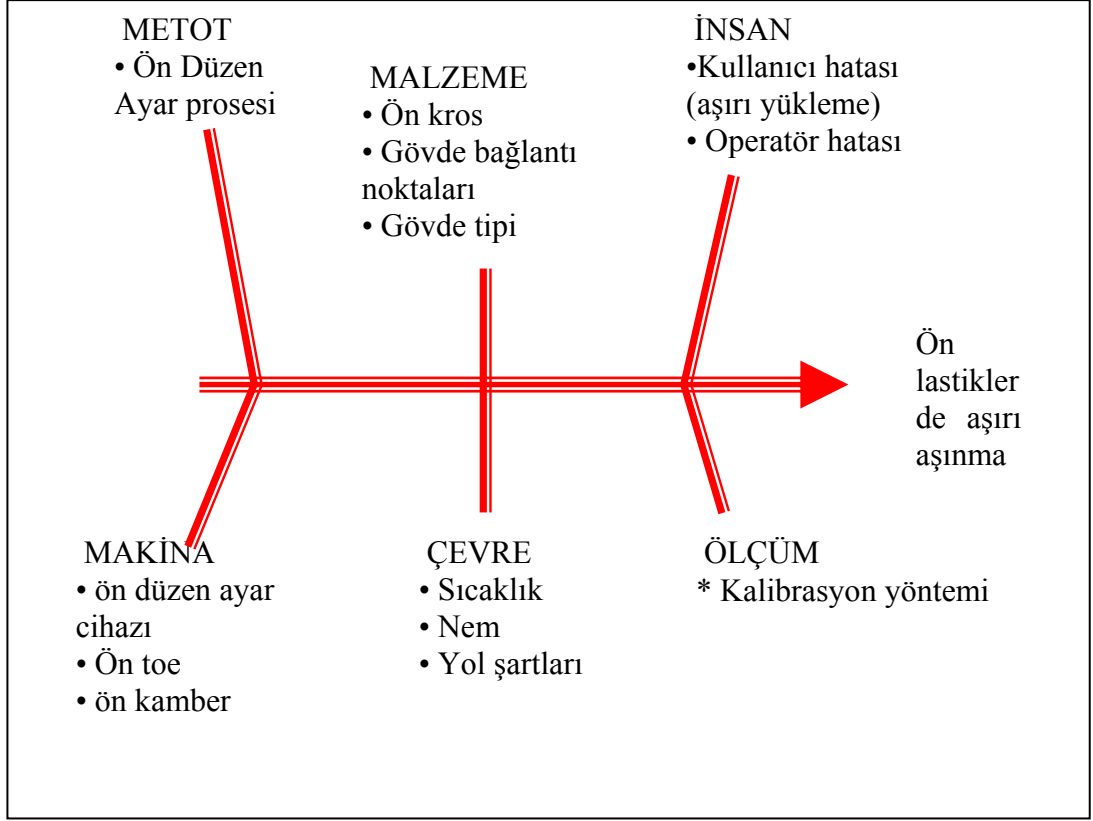


Şekil 5.10: Yerli Araçlarda Km Bazında Kaster-Kamber-Toe Şikayetleri

Probleme neden olan girdileri belirlemek amacıyla oluşturulan sebep-sonuç diyagramı şekil 5.11’de gösterilmiştir.

Proje ekibi bu diyagramda belirlenen süreç girdilerinden şu maddeleri öncelikli olarak belirlemiştir.

- Ön düzen ayar prosesi
- Ön kros
- Gövde bağlantı noktaları
- Kullanıcı hatası (aşırı yükleme)
- Ön toe
- Ön kamber



Şekil 5.11: Lastik Aşınma Sebep-sonuç Diyagramı

Ölçüm aşaması sonucunda elde edilen veriler ışığında problem tanımı şu şekilde revize edilmiştir; Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde 21.500 km ortalamalı araçlarda ön lastiklerde aşırı aşınma şikayeti bulunmaktadır. Problem %56 E model araçlarda, %30 D model araçlarda görülmektedir.

Buna göre $Y=f(x)$ denklemi ölçüm aşaması sonucunda şöyle oluşturulmuştur:

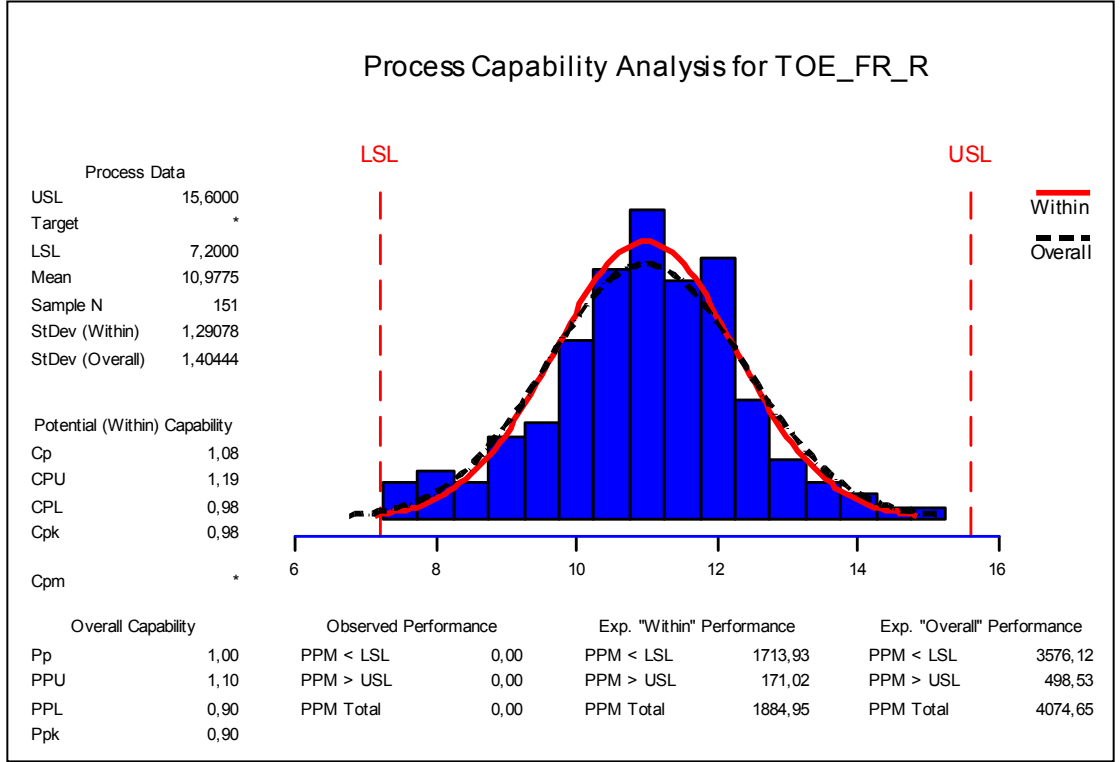
$Y=\text{Ön lastiklerde aşırı aşınma}=f(\text{ön süspansiyon parçaları ve gövde bağlantı noktalarındaki hatalar, ön düzen ayar prosesi, aşırı yüklemeye bağlı toe değişimi})$

5.4 Analiz Aşaması

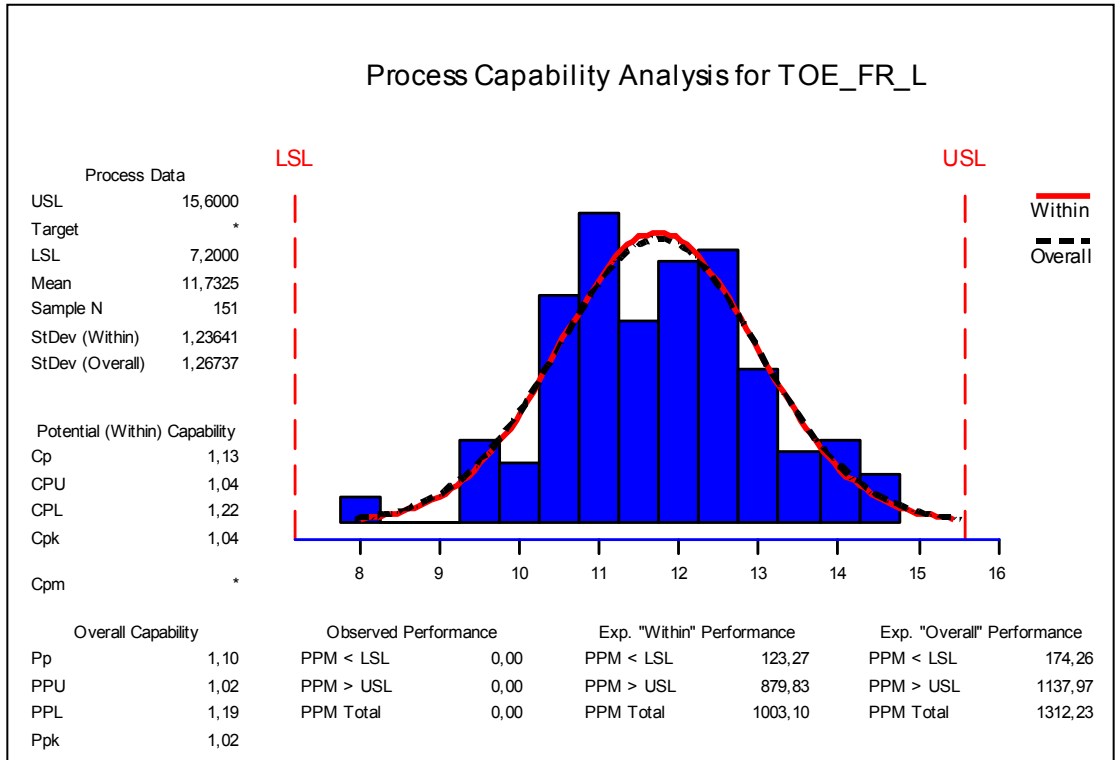
Analiz aşamasında amaçlananlar şunlardır:

- Süreç çıktısında değişkenliğe neden olan girdilerin incelenmesi ve önceliklendirilmesi
- Ölçüm aşamasında elde edilen verinin analiz edilerek kök nedenlerin belirlenmesi
- Anahtar süreç girdi değişkenlerinin verilerle doğrulanması

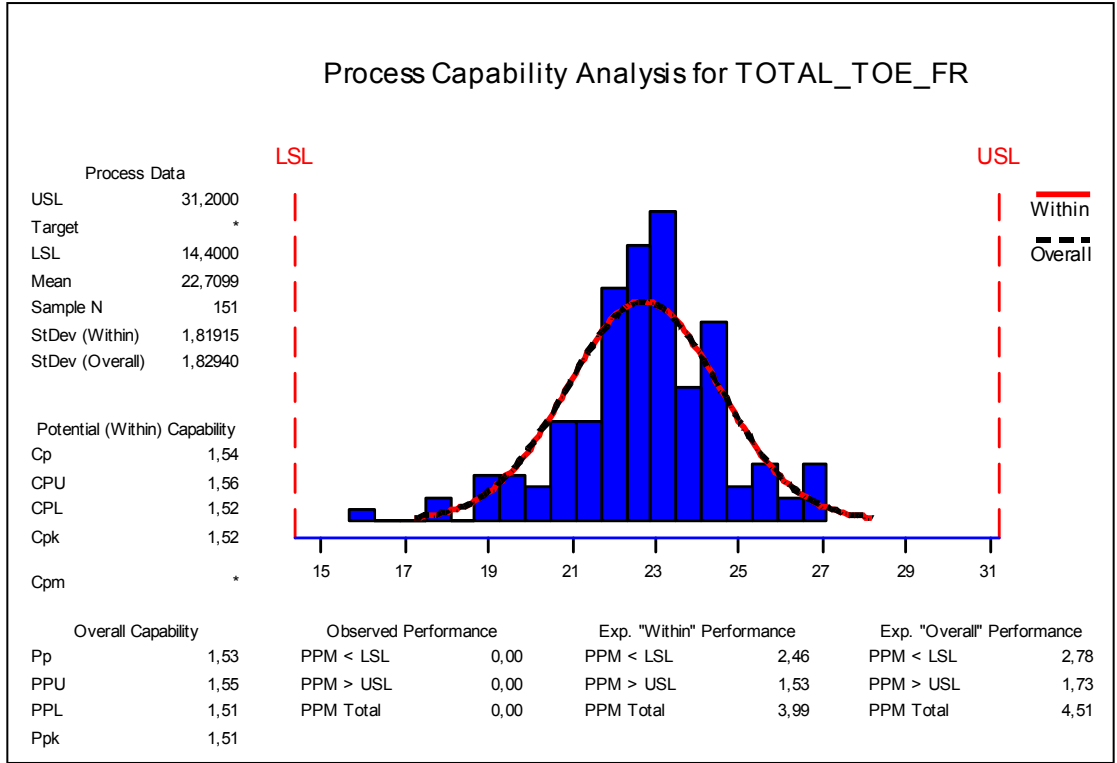
İlk aşamada şikayete konu olan araçların fabrikada yapılan ön düzen ayar değerleri incelenmiştir. Tüm araçların fabrika ön düzen ayar verileri limitler dahilindedir.



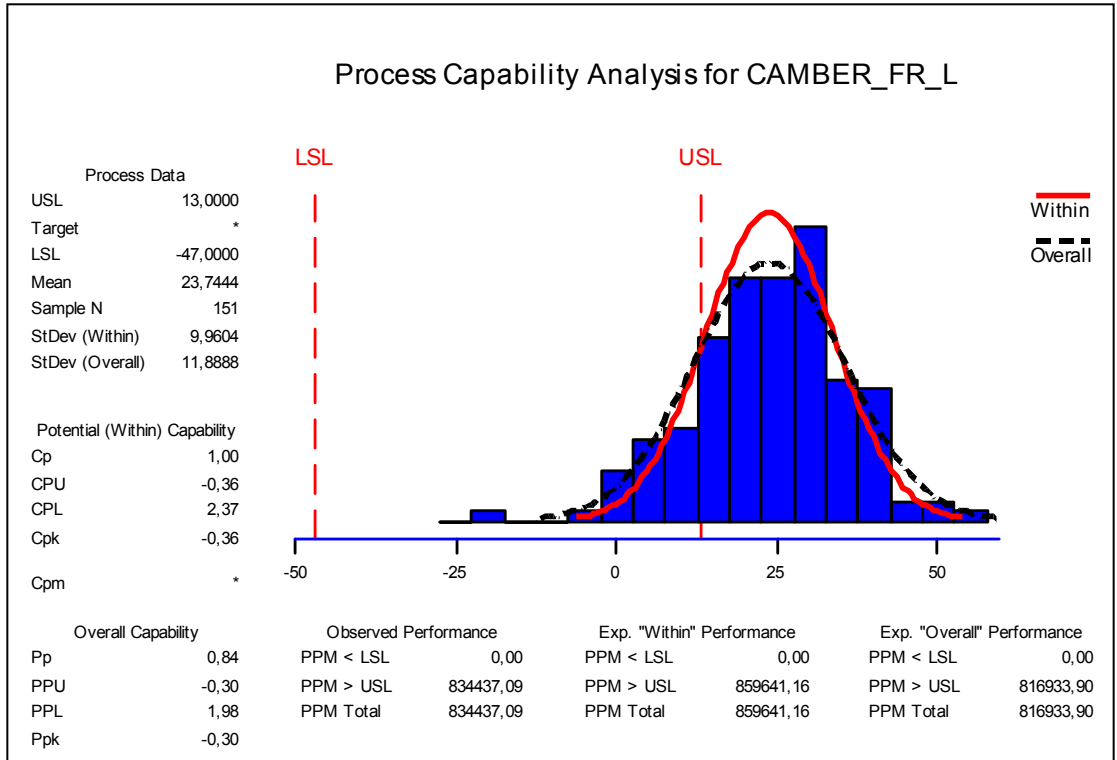
Şekil 5.12: Ön sağ toe süreç yeterlilik analizi



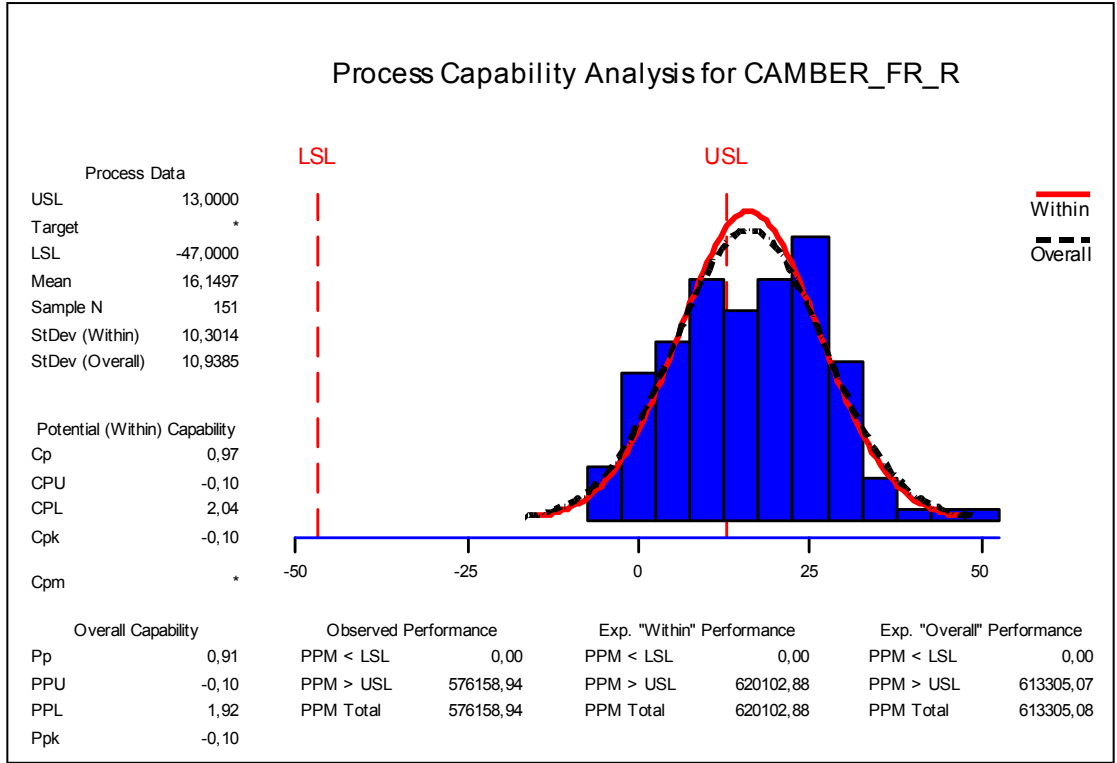
Şekil 5.13: Ön sol toe süreç yeterlilik analizi



Şekil 5.14: Toplam ön toe süreç yeterlilik analizi



Şekil 5.15: Ön sol kamber süreç yeterlilik analizi



Şekil 5.16: Ön sağ kamber süreç yeterlilik analizi

Şekil 5.15 ve 5.16’de görüldüğü üzere şikayet edilen araçların ön sağ ve sol kamber değerlerinde limit dışı değerler bulunmaktadır ancak bu sapmalar lastiklerin içten aşınmasına neden olamaz çünkü kamber dıştan aşınmayı artırıcı özelliktedir.

