T.C

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANA BİLİM DALI

# KALİTE YÖNETİMİNDE ALTI SİGMA YAKLAŞIMI VE ARÇELİK FABRİKASINDA BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

İsmail KÖKBIYIK

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Abdullah ERSOY

Ankara - 2011

**ONAY**

[Öğrencinin Adı Soyadı] tarafından hazırlanan “[Tezin/Raporun Adı]” başlıklı bu çalışma, [Savunma Sınavı Tarihi] tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda (oybirliği/oyçokluğu) ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından [Anabilim/Bilim/Anasanat] dalında [Tezin/Raporun Türü] tezi olarak kabul edilmiştir.

[ İ m z a ]

…….

[Unvanı, Adı ve Soyadı] (Başkan)

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

[ İ m z a ]

…….

[Unvanı, Adı ve Soyadı]

Prof. Dr. Abdullah ERSOY

[ İ m z a ]

…….

[Unvanı, Adı ve Soyadı]

Doç. Dr. Nurettin PARILTI

# ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca öneri ve yardımlarını benden esirgemeyen

değerli hocam Prof.Dr. Abdullah ERSOY'a ve Dr. Mesiha Saat'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmam için bana kapılarını açan Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'ne, yardımlarını eksik etmeyen çalışma arkadaşlarıma

içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak manevi desteklerinden dolayı arkadaşlarıma, anne ve babama, ağabeyime ve yeğenlerim İbrahim Furkan ve Zeynep Naz Kökbıyık'a sonsuz teşekkür ederim.

Ankara

Haziran 2011 İsmail Kökbıyık

# İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ .....i
İÇİNDEKİLER……ii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....vi
TABLOLAR LİSTESİ.....x
GRAFİKLER LİSTESİ.....xii
1. GİRİŞ.....1
2. KALİTE YÖNETİMİ.....4
2.1 Kalitenin Tanımları.....4
2.2 Kalitenin Tarihçesi.....5
2.2.1 W. Edward Deming..... 12
2.2.2 Joseph Moses Juran.....15
2.2.3 Dr. Genichi Taguchi.....16
2.2.4 Philip B. Crosby.....17
2.3. Kalitenin Maliyeti.....17
2.3.1 Önleme Maliyetleri.....18
2.3.2 İnceleme Maliyetleri.....20
2.3.3 Hata Maliyeti.....22
2.3.3.2 İçsel Hata Maliyeti.....22
2.3.3.1 Dışsal Hata Maliyeti.....23
2.3.4 Kalite Maliyetinin Değerlendirilmesi.....24
3. ALTI SİGMA.....28
3.1 Altı Sigma'nın tanımı.....28
3.2. Sigma Seviyeleri.....29
3.3. Altı Sigmanın Amaçları ve Getirileri.....34
3.4 Altı Sigma Organizasyon Yapısı.....36
3.5 Altı Sigmanın Tarihçesi.....42

3.5.1 Motorola ‘da Altı Sigma Yaklaşımı.....42
3.5.2 General Electric’te Altı Sigma Yaklaşımı.....45
3.5.3 Diğer Altı Sigma Uygulamaları.....46
3.6. Altı Sigma Proje Adımları.....46
3.6.1 Tanımlama Aşaması.....47
3.6.1.1 Proje Sözleşmesi ve Projenin Amacı.....48
3.6.1.2 Proje seçimi ve Problem Tanımlama.....49
3.6.1.3 Projeden Beklentilerin Belirlenmesi.....52
3.6.1.4 Proje Yönetimi ve Paydaşlarla İletişim.....55
3.6.1.4 Müşteri Beklentilerinin Belirlenmesi.....58
3.6.1.4.1 Araştırma Türleri.....61
3.6.1.4.2 Araştırmanın Planlanması.....62
3.6.1.4.3 Müşterinin Sesi Analiz Yöntemleri.....63
3.6.2. Ölçme.....67
3.6.2.1 Ölçüm Sistemi Analizi.....68
3.6.3 Analiz.....80
3.6.3.1 Mean Değerine İlişkin Ortalama Örneği.....81
3.6.3.2 Standart Sapmaya İlişkin Hipotez Örneği.....83
3.6.4 İyileştirme.....84
3.6.4.1 İyileştirme Stratejileri.....84
3.6.4.3 İyileştirme Faaliyetleri için Fikir Yaratmak.....86
3.6.4.4. Maliyet Fayda Analizi.....88
3.6.4.5 Hata Türü ve Etkileri Analizi.....89
3.6.5 Kontrol.....92
3.6.5.1 PUKÖ Çemberi.....93
3.6.5.2 Kontrol Yöntemleri.....95
3.6.5.3 Standartlaştırma ve Dokümantasyon.....95
3.6.5.4 İstatistiksel Proses Kontrol.....97

3.6.5.5 Proses Kontrolü ve Yeterlilik Analizi.....101
3.7 Altı Sigma Araçları.....102
3.7.1 Basit Altı Sigma Araçları.....103
3.7.1.1 Akış Şemaları.....103
3.7.1.2 Pareto Analizi.....104
3.7.1.3 Sebep Sonuç Diyagramları.....107
3.7.1.4 Serpme Diyagramı.....109
3.7.1.5 Ağaç diyagramı.....112
3.7.1.6. Histogram.....112
3.7.1.7. Gövde-Kök Grafiği.....114
3.7.1.8. Kutu Grafiği.....115
3.7.2 Orta Düzey Altı Sigma Araçları.....116
3.7.2.1 Genel ve Özel Değişkenlik Sebepleri.....116
3.7.2.2 T testi.....118
3.7.3 Kontrol Grafikleri.....120
3.7.3.1 Nicel Kontrol Grafikleri.....120
3.7.3.1.1 Ortalama ve Dağılım Aralığı Kontrol Grafikleri.....120
3.7.3.1.2 Ortalama ve Standart Sapma Kontrol Grafikleri.....121
3.7.3.2 Nitel Kontrol Grafikleri.....122
3.7.3.2.1 P kontrol grafikleri.....123
3.7.3.2.2 Np kontrol grafikleri.....124
3.7.3.2.3 C kontrol grafikleri.....125
3.7.3.2.4 U kontrol grafikleri.....126
3.7.4 Uzman Seviye Araçlar.....126
3.7.4.1 Anova.....127
4. Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde Altı Sigma Uygulaması.....131
4.1 Proje Tanımı.....131
4.2 Projenin Amacı.....134
4.3 Ölçüm Sistemi ve Mevcut Durum Analizleri.....136
4.5 Analiz ve İyileştirme Çalışmaları.....147

4.6 Kontrol Aşaması.....170
5. Sonuç.....175
6. Kaynakça.....176
ÖZET.....186
ABSTRACT.....187

# ŞEKİLLER

Şekil 1: Hata Maliyeti – Buz Dağı Benzetmesi 24

Şekil 2: Altı Sigma Tanımlaması 29

Şekil 3: Kano Modeli 65

Şekil 4: Kalite için kritik ağacı örneği 66

Şekil 5: Sapma 70

Şekil 6: Doğrusallık 70

Şekil 7: Yeniden üretilebilirlik 71

Şekil 8: Minitab – Gage R&R uygulaması 1 75

Şekil 9: Minitab – Gage R&R uygulaması 2 75

Şekil 10: Minitab – Gage R&R uygulaması 3 76

Şekil 11: Minitab – Gage R&R uygulaması 4 77

Şekil 12: Minitab – Gage R&R uygulaması 5 77

Şekil 13: Minitab – Gage R&R uygulaması 6 79

Şekil 14: Önceliklendirme Matrisi 88

Şekil 15: PUKÖ çevrimi 94

Şekil 16: Akış Şeması Örneği 104

Şekil 17: Sebep sonuç grafiği örneği 109

Şekil 18: Serpme grafiği örnekleri 111

Şekil 19: Ağaç diyagramı örneği 112

Şekil 20: Gövde-kök grafiği örneği 115

Şekil 21: Kutu grafiği örneği 116

Şekil 22: Minitab – T test uygulaması 1 119

Şekil 23: Minitab – T test uygulaması 2 119

Şekil 24: Minitab – Anova uygulaması 1 129

Şekil 25: Minitab – Anova uygulaması 2 129

Şekil 26: Üretilen Dış Kapı Türleri 131

Şekil 27: Ölçüm sistemi analizi - 588 mm ölçüsü 140

Şekil 28: Ölçüm sistemi analizi - 131 mm ölçüsü 143

Şekil 28: Yeterlilik analizi - 588 mm ölçüsü 146

Şekil 29: Ağaç diyagramı - 588 mm ölçüsü 146

Şekil 30: Yeterlilik analizi - 678 mm ölçüsü 148

Şekil 31: Yeterlilik analizi - 339 mm ölçüsü 146

Şekil 32: Çalışma sonrası yeterlilik analizi - 339 mm ölçüsü 151

Şekil 33: Serpme diyagramı: Sac düzlemselliği – 588 mm ölçüsü karşılaştırması 151

Şekil 34: Anova analizi: Sac düzlemselliği – Marka karşılaştırması 153

Şekil 35: Kutu Grafiği: Sac düzlemselliği – Marka karşılaştırması 153

Şekil 36: Anova analizi: 13. İstasyon öncesi – sonrası 588 mm ölçüsü karşılaştırması 155

Şekil 37: Kutu Grafiği: 13. İstasyon öncesi – sonrası 588 mm ölçüsü karşılaştırması 155

Şekil 38: Anova analizi: 13. İst. sonrası – 14. İst. öncesi 588 mm ölçüsü karşılaştırması 156

Şekil 39: Kutu Grafiği: 13. İst. sonrası – 14. İst. öncesi 588 mm ölçüsü karşılaştırması 157

Şekil 40: Ağaç diyagramı - 131 mm ölçüsü 158

Şekil 41: 3. İstasyonun yeterlilik analizi - 131 mm ölçüsü 158

Şekil 42: Çalışma sonrası 3. İstasyonun yeterlilik analizi - 131 mm ölçüsü 160

Şekil 43: İstasyon bazlı duruş süresi analizi 161

Şekil 44: Mevcut durum analizi: Uygunsuzluklar 162

Şekil 45: İyileştirme çalışmaları: Yeni durum 164

Şekil 46: 1. İstasyon kutu grafiği: vardiya karşılaştırması 165

Şekil 47: 1. İstasyon Anova analizi: vardiya karşılaştırması 165

Şekil 48: 1. İstasyon nokta grafiği: marka karşılaştırması 166

Şekil 49: 1. İstasyon Anova analizi: marka karşılaştırması 166

Şekil 50: A markası kaynaklı duruşların zamana bağlı dağılımı 167

Şekil 51: 11. İstasyonun yeni hali 169

Şekil 52: 2010 Aralık ayı duruş analizi 171

Şekil 53: 2010 Aralık ayı duruş nedenleri analizi 171

Şekil 53: 2010 Aralık ayı istasyon bazlı duruş analizi 172

# TABLOLAR

Tablo 1: Sigma seviyeleri 30

Tablo 2: 2001-2008 yılları arasında doğum sayısı 31

Tablo 3: 2008 yılındaki yaş ve cinsiyete göre ölüm dağılımları 31

Tablo 4: Süreç verimliliği 33

Tablo 5: Sigma Adımları 47

Tablo 6: Potansiyel sonuç analizi örneği 52

Tablo 7: Proje liderinin görevleri 56

Tablo 8: Paydaşlarla iletişim tablosu 66

Tablo 9: Müşterinin sesi analizi 67

Tablo 10: Ölçüm sistemi analizi örneği 74

Tablo 11: Hipotez testlerindeki hata tipleri 80

Tablo12 : Önceliklendirme Matrisi Örneği 88

Tablo 13: Hata türü ve analizi örneği 92

Tablo 14: İstatistiksel terim ve formüller tablosu 99

Tablo 15: Histogram örnek sayısı tablosu 113

Tablo 16: Ekip Üyeleri 136

Tablo 17: Vardiya Duruş Formu Örneği 132

Tablo 18: Ölçüm sistemi analizi – 588 mm ölçüsü referans tablosu 139

Tablo 19: Ölçüm sistemi analizi - 588 mm ölçüsü 139

Tablo 20: Ölçüm sistemi analizi – 131 mm ölçüsü referans tablosu 141

Tablo 21: Ölçüm sistemi analizi - 131 mm ölçüsü 141

Tablo 22: Mevcut durum analizi - 588 mm ölçüsü 143

Tablo 23: Çevrim süresi tablosu 146

Tablo 24: Çalışma sonrası çevrim süresi tablosu 170

Tablo 25: Gelir-Gider tablosu 175

# GRAFİKLER

Grafik 1: Klasik Görüşe Göre Kalite - Maliyet Grafiği 25

Grafik 2: Juran'ın Kalite Maliyeti Grafiği 26

Grafik 3: Pareto Grafiği Örneği 106

Grafik 4: Histogram Örneği 114

Grafik 5: Dış Kapı Hattı Ağustos 2009 Duruş Paretosu 138

Grafik 6: 588 mm ölçüsü kontrol grafiği – mevcut durum 145

Grafik 7: 588 mm ölçüsü kontrol grafiği – yeni durum 173

Grafik 8: 131 mm ölçüsü kontrol grafiği – yeni durum 174

# GİRİŞ

Dünya'nın globalleşmesi ile sürdürülebilir rekabet üstünlüğünün giderek önem kazandığı günümüzde, şirketler yalnızca yurtiçindeki rakipleri ile değil, Dünya genelinde o endüstride faaliyet gösteren tüm işletmeler ile rekabet içerisindedir. Rakiplerin sayılarının artması rekabet koşullarını giderek ağırlaştırmakta ve üretim tesislerinde verimliliğin ve kalitenin önemi giderek artırmaktadır.

Verimlilik mümkün olan en az kaynak ile azami fayda elde etmektir. Ülkelerin ekonomik kalkınmalarının devamı, yatırımların artması, reel gelir seviyesinin, dolayısıyla da alım gücünün ve yaşam kalitesinin yükselmesi büyük ölçüde, kaynakların verimli kullanılmasına bağlıdır. Daha az kaynak ile daha fazla çıktı elde etmek çıktı maliyetlerini azaltacaktır. Bu da işletmelerin daha çok kar elde etmelerini ve de pazarda daha rekabetçi olmalarını sağlamaktadır.

İşletmelerin amaçları arasında varlığını sürdürme hedefi önemli bir yer tutmaktadır. Verimliliği göz ardı eden işletmeler rekabette geriye düşmekte, pazar paylarını kaybetmekte ve giderek küçülmektedir. Bu da işletme amacına ters düşmektedir. Bu nedenle işletmelerin iş süreçlerini gözden geçirmeleri ve sürekli olarak iyileştirmeler ile verimliliği artırmaları gerekmektedir. İş süreçleri içerisinde yer alan ve çıktı üzerinde katma değeri olmayan alt süreçlerin ortadan kaldırılması ve süreçlerin yeniden yapılandırılması verimliliği artırmada büyük öneme sahiptir.

Dünya genelinde iş gücünün pahalılaşması ve uzak doğu ülkelerinin ucuz iş gücü ile rekabette üstünlüğü yavaş yavaş ele geçirmesi işletmelerin başka arayışlar içerisinde olmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu noktada verimsizlikleri ortadan kaldırarak daha az kaynak ve daha az iş gücü ile daha fazla çıktı elde etmek en önemli çıkış yolu olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte ürün kalitesin artırılması ve müşteri memnuniyetinin en üst düzeye taşınması da rekabette güç kazanmak isteyen işletmelerin üzerinde

durmaları gereken hususlar arasında yer almaktadır. Aksi takdirde uzak doğu ülkelerine göre göreceli olarak daha pahalı işgücüne sahip ülkemizdeki işletmelerin uzak doğu işletmeleri ile rekabet etmeleri güçleşmektedir.

Verimsizliklerin ortadan kaldırılması ve kalite düzeyinin artırılarak müşteri beklentilerinin karşılanması ancak süreç içerindeki değişkenliklerin azaltılması ile mümkün olacaktır. Önemli olan değişkenliklerin boyutlarının tespit edilmesi ve azaltılmasına yönelik düzeltici faaliyetlerde bulunulmasıdır. Bu sayede hem verimlik artırılabilmekte hem de kalite algısı güçlendirilebilmektedir.

İşte bu noktada, verimsizliklerin azaltılması, müşteri beklentilerinin en iyi şekilde karşılanması ve kalite algısının önemi üstünde yoğunlaşan ve değişkenliklerin azaltılması gerektiğini vurgulayan bir metodoloji olan Altı Sigma'nın önemi giderek artmaktadır. Altı Sigma'nın tek bir metot veya strateji üzerine kurulu geleneksel bir yöntem olmaması ve sadece çıkan sonuçla değil, yapılan işin tüm aşamalarıyla ilgilenerek kapsamlı, kontrollü ve sürekli gelişen bir yapı sergilemesi, onu farklı kılan en önemli unsurlardandır. Bu özellikleri, kalitesini iyileştirme çabasındaki Türk sanayisi için Altı Sigma'nın önemini artırmaktadır.

Araştırmada Altı Sigma'nın üretim tesislerinde nasıl uygulanabileceği, hangi katkıları sağlayabileceği gibi konuların üzerinde durulacaktır. Ülkemizde markalaşmanın önündeki en büyük engelin kalite algısının yeterince yüksek olmayışı olduğu göz önünde bulundurularak; araştırma içerisinde, altı sigmanın ülkemizdeki üretim tesislerine kalite prensipleri ve verimlilik açısından ne gibi katkılar sağlayabileceği ve uygulama önündeki zorlukların neler olabileceği de incelenecektir.

Çalışmanın ilk bölümünde kalite yönetimine genel hatlarıyla yer verilmiştir. Çalışmanın devamında ikinci bölüm olarak bir kalite yönetimi yaklaşımı olarak Altı Sigma Metodolojisi detaylandırılarak anlatılmıştır. Üçüncü ve son bölümde Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde yer alan bir üretim hattının verimliliğini artırmaya ve kalite problemlerinin çözümüne

dönük gerçekleştirilen bir Altı Sigma Projesine yer verilmiştir. Çalışma sonunda Altı Sigma'nın ülkemizde uygulanması ve yaygınlaştırılması önündeki engeller ve çözüm önerileri yer almaktadır. Bununla birlikte Altı Sigma'nın ülke sanayisine ne gibi katkılar sağlayabileceği de ifade edilmiştir.

# 1. BÖLÜM KALİTE YÖNETİMİ

## 1.1 KALİTE TANIMLARI

Kalite yıllardır üzerine düşünülen birçok kişi tarafından farklı bakış açılarından ele alınmış olan bir olgudur. Kalite kavramı insanların ve sistemlerin hata yapması ve mükemmele ulaşma isteği gerçeğinden ortaya çıkmıştır. Latince nasıl oluştuğu anlamına gelen "Qualis" kelimesinden türemiş ve "Qualitas" kelimesiyle ifade edilmiştir. Literatürde birçok kalite tanımı ile karşılaşılabilmektedir:

- Kalite, beklentileri aşmak demektir. Bu tanımıyla da insanlığın sürekli gelişmesinin bir ifadesini içerir. Dinamik bir kavramdır. Çünkü, insanların beklentileri karşılandıkça artma eğilimi gösterir (Dobyns ve Mason,1994: 26).
- 86 farklı firmanın yöneticisine kalitenin tanımını sorulduğunda birçok farklı cevap alınmıştır: mükemmellik, istikrar, hurdanın engellenmesi, tedarik hızı, kuralarla ve prosedürlere uyum, kullanışlı ürün sunma, ilk seferde doğru yapma ve müşteri memnuniyeti ( Evans ve Lindsay, 2005: 12).
- Kalite, bir ürünün kulanıma uygunluğunu belirleyen özelliklerinin tümüdür.
- Kalite, herhangi bir ürün sınıfının özelliklerinin, toplulukların potansiyel isteklerini karşılayabilme derecesidir.
- Kalite, önceden tespit edilmiş olan standartlara göre üretim yapma olgusudur.
- Alıcı tarafından aranılan belirli şartları en iyi karşılayan anlamında kullanılan "kalite" kısaca "amaçlara uygunluk derecesi" olarak tanımlanabilmektedir. Buradaki amaç kullanıcının veya tüketicinin istek ve gereksinimleridir.
- Tüketicilere göre kalite, mükemmellik anlamına gelmektedir ( Evans ve Lindsay, 2005: 12)

## 1.2 KALİTENİN TARİHÇESİ

Dünyada kalite anlayışı yazılı metinlere ilk olarak M.Ö 2150 yıllarında Hammurabi yasalarıyla girmiştir. Hammurabi yasalarında; "Bir inşaat ustasının inşa ettiği bir ev, ustanın yetersizliği ve işini gerektiği gibi yapmaması sebebiyle yıkılarak ev sahibinin ölümüne yol açarsa, o usta öldürülecektir", ifadesi yer almaktadır. Bu ifadeden o yıllarda dahi yapılan işin kaliteli olmasına önem verildiği anlaşılmaktadır. Medeniyetin gelişiminde büyük katkıları olan Mısır da kaliteye ölçüm cihazları geliştirerek büyük katkı sağlamıştır. M.Ö.1450 yılında; inşaat için kullanılan taş blokların dikliğinin, telden oluşturulan bir araç ile test edilmesi gibi uygulamalardan anlaşılmaktadır ki; kalite o dönemde, işin doğru yapılabilirliği olarak algılanmaktadır. (Enişte, 2008)

Orta çağda kalite zanaatkar olarak tanımlanan kişiler tarafından takip edilmekteydi. Zanaatkar hem ürünü üretmek hem de ürünün kalitesinin doğru olup olmadığını kontrol etmek ile görevliydi. Ayrıca çırakların ve ustabaşlarının yaptıkları işleri denetlemek de bu kişilerin göreviydi. O dönemde belli kuralları olmayan bir sistem olsa da zanaatkarlık ilerleyen yıllarda kalite güvence sisteminin oluşmasında katkı sahibidir (Evans ve Lindsay, 2005: 4-6).