Normal şartlar altında, - uygun yükleme ve yol koşulları durumu -, sıfır ya da sıfıra yakın toe değerleri aşınmanın optimum yaşanması beklenen değerlerdir. İmalat prosesinde toe değerleri $0,38^{\circ} \pm 0,14^{\circ}$ ya set edilmektedir.

Şikayet yaşanan bölgelerdeki kullanım şartlarını ve yol durumlarını incelemek için proje ekibinden bir grup Diyarbakır servisini ziyaret etti. Burada ön lastik aşınması şikayeti bulunan 8 araç üzerinde yapılan ölçüm sonuçları tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2’den de görüldüğü üzere şikayete konu araçların toe değerleri limit dışında bulunmuştur. Ancak pozitifte yüksek çıkan toe değerleri lastiklerde dış bölümde aşınmaya eğilimi artırıcı özelliktedir.

Şikayete konu araçların hem yük hem yolcu taşıma amaçlı kullanıldığı bilgisi alınması sebebiyle araçların kullanım yükü durumunda aynı ölçümler tekrar yapılmıştır. (Tablo 5.3)

Tablo 5.2: Lastik aşınması görülen araçların toe değerleri

Şikayet araçları ortalaması			Limit		
			Min	Nom	Max.
Sağ Kamber	-0,33		-0,79	-0,29	0,21
Sol kamber	-0,1		-0,79	-0,29	0,21
Sağ Toe	0,316	0,755	0,24	0,38	0,52
Sol Toe	0,439				

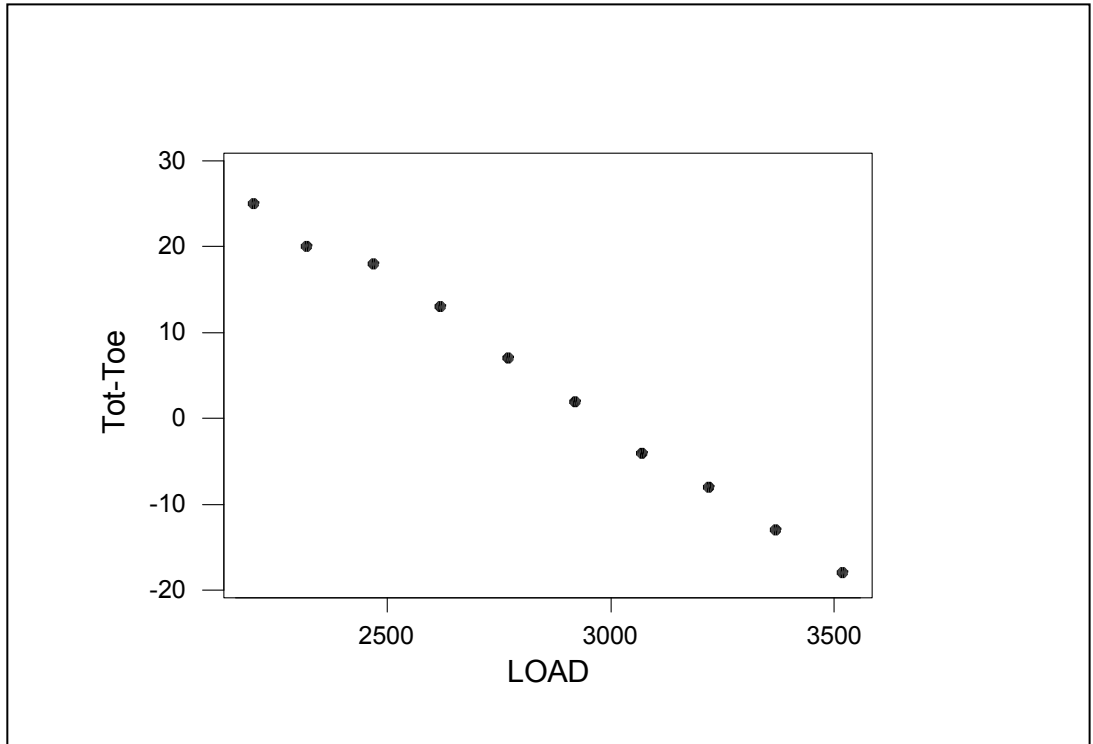
Tablo 5.3’de de görüldüğü üzere yüksüz durumda pozitif yönde limit dışı olan toe değerleri yüklü durumda negatif yönde limit dışına çıkmaktadır. Yüklemenin set edilen toe değerine etkisi olması nedeniyle proje ekibi imalat hattından çıkan E model bir yerli Pazar aracını farklı yükler altında ölçüme tabi tutmuştur.

Tablo 5.3: Lastik aşınma aracının yüklü yüksüz ölçüm tablosu

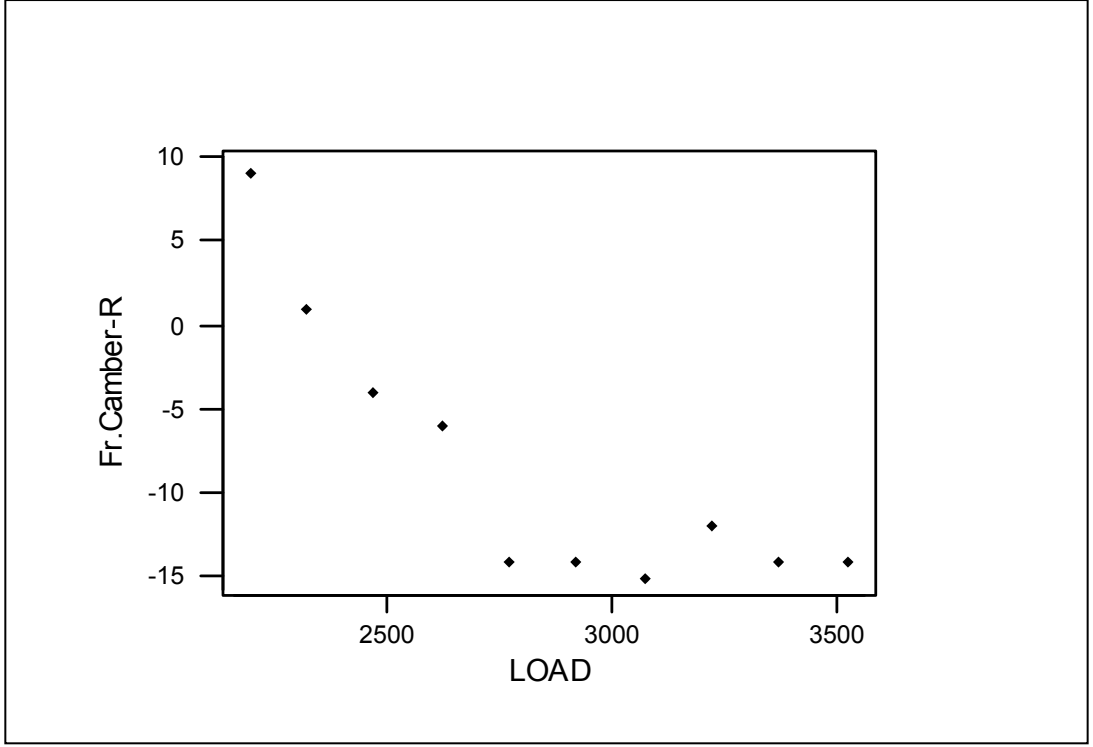
Şikayet aracı					Limit		
Ön	Yüklü	Yüksüz			Min	Nom	Maks.
Sağ Kamber	-0,9	-0,2	Yüklü	Yüksüz	-0,79	-0,29	0,21
Sol Kamber	-0,7	-0,1	Toplam Toe	Toplam Toe	-0,79	-0,29	0,21
Sağ Toe	-0,49	0,33	-0,46	0,6	0,24	0,38	0,52
Sol Toe	0,03	0,27					

Tablo 5.4: Yük-Toe değişimi

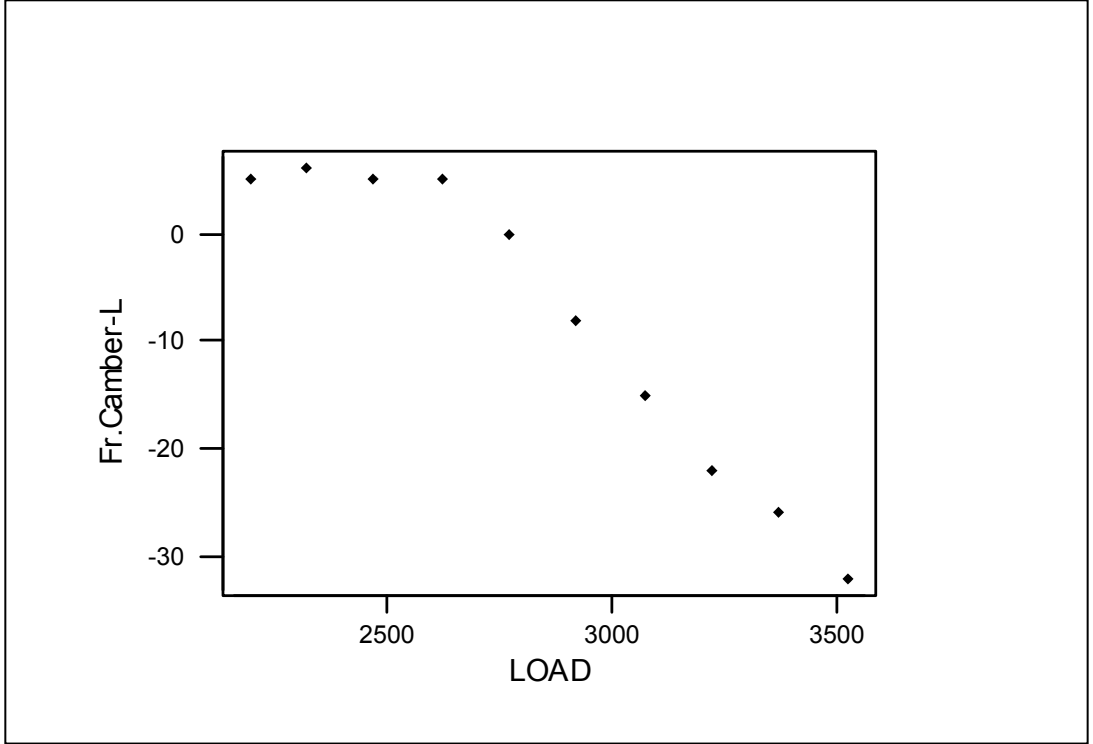
E Model İmalat Aracı						
Vin Nr.#####		Kamber		TOE		Toplam
	Yük	n sol	n sağ	n sol	n sağ	TOE
maks	3520	-32	-14	-10	-8	-18
	3370	-26	-14	-8	-5	-13
	3220	-22	-12	-6	-2	-8
	3070	-15	-15	-5	1	-4
	2920	-8	-14	-2	4	2
	2770	0	-14	2	5	7
	2620	5	-6	5	8	13
	2470	5	-4	8	10	18
	2320	6	1	9	11	20
yüksüz	2220	5	9	13	13	25



şekil 5.17: Toplam Toe – Yük arası değişim



Şekil 5.18: Ön sağ kamber – Yük arası değişim



Şekil 5.19: Ön sol kamber – Yük arası değişim

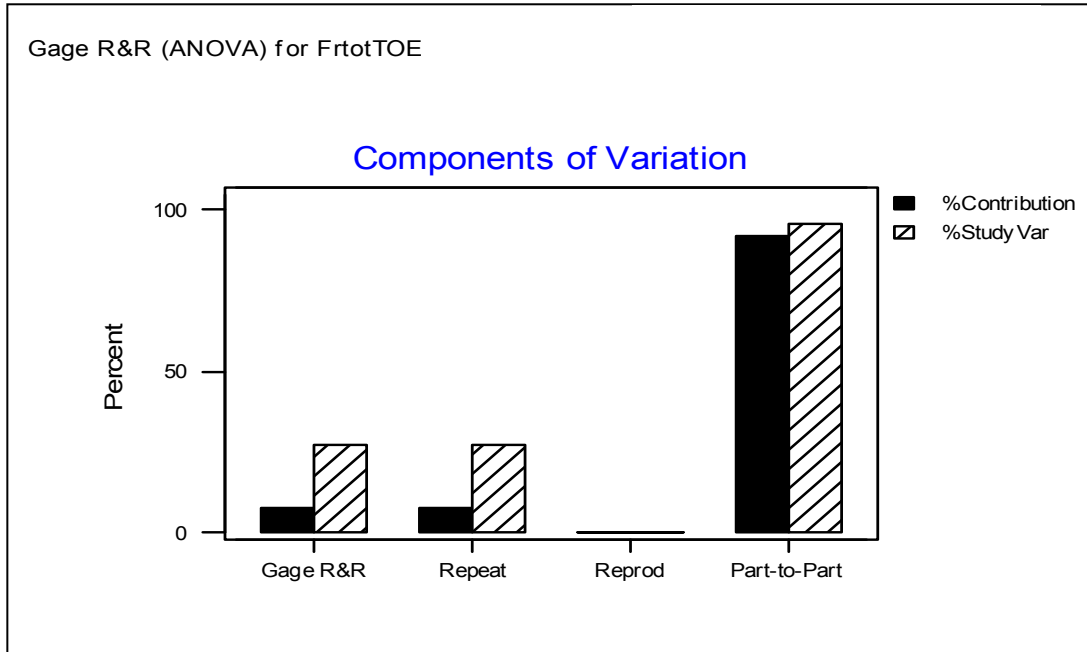
Aşırı yüklemenin toe değerlerini lastiklerde içte aşınmaya neden olacak şekilde negatif yönde artırdığı Şekil 5.18 ile ortaya konmuştur.

Bütün bu ölçümler sırasında öncelikli olarak ölçüm sisteminin yeterliliği kontrol edilmiştir. Bu kontrollerde yeteneksiz bulunan ön düzen ayar cihazında gerekli bakımlar ve parça değişimleri yapılarak ekipman yetenekli hale getirilmiştir.

Tablo 5.5: Ön düzen ayar cihazı gage R&R çalışması ilk durum

Source	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	3,043	18,84
Repeatability	0,937	5,74
Reproducibility	2,106	13,1
Line ID	2,106	13,1
Part-To-Part	16,29	81,6
Total Variation	19,333	100

%9'dan düşük olmalı



Şekil 5.20: Toplam ön toe Gage R&R son durum (ekipman 1&2)

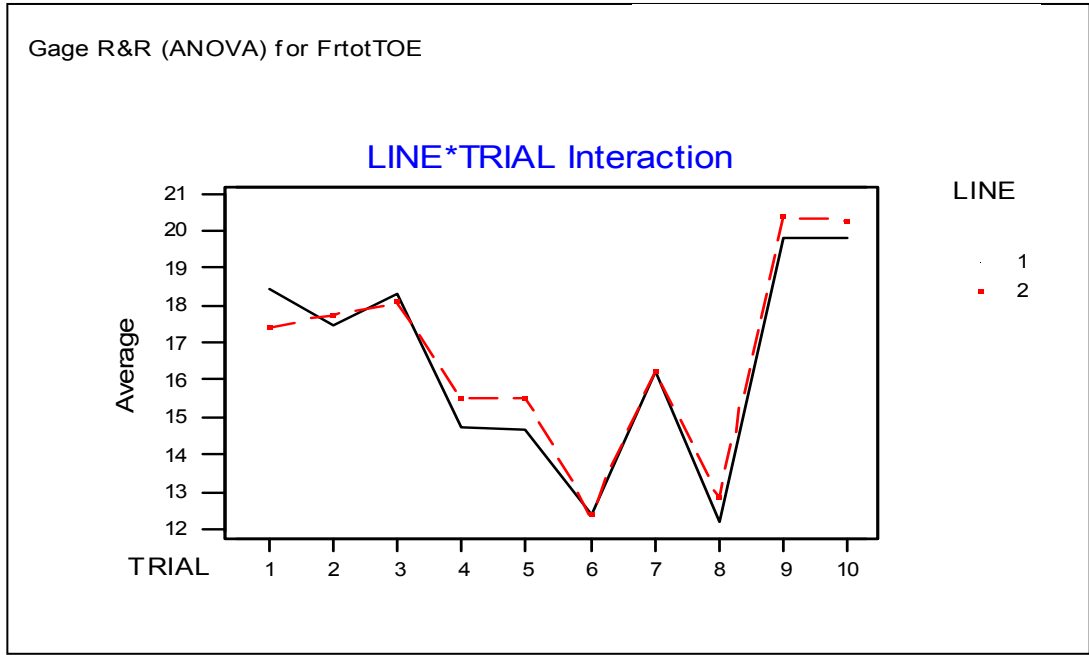
Tablo 5.6: Ön düzen ayar cihazı gage R&R çalışması son durum

%Contribution		
Source	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0,6185	7,57
Repeatability	0,6185	7,57
Reproducibility	0	0
LINE	0	0
Part-To-Part	7,5522	92,43
Total Variation	8,1707	100

%9'dan düşük olmalı

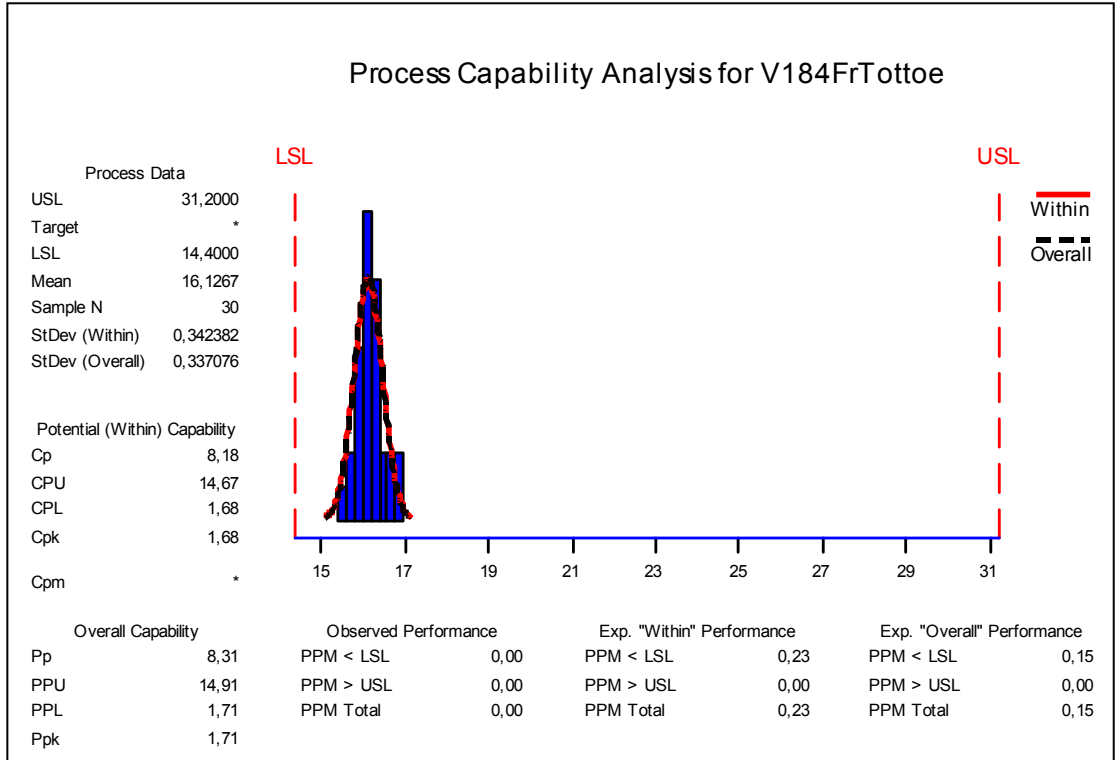
	StdDev	Study Var	%Study Var	%Tolerance
Source	(SD)	(5,15*SD)	(%SV)	(SV/Toler)
Total Gage R&R	0,78646	4,0503	27,51	24,11
Repeatability	0,78646	4,0503	27,51	24,11
Reproducibility	0	0	0	0
LINE	0	0	0	0
Part-To-Part	2,74813	14,1529	96,14	84,24
Total Variation	2,85845	14,721	100	87,63