19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren sanayileşmenin hızlanması ile kalitenin tanımı da, yarattığı beklenti de değişime uğramıştır. Endüstriyel alanda ürün talebindeki artış sebebiyle; kalite, piyasaya hızlı mal üretmek anlamı taşır hale gelmiştir. Zamanla üretim talebi karşılanır hale gelince, üretilen malın daha ucuza, daha hızlı ve daha kaliteli elde edilmesi hedef alınmıştır. Kalite kavramı rekabetin olduğu her alanda vazgeçilmez unsur haline gelmiştir.

Kalitenin gelişimine ve sitem olarak ele alınmasına 19. Yüzyıl sonlarında A.B.D'nin büyük katkısı olmuştur. A.B.D.- Japon Harbi sonrası harabeye dönen Japonya'nın endüstri ve sanayi alanındaki dirilişinde sistemin uygulanmış olması, Kalite Sistemi'nin uygulama alanında kendini

bütün dünyaya ispat etmesini sağlamıştır. Japon halkının kaliteyi ulusal bir dava halinde hayata geçirmesi, günümüzde Japon endüstrisine dönük kalite algısının yüksek oluşunu açıklamaktadır.

A.B.D. ve Japonya'daki bu gelişmelerden sonra Avrupa'da da belli oranda var olan kalite çalışmaları ivme kazanmıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında Avrupa'da ekonominin canlanması için ülkeler ihracata önem vermişlerdir. Üretilen mal ve hizmetlerin uluslararası kabulünün artması için, bu konuda ortak standartlar belirleme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. 1947 yılında Cenevre'de kurulan ISO ( International Standards Organization ) ürün ve hizmetlerin belli standartlara uygunluğunun kontrolü ve tescili misyonunu üstlenmiştir. 1987 yılında ISO; ürün standartlarının yanı sıra, ürünü üretecek sistemlerle ilgili Standard çalışmalarına da başlamıştır. Bu çerçevede ISO 9000 adı altında "Kalite Güvence ve Yönetim Standartları" yayınlanmıştır. Zamanla oluşan gelişmelere açık kalabilmek için oluşturulan standartlar revizyona uğramaktadır. 1994 yılında yapılan revizyon ISO 9001 , 2000 yılındaki revizyon ISO 9001:2000 adı altında yayınlanmıştır.

Avrupa'da toplam kalite yönetimi önceleri şirketlerin iç işlerine karışmak olarak algılanmış ve büyük tepki görmüş, ancak 1988'de "Avrupa Kalite Yönetim Vakfı'nın (European Foundation for Quality Management) kuruluşu ile yaygınlık kazanmıştır. 1992'de ise "Kalite Ödülü" uygulamasına başlanmış, 1993'teki ödülü Brissa aracılığı ile ülkemiz ilk kez almıştır. 1994'de imalat ve hizmet sektöründe ödüllerin devamı gelmiş ve gelmektedir.(Topal,2000)

Türkiye'de ise uzun yıllar boyunca ekonominin iç pazara yönelik olması üreticilerde kalite kaygısından uzak kalışa neden olmuştur. Ancak Gümrük Birliği'ne giriş ile firmalarda yurt dışında pazar payı elde etme telaşı başlamıştır. Üreticilerde standartlara uygun mal üreterek yurt dışında da rekabet ortamı bulma çabası açığa çıkınca, 1990 yılında ülkemizin önde gelen kuruluşları tarafından Kalite Derneği (KALDER) kurulmuştur. Günümüzde; ülkemizde ISO'ya üye olarak çalışan Türk Standartları Enstitüsü (TSE) mevcuttur. (Enişte, 2008)

Kalitenin temelleri 1920'lerde istatistiksel teorinin ürün kalite

kontrolünde kullanılmaya başlanmasına dayanmaktadır. Bu kavram 40'lı yıllarda Japonya'da Amerika'dan gelen Deming, Juran ve Feigenbaum tarafından daha da ileriye götürülmüştür. Böylelikle kalite yalnızca ürüne odaklanmak yerine organizasyon içerisindeki tüm konulara odaklanmaya başlamıştır. Bu da toplam kalite yönetiminin başlangıcı sayılmaktadır.

Muayene; ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin belirlenmiş olan gereksinimlere göre ölçümünü, incelenmesini ve testlerini içermektedir. Kalitenin tarihine bakıldığında muayene bir dönem iyiden iyiye kabullenilmiş bir kalite kontrol yöntemi haline gelmiştir. Orta çağın sonlarına doğru, ustaların ortaya koydukları işler esnaf loncası tarafından özel ölçüm aletleri ile ölçülmekteydi. Bu sayede lonca, esnafların kaliteli ürün ürettiklerini garanti altına almaktaydı.

Fabrikalaşmanın ilk yıllarında, muayene çalışanların ortaya koyduğu işlerin ya da ürünün gereksinimleri karşılayıp karşılamadığının incelenmesi olarak kullanılmakta idi. Bu dönemde muayene sistematik bir şekilde yapılmamasına rağmen, üretim adetlerinin az oluşu nedeniyle neredeyse mükemmel bir şekilde işlemekteydi. Fakat, organizasyonların giderek büyümesine bağlı olarak, daha verimli operasyonlara olan ihtiyaç giderek artmakta idi.

1911 yılında, Frederick W. Taylor bu ihtiyaçların karşılanması konusunda yardımcı olmuştur. Taylor'ın ortaya koymuş olduğu "Bilimsel Yönetim Prensipleri", endüstriyel organizasyonlarda çalışanların verimli kullanılmasına yönelik bir sitemin genel hatlarını oluşturmuştur. Açıkça tanımlanmış standart iş tanımları Taylor'ın ortaya koyduğu konseptlerden biridir. Muayene tanımlanan bu görevlerden yalnızca bir tanesidir. Söz konusu tanıma göre;

- Hatalı hiçbir ürün fabrikadan ya da atölyeden dışarıya çıkmamalıdır.
- Muayene ürün üzerine ve üründeki hataların tespiti üzerine yoğunlaşmalıdır.
- Muayene sırasında üretilen her ürünün kabul kriterlerine uyup

uymadığı kontrol edilmelidir.

- Muayene özel eğitilmiş elemanlar tarafından üretim prosesinin sonunda gerçekleştirilmelidir.

Muayenenin ayrı bir görev olarak tanımlanması acilen farklı bir muayene departmanının açılmasını zorunlu hale getirmiştir. Yeni kurulan departmanın ortaya koymuş olduğu hata önleme fikri oldukça önemlidir. Bu fikir kalite kontrol fikrini de beraberinde getirmiştir.

Modern kalite uygulamalarında muayene halen kullanılmaktadır. Fakat artık kalite problemlerinin tek cevabı muayene değildir. Bunun yerine muayene kalite kontrolün geniş araç yelpazesinden yalnızca birini oluşturmaktadır.

Kalite kontrol; hatalı ürün üretiminin önüne geçebilmek adına, üretim hattı boyunca hataya neden olabilecek problemlerin tespiti için ortaya çıkmıştır. 1920'de Dr. W. Shewhart kalite yönetiminde istatistiksel metotların uygulama yöntemlerini geliştirmiştir. İlk modern kontrol grafikleri Dr. Shewart tarafından ortaya konmuştur. Bu grafikler ile üretimdeki değişkenliklerin ürün değişkenliğine neden olduğunu göstermiştir. Böylece üretimdeki değişenliklerin engellenmesi ile nihai ürünün kalite standardının yükseleceğini belirtmiştir. İstatistiksel kalite kontrol'ün özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Ürün ve kalite problemlerinin kontrolü ve tespiti üzerine yoğunlaşmıştır.
- Test numunelerini içermektedir ve üretilen ürünlerin tamamı hakkında çıkarımda bulunulmaktadır.
- Üretim süreci boyunca her aşamada gerçekleştirilmektedir.
- Eğitilmiş üretim elemanlarının ve kalite kontrol personelinin sorumluluğundadır.

Shewart'ın çalışmaları daha sonra Deming, Dodge ve Roming tarafından daha da ileriye götürülmüştür. Fakat, üretim tesisleri 1940'lara

kadar bu çalışmaları tam olarak hayata geçirmemişlerdir. Alışkanlıkların kolay kolay değişmemesi bunda en büyük etkendir.

1940'larda, Japon ürünleri ucuz ve kalitesiz taklitler olarak kabul görmekteydi. Japon endüstrisinin liderleri bu problemi tespit ettiler ve yaratıcı ve yüksek kaliteli ürünler üretmeyi amaç edindiler. Bu amacı nasıl başaracaklarını öğrenebilmek için Deming, Juran ve Feigenbaum gibi kalite gurularını Japonya'ya davet etmişlerdir. Deming onlara bu hedefe 5 yıl içerisinde ulaşabileceklerini söylediğinde Japonya'da birçok kişi O'na inanmamıştır. Fakat kendisine inanmadıklarını Deming'e söylemenin büyük bir kabalık olacağını düşünerek yine de tavsiyelerini yerine getirmişlerdir.

1950'li yıllarda, kalite kontrol ve yönetimi hızlıca gelişmiş ve Japonya'nın ana teması haline gelmiştir. Bununla birlikte kalite anlayışı yönetim seviyesinde kalmamıştır. 1960'lı yıllarda kalite çemberleri ortaya çıkmaktadır. Kalite çemberi; bir grup gönüllü çalışanın bir araya gelip çalışma alanlarının daha iyi olabilmesi için fikir alış verişinde bulunduğu ve yöneticiye sunuş yaptıkları bir grup aktivitesi olarak tanımlanmaktadır.

Kalite çemberi; aynı mesleki faaliyet içinde olan veya aynı üniteye bağlı olarak çalışan sayıları beş ile on kişi arasında değişen gönüllü kişilerin oluşturduğu bir gruptur. Kalite çemberi, işletme içinde kendi alanlarını ilgilendiren konularda çeşitli sorunları belirlemek, incelemek ve çözümler sunmak için oluşturulmuş bir grubu ifade eder. Böyle gruplar düzenli aralıklarla bir araya gelerek sorunlara değişik çözümler bulmaya çalışırlar.(Efil,1999)

Kalite çemberleri çalışanların motivasyonunu artırmada oldukça yararlı olmuştur. Çalışanlar fikirlerine değer verildiğini ve kalite yönetiminin içinde birebir yer aldıklarını hissetmişlerdir. Kalite çemberinin bir başka getirisi de bu sayede işletmelerin, yalnızca ürün kalitesine değil organizasyonun her yönünün kalitesine odaklanma fırsatı bulmasıdır. Bu da toplam kalite yönetiminin temellerini oluşturmaktadır.

"Toplam Kalite" terimi ilk olarak Tokyo'da gerçekleştirilen uluslararası kalite kontrol konferansında Feigenbaum'un yayınlamış olduğu makalede kullanılmıştır. Terim organizasyonlar içerisindeki geniş bir alana vurgu

yapmaktadır.

Ishikawa Batı'da dile getirilen "toplam kalite"den farklı olarak Japonya'da "toplam kalite kontrolü" nü tartışmaya açmıştır.

1980lerde ve 1990'larda kalite kontrol ve yönetiminde yeni bir faz ortaya çıkmaktadır. Bu faz Toplam Kalite Yönetimi olarak adlandırılmaktadır. Japonların kalite konusundaki başarılarını gören batılı işletmeler kendi girişimlerini ortaya koymaya başlamışlardır. Toplam kalite yönetimi, kalite odaklı stratejileri, programları ve teknikleri içeren geniş içerikli dolgun bir söylem olarak ortaya konmuştur. TKY ilerleyen günlerde batının odak noktası haline gelmiştir.

Toplam kalite yönetiminin tipik bir tanımında şu terimler yer almaktadır: işçilerin katılımı, müşteri odaklılık, sürekli iyileştirme ve kalite yönetiminin organizasyonun bütününe entegrasyonu. Tüm tanımlamalar birbirine benzese de yapılan tanımlamalar da hangi kuralların, hangi uygulamaların ve hangi aktivitelerin yer alması konusunda bir karışıklık olduğunu söylemek mümkündür. (Besiness Performance Improvement Resource, 2008) Toplam Kalite Yönetimi 1994 tarihli ISO 8402'de şu şekilde tanımlanmaktadır: (Ichiro,1999:12) "Bir kuruluş içerisinde kaliteyi odak alan, kuruluşun bütün üyelerinin katılımına dayanan, müşteri memnuniyeti yoluyla uzun vadeli başarıyı amaçlayan ve kuruluşun bütün üyelerine ve topluma yarar sağlayan yönetim yaklaşımıdır."

Aşağıda toplam kalite yönetimi hakkında yapılan tanımlamalar ve yorumlar yer almaktadır:

- Toplam kalite yönetimi insanların ve işin her aşamada içeride ve dışarıda müşteri memnuniyeti yaratacak şekilde yönetilmesi demektir. TKY ile etkili bir liderliğin birlikteliği organizasyonun doğru şeyleri ilk seferde doğru bir biçimde gerçekleştirmesini sağlamaktadır.
- TKY'nin temelinde organizasyon içerisinde ve dışarısında müşteri-tedarikçi ilişkileri yer almaktadır. Bu temel kalite teslimiyeti ve toplam kaliteyi elde edebilmek için işletme kültürünün değişimine ihtiyaç olduğunu fark etmek ile tamamlanmaktadır. (Department of

Trade and Industry, 2007: 1-5)

- Toplam kalite yönetimi müşteri memnuniyetini ön plana taşıyarak uzun vadede başarıyı yakalamayı hedefleyen bir yönetim anlayışıdır. TKY, süreçlerin, ürünleri, hizmetlerin ve işletme kültürünün iyileştirilebilmesi içim işletmede çalışan tüm üyelerin katılımı temeline dayanmaktadır.
- Toplam kalite yönetimi geri bildirimlerle sürekli olarak ürün ve hizmet kalitesini iyileştirmeyi temel kabul eden sistemli ve geniş kapsamlı bir yönetim anlayışıdır.TKY üretim sektöründe ortaya çıkmış bir yönetim anlayışı olmasına rağmen okullar, otoyol bakım şirketleri, oteller ve kiliseler dahili olmak üzere tüm organizasyonlarda rahatlıkla kullanılabilecek bir anlayıştır
- Toplam kalite yönetimi, işletmenin uzun vadeli hedeflerine ulaşabilmek adına müşteriye azami fayda sağlayabilmek için girdilerin verimli ve etkili bir şekilde kullanılarak mümkün olan en iyi çıktıları elde etmeyi amaçlayan bir felsefedir. (Lean Manufacturing Concepts, 2008)
- Toplam Kalite Yönetimi (TKY), bir kuruluştaki tüm faaliyetlerin sürekli olarak iyileştirilmesi ve organizasyondaki tüm çalışanların aktif katılımıyla; çalışanların, müşterilerin ve toplumun memnun edilmesi ile karlılığa ulaşılması olarak ifade edilmektedir. (Karyağdı, 2001)
- TKY'nin daha yalın bir tanımı ise "bilimsel aklın demokrasi ile evliliği" şeklinde yapılabilir. (Karyağdı, 2001)
- Toplam Kalite Yönetimi ya da kısaca TKY olarak bilinen yöntem, müşteri ihtiyaçlarını yerine getirebilmek için kullanılan iş gücü kaynağının ürün kalitesini artırabilmek için sistematik olarak görevlendirilmesidir. Bu yönetim şeklinde uygulanan her süreçte, çalışanların tümünün fikir ve hedefleri kullanılmakta ve tüm çalışanlar kalite çalışmalarına dahil edilmektedir. (Wikipedia, 2010)

- Amacı, hizmetten yararlananların memnun edilmesi olan bir yönetim felsefesidir. Stratejik ve bütünü kapsayan bir yönetim sistemi olan Toplam Kalite Yönetimi (TKY), tüketici tatminini amaçlar ve bir örgütte üst yönetimden en alt kademedeki çalışanlara kadar tüm çalışanların iş süreçlerine katılımını ve tüm işlerin iyileştirilmesini temel alır. Belli araç, yöntem ve tekniklerin kullanılmasını gerektirmektedir.

Çalışmanın bu aşamasında kalite gelişimine katkıda bulan kişilerden bahsetmek gerekmektedir. Bu çalışmada dört büyük düşünüre yer verilecektir.

### 1.2.1 Dr. Edward Deming

Dr. W.E.Deming Wyoming Üniversitesinde mühendislik eğitimini tamamladıktan sonra; Colorado Üniversitesinde matematik ve fizik üzerine yüksek lisans derecesi kazanmış ve Yale üniversitesinde matematik üzerine PH.D. derecesine yükselmiştir. Dr. Deming ününü 2. Dünya Savaşı sonrası Japonya'nın kalite reformunun öncüsü oluşu ile elde etmiştir. Dr. Deming 1950 yılında Japonya Bilim ve Dr. Deming Mühendislik Birliği (JUSE) tarafından seminer için Japonya'ya davet edilmiştir.

Dr. Deming "14 Nokta" ve "7 Ölümcül Rahatsızlık" adını verdiği deklarasyonları ile tanınmaktadır. Deming hayatı boyunca oluşturmuş olduğu bu liste üzerinde değişiklikler yapmaya devam etmiş ve nihai haline getirmiştir. Aşağıda Dobyns ve Mason'un detaylı olarak açıkladıkları Deming'in 14 Nokta'sı sıralanmıştır (1994:69-88):

1. Rekabetçi hale gelebilmek, iş dünyasında hayatta kalabilmek ve iş imkanı sağlayabilmek için, ürün ve hizmetlerin iyileştirilmesi konusunda kararlı bir amaç birliği yaratılmalıdır.
2. Doğu'nun yöneticileri mücadelenin farkına varmalı, sorumluluklarını

öğrenmeli, ve değişim için lider rol üstlenmelidirler.

3. İlk üretim yerinde kalite elde ederek sürekli incelemenin gereksinimi ortadan kaldırılmalıdır.
4. Paranın takdirine bağlı ilişkiler kurulmamalıdır. Onun yerine, toplam maliyeti en aza indirmek gerekmektedir. Uzun süreli güven ve sadakate önem veren bir tedarikçi bulunması uygun olacaktır.
5. Kaliteyi ve üretilebilirliği iyileştirebilmek için ve de maliyetleri sürekli düşürebilmek adına; üretim ve hizmet sistemleri kalıcı olarak iyileştirilmelidir.
6. İş üstünde eğitim düzenini kurulmalıdır.
7. Süpervizörlük sistemi oturtulmalıdır. Süpervizörlüğün amacı insanlara ve makinelere yardımcı olarak daha iyi iş çıkartmalarını sağlamaktır.
8. Korku ortadan kaldırılmalıdır. Bu sayede tüm çalışanlar etkili bir şekilde çalışabilirler.
9. Departmanlar arasındaki bariyerler yıkılmalıdır. Araştırmada, tasarımda, satışta, ve üretimde çalışanlar bir grubun parçası haline getirilmelidir. Bu sayede üretimde ürüne ve hizmete zarar verebilecek problemler görülebilir ve o problemlere dönük çözüm üretilebilir.
10. Sloganlar ve "sıfır hata" gibi hedefler ortadan kaldırılmalıdır. Bunlar yalnızca düşük kalitenin ve düşük üretilebilirliğin temel nedeni olan kötü ilişkilere neden olur ve iş gücünü düşürür.
11. İki başlık altında ifade edilmektedir:
    a. Fabrika yerleşkesinde çalışma standartları ortadan kaldırılmalıdır. Liderlik oluşturulmalıdır.
    b. Numaralar ve nümerik hedefler ile gerçekleştirilen yönetim biçimi ortadan kaldırılmalıdır. Liderlik oluşturulmalıdır.
12. İşçilerin hünerlerini göstermelerinin önünde engel teşkil ederek onların çalışma saatlerinden çalan şeyler ortadan kaldırılmalıdır. Süpervizörlerin sorumlulukları keskin sayılar yerine kaliteye dönüştürülmelidir.

13. Yöneticilerin ve mühendislerin işlerini yapabilmelerini engelleyerek onların çalışma saatlerinden çalan şeyler ortadan kaldırılmalıdır. Bu amaçla; yıllık değerlendirmelerden ve hedeflerle yönetmekten vazgeçilmelidir.
14. Herkes bu dönüşümün içine dahil edilmelidir. Çünkü dönüşüm herkesin işidir.

Deming'in Dünyaca tanınan bir diğer çalışması da 7 Ölümcül Rahatsızlık adını vermiş olduğu listesidir. Aşağıda Deming'in bu listesi yer almaktadır:

1. Pazarda yer alacak olan ve iş dünyasında yer almayı sürdürecek olan mal ve hizmetlerin planlanmasında tutarlı olmama,
2. Kısa dönemli getirilere önem vermek: Bankerlerin ve pay sahiplerinin baskıları ile kontrolü kaybetme korkusu ile kısa dönemli düşünmek,
3. Kar ya da yıllık raporlarla performans değerlendirme,
4. Yönetimde değişkenlik: İş zıplamaları,
5. Gözükmeyen ya da bilinmeyen figürleri hiç düşünmeden, yalnızca görünen figürler ile yönetme,
6. Yüksek kaza ve hastalık maliyeti,
7. Olası cezalar üzerine çalışan avukatların şiddetlendirdiği yüksek sorumluluk maliyeti

Deming'in temel felsefesi "değişkenlik azaldıkça, üretebilirlik artar" dır. Her şey değişken olduğundan istatistiksel yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Deming'e göre; "İstatistiksel kontrol sıfır hatayı işaret etmez. O limitlerinin belli olduğu rastgele değişkenlikleri ifade eder." Deming değişkenliği ikiye ayırır: genel (şansa bağlı) değişkenlik, özel değişkenlik. O'na göre; istatistiksel araçları kullanmadan aradaki farkı algılamak mümkün değildir. Deming, genel değişkenlikle üzerinde zaman harcamanın gereksiz olduğunu, buna rağmen kalitelerini iyileştirmek isteyen birçok firma değişkenliğin kaynağını belirlemeden yanlışlıkla genel değişkenlikler üzerinde yoğunlaştıklarını

vurgulamaktadır. Deming, istatistiksel araçların yalnızca ürünün kriterlere uyup uymadığının kontrolü yerine, tüm alanlarda kullanılmasının doğru olduğunu savunur. Bununla birlikte Deming'e göre; mevcut durumda bekleneni karşılamak için yeterli olsa da, birilerinin hala değişkenliği azaltmaya çalışması gerekmektedir.

Deming kararlara çalışanların katılımının gerekliliğini savunmuştur. O'na göre yöneticilerin asıl işi çalışanların daha fazla değil daha zekice çalışmaları için onlara yardım etmektir.

### 1.2.2 Joseph Moses Juran

1924'te Minesota Üniversitesi'nden elektrik mühendisi olarak mezun olan Juran, anı yıl Western Electric'te işe başladı. 1926'da firmanın yeni kurulan İstatistiksel Analiz Departmanı'nda çalışmaya başladı. 1928'de kalite AT&T İstatistiksel Kalite Kontrol El Kitabı adlı kitabını çıkardı. 1951'de Kalite Kontrol El Kitabı adlı kitabını yayımladı. 1954'te Japonya'ya davet edilen Juran, daha sonra "Japonya'ya kaliteyi öğreten adam", "kalitenin gurusu" gibi tanımlamalarla anıldı.(Breyfogle,Cupello ve Meadows, 2001: 8-13)

Juran çalışmaları sonrası triloji adı verilen bir üçlemeden bahseder:

* Kalite Planlama,
* Kalite Kontrol,
* Kalite Geliştirme,

Kalite Planlama: Müşteri beklentilerini karşılayabilmek adına ürün ve süreç geliştirmeye kalite planlama adı verilir. Beş adımda uygulanmaktadır:

1. Müşterilerin kimler olduğunu belirle,
2. Müşterinin isteklerinin neler olduğunu belirle,
3. Müşteri beklentilerini karşılayacak ürün özelliklerini geliştir,
4. Geliştirilen ürünü üretebilecek bir üretim prosesi geliştir,
5. Oluşturulan planı uygulamaya geçir.

Kalite Kontrol: Üç adımda uygulanmaktadır:

1. Gerçekleşen kalite performansını değerlendir,
2. Gerçekleşen performansı hedeflenen ile karşılaştır,
3. Farka müdahale et.

Kalite Geliştirme: Kalite performansının dramatik bir şekilde yukarılara taşınmasını ifade etmektedir. Dört aşamada uygulanmaktadır:

1. Yıllık kalite performansını sağlamlaştırabilmek için altyapı oluştur,
2. Gelişim ve gelişim projeleri için ihtiyaç duyulanları tespit et,
3. Başarılı bir sonuç alabilmek adına her proje için sorumlulukları açıkça belirlenmiş bir takım kur,
4. Takım için kaynakları, motivasyonu ve eğitimleri aşağıda amaçlar adına tahsis et:

### 1.2.3 Dr. Genichi Taguchi

Dr. Genichi Taguchi Amerika'nın endüstriyel kalite hareketinin lideri olarak bilinmektedir. Taguchi kalite konusunda savaş sonrası Japonya'da yıkılan telefon sisteminin inşası için görevlendirdiğinde kendini geliştirme fırsatı bulmuştur. Problemleri incelemek için kullanılan deneme yanılma yöntemindeki yanlışları gördükten sonra, deney tasarımı konusunda kendi metodolojisini geliştirmiştir.

Taguchi tarafından düşünülen ve geliştirilen deneysel prosedürler hem takdirle karşılanmış, hem de eleştirilmiştir. İstatistikten hoşlanmayan uygulayıcılar, Taguchi'nin tekniklerini kolay ve kullanılabilir buldular. İstatistikçiler ise Taguchi'nin bazı teknikleri yanlışa sürükleyebileceğinin delillerini belirlediler ve yayınladılar.

Taguchi'nin kalite konusunda yaptığı katkılar arasında iki temel teknik ön plana çıkmaktadır: Değişkenlik azaltma tekniği ve tutarlı tasarım tekniği.

### 1.2.4 Philip B. Crosby

1952 yılından 1979 yılına kadar sırasıyla Crosley, Martin-Marietta ve ITT gibi firmalarda çalışan Crosby, kalite müdürlüğü yaptığı Martin-Merietta'da "sıfır hata" konseptini ve programını ortaya koymuştur. Quality Is Free (Kalite Ücretsizdir) adlı kitabı dışında toplamda kaliteye ilişkin 13 farklı kitabı bulunan Crosby'nin, bugün dünya genelinde yirmiden fazla yerde kalite anlayışını anlattığı "Kalite Koleji" adı altındaki eğitim birimi vardır. Crosby kalitenin gerçekleşmesinde yönetimin büyük öneminin olduğunu belirtmektedir. Crosby'nin takım çalışmasını destekleyen yaklaşımı, TQM gibi yaklaşımlardaki kadar istatistik temelli değildir. Crosby istatistiksel araçları ve istatistiksel kalite kontrolü, eğitimlerinde anlatsa da bunları oldukça yüzeysel ve matematiksel ifadeler uzak bir şekilde anlatmaktaydı.

## 1.3 KALİTENİN MALİYETİ

Kalite maliyetinin hesaplanmasında kullanılan denklemde "doğru olanı yapmak" ile "yanlış olanı yapmamak" toplanmaktadır. Burada birinci terim olan ve "doğru olanı yapmak" diye ifade edilmek istenen; müşteri memnuniyeti sağlayacak şeylerin yapılmasıdır. İkinci terim olan "yanlış olanı yapmamak" ise müşteriyi memnuniyetsiz kılacak şeylerin yapılmasının önüne geçmek anlamında kullanılmaktadır. Kaliteyi maliyetli hale getiren ise yalnızca ikinci terimdir. Müşteri memnuniyetini yalnızca doğru olanı yaparak yakalayabilen ve yanlış olanı yapmadığı için engellemek zorunda kalmayan işletmeler kaliteyi ücretsiz hale getirebilmektedir. (Pydzek,2001:163)

Asıl problem "kalite maliyeti" şeklinde bir isimlendirmenin kullanılmasıdır. Genel bir terminoloji olan bu ifadenin kullanılması ile zihinlerde kalitenin maliyetli oluşu çağrıştırılmaktadır. Oysa ki; kalite daha ucuza üreterek daha fazla kar elde etmeyi ve piyasaya daha rekabetçi bir fiyatla ürün sunmayı sağlayan bir araçtır. Bu konuda Frank M. Gryna doğru terminolojinin "kötü kalitenin maliyeti" olduğunu belirtmiştir(2001;45).

Bu konuda temel prensip; kalite maliyetinin, kalitede mükemmellik seviyesine erişildiğinde ödenmeyecek maliyetlerin toplamı oluşudur. Bu da hurda ve yeniden yapma maliyetlerinin dışında kolaca görülemeyen birçok kalemi içermektedir. Bunlar arasında beklentileri karşılayamama ve siparişleri geri çevirme gibi işletmeyi hedeflerinden uzaklaştıran ve maliyetlerinin hesaplanması oldukça güç olan kalemler de yer almaktadır.

Kalite maliyetleri üç farklı başlık altında değerlendirilmektedir:

### 1.3.1 Önleme Maliyetleri

Mal ve servislerde kötü kalitenin önüne geçebilmek için yapılan aktivitelere ödenenlerin toplamıdır. Örnek olarak; kalite eğitimleri, kalite iyileştirme toplantıları ve projeleri, kalite planlaması, tedarikçi yeterliliğinin araştırılması ve süreç yeterliliği analizleri verilebilir. Aşağıda önleme maliyetleri beş başlık altında örneklendirilmiştir.

1. Müşteri : Müşteri memnuniyeti için müşterinin ne istediğini tespit etmek gereklidir. Bunun için yapılan harcamalar bu başlık altında değerlendirilmektedir.
    a. Market analizleri
    b. Müşteri beklentileri araştırması
2. Ürün Geliştirme: Yapılan tasarımların müşteriye ulaşmadan önce kalitesini ispatlaması gerekmektedir. Bunun için çeşitli testler yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan harcamalar başlık altında değerlendirilmektedir.
    a. Tasarım kalitesinin ilerleyişinin gözden geçirilmesi
    b. Ürün tasarımı kalifikasyon testleri – Ağırlaştırılmış ömür deneyleri
    c. Hizmet tasarımı kalifikasyon testleri
    d. Saha testleri

3. Satın alma: Ürünün müşteri beklentilerini karşılayabilmesi için üretim öncesindeki girdilerin istenilen kriterlere uyuyor olması gerekmektedir. Bu amaçla hammaddelerin ya da yarı mamullerin tedarik sürecinin kalitesine yönelik yapılan harcamalar bu başlık altında toplanmaktadır.
    a. Tedarikçi gözden geçirmeleri
    b. Tedarikçi puanlamaları
    c. Tedarikçi kalite planı
4. Üretim: Müşteri beklentilerinin karşılanmasında tasarım ve satın alma süreçleri kadar üretim süreci de önemli bir yer tutmaktadır. Üretim süreçlerinin ve üretilen ürünlerin müşteri beklentilerini karşılayacak düzeyde olup olmadığının kontrolü için yapılan harcamalar bu başlık altında incelenmektedir.
    a. Üretim süreci değerlendirmesi
    b. Üretim sürecine ilişkin kalite planları
    c. Kalite ölçüm yöntemlerinin tasarımı
    d. Ölçüm ekipmanlarının geliştirilmesi
    e. Destek işlemlerin kalite planlarının yapılması
    f. Operatörlerin kalite eğitimleri
5. Kalite yönetimi: Kalitenin kontrol altında olup olmadığının kontrolü için çalışan personelle ilgili harcamaların incelendiği başlıktır.
    a. Yönetim ücretleri
    b. Yönetim harcamaları
    c. Kalite programı planlama
    d. Kalite performansı raporlamaları

e. Kalite eğitimleri

f. Kalite iyileştirmeleri

g. Kalite incelemeleri

h. Diğer

### 1.3.2 İnceleme Maliyetleri

Üretilen ürünün belirlenen kalite standartlarına uyumlu olup olmadığının kontrolü için yapılan ölçme, değerlendirme veya inceleme işlemlerinin maliyetlerinin bütünüdür. Bu grubun içerisinde tedarikçilerden gelen malların, ham maddelerin giriş kabul süreçleri, iç üretim süreçlerinin kontrolü, ölçüm ekipmanlarının kalibrasyonu gibi kontrol işlemleri girmektedir. (Pyzdek, 1999:163-165)

Aşağıda önleme maliyetleri üç başlık altında örneklendirilmiştir.

1. Satın alma: Ürünün müşteri beklentilerini karşılayabilmesi için hammadde ve yarı mamullerin istenilen kriterler uyumlu olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Aşağıda bu konuda yapılan harcamalar örneklendirilmiştir.

    a. Giriş kalite ölçümleri ve testleri

    b. Ölçüm ekipmanları

    c. Tedarikçi ürünlerini kalifikasyonu

    d. Kaynak incelemeleri ve kontrolü

2. Üretim: Ortaya konan ürünün müşteri beklentilerinde olabilmesi için tasarım aşamasında ortaya konan kriterler uygun üretim yapılması gerekmektedir. Bu uyumun denetlenmesine dönük harcamalar aşağıda örneklendirilmiştir.

    a. Planlanmış ölçüm, inceleme ve testler

i. Ölçüm işi

ii. Mal ve hizmet kalitesi incelemeleri

iii. Testler

b. Test ve inceleme ekipmanlarının kurulumları

c. Özel testler

d. Proses kontrol ölçümleri

e. Ölçüm ekipmanları

i. Ölçüm masrafları

ii. Kalibrasyon ve bakım giderleri

f. Dış onay ve sertifika maliyetleri

3. Dışsal İnceleme Maliyetleri: Müşteri beklentilerinin karşılanıp karşılanmadığının belirlenmesi için işletme dışından da bilgi edinilmesi gerekmektedir. Aşağıda bu konuda yapılan harcamalar yer almaktadır.

a. Saha performansı değerlendirmeleri

b. Özel ürün değerlendirmeleri

c. Sahadaki stok ve yedek parça değerlendirmeleri

4. Test ve ölçüm datalarının incelenmesi: Satın alma, üretim ve dış kontrol aşamalarında yapılan testlerin uzman kişilerce yorumlanması gerekmektedir. Veriler tek başına bir anlam ifade etmeyebilir. Fakat veri grupları doğru incelendiğinde bir eğilime işaret edebilirler. Bunların doğru yorumlanmasında kullanılan yöntemler ve uzmanlarla ilgili harcamalar bu başlıkta incelenmektedir.

5. Hatalı kalite değerlendirmeleri: Yapılan ölçümler ve testler doğru yorumlandığında hatalı ürünlerin müşteriye ulaşması engellenmektedir. Fakat testlerin ve ölçümlerin hatalı yorumlanması hatalı parçanın müşteriye kaçmasına yol açabildiği gibi hatasız parçanın gereksiz yere hurda edilmesine de yol açan-bilmektedir.

### 1.3.3 Hata Maliyeti

Müşteri beklentilerinin karşılanamaması ya da standartların gereğinin yerine getirilememesi durumunda ortaya çıkan maliyetlerin bütünüdür. Hata maliyeti iki ayrı başlıkta incelenmektedir. (Pyzdek, 1999:163-165)

#### 1.3.3.1 İçsel Hata Maliyeti

Ürünün üretim yerinden dışarıya çıkmadan önce tespit edilen hatasına ilişkin maliyetlerdir. Hurdaya atma, yeniden yapma, yeniden kontrol etme, yeniden test etme ya da düşük kaliteli olarak belirleme gibi örnekler verilebilir. Aşağıda içsel hatalar başlıklar halinde incelenmiştir:

1. Tasarıma bağlı içsel hatalar: Tasarımda yapılan hatalar nihai ürünün müşteri beklentilerini karşılayamamasına yol açabilmektedir. Bu hatanın tespiti ve düzeltilmesinde dönük harcamalar aşağıda örneklendirilmiştir.
    a. Tasarım doğrulama aktiviteleri
    b. Tasarım değişikliğine bağlı yeniden yapmalar
    c. Tasarım değişikliğine bağlı hurdalar
2. Satın alma hatalarına bağlı maliyetler: Satın alınan hammadde ya da yarı mamulün hatasının tespit edilmesi ile başlayan harcama kalemleri aşağıda özetlenmiştir:
    a. Satın alınan malın reddedilmesinin maliyeti

b. Satın alınan malın yerine yenisinin konulması için ortaya çıkan maliyetler

c. Tedarikçi doğrulama maliyetleri

d. Tedarikçi retlerinin yeniden yapma maliyetleri

e. Kontrolsüz malzeme kayıpları

3. Üretim hatalarına bağlı maliyetler: Üründe tespit edilen hata ile ilgili üretim yapılan araştırma ve yenileme faaliyetlerine yapılan harcamalar aşağıda sıralanmıştır:

a. Hata analizi maliyeti

b. Araştırma için destek maliyetleri

c. Üretim doğrulama aktiviteleri

d. Tamir ve yeniden yapmam maliyetleri

e. Yeniden test etme ve yeniden ölçme maliyetleri

f. Hurda maliyeti

g. Kapasitenin verimsiz kullanımı

h. İş gücü kayıpları

#### 1.3.3.2 Dışsal Hata Maliyeti

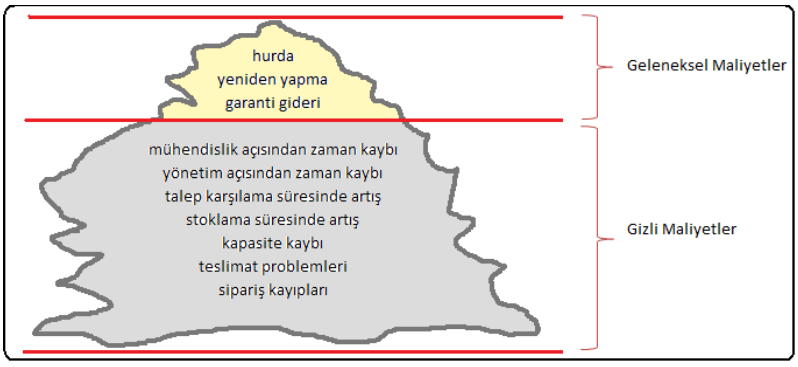
Ürünün hatasının üretim tesisinden çıktıktan sonra müşteriye teslim edilirken ya da daha sonra tespit edilmesinde ortaya çıkan maliyetlerdir. Örnek olarak aşağıdaki başlıklarda ifade edilen maliyetler kalemleri verilebilir.

1. Servis hizmeti maliyeti
2. Ürün iadesi

3. Ürün geri çağırma
4. Garanti maliyetleri
5. Ödenen cezalar
6. İmaj kaybı
7. Satış kaybı
8. Diğer

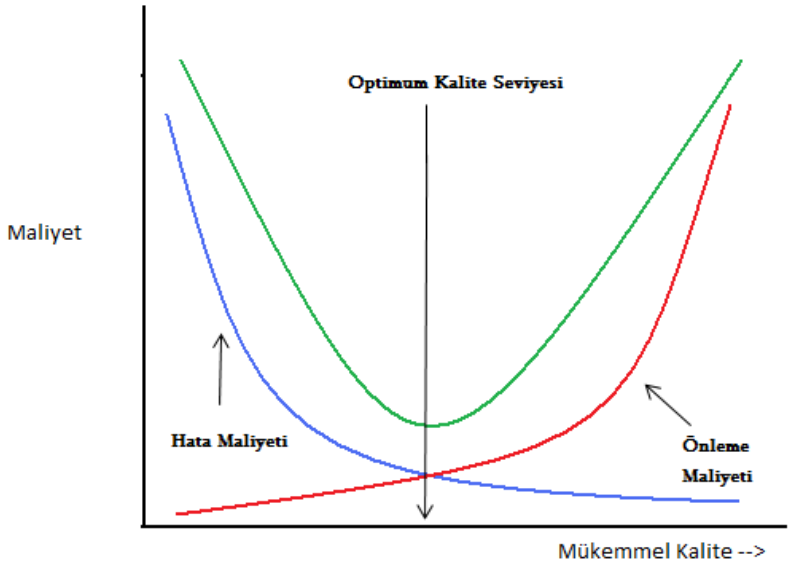
### 1.3.4 Kalite Maliyetinin Değerlendirilmesi

Birçok firmada kalite maliyetinin büyük bir kısmı gizli maliyet kalemleridir. Bu kalemlerin ortaya konması için ciddi bir kalite maliyeti analizi gereklidir. Aksi takdirde gizli olmalarına bağlı olarak kontrolsüz halde bulunan bu maliyetler giderek artmaktadır. Düşük kalite işletmeyi iki şekilde olumsuz etkilemektedir: yüksek maliyetler ve düşük müşteri memnuniyeti. Bütün bunlarsa işletmenin daha düşük gelirler elde etmesine yol açmaktadır. Düşük kalite üzerine yeterince gitmeyen işletmelerin bütün bu sayılan nedenlerle ile bir süre sonra krizle karşı karşıya kalmaları kaçınılmazdır. Jack Campanella'nın Principles of Quality Costs adlı kitabında yer verdiği aşağıdaki figür gizli kalite maliyetlerini buz dağının öteki yanı benzetmesi ile gözler önüne sermektedir.