Number of Distinct Categories = 5



Şekil 5.21: Toplam ön toe Gage R&R son durum (ekipman 1&2)

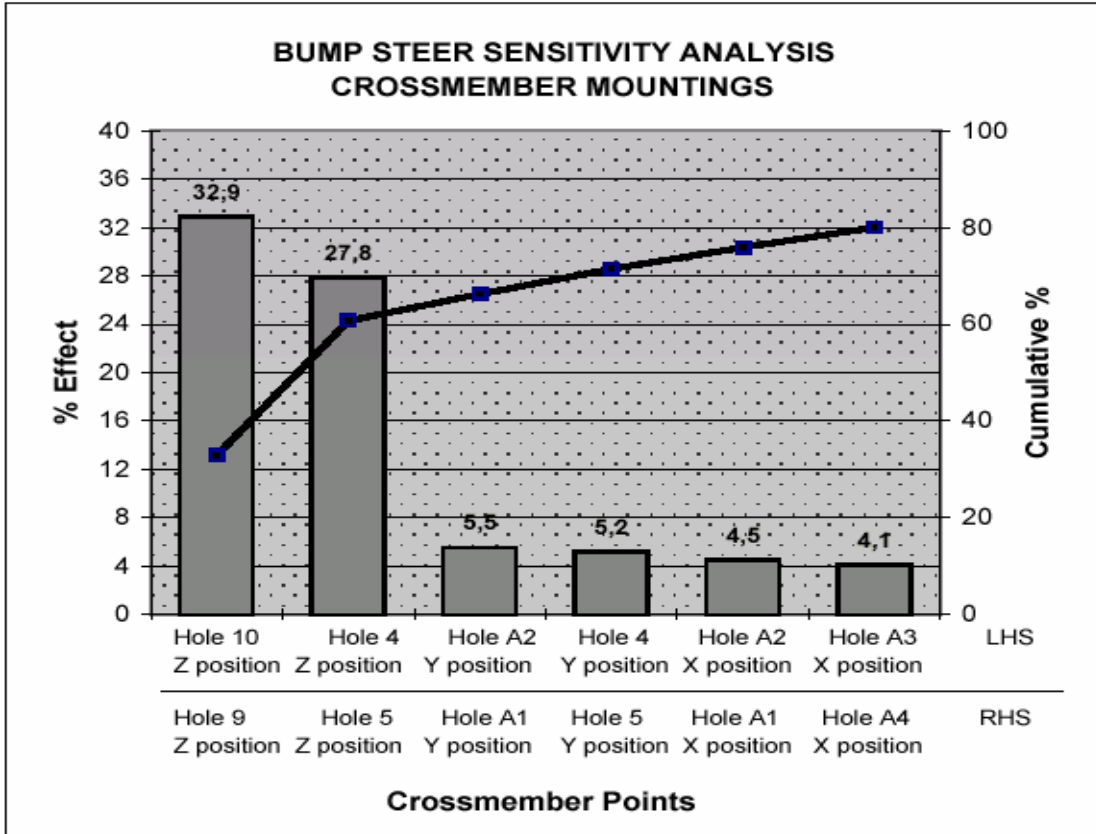
Ekipman tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik (Gage R&R) çalışması için 10 araç her iki ön düzen ayar cihazında da ölçülmüştür.



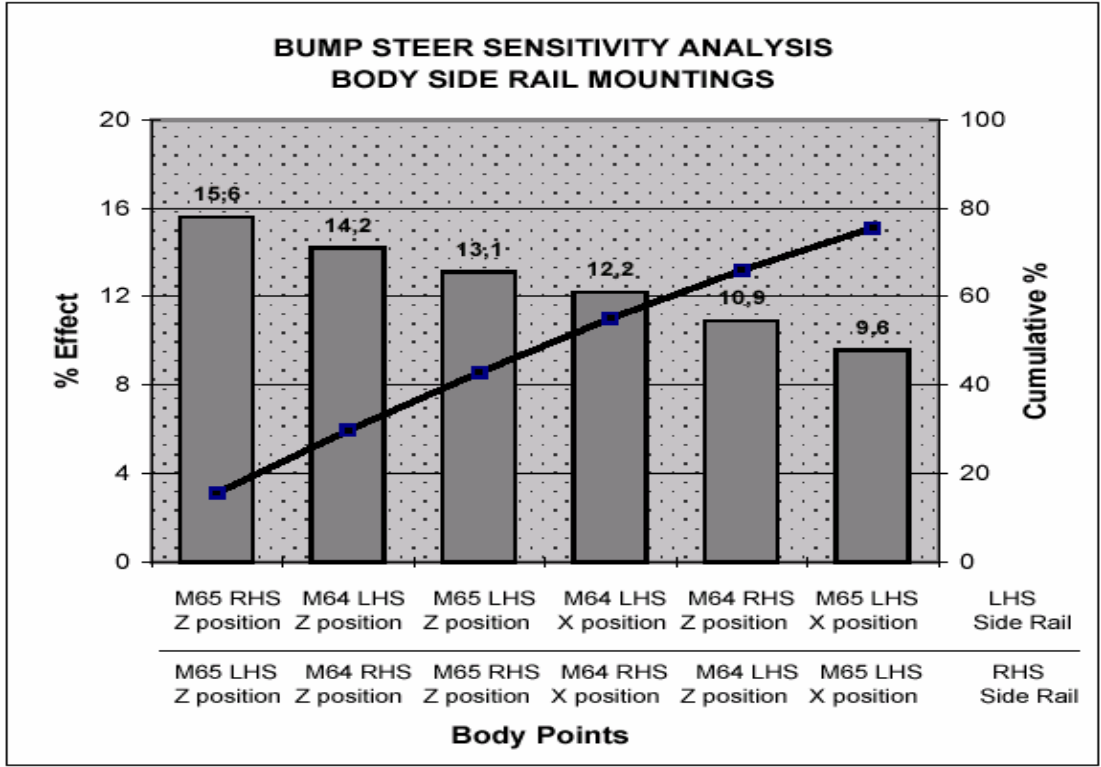
Şekil 5.22: Toplam ön toe yetenek çalışması (ekipman 1)

Şekil 5.25’de gösterilen ön kros bağlantı noktalarında yapılan ölçümler sonucu A1-9 numaralı ve A2-10 numaralı deliklerde 6mm imalat hatası tesbit edilmiştir. ADAMS model analizi çalışmasına göre bu iki noktadaki ölçü hatasının ön düzen ayarını negatif etkisi vardır. Bu etki Şekil 5.26’da gösterilmiştir. Belirtilen 2 noktadaki ölçü hataları süspansiyon hareket mesafesini etkileyerek ön toe değerini negatif yönde artırmaktadır ki bu da ön lastiklerde meydana gelen içten aşınmaya bir etkindir.

Aynı çalışma gövde bağlantı noktaları için de yapılmıştır. Şekil 5.28’de gövde bağlantı noktalarının ölçüm dataları ve Şekil 5.27’de ADAMS analizi sonuçları gösterilmiştir. Bu ölçümler sonucunda M65 ve M64 noktalarında z ekseninde bulunan ölçü hataları ön toe değerine negatif yönde etki yapmakta ve lastiklerin içten aşınmasına etken olmaktadır.



Şekil 5.25: Ön kros bağlantı noktaları ADAMS analizi



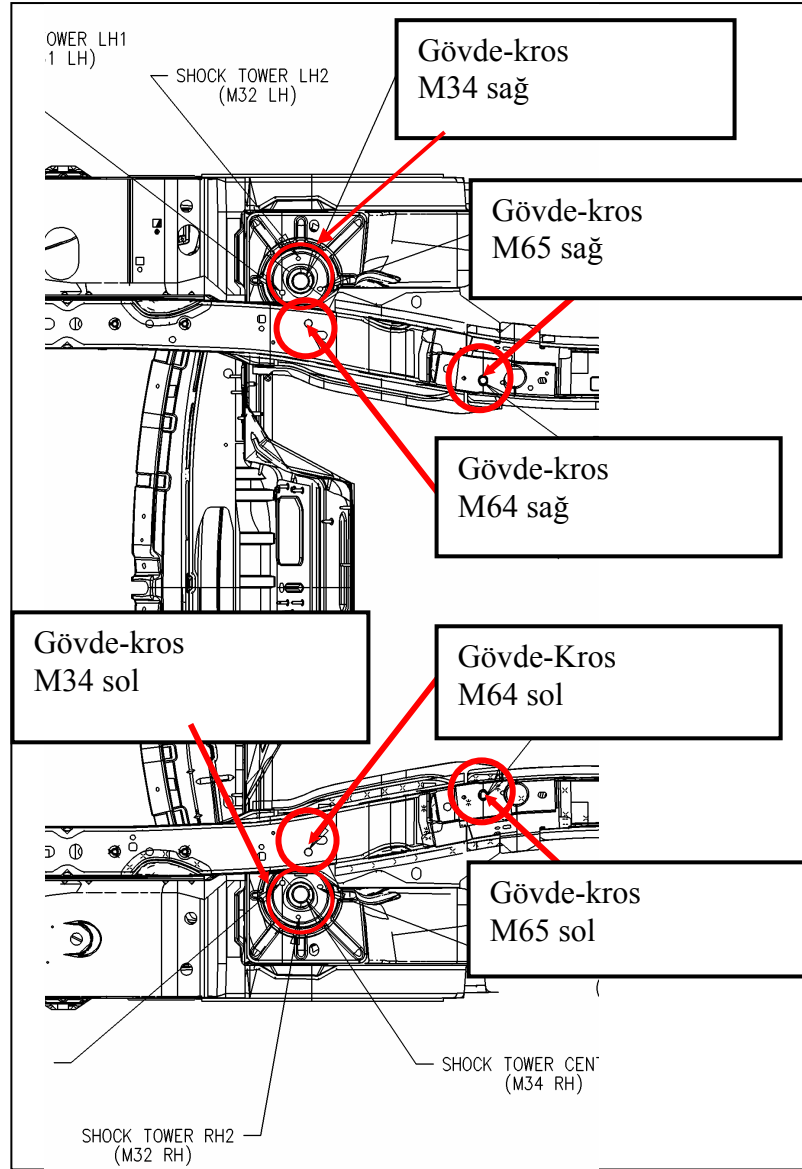
Şekil 5.26: Gövde bağlantı noktaları ADAMS analizi