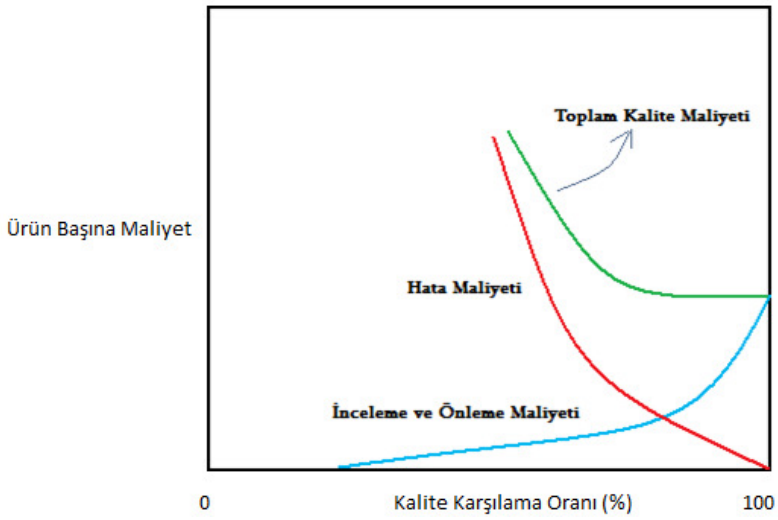

Şekil 1: Hata Maliyeti – Buz Dağı Benzetmesi

Kalite maliyeti sistemi uygulayan firmaların temel hedefi hata maliyetleri ile inceleme ve önleme maliyetlerinin en aza indirgemektir. Pyzdek kitabında Juran ve Gryna'nın 1988'de yazdıkları kitaplarında yer verdikleri bir grafikten bahsetmektedir. (2001:166) Aşağıda verilen grafikte görüldüğü üzere hata maliyetleri kalite seviyesinin mükemmele yaklaşması ile düşmekte iken, önleme ve inceleme maliyetleri giderek artmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi bu maliyetlerin toplanması ile elde edilen toplam kalite maliyeti ise kalite seviyesine göre ters parabolik bir dağılım göstermektedir. Bu klasik yaklaşıma göre önemli olan toplam kalite maliyetinin en az olduğu bu optimum noktanın bulunmasıdır.




Grafik 1: Klasik Görüşe Göre Kalite - Maliyet Grafiği

Fakat Juran daha sonraki çalışmalarında bunun gerçek hayatta böyle olmadığını vurgulamıştır. Juran'a göre mükemmeliyet erişilebilir bir noktadır. Aşağıdaki grafikten de görülebileceği gibi Juran klasik görüşün aksine toplam kalite maliyetinin mükemmellik seviyesinde optimum seviyeye erişeceğini belirtmektedir. Bu yeni model sıfır hatanın mümkün olduğunu ortaya koymaktadır. (Pyzdek, 1999: 165)




Grafik 2: Juran'ın Kalite Maliyeti Grafiği

İşletmeler kalite giderlerini değerlendirebilmek için bir kriter arayışındadır. Belirlenecek olan bir değer ile mevcut durumlarını kıyaslamak ve kendilerini sorgulamak isterler. Bu noktada Pyzdek kitabında Campenalla'nın 1990 yılında yazmış olduğu eserinde kullandığı örnekleri vermektedir:

- Toplam üretim maliyetlerine oranla içsel hata maliyetleri
- Net satışlara oranla dışsal hata maliyetleri
- Toplam satın alınan malzeme maliyetine oranla satın alma inceleme maliyetleri
- Toplam üretim maliyetine oranla üretime bağlı inceleme maliyetleri
- Üretim maliyetlerine oranla toplam kalite maliyetleri

Altı sigma direk olarak düşük kalite maliyeti (DKM) üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu maliyetler arasında içsel fire maliyetleri, dışsal fire maliyetleri, düzeltme maliyetleri ve önleme maliyetleridir. DKM içerisinde

fireler, tamir işlemleri ve amaçsız toplantıları da sayabiliriz.

Kalite maliyetleri konusu bir işletmeyi oldukça derin bir şekilde etkileyebilmektedir. Fakat, işletmeler aslında buz dağının altında yer alan ve maliyet kalemi olarak işletmenin önünde duran konulara yoğunlaşmalıdır. Buz dağının üstünde görülen önleme maliyetleri ve düzeltme maliyetleri iken, buz dağının altında yer alan kalemler ise; bakım maliyetleri, kredi maliyetleri, kayıp satışlar, yeniden üretme maliyetleri, fırsat kaçırmaya bağlı maliyetler, süreye bağlı maliyetler vs olarak sayılabilmektedir. İşletmeler, ilk bakışta kolaylıkla görülmeyen bu noktalara yoğunlaşmalıdırlar. Zira bu maliyetler görülen maliyetlere göre çok daha önemli olabilmektedir. Altı Sigma programının doğru bir şekilde kullanımı, toplam maliyete etki eden kalemlerin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve sorgulanmasını sağlamaktadır. Breyfogle (1999:4), Altı Sigma uygulayıcılarının doğru soruları sorarak sonuca ulaşmaları gerektiğini, bu nedenle uygulayıcıların vizyonunun ve planının olması gerektiğini vurgulamaktadır.

# 2. BÖLÜM KALİTE YÖNETİMİ

## 2.1 ALTI SİGMANIN TANIMI

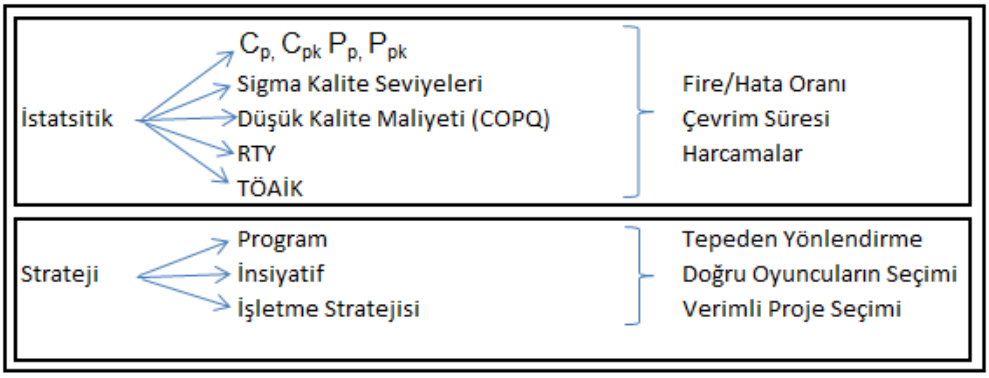
Rekabet giderek artığı günümüzde; daha üretken ve verimli olabilmek için ürün geliştirme, üretim, ve hizmet organizasyonları üzerindeki baskı giderek artmaktadır. Böylece; tasarımcılar, ürünler ne kadar karmaşık olursa olsun, daha kısa sürede daha yaratıcı ürünler tasarlamak durumunda kalmaktadır. Üretim departmanları; daha kaliteli ürünleri, daha ucuza üretebilmek adına, artan üretim adetlerine rağmen daha az kaynak ile üretim yapmaya çalışmaktadır. Hizmet işletmeleri gerekli olan çevrim süresini en aza indirmeye ve müşteri beklentilerini azami derecede karşılamaya çalışmaktadır. İşte bu noktada ortaya çıkan ihtiyaçlar; Altı Sigma yaklaşımının doğru uygulanması ile bütünüyle karşılanabilmektedir.

Breyfogle (1999:5); Altı Sigma'yı; rakiplerden daha iyi ürünü, daha hızlı bir şekilde, ve daha ucuz olarak ortaya koyabilmek adına gerekli olan bilgiyi elde edebilmekte kullanılan istatistiksel araçlardan oluşan bir strateji olarak tanımlamaktadır. Breyfogle'a göre Altı Sigma, atlama taşı niteliğinde gelişimleri ortaya koyabilmek adına sınırların dışına bakmayı ve alışılmışın dışında düşünmeyi aşılayan, kısacası işletmeyi kültüründe değişikliklere gitmeye yönlendiren bir stratejidir.

Breyfogle , Cupello ve Meodows ile birlikte hazırladıkları kitaplarında Altı Sigma'dan şu şekilde bahsetmektedirler (2001:4-5):

"Bazılarına göre; Altı Sigma, yalnızca Toplam Kalite Yönetiminin istatistiksel araçlarla tamamlayıcısıdır. Burada dikkate alınan Altı Sigma'nın Tablo 1'de anlatılan özelliklerinin yalnızca birinci satırıdır. Bazılarına göre ise; Altı Sigma, Toplam Kalite Yönetimi'nin karmaşıklaştırılmış bir halidir. Burada ise tablonun ikinci satırı dikkate alınmıştır. Oysa Altı Sigma bunların bütününü temsil etmektedir. Altı Sigma; işletmenin, yönetim stratejilerini

ortaya koyan ve bunları istatistiksel araçlarla harmanlayarak işletmenin verimliliğini ve etkililiğini artırabilmeyi ve müşteri beklentilerini karşılayabilmeyi amaçlayan bir metodolojidir.”




Şekil 2: Altı Sigma Tanımlaması

Hizmet ve ürün kalitesinde sürekliliği sağlamak ancak yönetim kalitesiyle gerçekleşebilmektedir. Söz konusu yönetim kalitesini geliştirmenin en önemli araçlarından biri süreçlerle ve verilerle yönetimdir. Müşteri için değer yaratan süreçlerin belirlenmesi, organizasyonun bu süreçler bazında yapılandırılması ve her süreç ile ilgili performans kriterlerinin belirlenerek düzenli olarak ölçülmesi, performansı artırmak için önemli bir motivasyon kaynağı olmaktadır. İşte Altı Sigma bu amaçla ortaya çıkmış bir kalite yönetimi aracıdır.

Altı Sigma son zamanlarda ortaya çıkmış olan bir trend değildir. Tek bir metod ya da stratejinin uygulandığı bir yönetim modası da değildir. Bunun yerine geliştirilmiş iş liderliği ve performans için esnek bir sistemdir. İş dünyası Altı Sigma’yı genellikle, “ mühendis ve istatistikçiler tarafından ürün ve süreçlerin ince ayarlarını yapmak için kullanılan ileri derecede teknik bir yöntem” olarak tanımlanmaktadır. Ölçüm ve istatistik Altı Sigma’nın anahtar bileşenleridir, fakat resmin tümü değildir.(Baş:2003)

## 2.2. SİGMA SEVİYELERİ

“Sigma” Yunan alfabesinde yer alan ve değişkenliği ifade eden harftir (σ). Sigmalar ile belirlenen kalite seviyelerinde belirtilmek istenen ne sıklıkta

hata yapıldığı ya da fire verildiğidir. Daha yüksek sigma seviyeleri daha az hata yapan süreçlere işaret etmektedir. Altı sigma kalite seviyesi bir milyon adette yalnızca 3,4 adet hata yapıldığı anlamını taşımaktadır. Buna karşılık 3 ile 4 sigma kalite düzeyi arasında işleyen bir işletmede milyonda kusur sayıları 66800'den 6210'a kadar değişim göstermektedir. Bu da %99,73'lük bir performanstır. Bu kusur oranları toplam gelirin %25'e kadar olan oranlarının kusurlar nedeniyle kaybedilmesi demektir. (LOVE;1999) Tablo 2'de sigma seviyelerine ait bilgiler yer almaktadır.

Tablo 1: Sigma seviyeleri

| **Sigma Seviyesi** | **Yüzde** | **Bir Milyon Adette Hatalı Sayısı (ppm)** |
|---|---|---|
| ±1 σ | 30,23 | 697700 |
| ±2 σ | 69,13 | 308700 |
| ±3 σ | 93,32 | 66810 |
| ±4 σ | 99,379 | 6210 |
| ±5 σ | 99,9767 | 233 |
| ±6 σ | 99,99966 | 3,4 |

İlk bakışta yukarıdaki tabloda satırlar arasında ne derece mühim bir fark olduğu kolaylıkla anlaşılamamaktadır. Tablo örneklerle incelendiğinde daha anlaşılır olmaktadır.

TÜİK'in 20/07/2009 tarihinden itibaren geçerli olduğunu belirterek hazırlamış olduğu tablo 3'e göre; Türkiye'de her yıl ortalama 1.244.308 adet doğum gerçekleşmektedir. Yine TÜİK'in yaş ve cinsiyete göre ölümlerin istatistiğine bağlı tablo 4'te, 2008 yılında doğum sırasında ölen 11030 adet bebek ölümü gerçekleştiği görülmektedir. Bu 1 milyon adette 8863 adet bebek ölümü anlamına gelmektedir. Bu da yaklaşık 4 σ seviyesine karşılık gelmektedir. Eğer bebek doğumu 4 σ seviyesinde işleyen bir süreç yerine 3 σ seviyesinde bir süreç olsa idi bu rakam ortalama 1244308 doğum

gerçekleşen ülkemizde 83107'e çıkacaktı. Yalnızca bir sigma seviyesi kadar kötüleşme 8 kat daha fazla bebek ölümüne neden olacaktı.

Tablo 2: 2001-2008 yılları arasında doğum sayısı

| Doğum sayısı, kaba doğum hızı ve genel doğurganlık hızı, 2001-2008 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (20/07/2009 tarihi itibariyle) | | | | | |
| | Doğum sayısı | | | Kaba doğum hızı | Genel doğurganlık hızı |
| Yıl | Toplam | Erkek | Kız | (‰) | (‰) |
| 2001 | 1321890 | 679 316 | 642 574 | 20,3 | 83,8 |
| 2002 | 1226641 | 631 212 | 595 429 | 18,6 | 76,7 |
| 2003 | 1193154 | 613 958 | 579 196 | 17,8 | 73,6 |
| 2004 | 1213545 | 623 250 | 590 295 | 17,9 | 74 |
| 2005 | 1231678 | 632 743 | 598 935 | 18 | 74,3 |
| 2006 | 1238725 | 635 950 | 602 775 | 17,8 | 74,1 |
| 2007 | 1266503 | 650 845 | 615 658 | 18 | 75,1 |
| 2008 | 1262333 | 648 875 | 613 458 | 17,8 | 74,2 |

(Türkiye İstatistik Kurumu, 2010)

Tablo 3: 2008 yılındaki yaş ve cinsiyete göre ölüm dağılımları

| Yaş ve cinsiyete göre ölümler, 2008 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yaş | Toplam | Erkek | Kadın | Yaş | Toplam | Erkek | Kadın |
| Age | Total | Males | Females | Age | Total | Males | Females |
| | | | | | | | |
| Toplam | 215562 | 119391 | 96171 | | | | |
| Total | | | | | | | |
| 00 | 11030 | 6266 | 4764 | 50 | 1689 | 1157 | 532 |
| 01 | 920 | 495 | 425 | 51 | 1611 | 1116 | 495 |
| 02 | 513 | 285 | 228 | 52 | 2457 | 1727 | 730 |
| 03 | 333 | 185 | 148 | 53 | 2536 | 1741 | 795 |
| 04 | 251 | 138 | 113 | 54 | 2486 | 1739 | 747 |
| | | | | | | | |
| 05 | 202 | 128 | 74 | 55 | 2445 | 1692 | 753 |
| 06 | 182 | 91 | 91 | 56 | 2407 | 1664 | 743 |
| 07 | 189 | 111 | 78 | 57 | 2460 | 1745 | 715 |
| 08 | 192 | 118 | 74 | 58 | 3452 | 2352 | 1100 |
| 09 | 155 | 90 | 65 | 59 | 2888 | 1957 | 931 |
| | | | | | | | |
| 10 | 179 | 108 | 71 | 60 | 3204 | 2094 | 1110 |
| 11 | 141 | 79 | 62 | 61 | 3040 | 1963 | 1077 |
| 12 | 140 | 77 | 63 | 62 | 3114 | 2063 | 1051 |
| 13 | 152 | 80 | 72 | 63 | 3683 | 2409 | 1274 |
| 14 | 186 | 113 | 73 | 64 | 3455 | 2227 | 1228 |
| . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . |

TÜİK'in verilerine göre son beş yılda her yıl ortalama 641 973 çift evlenmiştir. Bununla birlikte yine TÜİK'e göre 2008 yılında 99 663 çift boşanmıştır. Buradan hareketle Türkiye'de 1000000 evlilikten 155244 adedinin boşanma ile sonuçlandığı çıkarımını yapmak mümkündür. Bu da yaklaşık 2,5 σ seviyesi anlamına gelmektedir. Türkiye'deki evliliklerin mevcut durumun aksine 4 σ seviyesinde bir süreç olması durumunda her yıl gerçekleşen boşanma sayısı 99663'ten yalnızca 6210 adede düşecektir.Bu da yaklaşık 15 kat iyileşme anlamına gelmektedir. (TÜİK, 2010)

Tablo 2'nin daha kolay anlaşılabilmesi için 2006 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde mevcut yapının %0,1 hata oranı ile çalışmış olması durumunda ortaya ne gibi bir tablo çıkacağını incelemek uygun olacaktır:

- Her saat 16000 adet mektup kaybolacaktır
- Her yıl 20000 adet yanlış reçete yazılacaktır.
- Her hafta 500 yanlış ameliyat yapılacaktır.

- Her yıl 19000 bebek doğum sırasında hayatını kaybedecektir.
- Her saat 22000 çek yanlış hesaba işlenecektir.

Bazı durumlarda 6 σ seviyesinin bile yetersiz olduğunu belirtmek gerekmektedir. Mesela; bir kalp yılda ortalama 32 milyon kez atmaktadır. Kalbin 6 σ seviyesinde çalışması durumunda yılda 108 kez çarpmaması gerekirdi ki bu bir kişinin hayatına mal olabilmektedir. Öte yandan hava yolları taşımacılığının 6 σ seviyesinde çalışması; her bir milyon uçak seferinde 3 ya da 4 adet uçağın düşmesi anlamına gelmektedir. Yalızca THY yollarının 2009 yılında gerçekleştirdiği toplam sefer sayısının 194518 adet olduğu düşünülürse; dünya genelinde ne derece büyük bir problemin ortaya çıkacağı kolayca anlaşılabilmektedir. (THY,2009)

Motorola Üniversitesi'nden Pat Spagon, sigmanın dağılım anlamında kullanılabildiğini bu nedenle, "sigma kalite seviyesi" diye bir bütün halinde ifade etmenin daha doğru olacağını belirtmiştir. Breyfogle Altı Sigma tarafından sunulan tüm araçların kullanılmasının bir firma için gerekli olmayabileceğini, önemli olanın doğru araçları kullanmak olduğunu belirtmektedir. Belirlenen araçlar üzerinde yoğunlaşmak ve onlardan alınabilecek azami faydayı almak Breyfogle'a göre Altı Sigma programının en önemli şartıdır. Breyfogle, kitabında altı sigmanın doğru kullanımı ile firmaya yüksek kalite, düşük maliyet, çevrim süresindeki azalma, yüksek karlılık ve rekabet gücü gibi büyük faydaları olabileceğini belirtmektedir(Breyfogle,1999: 3-4).

Sigma seviyesi aynı zamanda süreç içerisinde yer alan parça sayısına bağlı olarak değişmektedir.Tablo 5'te sigma seviyelerinin karşılık geldiği toplam süreç verimliliği değerlerinin süreç içerisinde yer alan parça adedine bağlı olarak nasıl değiştiği görülmektedir.

Tablo 4: Süreç verimliliği

| | Toplam Süreç Verimliliği | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ürün Parça Sayısı | 3σ seviyesi | 4σ seviyesi | 5σ seviyesi | 6σ seviyesi |
| 1 | 93,32% | 99,38% | 99,98% | 100,00% |
| 7 | 61,63% | 95,73% | 99,84% | 100,00% |
| 10 | 50,09% | 93,96% | 99,77% | 100,00% |
| 20 | 25,09% | 88,29% | 99,54% | 99,99% |
| 40 | 6,29% | 77,94% | 99,07% | 99,99% |
| 60 | 1,58% | 68,81% | 98,61% | 99,98% |
| 80 | 0,40% | 60,75% | 98,15% | 99,97% |
| 100 | 0,10% | 53,64% | 97,70% | 99,97% |
| 150 | 0,00% | 39,28% | 95,56% | 99,95% |
| 200 | 0,00% | 28,77% | 95,45% | 99,93% |
| 300 | 0,00% | 15,43% | 93,25% | 99,90% |
| 400 | 0,00% | 8,28% | 91,10% | 99,86% |
| 500 | 0,00% | 4,44% | 89,00% | 99,83% |
| 600 | 0,00% | 2,38% | 86,95% | 99,80% |
| 700 | 0,00% | 1,28% | 84,95% | 99,76% |
| 800 | 0,00% | 0,69% | 82,99% | 99,73% |
| 900 | 0,00% | 0,37% | 81,08% | 99,69% |
| 1000 | 0,00% | 0,20% | 79,21% | 99,66% |
| 1200 | 0,00% | 0,06% | 75,61% | 99,59% |
| 2000 | 0,00% | 0,00% | 62,75% | 99,32% |
| 3000 | 0,00% | 0,00% | 49,70% | 98,99% |
| 17000 | 0,00% | 0,00% | 1,90% | 94,38% |
| 38000 | 0,00% | 0,00% | 0,01% | 87,88% |
| 70000 | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 78,82% |
| 150000 | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 60,05% |

Buna göre; 6σ seviyesinde faaliyet gösteren bir süreçte yalnızca bir parça olması durumunda bir milyon adette yalnızca 3,4 adet hata yapılırken; parça adedi 500'e çıktığında 1700 adet hata olasılığının ortaya çıktığı görülmektedir. Bir bulaşık makinesinde 112 parça bulunduğu düşünülürse, bulaşık makinesi üretim tesisinin 6σ seviyesinde üretim yapması durumunda üretilen her 1 milyon bulaşık makinesinde 340 adedinin hatalı olma olasılığı olduğu çıkarımı yapılabilmektedir.

## 2.3. ALTI SİGMANIN AMAÇLARI VE GETİRİLERİ

Altı Sigma, problemlere ölçülebilir çözüm getirmek ve kritik süreçleri optimize etmek için sorumluluk üstlenilen bir yönetim yaklaşımıdır. Altı Sigma metodolojilerini uyarlamak ve uygulamak iş performansında ve karlılıkta çok belirgin bir iyileşmeye yol açmaktadır. Altı Sigma sadece üretim kuruluşları için tasarlanmamıştır. Finans kuruluşları, sağlık kuruluşları ve hizmet sektörü

de Altı Sigma metodolojilerinden yararlanabilmektedirler. Buradan da anlaşıldığı üzere; Altı Sigma çok farklı alanlarda kullanılabilmektedir. En önemli getirileri arasında; maliyetlerde azalma, üretkenlikte artış, pazar payında artış, müşteri tatmininde artış, çevrim süresinde azalma, hata oranında azalma, müşteri beklentilerini karşılayabilen ürün/hizmet geliştirme ve olumlu kültürel değişim yer almaktadır.

Altı Sigma projeleri kısa sürede tamamlanabilecek projeler değildir. Belli bir zaman ve bilgi birikimini gerektirir. Altı Sigma projelerinin temel amaçları aşağıda sıralanmıştır:

- Müşteri Tatminin Artırılması,
- Kusurların Azaltılması,
- Çıktının İyileştirilmesi
- İş Veriminin Yükseltilmesi ve Yeteneğin Artırılması

Altı Sigma uygulamayı düşünen firmaların başarıya ulaşması için değişime açık olması gerekmektedir. Çünkü Altı Sigma süreç üzerinde köklü değişikliklere gidilmesini talep edebilmektedir. Verimsiz ve kalitesiz çalışan bir süreci küçük iyileştirmeler ile ileriye taşımak yerine baştan tasarlamanın üzerinde durulur. Bu da değişime açık olmayan işletmelerde dirençle karşılaşmak anlamına gelmektedir. Üst yönetimin desteğini almak Altı Sigma uygulamalarının başarısını etkileyen diğer bir faktördür. Üst yönetimin programa cesaretle liderlik etmesi ve bunu tüm kuruluşa göstermesi de çok önemlidir. Altı Sigma'nın ortaya çıkışına bakıldığında da bu değişim faktörünün ve üst yönetimin liderliğinin dikkat çeken noktalar olduğu görülebilmektedir.

Altı Sigma süreci üç ana alan üzerine odaklanmaktadır (Çalışkan,2006:64). Bunlar;

- Çevrim zamanının azaltılması
- Kusurların/hataların azaltılması
- Müşteri memnuniyeti

çevrim süresine ilişkin şu sözleri ile çevrim süresini nasıl azalttıklarını ortaya koymuştur: “Tüm yaptığımız, müşterinin bize sipariş verdiği andan parayı aldığımız noktaya kadar geçen süreyi incelemektir. Ve biz bu süreyi katma değer yaratmayan kayıpları ortadan kaldırarak kısaltıyoruz.” (Pyzdek,2001:164). Burada katma değer kavramı ön plana çıkmıştır. Katma değerli aktivitelere müşteri gereken bedeli ödemeye razıdır. Söz konusu aktivite ürün üzerinde fiziksel bir değişiklik yaratmaktadır. Aktivite ancak ilk seferde doğru yapıldığı durumda katma değerli olarak ifade edilmektedir. Mal üreten bir işletmede katma değer yaratan aktivitelere örnek olarak şu işlemler verilebilir: Siparişin girilmesi, malzeme siparişinin verilmesi, teknik çizimlerin hazırlanması, montaj, kanunen zorunlu olan testlerin gerçekleştirilmesi, ambalajlama, müşteriye teslim.

Ürüne değer katmayan tüm aktivite ve sonuçlar Muda olarak adlandırılmaktadır. Bir aktivite değer yaratmıyorsa kayıp teşkil etmektedir. Mal üreten bir işletmede Muda sayılabilecek aktivitelere şu örneklere verilebilir: İhtiyaç olandan fazla üretmek, hammadde stoklama, yarı mamul ve ürün stoklama, standartlara uygun biçimde yapılmayan işlemlerin tekrar yapılması ya da ek operasyonlar, hareket kayıpları, taşıma, bekleme.

Çevrim süresini azaltabilmek için öncelikle katma değersiz adımlardan (Muda) kurtulmak gereklidir. Muda’lardan uzaklaşabilmek için sürecin basitleştirilmesi gerekmektedir. Karmaşıklık fark edilmeyen kayıpları da beraberinde getirmektedir. Çevrim süresini azaltabilmek için bir sonraki aşamada darboğazların ortadan kaldırılması gereklidir. Çevrim süresini belirleyen aktivitelerin belirlenmesi ve kısıt teşkil eden sorunların çözümünün araştırılması gereklidir. Müşteri beklentilerine göre değer akışının incelenmesi ve gerekirse yeniden şekillendirilmesi çevrim süresi açısından önemlidir.

## 2.4 ALTU SİGMANIN ORGANİZASYON YAPISI

Altı Sigma organizasyonlarında bütün personele aldıkları eğitimin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluk yüklenmektedir. İlk bakışta Uzakdoğu sporlarının yapıldığı bir takımın organizasyon yapısını andıran bu unvanlar, Altı Sigma'nın uygulandığı organizasyon yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne bağlı olarak çeşitlilik gösterebilmektedir. Bazı şirketler genel kabul gören unvanlara sarı, mavi v.b. kuşaklar derken, bazıları ise birkaç kuşakla yetinmektedir(Baş;2003).

Şirketlerin büyüklüğü ve uygulamaların kapsamına göre bu görevler birleştirilebilmekte veya ek görevler oluşturulabilmektedir. Bu yapı sabit değildir ve ihtiyaca göre yenilenebilmektedir. Ancak genel olarak Altı Sigma organizasyon yapısı şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Üst Yönetim
- Üst Yönetim Temsilcisi
- Kalite Şampiyonları
- Uzman Kara Kuşaklar
- Kara Kuşaklar
- Yeşil Kuşaklar

Altı Sigma'nın başarısı herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu denklemin insan gücü tarafıdır. Örneğin bir okul takımında görev yapan kaleciden, takım kaptanına kadar herkesin açıkça tanımlanmış bir görevi mevcuttur. Ayrıca bu görev tanımları içerisinde iyi bir iş çıkaramamanın sonuçları ve başarının sağlayacağı ödüllerde yer almaktadır. Takımın başarısında bu tanımların rolü büyüktür. Bu nedenle Altı Sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitiminin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilmektedir.

Aşağıda Motorola, General Electric ya da Arçelik gibi büyük çaplı şirketlerde görülebilecek ayrıntılı bir organizasyon yapısı verilmiştir. Şirketin

büyüklüğü ve uygulamanın kapsamına göre bu görevler birleştirilebilir ya da ek görevler oluşturulabilir.

a) Üst Kalite Konseyi

Altı Sigma'da projeler organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülmektedir. Fakat üst yönetim bu projeleri yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemeyeceği bilinen bir gerçektir. Daha açık bir ifade ile eğer üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için nitelikli bir personelini görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa Kara Kuşakların başarı şansı olmayacaktır.

Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konseyin başlıca görevleri aşağıda sıralanmıştır;

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

b) Yönetim Temsilcisi

Altı Sigma çalışmaları üst yönetimden, etkili bir lider tarafından yönetilmediği sürece başarısızlık şansı yüksektir. Bu tür bir görevlendirme Altı Sigma'ya verilen önemin gösterilmesi ve faaliyetlerin kolaylaştırılması açısından önemlidir. (Slater,2004:19).Yönetim Temsilcisi üst yönetim adına karar verebileceği için proje çalışmaları sırasında çıkan sorunların çözümü için konsey toplantıları beklenmeyecektir. Yönetim Temsilcisinin başlıca görevleri aşağıdaki maddelerle özetlenmiştir;

- Altı Sigma eğitim planlarını hazırlamak ve eğitimin plana uygun olarak icrasını sağlamak,
- Gerektiğinde Altı Sigma konusunda, eğitim kuruluşları, danışmanlık şirketleri ve diğer ilgili kuruluşlardan yardım almak,
- Altı Sigma konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak, proje seçimi ve takımların oluşturulmasında kalite şampiyonu/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,

c) Kalite Şampiyonu

Kalite Şampiyonu, iyileştirme projelerini üst kalite konseyi adına gözlemleyen kişi veya kişilerdir. 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 vermemelidir.Yalnızca takımların işletme amaçlarına doğrudan katkı sağlamayan projelerle zaman harcamaları önlenmelidir. Aşağıda bir kalite şampiyonunun altı sigma projelerindeki görevleri sıralanmıştır:

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

d) Uzman Kara Kuşak

Altı Sigma ile ilgili her konuda en üst düzey teknik bilgiye sahip kişi uzman kara kuşaktır. Bu görev, Altı Sigma çalışmalarının başlangıcında dış kuruluşlardan kiralanan bir danışman tarafından da yürütülebilmektedir. Uzman Kara Kuşağın başlıca görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir;

- İyileştirme takımlarına başta istatistik yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her konuda teknik destek sağlamak,
- Kalite şampiyonlarına projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak,

- İyileştirme 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,

e) Kara Kuşak

Altı Sigma'da projeler, organizasyonun orta kademesinde bulunan kara kuşaklar tarafından alınır. Bunlar iyileştirme takımının lideridirler. İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Kara kuşak görevini yerine getiren kişi asli görevini proje tamamlanıncaya kadar bir başkasına devreder. Kara kuşaklar projesi biter bitmez, ekip üyelerinden düzenli işlerinin bir parçası olarak Altı Sigma araçlarını kullanmalarını isterler (Slater,2000:219-220).

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. Aşağıda kara kuşakların başlıca görevleri kısaca ifade edilmiştir;

- İyileştirme projesini belirleyerek kalite şampiyonuna teklif etmek,
- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişliklerini kalite şampiyonuna teklif etmek,
- Takım üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde kalite şampiyonuna yardımcı olmak,
- Takım üyeleri arasında iş/görev dağılımını yapmak,

- İyileştirme projesini yönetmek ve projenin zamanında 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.

f) 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. (Procen, 2010)

## 2.5 ALTI SİGMANIN TARİHÇESİ

Altı sigma, yönetim biçimi olarak ilk defa Motorola tarafından 1990'larda kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra General Electric ve AlliedSignal gibi dev firmaların Altı Sigma ile ortaya koydukları başarı hikayeleri Altı Sigma'nın yayılmasını sağlamıştır. (Breyfogle, 1999: 5)

### 2.5.1. Motorola 'da Altı Sigma Yaklaşımı

Motorola'nın kaliteye önem verişi ya da bir bakıma kalite ile tanışması şiddetli rekabetin ortasında büyük yenilgiler yaşaması ile gerçekleşmiştir. Motorola ürettiğinin büyük çoğunluğunu fireye verdiği için rekabette geri kalmış, 80'li yıllarda politik destek almak durumunda dahi kalmıştır. Nitekim

1994 yılında Motorola'nın sahipleri "kalitemiz bizi batırıyor" şeklinde bir açıklama da bulunmuşlardır. O tarihte Motorola'nın başına CEO olarak getirilen Bob Galvin, kaliteye verdiği önem ve uygulamaya koyduğu sistemle iş dünyasında kendinden söz ettirmeye başlayan biri haline gelmiş ve çok geçmeden Motorola'da başardıkları ile iş dünyasında bir idol olarak kabul edilmiştir. Bob Galvin ile birlikte Motorola yeni hedefler benimsemiştir. Bunlar uluslararası Pazar payının artırılması ve insan, pazarlama teknoloji, ürün, üretim ve hizmet alanlarında sınıfının en iyisi olmaktır. Bu alanlardan en çok değer verilen alan ise insan memnuniyeti gelmektedir. Motorola bunu başarabilmek için hem çalışanlarının hem de müşterilerinin memnun olduğu bir şirket yaratmayı hedef olarak belirlemiştir. ( Evans ve Lindsay, 2005: 5)

Daha sonra Motorola kalite konusunda dünyaca bilinen bir lider konumuna gelmiştir. İşte Motorola'nın kat ettiği bu yolda denediği birçok yöntem vardır. Bu yöntemler arasında en çok kabul göreni ise istenilen noktaya göre istatistiksel değişimleri incelemeyi mümkün kılan Altı Sigma'dır. Altı Sigma üretimde ya da verilen hizmetlerde hedeflenen noktaya göre milyonda 3,4 adetlik bir firenin kabul edildiği ve sürecin bu noktaya taşınabilmesi için yöntemler ortaya koyan bir metodolojidir. Belirlenmiş olan bu değer üretim açısından düşünüldüğünde oldukça katı bir tasarımın ortaya konması, parçalar üzerindeki değişkenliklerin belirli oranlarda tutularak nihai ürünün herhangi bir fire olmadan üretilmesini zorunlu kılmaktadır. Motorola bünyesinde çalışan tüm çalışanlar ortaya konan her iş kaleminde meydana gelen fireleri/hataları not etme ve bunların nedenlerini sorgulama sorumluluğunu taşımaktadırlar.

Motorola'yı bu noktaya taşıyan en önemli özelliği Altı Sigma sayesinde "toplam çevrim süresi" olarak nitelendirilen bir parametreyi takip eder hale gelmesidir. Motorola'nın kalite anlayışına göre müşteri talebi alındıktan sonra süre çalışmaya başlamaktadır. Hedef bu talep sonrasında istenen ürünün tasarlanması, üretilmesi ve pazarlanması gibi aşamaların en kısa sürede tamamlanmasıdır. Tabii ki ortaya konan ürünün müşteri beklentilerini karşılama oranı da Motorola'nın kalite hedefleri arasındadır. Motorola

tanımlanan bu süreyi kısaltabilmek için süreç içerisinde yer alan tüm alt süreçleri kontrol eder ve sorgular bir yapıya bürünmüş ve başarıyı elde etmiştir.

Motorola kalite liderliğini ortaya koyabilmek ve sürdürebilmek için ortaya konan kalite sonuçlarını değerlendirmek ve kalite planında yapılması gereken değişiklikleri ortaya koyabilmek adına yüksek seviyede toplantılar gerçekleştirmektedir. Fakat bu toplantıların yanı sıra, başarının arkasında katılımcı yönetim programı (KYP) adı verilen toplantıların rolü oldukça fazladır. Bu toplantılar yalnızca üst düzey yöneticiler değil yönetim kademesinde yer almayan işçilerin de katıldığı kalite performanslarının gözden geçirildiği yerler olarak belirlenmiştir. Bu toplantılarda süreç içerisindeki alt süreçlerde çalışan katılımcı yönetim programı takımları belirlenen hedef doğrultusunda ne yapılması gerektiği, kimlerin hangi konularda üzerlerine hangi ödevleri almak durumunda olduğu ortaya konmaktadır. Bir sonraki toplantıda yeni görevlerin yanı sıra alınan ödevlerin yerine getirilip getirilmediği tartışılmaktadır. Yüksek kalite için geniş katılıma ve takım içi önerilere büyük değer verilmektedir.

Motorola, kalite hedeflerine ulaşabileceğinden emin olabilmek adına, firma çalışanlarının eğitimleri için 1983 ve 1987 yılları arasında 170 milyon dolardan fazla para harcamıştır. Çalışan eğitimlerinin %40'ı kalite konularına atanmıştır. Bu noktada; kalite gelişiminin önemini benimsetmeye yönelik temel prensiplerden üretebilirlik için tasarım yapmaya kadar birçok konuda eğitim alınmıştır.

Motorola, kalitede hangi seviyeye eriştiğinde rakiplerinin önüne geçebileceğini bilmektedir. Birçok firma rakiplerinin üretilebilirliğini, güvenilirliğini, üretim maliyetini ve performansını öğrenebilmek için rakiplerin ürünlerini incelemektedir. Bu kapsamda Motorola 125 ayrı üreticinin ürünlerini kendi standartları ile karşılaştırmış ve kendi sınıfında en iyi ürünleri ortaya koyduğunu belirlemiştir.

Motorola birçok yanlış yaptığının farkına daha sonra varmıştır. Bunların en başında, kalite konusunda alınan eğitimlerin alt seviyeden başlayıp yukarıdakilere doğru ilerliyor oluşu gelmektedir. Yani en alt seviyedeki işçiye istatistiksel süreç kontrolü ve diğer teknikler öğretilmiş ve uygulamaya konmaları beklenmiştir. Fakat eğitim alan çalışanlardan birçoğu bu denli yoğun bir eğitimi anlayamamış ve eğitim almamış olan amirlerinden de yardım isteyememişlerdir. Anlayan çalışanlar dahi amirleri ile olan bu iletişim kopukluğu nedeniyle ortaya bir şeyler koyamamışlardır. Motorola'nın eğitim departmanı aşağıdan yukarıya yayılan bu eğitim anlayışı ile 7 milyon dolar gibi büyük bir parayı çöpe attıklarını itiraf etmişlerdir. Hatasının farkına varan Motorola, Motorola Üniversitesini kurmuş ve uygulamalı eğitim için kapılarını ardına kadar açmıştır. Bob Galvin uygulamalı eğitimi destekleyebilmek için üniversitede bizzat ders vermiştir. 1992 sonunda Motorola her yıl eğitime 110 milyon dolar harcar duruma gelmiştir.

Bu çabasının karşılığında 90'lı yılların sonlarına doğru müşteri beklentilerini karşılayabilmek adına isteye bağlı olarak 1 adetten 100.000 adede kadar üretim yapabilir hale gelmiştir. Kitlesel kişiselleştirmeye uygun bir süreç yapısı ile müşteri beklentilerini en kısa sürede karşılayabilir bir duruma gelmiştir. Altı Sigma üzerinde ısrarla durulması ve harcanan emek sayesinde; firma ileri teknoloji gerektiren cep telefonu, mobil iletişim cihazları ve benzeri birçok endüstri alanında lider üretici konumuna gelmiştir. (Pyzdek, 2001:1-3)

### 2.5.2. General Electric'te Altı Sigma Yaklaşımı

General Electric'in CEO'su Jack Welch Altı Sigma'yı şu şekilde tanımlamaktadır: Firma olarak yapmaya karar verdiğimiz en zorlu ve en gelir getiren teşebbüsümüzdür (Breyfogle, 1999: 5). GE'nin 1997 yılında açıkladığı yıllık raporuna göre; firma Altı Sigma ile işlemsel gelirlerinde 300 milyon dolarlık artış sağlamıştır. 1998'de sağlanan bu fayda iki katından daha fazla hale gelmiştir. GE yıllık raporunda Altı Sigma'ya ilişkin şu örnek uygulamalardan bahsetmiştir:

“Medikal sistemler departmanı, CT tarayıcılara x-ray tüpü tasarımında Altı Sigma araçlarını kullanarak rakiplere oranla üç kat daha uzun ömürlü bir cihaz oraya koymuştur.

Elmas üretiminde kullanılan aşındırıcıların üretildiği departmanda Altı sigma kullanımı ile artan üretim adetlerine rağmen kapasite fazlası ortaya konmuştur. Artan üretimler mevcut nikel sarfı ile karşılanabilir hale gelmiştir.

Tren yolu araçları kiralama departmanında yapılan Altı Sigma çalışması ile tren yolu araçlarının tamir atölyesinde bekledikleri süre % 62 oranında azaltılmıştır. Bu sayede rakiplere göre iki ya da üç kat daha hızlı tamir hizmeti verebilir hale gelinmiştir. Bununla birlikte; gerçekleştirilen bir sonraki Altı Sigma çalışmasında, kara kuşak ve yeşil kuşak sahibi Altı Sigma uygulayıcıları ekipleri ile beraber tamir süresini son duruma göre %50 daha kısa hale getirmişlerdir.

Plastik departmanında yapılan Altı Sigma çalışmaları ile yıllık 300 milyon adetlik kapasite artışı elde edilmiştir. Bu sayede yeni bir üretim tesisi yatırımına gerek kalmamış ve toplamda 800 milyon dolarlık bir yatırımdan tasarruf edilebilmiştir.” (Breyfogle, 1999: 6)

### 2.5.3. Diğer Altı Sigma Uygulamaları

Bilinen örneklerin dışında dünyaca ünlü birçok firmanın üst düzey yöneticilerinin Altı Sigma hakkında aktardıkları önemli anekdotlar olmuştur(Breyfogle, 1999:6-7):

- Raytheon: “ Raytheon 4 sigma seviyesinde çalıştığı dönemde faaliyet giderlerinin % 25’inin düşük verimlilik ile üretim yapıyor olduğu için harcamaktaydı. Altı sigma ile kalite ve verimliliğindeki artış ile söz konusu %25’lik harcama kalemi yalnızca %1 seviyesine düşmüştür.”

- AlliedSignal: “ Altı Sigma kapasite artışı sağlayarak işletmenin 85 milyon dolarlık yatırım yapmasının önüne geçmiş, verimliliği artırarak yıllık 30-50 milyon dolarlık getiri elde etmiştir.”