5.5 İyileştirme Aşaması

İyileştirme aşamasında süreç çıktısında değişkenliğe neden olduğu belirlenen kritik süreç girdilerindeki hataların giderilmesi için çözüm geliştirme amaçlanmaktadır. Analiz aşamasının sonucu olarak yerli pazarda Doğu ve Güneydoğu Anadolu'ya satılan D ve E model araçların ön lastiklerinde ortalama 21.500km'de meydana gelen içten aşınmaya dört ana etken olduğu ortaya konulmuştur.

1. Gövde bağlantı noktalarındaki ölçü hataları
2. Ön kros parçasındaki bağlantı noktalarında ölçü hataları
3. Ön düzen ayar cihazının düşük tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik yeteneği ve ön düzen ayar spesifikasyonu
4. Müşterinin aracı limitlerin üzerinde aşırı yüklemesi

Gövde bağlantı noktalarındaki ve ön kros bağlantı noktalarındaki hataları gidermek için imalat hatlarında tedbirler alınarak iyileştirmeler yapılmıştır. Buna göre imalat fiktürleri revize edilmiş ve Tablo 5.7 ve 5.8'deki ölçüm sonuçlarına ulaşılmıştır.



Şekil 5.27: Gövde bağlantı noktaları

Tablo 5.7: Ön kros bağlantı noktaları iyileştirme sonrası ölçüm sonuçları

	Nom.	Meas.	Tol	Dev	Out Tol.
A1-9	95,5	95,35	(+-) 1	-0,146	0
A2-10	95,5	95,58	(+-) 1	0,08	0

Gövde ve kros bağlantı noktalarındaki imalat ölçü hataları giderilinceye kadar geçici tedbir olarak servis bülteni yayınlanmıştır. Bu servis bülteni ile şikayetin yoğun görüldüğü bölgelerde ön lastiklerde aşınma problemiyle servislere gelen araçlarda kros bağlantı noktalarında 5mm şim kullanılması bildirilmiştir. Ayrıca aşırı yükleme durumlarının yaşandığı bölgelerde aşırı yüklemenin ön toe değerlerini negatif yönde

etkileyerek lastik aşınmasına neden olması sebebiyle servislerin uyguladığı ön düzen ayar limitleri revize edilmiş ve $0,38^{\circ} \pm 0,14^{\circ}$ yerine $1^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ uygulanması talimatı verilmiştir.

5.6 Kontrol Aşaması

Kontrol aşamasında amaç iyileştirme aşamasında belirlenen adımların kontrol altında tutulması ve iyileştirmenin devamlılığının sağlanmasıdır. Bu nedenle aşağıda belirtilen uygulamalar yapılmıştır.

Gövde ve ön kros bağlantı noktalarında yapılan iyileştirmeler sonrasında yakalanan geliştirilmiş ölçüler İSK olarak takip edilmeye başlamıştır. Ayrıca bu noktalar gövde ve montaj üretim alanlarında kontrol planlarına dahil edilmiş ve periyodik olarak Kalite Güvence tarafından kontrol altında tutulmaları sağlanmıştır.

Ön düzen cihazlarında yaşanan yetenek düşüklüğü ekipman üzerindeki kritik parçaların aşınmasına bağlı olarak gelişmiştir. Süreç çıktısı üzerinde etkisi olan parçalar Bakım kontrol planına dahil edilmiş ve sürekli kontrolü sağlanmıştır.

Müşterilerin araçları spesifikasyon üzerinde aşırı yüklerle kullanmaları durumu firma tarafından kabul edilmiştir. Yeni araç dizaynında bu durum göz önüne alınarak çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

Proje sonunda R/1000 değeri 2 olarak gerçekleşmiş ve proje hedefi tutturulmuştur. Bununla birlikte 28.000\$ tasarruf ve 158.000\$ iyileştirme sağlanmıştır.

Bu çalışmada otomotiv imalatı yapan bir firmanın mevcut bir sürecinde yaşanan ve müşteri memnuniyetsizliğine neden olan bir problem Altı Sigma TÖAİK metodolojisi kullanılarak iyileştirilmiştir. Proje çalışması sırasında faydalanılan Altı Sigma araç ve tekniklerinden bazıları şunlardır: Müşterinin sesi, proje onay formu, kritik kalite karakteristikleri, ölçüm sistemi analizi, yetenek çalışması, histogram, pareto diyagramı, saçılım diyagramı, neden-sonuç diyagramı, beyin fırtınası, hata önleme, kontrol planı. Çalışma boyunca Müşteri Odaklı Altı Sigma yaklaşımını oluşturan ve Bölüm 2.3.1’de açıklanan temel noktalar ön planda tutulmuştur.

Tablo 5.8: Gövde bağlantı noktaları iyileştirme sonrası ölçüm sonuçları

		M65RH _z	M64LH _z	M65LH _z	M64LH _x	M64RH _z	M65LH _x	
İMALAT HATTI -önce	PPM	810551	736563	810551	675745	908676	562978	
İMALAT HATTI -Sonra	PPM	175804	9965	175804	671894	75757	342913	
Kritik gövde noktalarında iyileştirme		78%	99%	78%	1%	92%	39%	
Lastik aşınmaya etkisi (negatif)		15,6%	14,2%	13,1%	12,2%	10,9%	9,6%	
Sol Şasi kolunda yapılan toplam iyileştirme		12%	14%	10%	0%	10%	4%	50 %

		M65LH _z	M64RH _z	M65RH _z	M64RH _x	M64LH _z	M65LH _x	
İMALAT HATTI -Önce	PPM	810551	908676	810551	625981	736563	562978	
İMALAT HATTI -Sonra	PPM	175804	75757	175804	301548	9965	342913	
Kritik gövde noktalarında iyileştirme		78%	92%	78%	52%	99%	39%	
Lastik aşınmaya etkisi (negatif)		15,6%	14,2%	13,1%	12,2%	10,9%	9,6%	
Sağ Şasi kolunda yapılan toplam iyileştirme		12%	13%	10%	6%	11%	4%	56 %

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan Müşteri Odaklı Altı Sigma ve teknikleri üzerine genel bir bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Müşteri Odaklı Altı Sigma yaklaşımı, ürün ve süreç kalitesinde 6 sigma seviyesine ulaşarak müşteri memnuniyetini sağlamayı hedefleyen, yüksek disiplin ve istatistiksel tekniklerin kullanımına dayanan bir yaklaşımdır.

Bir işletmede Müşteri Odaklı Altı Sigma felsefesinin benimsenebilmesi için yönetimin desteğinin olması ve yönetimin değişime hazır olması gerekmektedir. Ayrıca en alt düzeyde çalışanlardan en üst düzeyde çalışanlara kadar herkesin müşteri ihtiyaç ve isteklerini tüm çalışmalarının merkezine yerleştirmeyi bilmeleri ve kendi düzeylerine uygun özellikte istatistik bilgisine sahip olmaları gereklidir.

Altı sigma ya da Toplam Kalite Yönetimi gibi ayrımlar yerine, bunların gereklerini doğru olarak yerine getirmeye çalışmak yeterlidir. Altı Sigma'yı Toplam Kalite Yönetiminin alternatifi olarak görmek doğru bir yaklaşım değildir. Aksine Toplam Kalite Yönetimi'ni uygulayan işletmelerde Altı Sigma felsefesini ve sistemini oturtmak daha doğru ve efektif bir yaklaşım olacaktır.

Müşteri Odaklı Altı Sigma uygulanırken Dördüncü Bölüm'de verilen tüm tekniklerin kullanılması gerekmemektedir. İşletmeler süreçlerine uygun tekniklerden bir ve/veya bir kaçını kullanabilirler.

İşletme başarısı için önemli olan, iyileşmeyi/gelişmeyi sürekli hale getirebilmektir.

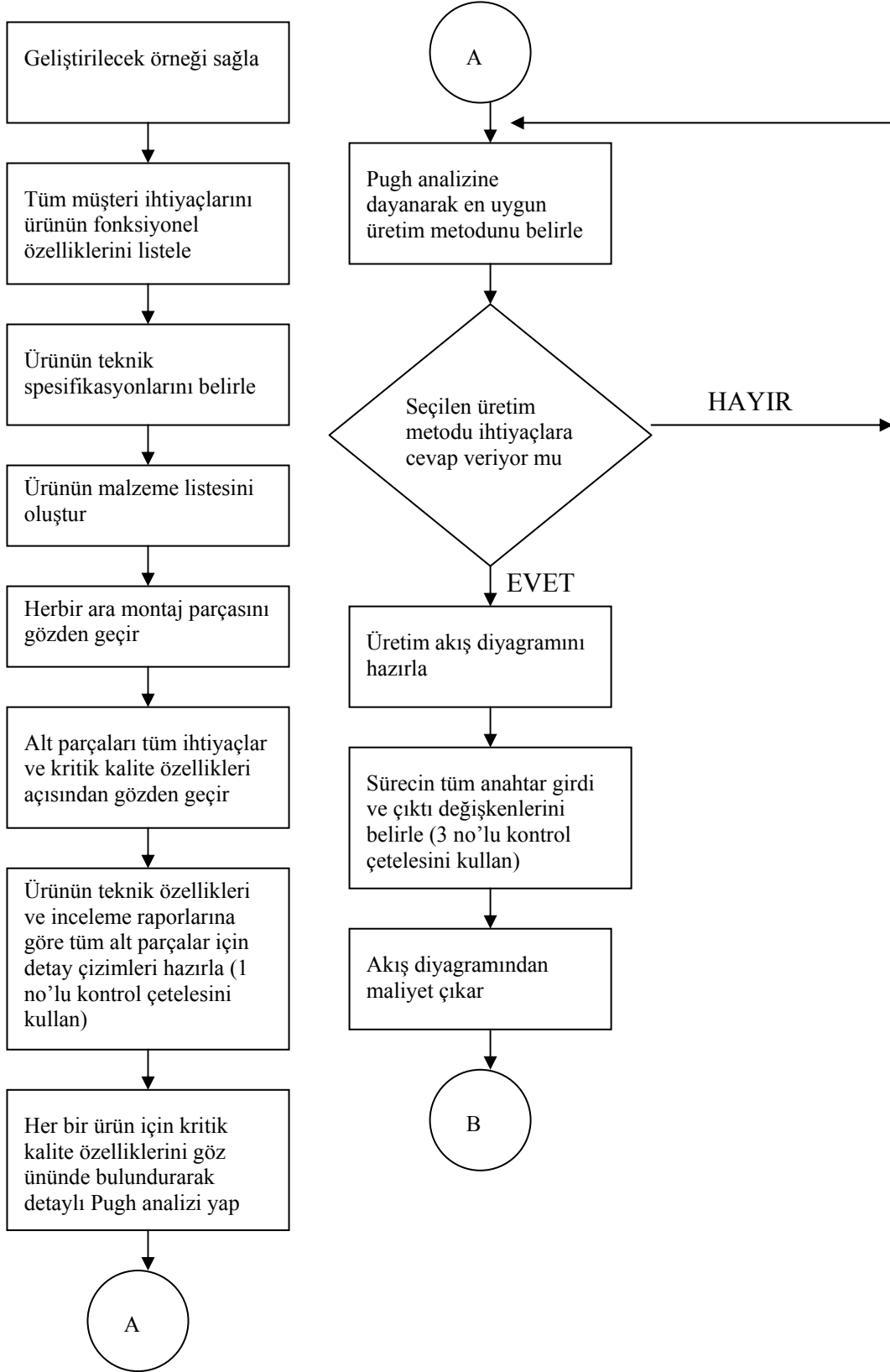
Dolayısıyla, bu amaca hizmet edecek yeni araçlara işletmelerin her zaman açık olmaları, doğru planlama ve stratejiler ile onlara rekabet ortamında avantaj sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

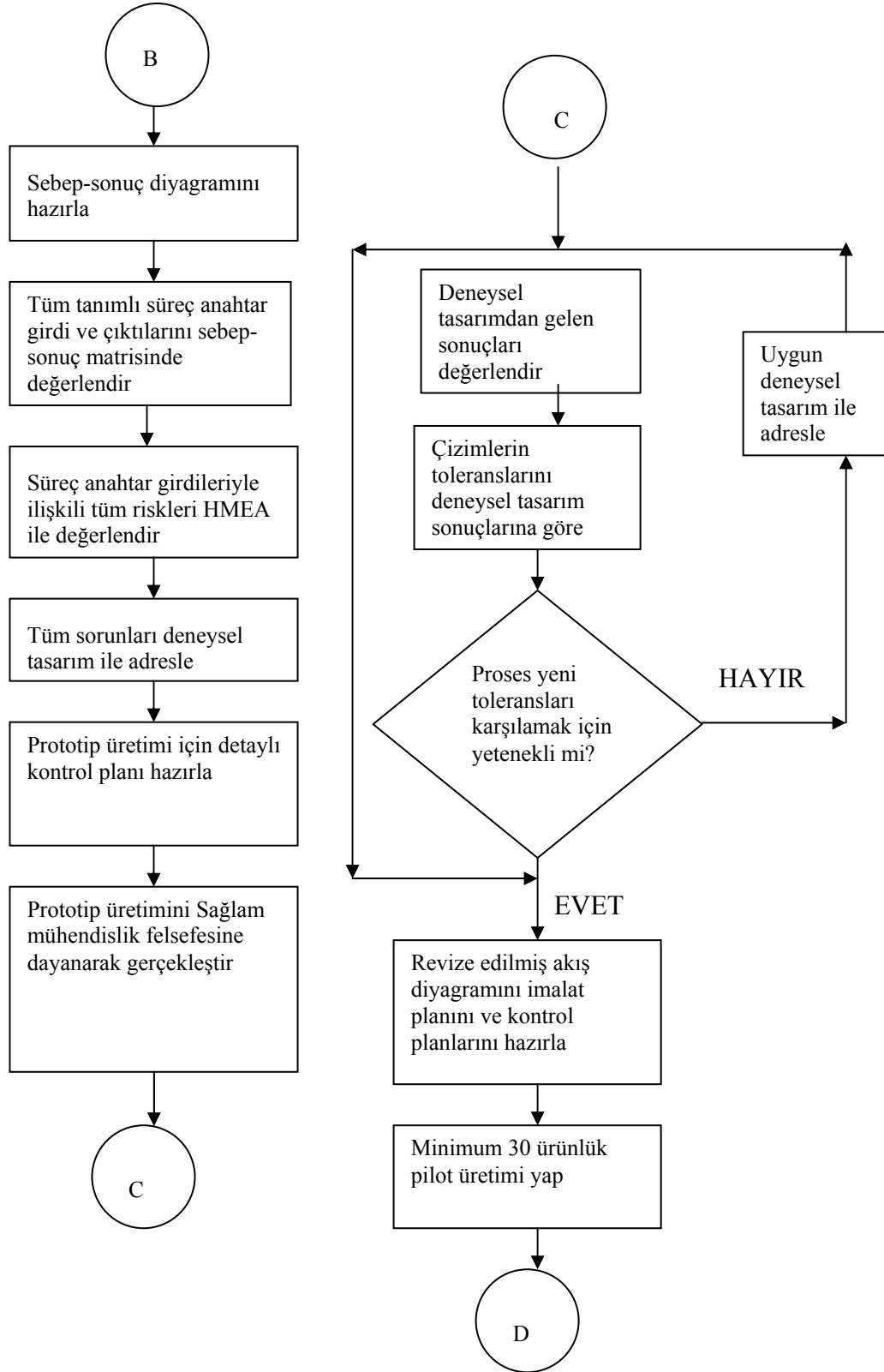
- [1] **Kasa, H.**, 2003. Altı Sigma Gerçeği, Kalder Altı Sigma Deneyim Paylaşım Sempozyumu.
- [2] **Ford Otosan A.Ş.**, Müşteri Odaklı Altı Sigma Eğitim Notları 2001 - Kocaeli
- [3] **Larson, A.**, 2003. Demystifying Six Sigma – A Company Wide Approach to Continuous Improvement.
- [4] **Stamatis, D.H.**, 2000. Who Needs Six Sigma Anyway. Quality Digest.
- [5] **Harry, M.J.**, 1998, Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations
- [6] **Pande-Neumann-Cavanaugh**, 2000. The Six Sigma Way – How GE, Motorola and Other Top Companies Are honing Their Performance
- [7] **Ünlüsoy, S.**, 2001. Strategic Assessment of Six Sigma Implementations in Turkey. MASTER OF SCIENCE THESIS. Boğaziçi Üniversitesi
- [8] **www.isixsigma.com.**
- [9] **Baş, T.**, 2003. Altı Sigma, Kaliteofisi Yayınları.
- [10] **Pyzdek, T.**, 1999. The Complete Guide to Six Sigma, Quality Publishing
- [11] **Pyzdek, T.**, 1999. Six Sigma at Motorola. www.qualityamerica.com
- [12] **Pyzdek, T.**, 1999. The Six Sigma Revolution. www.qualityamerica.com
- [13] **Paton, S.M.**, 2003. Consumer-driven Six Sigma saves Ford \$300 million. Quality Digest
- [14] **Smith, K.**, 2003. Six Sigma at Ford Revisited. Quality Digest
- [15] **Antony, J.**, 2000. Customer Centered Six Sigma Initiative. Glasgow Caledonian University

- [16] **Ford Motor Co.**, Consumer Driven Six Sigma Training notes, 2001
- [17] **www.6-sigma.ford.com**
- [18] **www.kaliteofisi.com**
- [19] **Pande-Neumann-Cavanaugh**, 2002. The Six Sigma Way Team Fieldbook
- [20] **Kamoy, S.**, 2002. Altı Sigma ve İstatistiksel Teknikler. Bilim Uzmanlığı Tezi, Hacettepe Üniversitesi
- [21] **Ford Motor Co.**, FMEA handbook, 1999
- [22] **Ford Otosan A.Ş.**, Hata Modları Etki Analizi Eğitim Notları, 2000
- [22] **Akarşlan, B.**, 2004. Altı Sigma Metodu ve Bir Şirket Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