- Lockheed Martin: “ Firma iniş takımları üzerine yerleştirilecek bir kapak tasarımı üzerine 200 adam-saat harcamakta idi. Yıllarca tüm çalışanlar ile yapılan ortak beyin fırtınaları ile ortaya mantıklı fikirler kondu. Fakat hiçbiri çalışmadı. Altı Sigmanın istatistiksel disiplini ile bir parça geliştirildi. Zaman içinde firma jet başına 14000 dolar getiri elde etti.”

- Breyofgle kitabında New York Times’ın 1998 yılındaki bir haberinde Altı Sigma’dan şu şekilde bahsettiğini belirtmektedir: “İnanıyorum ki, Altı Sigma bir işletmenin başına gelebilecek en iyi şeydir. Veya işletme Altı sigma ile çok fazla zaman ve para kaybı da yaşayabilir. Bu tamamıyla nasıl uygulandığına bağlıdır….“

## 2.6. ALTI SİGMA PROJE ADIMLARI

Altı Sigma yönteminde kullanılan geliştirme modeli, 5 ana bölümden oluşmaktadır. Bu aşamalar tanımlama, ölçme, analiz etme, iyileştirme ve kontrol etme şeklinde sıralanabilmektedir.Bu aşamalar Tablo 6’da özetlenmiştir.

Tablo 5: Sigma Adımları

| AŞAMALAR | AÇILIM | ARAÇLA VE UYGULAMALAR |
|---|---|---|
| TANIMLA | Doğru projenin seçimi<br>İyileşecek ürün/özelik?<br>İyileştirilecek süreç?<br>Kriterler:<br>Müşteri için yararı?<br>İşletmeye yararı?<br>Sürecin karmaşıklığı?<br>Maliyet iyileştirme? | Altı Sigma Ölçme sistemi,<br>Müşteri yakınmaları,<br>Müşteri anketleri,<br>İşletme içi öneri sistemi,<br>Günlük veriler/veri tabanı,<br>İstatistiksel değerlendirmeler,<br>Pareto analizi,<br>Sebep-Sonuç diyagramları, |
| ÖLÇ | İlgili ürün/süreçte etkili faktör ve özelikler?<br>Özelik ve etmenlere ilişkin veri derleme,<br>Veri tipi,<br>Ölçme gereç, duyarlılığı,<br>Örnek büyüklüğü,<br>Ölçüm aralığı ve süresi.<br>Ölçme duyarlılığı yüksek?** | Sürekli oluşan veriler, veri tabanlarının analizi yoluyla değişkenlik, etki, hata ölçümleri,<br>(DOE)Planlanmış deneyler yoluyla yapılan yüksek duyarlılıkta ölçüm,<br>Benchmarking,<br>Beyin fırtınası,<br>FMEA,... |
| ANALİZ ET | Değişik etmenlerin ilgilenilen özelik (değişken)üzerindeki etkilerine ilişkin ölçümler değerlendirilir(analiz edilir).<br>y =f(x1, x2, ..., xk ,e)<br>ϵ++···+++=klooxyβββα2211 | Milyonda kusur,<br>Sigma değerleri,<br>KK. Şemaları - y'nin kestirilmesi,<br>Yetenek-verimlilik değerlerinin hesabı ve bunların işletmedeki / başka işletmelerdeki benzer ürün ve süreçlerle kıyaslanması,<br>İyileştirme hedefinin belirlenmesi. |
| İYİLEŞTİR | Ölçülen y değerlerinin iyileştirilmesi gerekir mi?<br>Evet:<br>Öngörülebilirlik mi?<br>Değişkenlik mi?<br>Ortalama(Merkez) mi?<br>Hangi etmenler ne kadar etkili-etmenleri aramak? | Kolay İyileştirme olanakları?<br>Ortalama (merkez) açısından iyileştirmeler daha kolaydır.<br>Değişik istatistiksel teknikler,<br>7 Basit yöntem,<br>Zor olan değişkenliğe dönük keşif ve önlemlerdir.<br>Deney planlaması(DoE)-ANOVA |

### 2.6.1 Tanımlama Aşaması

Bu aşamada projenin ana hatları ortaya konmaktadır. Proje sözleşmesi sayesinde projenin girdi ve çıktıları konusunda proje müşterileri ile yürütücüleri arasında bir çeşit anlaşma imzalanmaktadır. Müşteri beklentilerinin ne olduğu belirlenerek proje çıktıları hakkında bilgi sahibi olunmakta, süreç haritaları ile mevcut durum belirlenmektedir.

Tanımlama aşamasında özet olarak aşağıdaki konular üzerinde durulmaktadır:

- Proje seçimi
- Proje sözleşmesi ve finansal getiri bildirimi
- Temel süreç haritaları ve analizi
- Müşterinin sesinin değerlendirilmesi

2.6.1.1 Proje Sözleşmesi ve Amacı

Yönetim takımı ve altı sigma liderleri tarafından belirlenerek taslak sözleşme uzman kara kuşağın ve proje liderinin katılımıyla oluşturulmaktadır. Yönetici proje hedeflerini, zaman planını ve gerekli kaynakları belirleyerek sponsorluk görevini yerine getirmiş olmaktadır. Daha sonra taslak, proje lideri ve ekip üyeleri tarafından incelenmektedir. Gerekli görülürse revizyon için talepte bulunulabilinir. Taslak sözleşme incelemesi sonucunda projenin sınırları ve müşterileri belirlenir. Daha sonra sözleşme onaylanmak üzere sponsora gelir ve proje lideri ve uzman kara kuşağın katılımıyla son şekli verilir.

Proje sözleşmesi ekiple yönetim arasında yapılan ve projeden beklenilenleri belirleyen bir anlaşmadır. Proje sözleşmesi;

- Ekipten beklenenleri berraklaştırmaktadır.
- Ekibin dikkatini projeye toplamasını sağlamaktadır.
- Ekibi organizasyon ihtiyaçları ile aynı çizgiye getirmektedir.
- Projeyi, sponsordan proje ekibine transfer etmektedir.

Projeleri başarısız kılan en büyük etken plansız hareket edilmesidir. Ruskin ve Estes ‘e göre bir projeye başlamadan önce planlama yapılmasını gerektiren birçok neden mevcuttur (1995: 44):

- Proje planı, olası hataların daha erken tespit edilmesine ve düzeltilmesine imkan sağlayan bir simülasyon niteliğindedir.
- Proje planı, proje yürütücüsünün ekip üyelerinin sorumluluklarını ve görevlerini belirlemesini kolaylaştıran bir araçtır.
- Proje planı, aktivitelerin koordinasyonunda kullanılan ve parçaların birbiri ile uyumunu görselleştiren bir araçtır.
- Proje planı, proje ile ilgili herkesin hedeflenenlere ne zaman ulaşılacağını ve ne zaman projenin tamamlanacağını göstermektedir.

2.6.1.2 Proje seçimi ve Problem Tanımlama

Üzerine iyileştirme çalışmaları yapılacak konular, getirilerine göre sınırlandırılmalıdır. Ürünün maliyetin, teslimat süresine ve özelliklerine etki edebilecek süreçler üzerinde yoğunlaşılmalıdır. Müşteriler hangi sürecin kendileri için önemli olduğu konusunda bilgi sahibi olmasalar bile hangi konunun onlar için en önemli olduğunu açıkça bilmektedirler. Önemli olan müşterilerden bu bilginin alınması ve ilgili süreç üzerinde proje başlatılmasıdır. (Pyzdek,1999:227)

Yapılan Altı Sigma projeleri incelendiğinde bazı temel özelliklerin projeyi başarıya götürdüğü görülmektedir. (Breyfogle, 1999: 17) Bu özellikler aşağıda sıralanmıştır:

- Sorun doğrudan iş sonuçları ile ilgili ise,
- Sorun açıkça tanımlanmış bir süreç ile ilgili ise,
- Sürecin başlangıç ve bitiş noktaları açıkça tanımlanabiliyorsa,
- Sürecin çıktılarını kullanan iç ve dış müşteriler tanımlanabiliyorsa;
  - Müşterinin çıktıyı nasıl kullandığı biliniyor veya öğrenilebiliyorsa,

    - Müşteri açısından hangi çıktının önemli olduğu biliniyor veya öğrenilebiliyorsa,
- Hatanın ne olduğu açıkça tanımlanabiliyor ve sayılabiliyorsa,
- İyileştirmelerin iş sonuçlarını nasıl iyileştirdiği gösterilebiliyorsa,
- Uygun organizasyon desteği varsa;
    - Sponsor bu projenin başarılı olmasını istiyorsa,
    - Sponsorun kaynakları kullandırma yetkisi varsa,
    - Süreç sahibi tanımlanmışsa,

Başarılı projeler gibi başarısız projeler de incelendiğinde birçok ortak özellik belirlenebilmektedir(Breyfogle, 1999: 18). Aşağıda bu özellikler sıralanmıştır.

- Müşteri veya iş sonuçları ile ilgili değil
- Proje kapsamı çok geniş
- Zaman ve kaynak ayırmak için proje liderinin yetkisi yok
- Sürecin başlangıç ve bitiş noktaları belirsiz
- İlgili verilerin toplanması çok zor ya da çok fazla veri var
- Hatanın ne olduğu tanımlanamıyor
- Süreç yeterince sık tekrarlanmıyor
- Problem çözüm şeklinde tanımlanmış

Yukarıda sıralanan problemlerin bazıları ile karşılaşıldığında aşağıda ifade edilen çözümleri uygulamak yararlı olabilmektedir:

- Müşteri veya iş sonuçları ile ilgili değil ise;
    - Mevcut veriler kontrol edilmeli ve ya yeni veriler toplanmalı.
    - Yönetimle birlikte mevcut iş hedefleri kontrol edilmelidir.
    - Konu ya da hedefin müşteri ve/veya yönetimin daha önemli olduğunu düşündüğü şekilde değiştirilip değiştirilemeyeceğine bakılmalıdır.
- Proje kapsamı çok geniş ise;

    - Yönetim ile yetki sınırları ve proje kapsamı kontrol edilmelidir.
    - Süreç sahibi çalışmalara dahil edilmelidir.
    - Sürecin daha küçük bir parçası ele alınmalıdır.
- Hatanın ne olduğu tanımlanamıyor ise;
    - Müşteriler ile daha fazla çalışılarak ihtiyaçlarının ne olduğu belirlenmelidir.
- Süreç yeterince sık tekrarlanmıyor ise;
    - Sürecin daha sık çevrim yapan daha küçük bir bölümü ele alınmalıdır.
    - Kara kuşağın desteği alınmalıdır.

Problemin iyi tanımlanmış oluşu projenin başarısı için önemlidir. Bir sebebi ya da çözümü işaret eden problem tanımları projeyi başarısızlığa sürüklemektedir. İyi bir problem tanımı;

- Genele değil özele yönelik olmalıdır. Tanımlarda; "kalite", "duyarlılık", "üretkenlik" gibi belirsizlik içeren kelimelerden kaçınılmalıdır.
- Problem hakkında sayısal bilgi verilmelidir. Proje tanımı; ne zaman, ne kadar, ne sıklıkta gibi bilgileri içermelidir.
- Proje tanımı problemin müşteri üzerinde oluşturduğu etkiyi ve olumsuz sonuçları belirtmelidir.

Bir Altı Sigma projesinde; proje elemanlarını hedefe yönlendirebilmek ve gereksiz zaman kaybından uzaklaştırabilmek için iyi bir problem tanımı olmazsa olmaz durumundadır. Aşağıda aynı problemin farklı iki tanımı yer almaktadır(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 19):

- Kötü problem tanımı örneği: "Geçen yıl boyunca, yerel ağ sağlayıcısının güç kaynağı sık sık arızalanarak bütün şirketin

bilişim sisteminin çökmesine ve bir çok işin tekrar yapılmasına neden olmuştur."

- İyi problem tanımı örneği: "Geçen 12 ay boyunca, yerel ağ sağlayıcısının güç kaynağı 8 kez arızalanmıştır. Arızaya bağlı olarak çağrı merkezi ve veri tabanı gibi uygulamalardan yararlanılmamıştır. Sonuç olarak; 57 şikayet alınmış ve 2000 saatlik iş gücü kaybı yaşanmıştır."

Projenin amacı ile, tanımlanan problemin olumsuz etkilerini azaltmak için hedef ortaya koyulmaktadır. İyi bir proje için; problem tanımı gibi iyileştirmelerle ilgili sayısal veriler içeren, genele değil özele yönelik ve proje sınırlarını belirleyen tarihleri içeren bir proje amacı gerekmektedir. "Yıllık elektrik kesintisi oranlarının Aralık 2001'e kadar 8'den 2'ye indirilmesi" şeklinde tanımlanan bir proje amacı iyi bir amaç için örnek gösterilebilir.

2.6.1.4 Projeden Beklentilerinin Belirlenmesi

Bir projeyi desteklemek için sponsorun yaklaşık olarak hesaplanmış proje getirilerine sahip olması gerekmektedir. Böylece projeyi olduğu gibi kabul etme ya da kapsamının veya yönünün değiştirilerek kazancı artırma fırsatı olacaktır.

Potansiyel iş sonuçlarının ya da fırsatların tahmin edilmesi hangi proje üzerinde çalışılması gerektiği konusunda proje yürütücüsüne yardımcı olacaktır. Potansiyel sonuçlar hakkında yaklaşık değerlerin ya da genel tahminlerin ortaya konması sorun teşkil etmeyecektir. Sınırlı kaynaklar her projenin aynı anda yapılmasını imkansız hale getirmektedir. Bu nedenle; en çok kazanç sağlayacağı düşünülen projenin seçilmesi gerekmektedir.

Potansiyel sonuç analizi yapılırken beklenen iyileşme, bu iyileşmenin getirisi ve iş sonuçlarına etkisi ortaya konulur. Tablo 6'da örnek potansiyel sonuç analizleri bulunmaktadır.

Tablo 6: Potansiyel sonuç analizi örneği

| Beklenen İyileşme | İyileşmenin getirisi | İş sonuçlarına etkisi |
|---|---|---|
| İşlem hatalarının azaltılması | Düzeltmeler için daha az zaman harcanması ile işlerin hızlandırılabilmesi | Aylık ciroda % 5 artış (Yıllık 850,000 $) |
| Zamanında teslimatın % 80'den %90'a çıkarılması | Müşteri memnuniyeti ve sadakatinde artış | Müşterilerin %20'sinin yeniden iş yapmak istemesi (2.5 Milyon $ yıllık etki) |
| Ürün hatalarının yarıya indirilmesi | Hurda ve yeniden işlemede azalma | Maliyette %25 azalma, Kapasitede %17 artış (575,000 $ yıllık kazanç) |

Kaynak (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 25):

Projelerde getiriler nakit getiri ve potansiyel getiri olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir. Nakit getiri kolaylıkla hesaplanan ve paraya dönüştürülebilen getirilerdir. Potansiyel getiri ise gözden kaçırılmaması gereken ve parasal karşılığının hesaplanması zor olan getirilerdir. (Pyzdek,1999:62)

Nakit getiriye örnek olarak aşağıdaki getirilerden bahsedilebilir. (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 36-37):

- Satışın brüt katkısı: Proje kapsamında yapılan iyileştirmeler ile olası kalite problemi, kapasite yetmezliği ya da blokeler kaynaklı satış kaybının önüne geçilebilmektedir.

- Finansman maliyeti: Verimsizlikler ve satış kayıpları işletmenin finansal gücünü etkileyebilmektedir. Altı Sigma çalışmaları ile yapılan iyileştirmeler sayesinde erken ödemeler, yüksek faiz ödemeleri, değerlendirilemeyen nakit, geç tahsilat, tazminatlar gibi finansal problemler giderilebilmektedir.

- Hizmet alım maliyeti: eğitim, danışmanlık, temizlik gibi taşeronluk hizmetlerinde de iyileştirme gerçekleştirilebilmektedir.

- Direk iş gücü kaybı: Verimsizliklerin ve duruşların azaltılması ile üretimde saat ücreti ile çalışan işçiler için adam-saat kaybı azaltılabilmektedir.

- İşgücü maliyeti: Verimsizliklerin ve çevrim sürelerinin azaltılması ile ihtiyaç duyulan aylık ücretli çalışan sayısı da azaltılabilmektedir.

- Fazla mesai giderleri: verimsizliklerin ve çevrim sürelerinin yüksek oluşu kapasitenin yetersizliğine yol açmaktadır. Kapasite artışını sağlamak için işletmeler fazla mesai yoluna başvurmaktadırlar. Çevrim sürelerinde yapılan iyileştirmeler ve verimsizliklerin azaltılması sayesinde kapasite artışı elde edilebilmekte ve fazla mesaiye ödenen ek maliyet azaltılabilmektedir.

- Yeniden işleme maliyeti: Yapılan iyileştirmelerle hatalı ürün sayısının azaltılması sayesinde tamir ve yeniden yapma işlemleri için harcanan hammadde ve enerji masrafları da azaltılabilmektedir.

- Hurda maliyeti: Hatalı ürün sayısının azaltılması hurdaya atılan ürünlerin sayısını de azaltmaktadır.

- Malzeme maliyeti

- Tamir – bakım maliyeti: Altı Sigma çalışmaları sayesinde oluşturulan otonom bakım çalışmaları ile ,işletme malzemesi maliyeti dahil olmak üzere tamir bakımda kullanılan malzemelerin tamamının maliyeti düşürülebilmektedir.

- Stok maliyeti: Altı Sigma çalışmalında katma değersiz bir işlem olarak kabul edilen stoklamanın önüne geçilerek ürün, hammadde, yarı mamul depolama maliyeti azaltılabilmektedir. Çevrim sürelerinin düşürülmesi bunda önemli bir etkiye sahiptir.

- Nakliye maliyeti: Stoklama gibi nakliye de ürün üzerinde katma değeri olmayan bir işlemdir. Yapılan çalışmalar ile ürün, hammadde, yarı mamul taşıma maliyeti düşürülebilmektedir.

- Garanti giderleri: Ürün kalitesinin artırılması ile garanti kapsamında satış sonrası servis hizmeti ve ürün iadesine bağlı ortaya çıkan maliyet kaleminde de düşüş gözlemlenebilmektedir.

- Enerji maliyeti: Verimsizliklerin azaltılması ile ekipmanların daha az süre çalışarak aynı miktarda ürün ortaya koymaları sağlanabilmektedir. Bu sayede ürün başına harcanan enerji maliyetinde iyileştirme elde edilebilmektedir.

Potansiyel getiriler; projelerde maliyet analizleri sırasında gözden kaçırılmaması gereken getiri türleridir. Potansiyel getiri örnekleri olarak aşağıdaki getiriler sıralanmıştır:

- İşgücü maliyeti: Yönetim, kalite kontrol ve mühendislik gibi süreçlerde aylık ücretli çalışanlar için beklemeler, kontroller ve tekrarlanan faaliyetlerden doğan maliyet kalemleri bu başlıkta değerlendirilir.

- Ürünlerin rekabet avantajının artırılması ile elde edilecek kazanç: Rekabette öne çıkabilmek için ürünün maliyeti kadar müşteri beklentilerini karşılaması da önemlidir. Üründe müşteri memnuniyeti artıracak bir özelliğin ortaya konması işletmeye ciddi bir avantaj sağlayacaktır.

- Satışın brüt katkısı: Müşteri memnuniyetsizliği nedeniyle satış kaybının önüne geçilmesi çalışmaların potansiyel getirileri arasındadır.

- Yatırım yapmadan kapasite artışı: Süreç optimizasyonları ve otomasyon çalışmaları ile ekipmanların kapasitelerinde artış sağlanarak gerekli olan ek kapasite ihtiyacının yatırım yapmadan karşılanabilmesidir.

- Üretim dışı süreçlerde çevrim süresinin kısaltılması ile elde edilecek kazanç

2.6.1.3 Proje Yönetimi ve Paydaşlarla İletişim

İyi bir ekip oluşturmak kadar o ekibi yönetmek de projenin başarısında kritiktir. Proje lideri bunu yaparken yönetmenin tüm unsurlarını gereğince yerine getirmek durumundadır. Altı sigma projelerinde proje liderinin ekip yönetiminde yapması gerekenler Tablo 7'de özetlenmiştir.