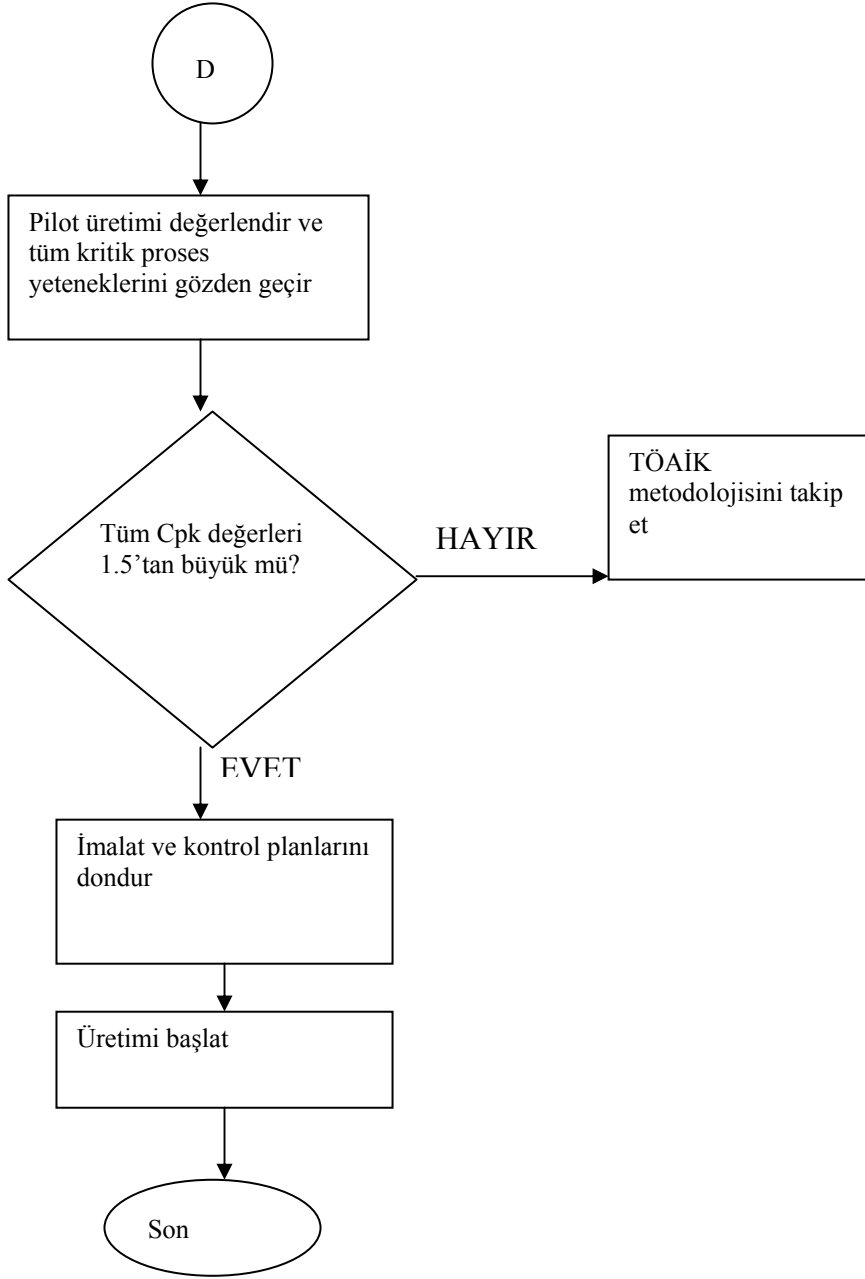
EK-A: TÖADD ile Ürün Geliştirme Akış Diyagramı



EK-A: TÖADD ile Ürün Geliştirme Akış Diyagramı



EK-A: TÖADD ile Ürün Geliştirme Akış Diyagramı



EK-A: TÖADD ile Ürün Geliştirme Kontrol Tabloları (Çizimler)

Sıra	Detaylar	Evet	Hayır	Aksiyon gerekli	Sorumluluk	Tarih
1.	Tolerans imalat yeteneğine uygun mu?					
2.	Çizim üzerinde tüm kritik kalite faktörleri belirtilmiş mi?					
3.	Malzeme listesi tam mı ve çizim üzerinde var mı?					
4.	Kontrolü azaltmak için referans ölçüler çizim üzerinde verilmiş mi?					
5.	Bilinen kontrol teknikleri ile belirlenemeyecek bir spesifikasyon var mı?					
6.	Tüm malzeme özellikleri tanımlanmış ve çizim üzerinde verilmiş mi?					
7.	Kritik tüm ölçülendirmeler belirlenmiş ve çizim üzerinde verilmiş mi?					

EK-A: TÖADD ile Ürün Geliştirme Kontrol Tabloları (Fizibilite)

Sıra	Detaylar	Evet	Hayır	Aksiyon gerekli	Sorumluluk	Tarih
1.	Belirlenen proses imalat için uygun mudur? a. Teknik b. Maliyet					
2.	İmalatçı/Yan sanayiye hangi girdiler gerekli?					
3.	Gerekli girdiler sağlanmış mı?					
4.	İmalatçı/Yan sanayinin kritik kalite özelliklerini sağlamak için geri beslemesi nedir?					
5.	Yapılan proses yetenek çalışması var mı?					
6.	İmalatçı/Yan sanayinin kolaylıkla sağlayabileceği toleranslar nelerdir?					
7.	İmalatçı/Yan sanayi kritik kalite özelliklerini ölçebiliyor mu?					
8.	İmalatçı/Yan sanayi öngörülen üretim kapasitesine sahip mi?					

EK-A: TÖADD ile Ürün Geliştirme Kontrol Tabloları (Süreç Haritası)

Sıra	Detaylar	Evet	Hayır	Aksiyon gerekli	Sorumluluk	Tarih
1.	Akış diyagramı imalat ve kontrolün sırasını gösteriyor mu?					
2.	Akış diyagramı sürecin tüm anahtar girdi ve çıktılarını belirtiyor mu?					
3.	Tamir görececek parçaların tanımlanması ve kontrolü için planlamalar yapılmış mı?					
4.	Akış diyagramından maliyet çıkarılmış mı?					
5.	İmalat ya da kalıp/ekipman için ayrı bir akış diyagramı var mı?					
6.	Kalıp/ekipman için çizimler mevcut mu?					

EK-A: TÖADD ile Ürün Geliştirme Kontrol Tabloları (Kontrol Planı)

Sıra	Detaylar	Evet	Hayır	Aksiyon gerekli	Sorumluluk	Tarih
1.	Kontrol planı, akış diyagramı, HMEA, DT ve kritik kalite özelliklerini kapsıyor mu?					
2.	Tüm müşteri şikayetleri kontrol planı kapsamına dahil edilmiş mi?					
3.	Tüm kritik girdiler belirlenmiş mi?					
4.	Girdilerin çıktı üzerine % etkisi belirlenmiş mi?					
5.	Kritik girdiler için uygun istatistik kontrol metotları belirlenmiş mi?					
6.	Kontrol gerektiren malzeme özellikleri belirlenmiş mi?					
7.	Kontrol planı giriş, üretim ve paketleme süreçlerini adresliyor mu?					
8.	Fonksiyonel test ihtiyaçları belirlenmiş mi?					

6-Sigma Proje Onay Formu

Proje Adı: Ön lastiklerde aşırı aşınma

Problem Tanımı: Müşteriler araçlarındaki ön lastiklerde aşınma probleminden şikayet etmektedirler. Şikayet yerli pazarda 7,8 tamir/1000 araç yüzdesine sahiptir. 2005 yılında 3 aylık servis datası ile toplanan ilk 10 şikayet içerisinde problem 7. sıradadır

İşletmeye katkısı: Müşteri memnuniyetinin artırılması

Hata tanımı/KKK : Yerli pazarda 7,8 tamir / 1000 araç

Proje kapsamının tarifi: Ön süspansiyon sistemi parçalarının ve gövde bağlantı noktalarının kontrolü

- Ön süspansiyon toe ve kamber ayarlarındaki değişkenliğin kontrolü

Proje hedefleri (Maliyet/Kalite/Zaman): - Kök nedenleri bulmak – 1000 araçta yapılan tamir yüzdesini %70 iyileştirmek

Ekip üyeleri: Proses mühendisleri, servis elemanları, operatörler (Montaj, Son kontrol alanı), gövde mühendisleri

Performans Metrik(leri)	Mevcut	Hedef	Sıkı Hedef
3 aylık servis datasında 1000 araçta tamir adedi (R/1000)	7,8	2,34	1

Proje Şampiyonu ve Kara Kuşak ile yapılacak toplantılar planlandı mı? EVET

Proje Şampiyonu İsmi/İmza/Tarih: Üretim Grup Müdürü

Süreç sahibi İsmi/İmza/Tarih: Montaj Alan Müdürü

Kara Kuşak İsmi/İmza/Tarih: Montaj Alan Müdürlüğü 6-sigma Kara Kuşak

Uzman Kara Kuşak İsmi/İmza/Tarih: Sorumlu Uzman Kara Kuşak

Proje Başlangıç Tarihi: 20.02.2006

Hedef Bitiş Tarihi: 30.07.2006

ÖZGEÇMİŞ

01.10.1976'da Konya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Konya'da tamamladıktan sonra liseyi İstanbul Atatürk Fen Lisesi'nde okudu. Lisans öğrenimini İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği bölümünde tamamladı. Evli ve 1 çocuk babasıdır. 2000 yılından bu yana Ford Otomotiv San. Tic. A.Ş.'de görev yapmaktadır.