Tablo 7: Proje liderinin görevleri

| Ne yapmalı | Nasıl | Ne zaman |
|---|---|---|
| Ekip oluşturmak | Ekip oluşturulurken ekibe katılmak istenen çalışan ve yöneticisi ile anlaşmak gerekir | Proje başında |
| Üye sayısını belirlemek | 3 ya da 5 gibi yönetilebilir adette ekip üyesi olmalıdır. Daha fazla ekip üyesine gereksinim duyulması proje kapsamının gereğinden fazla geniş olmasına işaret etmektedir. | Proje başında |
| Üye özelliklerini belirlemek | Uyeler temsil ettikleri birimler ile iletişimde kalmak şartı ile inisiyatif kullanabilen kişiler olmalıdırlar. | Proje başında |
| Üye görev tanımını oluşturmak | Üyeye açık bir şekilde izah edilmeli ve üye ile mutabık kalınmalıdır. | Proje başında |
| Pozitif geri beslemek | Uyenin performansına dair yapılan değerlendirmede üyeye karşı saygılı, değer verildiğini ortaya koyan konuşmalar yapılmalıdır. | Proje boyunca |
| Takdir etmek | Üyelerin her fırsatta takdir edilmesi yararlı olacaktır. | Proje boyunca |
| İş takibi yapmak | Daha önceen belirlenen zaman planına göre verilen işlerin zamanında verilen sürelerde tamamlanıp tamamlanmadığı kontrol edilmelidir | Proje boyunca |
| Uzlaşma yolunu seçmek | Ekip içerisinde karar alınırken tüm görüşlere saygı göstermek ve herkesin üzerinde uzlaştığı görüş üzerinde karar kılmak esastır. | Proje boyunca |
| Farklı iletişim ortamlarını kullar | Sık sık toplantılar yaparak ekip üyelerinin projeye olan ilgilerini canlı tutmak gereklidir. Fakat her toplantının yüz yüze olması zaman kaybına neden olacağı için mail vs gibi farklı iletişim araçları da kullanılmalıdır. | Proje boyunca |
| Ön hazırlık yapmak | Toplantılar öncesinde gündem oluşturulmalı ve ön görüşmelerle toplantıya hazırlanılmalıdır. | Proje boyunca |
| Motive etmek | Beklenen yavaş gideni süre konusunda bilgilendirmek; hızlı gideni dikkatli olması konusunda uyarmak gereklidir. | Proje boyunca |

Kaynak (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 45):

Proje yönetiminde esas olan paydaşların azami faydalarını sağlayabilmektir. Organizasyon içinden ya da dışından; projeden etkilenecek ya da projeyi etkileyecek kişi ya da gruplara paydaşlar ismi verilmektedir. Genellikle paydaşlar aşağıdaki kişilerden oluşmaktadır:

- Proje ile bütçesi, kaynakları, zaman çizelgeleri veya iş sonuçları etkilenecek yöneticiler,
- Projede çalışan kişiler,
- Sürece girdi sağlayan veya çıktısından etkilenen dahili bölümler veya gruplar,
- Ürünü ya da servisi alıp kullanan müşteriler,
- Süreçte kullanılan mal ya da hizmeti sağlayan tedarikçiler,
- Finansman ve Mali İşler bölümleri,

Büyük kalite iyileştirme projeleri çok sayıda insanın etkilenmesine yol açmaktadır. Bu insanlara paydaşlar denilmektedir. Projede esas olan paydaşların hedefleri ile projenin hedeflerini mümkün olduğunca aynı çizgi üzerinde tutmaktır. Aksi takdirde, istediklerini elde edemeyen paydaşlar isteyerek ya da istemeyerek projeyi sabote etmeye başlayacaktır. Bu nedenle proje yönetiminde paydaşlara karşı sorumlulukların yerine getirilmesi ve iyi iletişim kurulması gerekmektedir. (Pyzdek, 1999: 215)

Aşağıdaki tabloda paydaşlar ile nasıl iletişim kurulması gerektiği kısaca özetlenmiştir:

Tablo 8: Paydaşlarla iletişim tablosu

| Paydaş | Yapılacaklar | Yöntem | Zaman |
|---|---|---|---|
| Sponsor | Rapor | Düzenli olarak; gerçekleri bütün şeffaflığı ile ortaya koyan raporlar hazırlanmalıdır | Proje boyunca |
| | Sunuş | Sponsorun fazla zamanını almadan, bilgilendirme ve destek talep etme amaçlı kısa sunuşlar yapılmalıdır | Aşama sonlarında |
| | Onay | Alınan kararlar hakkında sözlü ve veya yazılı onay alınmalıdır | Kilometre taşlarında |
| | Destek alma | Yaptırılması gereken iş için yetki ve kaynak ihtiyacı için sponsordan destek alınmalıdır. | Proje boyunca |
| Üyenin yöneticisi | Rapor | Düzenli olarak; gerçekleri bütün şeffaflığı ile ortaya koyan raporlar hazırlanmalıdır | Proje boyunca |
| Süreç sahibi | Sahiplendirme | Proje boyunca ortaya koyan çözümlerin süreç sahibi tarafından benimsenmesi gereklidir. Çözümlerin süreç sahibi tarafından devreye alınması ve proje sonunda bayrağın süreç sahibine teslim edilmesi gereklidir | Analiz aşamasının sonunda |
| | İş yaptırma | İyileştirmenin devreye alınması süreç sahibi tarafından gerçekleştirilmelidir. | İyileştirme aşamasında |
| | Kontrol | Kontrol planı süreç sahibi ile birlikte hazırlanmalı, proje sonunda süreç sahibine teslim edilmelidir | Kapatma aşamasında |
| Proje Liderinin Yöneticisi | Rapor | Proje yürütücüsü iş yükü ve zaman planı hakkında kendi yöneticisine yazılı veya sözlü olarak bilgi vermelidir. | Proje boyunca |

Kaynak (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 48)

### 2.6.1.4 Müşterinin Beklentilerinin Belirlenmesi

Müşterinin ihtiyaçlarını ve sunulan ürün ya da servisi nasıl algıladığını müşterinin sesi terimi ile adlandırılan çalışma ile tespit edilmektedir. Altı sigma projelerinde müşteri beklentilerinin karşılanması esastır. Bu amaç doğrultusunda müşterinin ne istediği, neler beklediği net olarak belirlenmelidir. Aşağıdaki maddelerde müşterinin sesi analizinin neden önemli olduğu ifade edilmektedir:

- Hangi ürünlerin ve servislerin sunulacağına karar verilmesi,
- Müşteri memnuniyeti için kilit beklentilerin belirlenmesi,
- Ürün ve servislerin kritik özelliklerinin tanımlanması,

- İyileştirme çabalarının nereye odaklanacağına karar verilmesi,
- İyileştirme sonrası ile karşılaştırılabilmesi için mevcut durumda müşteri memnuniyetinin ölçülmesi.

Bütün bunlar bir Altı Sigma projesi öncesinde müşterinin sesinin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Evans ve Lindsay'e göre işletmelerin başarıya ulaşabilmeleri için müşteri memnuniyetini belirleyen anahtar konuları saptaması gerektiğini vurgulamaktadır (2005: 163)

Müşterinin sesine yönelik aktiviteler müşteri memnuniyeti için kilit konuların tanımlanmasını amaçlamaktadır. Ürünlerin ve hizmetlerin tasarlanması, teslimi ve geliştirilmesi için müşterinin sesi tam olarak anlaşılmalıdır. Müşteri beklentilerinin anlaşılması, iyileştirme projesinin doğru noktaya odaklanması ve doğru ölçütlerin belirlenmesi için gerekli olacaktır.

Müşterinin sesi ile ilgili veri toplama çalışmaları proje boyunca devam etmelidir. Müşteri beklentilerinin sürekli değişmesi bunu zorunlu kılmaktadır. Tasarımlarda genellikle teknik konularda tasarım limitleri belirlenir. Müşteriyi etkileyen diğer konularda sınırların belirlenebilmesi için müşterinin sesi verisinin sürekli toplanması gereklidir. Müşterinin sesi analizi sonucunda aşağıda sıralanan sonuçlar elde edilmektedir:

- Müşteri bölümlendirilmesi ve müşteri listesi
- Ürün hakkında tepkisel ve proaktif veri kaynaklarının tanımları,
- Müşteri ihtiyaçlarını tanımlayan sözel ya da sayısal veriler
- Tanımlanmış kalite için kritik noktalar

Müşterinin sesi analizinin nasıl yapıldığından önce veri türlerinden bahsetmek gerekecektir. Müşteri beklentilerini elde etmede kullanılan verileri tepkisel yaklaşımlar ve proaktif yaklaşımlar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

a) Tepkisel Yaklaşımlar

Bilgiye erişebilmek için çaba sarf etmenin gerekmediği, bilginin müşteri tarafından verilen tepkilerden elde edildiği veri türleridir. Tepkisel yaklaşımların özellikleri aşağıda sıralanmıştır(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 67):.

- Müşteri tarafından gerçekleştirilirler,
- Bu tip verilere ulaşmak oldukça kolaydır,

Müşterinin sesi analizine tepkisel verileri inceleyerek başlamak gerekmektedir. Böylece proaktif yaklaşımları incelemek daha kolay olacaktır.

Yazılı ya da sözlü müşteri ziyaretleri, çağrı merkezine gelen çağrılar, teknik destek için gelen çağrılar, servis talebi için gelen çağrılar, iddialar, itirazlar, ödemeler, satış raporları, iade ürün bilgisi, garanti kapsamında gelen şikayetler, iddialar, web sayfası üzerinden alınan bilgiler tepkisel yaklaşımlara örnek olarak verilebilmektedir.

Tepkisel yaklaşımlar genellikle aşağıda sıralanan konular hakkında bilgi edinilmesinde kullanılmaktadır:

- Mevcut ve daha önceki müşteriler ile ilgili konular ve sorunlar,
- Mevcut ve daha önceki müşterilerin karşılanmamış beklentileri ve/veya ihtiyaçları,
- Mevcut ve daha önceki müşterilerin belirli ürün ya da hizmetlere ilişkin eğilimleri

Çoğu iş kolunda; müşteriler ile her gün iletişim içerisinde çalışılmaktadır. Bu görüşmeler sırasında müşteriler kendileri için önemli konulardaki fikirlerini paylaşmaktadırlar. Bu iletişimden alınan bilgi genellikle müşterilerin acil ihtiyaçlarını karşılamakta kullanılmaktadır. Yeni bilgiler edinilmeye başlamadan önce, genellikle kullanılmayan bu hazır bilgiyi keşfetmek önemlidir. Eğer sınıflandırmalar, kaynaklardan alınan verilerin

analizi, şablonların, eğilimlerin ve diğer fırsatların belirlenmesi için periyodik gözden geçirmeler için ekstra çaba gerekiyorsa, bu bilgilerden mevcut ürünlerin ve hizmetlerin geliştirilmesi konusunda pek çok şey öğrenilebilmektedir.

Müşterilerden alınan geribildirimler kolaylıkla kaybolabilmektedir. Bu bilginin mümkün olduğunca iyi korunması için ekstra çaba harcanmalıdır. Veriler yorum katılmadan saklanmalı, belli bir doygunluğa ulaştığında toplu yorumlamalar yapılmalıdır. Aksi takdirde veri toplama sırasında yapılan yorumlar doğru verinin toplanmasını engellemektedir.

b) Proaktif Yaklaşımlar

Bilgiye erişmenin zor olduğu ve özel çaba sarf etmenin gerektiği veri türleridir. Proaktif yaklaşımların ortak özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Müşteri herhangi bir girişimde bulunmamaktadır.
- Müşteri ihtiyaçları hakkındaki bilgileri artırmak ve çeşitli özelliklerin önem derecelerini sayısallaştırmak için kullanılmaktadırlar.

Görüşmeler, odak grupları ile yapılan mülakatlar, anketler, yorum kartları, satış için yapılan ziyaretler ve telefon görüşmeleri sırasında alınan bilgiler, doğrudan gözlemler, pazar araştırmaları, pazar izlenimleri, karşılaştırmalar ve kalite göstergeleri proaktif yaklaşımlara örnek olarak gösterilebilmektedir.

Müşteri ile yüz yüze etkileşim, ürünün nasıl kullanıldığına ilişkin bilgiler gibi diğer yollardan elde edilemeyen sağlıklı verilerin ve bilginin edinilmesini sağlamaktadır. İşletmenin bir aktivitesi olarak düzenli olarak müşteri ziyareti yapılıyor olabilir. Proje kapsamında bu rutin ziyaretlerde sorulması istenen sorular da görüşmelere ilave edilmelidir. Sorulan soruların istenilen detayda cevapları elde etmede yeterli olup olmadığını anlamak için müşteri yanıtlarını düzenli olarak incelemek gerekmektedir.

2.6.1.4.1 Araştırma Türleri

Proaktif yaklaşımda en yaygın araç olarak araştırmalar kullanılmaktadır. Araştırma; bir popülasyon hakkında, belli bir amaca yönelik sonuçlar çıkarmak amacıyla, popülasyondan alınan örneklerden yeni bilgilerin toplandığı örnekleme ile veri toplama sürecidir.

Araştırma türleri kalitatif anketler ve kantitatif anketler olmak ikiye ayrılmaktadır. Beğenilen veya beğenilmeyen özellikleri, beklentileri ve ihtiyaçları, alışkanlıkları ve tercihleri tanımlamakta kalitatif anketler kullanılmaktadır. Aynı bilgileri puanlayarak önceliklendiren anketlere ise kantitatif anketler denilmektedir.

Evans ve Lindsay müşteri beklentilerinin ne olduğunun tespit edilebilmesi için kullanılan anahtar yaklaşımları şu şekilde sıralamıştır (2005: 166):

- Yüz yüze görüşmeler
- Odak grupları
- Şikayet analizleri
- Saha denemeleri
- Yorum kartları ve anketler

a) Yüz yüze görüşmeler

Yüz yüze görüşmelerin amacı, müşterilerin ortaya konan ürüne ya da hizmete bakış açılarını anlamaktır. Görüşmelerin olumlu geçebilmesi için görüşmenin amacı ve altyapısı konusunda açık olmak gerekmektedir. Açık uçlu, tarafsız, kısa ve basit ifade edilen sorular sormak yararlı olmaktadır. (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 94)

b) Odak gruplar

Odak grup çalışmaları; bir moderatör aracılığı ile sohbet ortamında ürünün hitap ettiği müşterileri temsil ettiği düşünülen gruplar ile gerçekleştirilmektedir. Amaca göre ürün ya da hizmet sunumları gerçekleştirilebilir. Moderatörün, ürün ya da hizmeti sunan kuruluştan bağımsız kişilerden seçilmesi tarafsızlık açısından önemlidir. Kapalı devre yayın ve gizli odalarda proje ekibi tarafından oturumların izlenmesi çok faydalıdır. Mümkünse video veya ses kaydı yapılması proje ekibinin gerek duydukça tekrar tekrar incelemesine imkan sağlayacaktır. Soru listesi anketlerde olduğu kadar detaylı olmak zorunda değildir. Cevap seçenekleri yerine, açık uçlu sorular ile örneklerin eğilim, tercih ve beklentilerinin öğrenilmesi amaçlanmaktadır. Özel konular hakkında odak grup çalışması sırasında küçük anket uygulamaları yapılabilmektedir.

2.6.1.4.2 Araştırmanın Planlanması

Planlama araştırmanın en önemli bölümünü teşkil etmektedir. Proje ekibi; proje için hangi soruları yanıtlaması gerektiğini, bunun için hangi bilgilere ihtiyaç duyduğunu belirlemelidir. Ekip, bu bilgilere nasıl erişeceğini, araştırmayı nerede hangi yöntemi kullanarak gerçekleştireceğine karar vermelidir. Araştırma için ne kadar bir bütçe ayrılacağı da ihtiyaç duyulan bilgiye ulaşmak için kullanılacak araştırma yöntemini belirlemede etkili olacaktır. Ekip araştırmaya başlamadan önce iş bölümü yapmalıdır.Ayrıca sonuçları değerlendirebilmek için gerekli bilgi ve ekipman ihtiyacı da ortaya konmalıdır.

Araştırmanın tasarımında ihtiyaç duyulan bilgilere göre araştırmanın türü belirlenmelidir. Eğilimler, beklentiler ve ya tercihler hakkında bilgi gereksinimi varsa kalitatif bir araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Önceliklendirme gibi gereksinimler kantitatif bir araştırma ihtiyacına işaret etmektedir. Araştırma öncesinde taslak soru listesi hazırlamak gerekmektedir. Soru listesi oluşturulurken, sadece araştırmanın kapsamı dahilinde sorular sorulmasına dikkat edilmelidir. Araştırma sonuçlarını

değerlendirirken nasıl bir yöntem ve puanlama kullanılacağı belirlenmelidir. Soru listesinin yeterli olup olmadığının anlaşılabilmesi için deneme görüşmelerinin yapılması ve gerektiğinde soru listelerinin revize edilmesi önemlidir.

Araştırmanın uygulama aşamasında, görüşme yapılacak olan kişilerden randevu almak görüşmenin sağlıklı olması için gereklidir.Uygulama sırasında tarafsız olmak ve görüşme yapılan kişileri yönlendirmemek gerekmektedir. Araştırmanın amacı ve sonuçlarının nasıl kullanılacağı hakkında görüşme yapılan kişilere bilgi verilmelidir.

Araştırma sonuçlarının analizi aşamasında planlama sırasında belirlenen değerlendirme yöntemi ve puanlama kullanılmalıdır. Analiz sonuçları daha sonra bahsedilecek olan Ki-kare ve t-testi ile incelenmelidir. Araştırma ile eğilimleri, beklentileri, tercihleri ya da şikayetleri belirlemek isteniliyorsa, yakınlıklar gösterimi ve ağaç diyagramı ile kalite için kritik noktaların tespit edilmesi uygun olacaktır

2.6.1.4.3. Müşterinin sesi analiz yöntemleri

Araştırma sonuçlarının analizi aşamasında elde edilen sonuçların bilgi kartlarına yazılması ve bu kartların gruplanması temeline dayalı yönteme yakınlıklar gösterimi adı verilmektedir. Yaratıcı düşünmeyi teşvik eden bu yöntem, veri yığınları içerindeki desenlerin tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Yöntem çok sayıda sözel veri elde etmeyi sağlamaktadır. Aşağıda yakınlıklar gösteriminin kullanım alanları sıralanmıştır(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 87):

- Nitel müşteri verilerinin analizinde,
- Karmaşık problemler ya da konulardaki çalışmalarda
- Fikirleri, sorunları ve düşüncelerin organize edilmesinde

Yöntemin uygulamasına, ifadelerin her birinin ayrı ayrı kartlara yazılması ile başlanmaktadır. Kartların kümelenmesinde mantık değil seziler

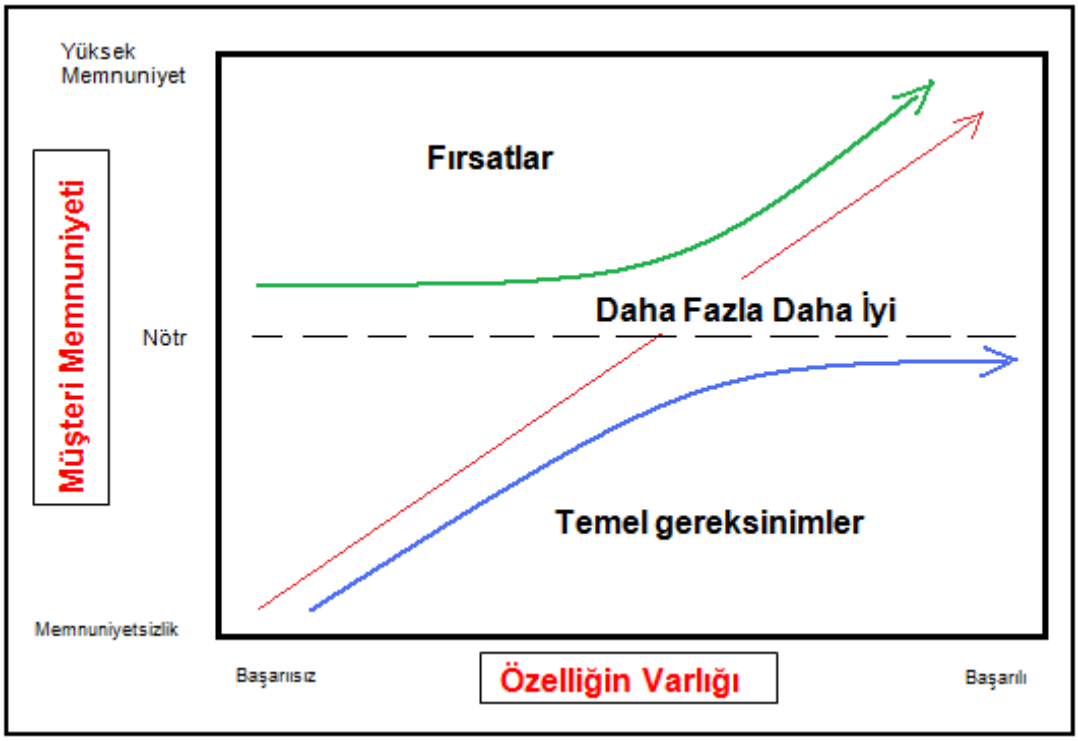
ön plana çıkmaktadır. Kümeler bir ya da birden fazla alt kümeden oluşabilmektedir. Diğer kümeler ile ilişkisi olmayan kartlar tek başlarına ayrı bir küme olarak ele alınmaktadır.

a) Kano modeli

Toplam kalite yönetiminde ünlü bir Japon uzman olan Noriaki Kano, müşteri ihtiyaçlarını aşağıda sıralanan üç başlık altında toplamıştır:

- Temel gereksinimler
- Daha fazla daha iyi
- Fırsatlar

Temel gereksinimler müşteri tarafından talep edilmektedir ve karşılanmaması durumunda müşteri memnuniyetsizliğine yol açacaktır. Bu ihtiyaçların karşılanması müşteri memnuniyeti açısından gerekli ama yetersizdir. Temel gereksinimlere örnek olarak bir havayolu güvenliği verilebilir. İkinci sırada yer verilen "daha fazla daha iyi" olarak adlandırılan ihtiyaçların müşteri memnuniyeti ile doğrusal bir ilişkisi mevcuttur. Bu ihtiyaçlar ne kadar fazla karşılanırsa, o kadar fazla müşteri memnuniyeti sağlamaktadır. Verilen ilk örnekten hareketle bu ihtiyaçlara örnek olarak, ucuz uçak bileti verilebilir. Son olarak; üçüncü sırada ifade edilen "fırsatlar"; yokluklarında memnuniyetsizliğe neden olmayan ancak karşılandıklarında müşteri memnuniyetini oldukça fazla artıran ihtiyaçlardır. Yoklukları memnuniyetsizlik yaratmadığı için yapılan araştırmalarda fırsatlar genellikle dile getirilmemektedir. Havayolu şirketinin uçuş sırasında çikolatalı kurabiye ikramı bir havayolu şirketinin önündeki fırsatlara örnek gösterilebilir. Tablo 9'da Noriaki Kano'nun ortaya koymuş olduğu Kano modelinin grafiksel gösterimi yer almaktadır.




Şekil 3: Kano Modeli

Kaynak (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 112)

b) Kalite için Kritik Ağacı

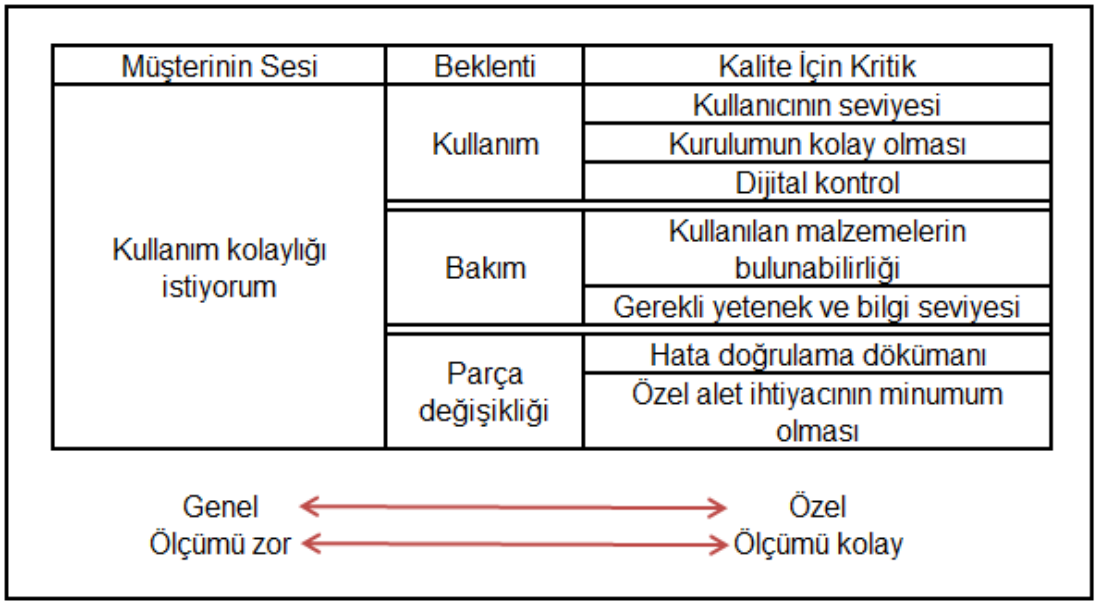
Müşteri ihtiyaçlarının, ürün veya hizmetlerin özellikleri açısından sayısal gereksinimlere dönüştürülmesini kolaylaştıran bir şekilde tanımlanması ile kalite için kritik adı verilen tanımlar elde edilmektedir. Kısaca KİK olarak adlandırılan kalite için kritikler mal ya da hizmetlerdeki kritik gereksinimleri ifade etmektedir. Doğru tanımlanmış KİK'in müşterilerin ürünün kalitesini yorumlarken önem verdikleri bir özellik olması gerekmektedir. Ayrıca KİK'in ölçülebilir olması gerekmektedir.

Ağaç gösterimi ihtiyaçtan KİK'e ulaşmakta kullanılmaktadır. KİK'te esas olan müşteri ihtiyaçlarının ölçülebilir ve müdahale edilebilir beklentilere dönüştürülmesidir. Geniş kapsamlı müşteri gereksinimlerini özele indirgenmiş KİK gereksinimlerine dönüştürmekte ağaç gösterimi yararlı olmaktadır. Ağaç gösterimi üst seviyeden detaylı gereksinim tanımlamalarına geçiş için ekibe

yardımcı olmaktadır. Böylelikle ihtiyacın tüm açılardan ele alınması garanti altına alınmaktadır.

Aşağıda yer alan Şekil 4'te bir adet kalite için kritik ağacı örneği bulunmaktadır.

Şekil 4: Kalite için kritik ağacı örneği




Kaynak (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 121)

Kalite için kritik gereksinimlerin belirlenmesi çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Mal ya da hizmetlerin nasıl sayısallaştırılacağını belirlemede gösterge kullanılırken, değişkenliğin ne kadarının kabul edildiğini belirlemede spesifikasyon limitleri kullanılmaktadır. Hata tanımını gösterge ve limitler ışığında belirlemek de müşteri beklentilerini karşılamak için oldukça önemlidir. Tablo 9'da bu konu iki örnekle açıklanmıştır.

Tablo 9: Müşterinin sesi analizi

| | Müşterinin Sesi | KİK | Gösterge | Spesifikasyon | Hata tanımı |
|---|---|---|---|---|---|
| Örnek 1 | "Bu araba çalışmıyor, marş basmıyor" | Anahtar çevirilince motorun hemen çalışmaya başlaması | Anahtarın çevrilmesinden motorun çalışmasına kadar geçen süre | Çalışma süresi < 3 sn | Motorun 3 sn'de çalışmaması |
| Örnek 2 | "Telefonlara kimse cevap vermiyor" | *Telefonların hemen cevaplanması* | Telefon cevaplanana kadar çalış sayısı | Çalış sayısı < 3 | Üçüncü çalıştan sonra cevaplanan tüm aramalar |

Kaynak (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 1; 132)

### 2.6.2 Ölçme

Bir Altı Sigma projesinde problemin tanımlanmasının ardından durum hakkında çeşitli ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Elde edilecek veriler ile mevcut durumun fotoğrafının çekilmesi gerekmektedir. Bu noktada veri türlerini incelemek uygun olacaktır.

Nitel veriler, sınıflandırmak için kullanılır. Olayların belli özellikler bazında incelenmesini sağlamaktadır. Nitel veriler ile analiz yapılamadığı için nitel veri sayma yöntemi ile kesikli veriye çevrilmektedir. Elde edilen sayı ve oranlarla analiz yapılabilmektedir. Bir popülasyonda sınav sonucu analizi yaparken elde edilen başarılı ya da başarısız gibi veriler nitel verilerdir. Analiz yapılabilmesi için popülasyonda sınav sonucu başarılı olanların sayısı gibi kesikli verilere ihtiyaç vardır. (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 2; 6)

Nitel araştırma; gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda, gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik bir sürecin izlendiği araştırmadır. Kuram oluşturmayı temel alan bu araştırmalar sosyal olguları bulundukları ortamda değerlendirmektedirler Cresswell (1994) nitel araştırmayı, doğal ortamında yürütülen, katılımcıların detaylı görüşlerinin aktarıldığı, sözel verilerden oluşturulan, bütüncül ve karmaşık bir çerçeve içerisinde, sosyal ya da insani sorunların sorgulandığı bir süreç olarak tanımlamaktadır. (Ergün,2009: 1-29)

Değişkenlerin ölçülerek ya da sıralanarak elde edildiği, iki ölçüm arası sonsuz sayıda noktaya bölünebilen, aralık biçiminde ifade edilebilen verilere sürekli veri ismi verilmektedir. Genellikle ölçüm sistemi kullanılarak elde edilirler. Verinin ne kadar faydalı olacağı ölçüm sisteminin kalitesine bağlıdır. Seyrek olmayan sayma verileri sürekli veri olarak kabul edilmektedir. Boy, uzunluk, sıcaklık, basınç vs sürekli veriye verilebilecek örnekler arasındadır.

2.6.2.1. Ölçüm Sistemi Analizi

Arçelik'in şirket içerisinde yayınlanan Altı Sigma Eğitim Kitapçığı'nda Lord Kelvin şu cümleler ile ölçüm biliminin önemini ortaya koymaktadır (2002, cilt2, 95):

- "Konuştuğunuz konuyu ölçebiliyorsanız ve bunu sayısal olarak ifade edebiliyorsanız, konuya ilişkin bazı bilgilere sahip olduğunuzu söyleyebilirim."
- "Testin temelini ölçüm oluşturur."
- "Ölçemediğiniz şeyi yönetemezsiniz."

Ölçüm hatası, gözlenen değerin gerçek değerden sapmasına neden olan tüm ölçüm değişkenliği kaynaklarının etkisi anlamında istatistiksel teknik bir terimdir. Ölçüm sitemi analizi; süreç değişkenliği ve ölçüm değişkenliğinin toplamının ortaya koyduğu toplam değişkenliğin, yeterli olup olmadığının araştırılmasında kullanılmaktadır.

Bir ölçüm sistemi ölçüm cihazlarını, ölçüm yapan operatörleri, ölçüm ortamını, ölçüm prosedürlerini ve ölçüm için yardımcı ekipmanları içermektedir. Yeni bir ölçüm cihazı alındığında, bir ölçüm cihazı diğeri ile karşılaştırılırken, kötü olduğundan endişelenilen ölçüm sitemini gözden geçirirken, ölçüm cihazının tamir öncesi ve sonrasını karşılaştırırken ve süreç yeterliliği hesaplanırken; ölçüm sitemi analizi yapmak ve ölçüm sitemi yeterliliğini sağlamak gerekmektedir.

Ölçümlerde sıkça karşılaşılan sorunlar aşağıda sıralanmıştır (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 2; 9):

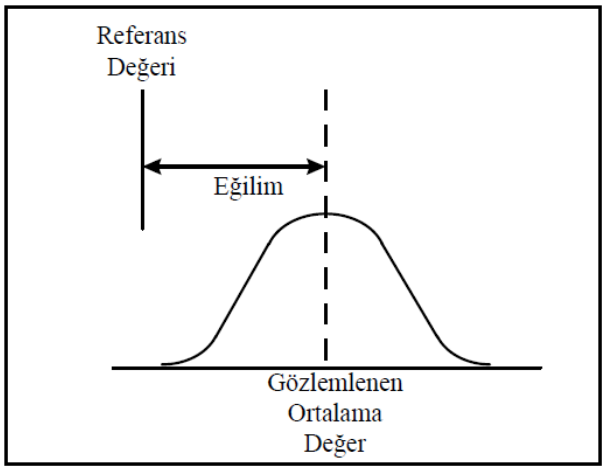
- Taraflı veya hatalı olma: Ölçümlerin standart yöntemden daha farklı bir ortalamaya sahip olması
- Hassas olmama: Aynı parçada tekrarlanan ölçümlerin mevcut süreç değişkenliğine göre çok fazla değişiklik göstermesi
- Yeniden üretilememe: Ölçüm işleminin farklı operatörler, ölçüm aletleri veya laboratuarlar için farklılık göstermesi
- Zaman içerisinde kararsız hale gelen ölçüm sistemi: Ölçümlerdeki tarafsızlığın zamanla kaybolması
- Çözünürlüğün düşük olması: Ölçüm işlemi sırasında, mevcut ürün değişkenliğini tespit için yeterli ayrıştırmada ölçüm yapılamaması

Ölçüm değişkenliğine neden olan kaynaklar üç başlıkta toplanmaktadır: araç, yöntemler, çevre. Mekanik kararsızlık, fikstür kullanmama, yıpranma, elektriksel kararsızlık ve algoritma kararsızlığı araca bağlı ölçüm değişkenliğine verilebilecek örnekler arasındadır. Veri giriş hatası, operatör eğitim eksikliği, kalibrasyon sıklığına uyulmaması, bakım standartlarına uyulmaması, yeterli çalışma süresi olmadan ölçüm yapılması, prosedürlerin olmaması ve operatörler arası teknik farklılıklar yöntemlere bağlı ölçüm değişkenliklerine örnek olarak verilebilir. Son olarak; çevresel etkilere bağlı ölçüm değişkenliği örnekleri olarak; nem, temizlik, titreşim, şebeke gerilimindeki değişkenlikler ve sıcaklık dalgalanmaları verilebilir.

Ölçüm sistemi analizine geçmeden önce konu ile ilişkili terimler hakkında bilgi sahibi olmak yaralı olacaktır.

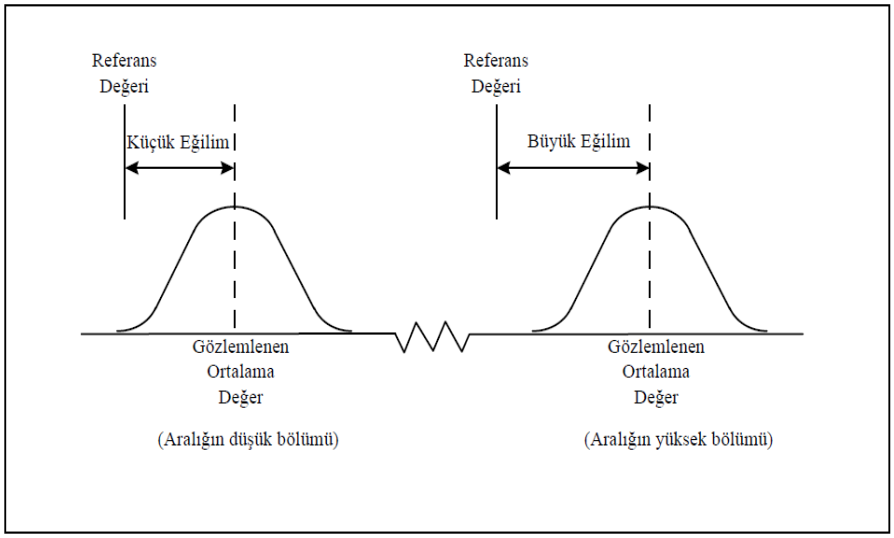
- Gerçek değer: Ulusal Amerikan ölçme standartlarına (NIST) göre kurumsal doğru değere gerçek değer denilmektedir.

- Sapma: Ölçümlerin gözlemlenen ortalaması ile referans değeri arasındaki farktır. Şekil 5'te sapmanın görsel gösterimi yer almaktadır.




Şekil 5: Sapma

- Doğrusallık: Ölçüm cihazının beklenen çalışma aralığı boyunca sapma değerleri arasındaki farktır. (Breyfogle,1999:232) Şekil 6'da, doğrusallık görsel öğelerle açıklanmıştır.

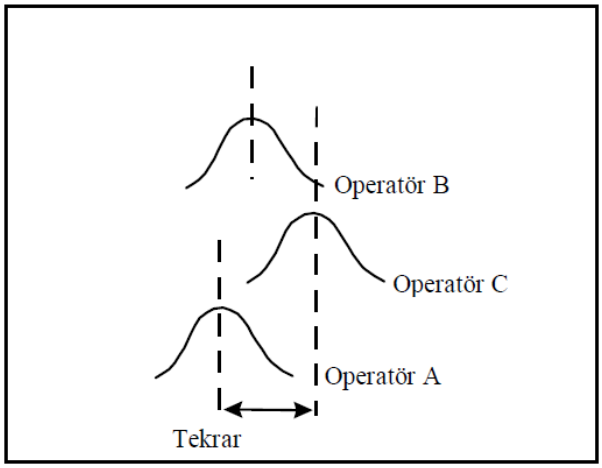



Şekil 6: Doğrusallık

- Kararlılık: Uzun bir süre içinde aynı parçaların bir ölçüsünün ölçüm sistemi (test/cihaz) aracılığıyla yapılan ölçümlerindeki toplam değişkenliktir.

- Tekrarlanabilirlik: Aynı parçanın aynı ölçüsünün bir ölçüm cihazı kullanılarak birden fazla kez bir operatör tarafından ölçüldüğünde ortaya çıkan değişkenliğe tekrarlanabilirlik denilmektedir. Bir başka tanıma göre; bir ölçüm cihazı, bir ölçümcü tarafından bir çok kez kullanılarak, aynı numunenin aynı karakteristiğini ölçerken elde edilen ölçümlerin varyansına tekrarlanabilirlik adı verilmektedir. (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 2; 32)

- Yeniden üretilebilirlik: Değişik ölçümcülerin aynı ölçüm cihazını kullanarak, aynı numunenin aynı karakteristiğini ölçerken elde ettikleri ölçümlerin ortalamalarının varyansıdır. Şekil 7'de yeniden üretilebilirliğin görsel bir gösterimi yer almaktadır:




Şekil 7: Yeniden üretilebilirlik

- Çözünürlük: Ölçülen bir parametrenin değerleri arasında yeterli ayrımı yapabilmesi için ölçüm sisteminin teknik yeterliliğine çözünürlük denilmektedir.

Sürekli veriler için ölçüm yeterliliği çalışması; bir ölçüm siteminin doğruluğunun, tekrarlanabilirliğinin, yeniden üretilebilirliğinin saptanması için gerçekleştirilmektedir. Değişkenliğin ne kadarının operatörler, yöntemler veya parçaların kendilerinden kaynaklandığını belirlemek için çalışma sonuçları analiz edilmelidir. Aşağıda Breyfogle'ın (1999:228) ölçüm sistemi analizi öncesinde yapılması gerektiğini belirttiği çalışmalar özetlenmiştir:

- Ölçüm öncesinde ölçümcünün ölçüm cihazlarını etkili kullanıp kullanamadığı kontrol edilmelidir.
- Ölçümcü sayısı, numune sayısı ve ölçümün kaç kez tekrarlanacağı belirlenmelidir.
- Numuneler süreci yansıtacak şekilde seçilmelidir.
- Ölçüm cihazının ölçülecek değer hassasiyetinin en az 10 katı kadar hassas ölçüm yapabildiği kontrol edilmelidir.

Ölçüm için süreçte her zaman görülen değişkenliğin tüm aralığını temsil eden parçalar seçilmelidir. Ölçüm sistemleri çoğunlukla aralığın bazı kısımlarında diğerlerinden daha doğru sonuç vermektedir. Bu nedenle bütün aralıklardan numune alınması analizin doğruluğu açısından önemlidir.

Her operatörün parçaları tekrar tekrar ölçmesi gereklidir. Parçaların sırasını rastgele belirlemek ve operatörün hangi parçanın ölçüldüğünü bilmemesi ölçüm yeterliliği için önemlidir. Sonuçlar analiz edilirken Minitab adındaki ara yüz programı kullanılabilir. Bu programda esas olan her operatörün her parçayı aynı sayıda ölçmesidir.

Bir ölçüm yeterliliği çalışmasında süreçte çalışan tüm ölçümcü operatörler çalışmaya katılmalıdır. Örnek sayısı ile operatör sayısı çarpıldığında 15'ten büyük bir sayı elde edilecek şekilde örnek alınmalıdır. Her operatör sırasını bilmeden bu parçaları ölçmelidir (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 2; 51).

Program ölçülen parçalardaki toplam değişkenliği aşağıda ifade edilen parçalara bölerek incelemektedir.

- Parçadan parçaya değişkenlik: Ölçülen parçalar arasında fiziksel veya gerçek farklar
- Tekrarlanabilirlik: Belirli bir operatörün aynı ölçüm cihazıyla nasıl ölçüm yaptığıyla ilgili tutarsızlık
- Yeniden üretilebilirlik: Farklı kişilerin nasıl ölçüm yaptıklarıyla ilgili tutarsızlık.
- Operatör-parça etkileşimi: Kişilerin farklı parçaları farklı yollarla ölçmesine sebep olan etkileşim. Örnek olarak; belli boydaki insanlar ışığın etkisiyle perspektiften ötürü belli parçaları ölçmekte sorun yaşamaktadır.

Yeterli bir ölçüm sisteminde; değişkenliğin büyük bir kısmı parçalar arasındaki gerçek veya fiziksel farklardan kaynaklanmaktadır. Yani parçaya bağlı değişkenlik, değişkenliğin diğer bütün kaynaklarından büyük olacaktır. Böyle bir sonuç elde edilir ise ölçüm sonuçlarını esas alarak yapılacak olan faaliyetlere daha fazla güvenilebilir. Yetersiz bir ölçüm siteminde ise; parçalar arasındaki farkların ölçümün yapılma şeklinden kaynaklanıp kaynaklanmadığından veya bu farkların gerçek olup olmadığından emin olmak oldukça güçtür.

Ölçüm sistemi yeterliliğinde aşağıda tanımları verilen terimler kullanılmaktadır:

- %R&R: Ölçüm siteminin değişkenliğinin sürecin parça değişkenliği ile karşılaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Ölçüm sistemindeki toplam değişkenlik (parça_parça + ölçüm sitemi değişkenlikleri) doğrultusunda, tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik problemlerinden ileri gelen standart sapmalar ile hesaplanmaktadır.

$$\%R\,\&\,R = \frac{S_{ölçüm_sistemi}}{S_{toplam}}$$

- %P/T: Ölçüm siteminin değişkenliğinin parça toleransı ile karşılaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Toleransların ne kadarının ölçüm sistemi değişkenliğinden kaynaklandığını belirlemektedir.

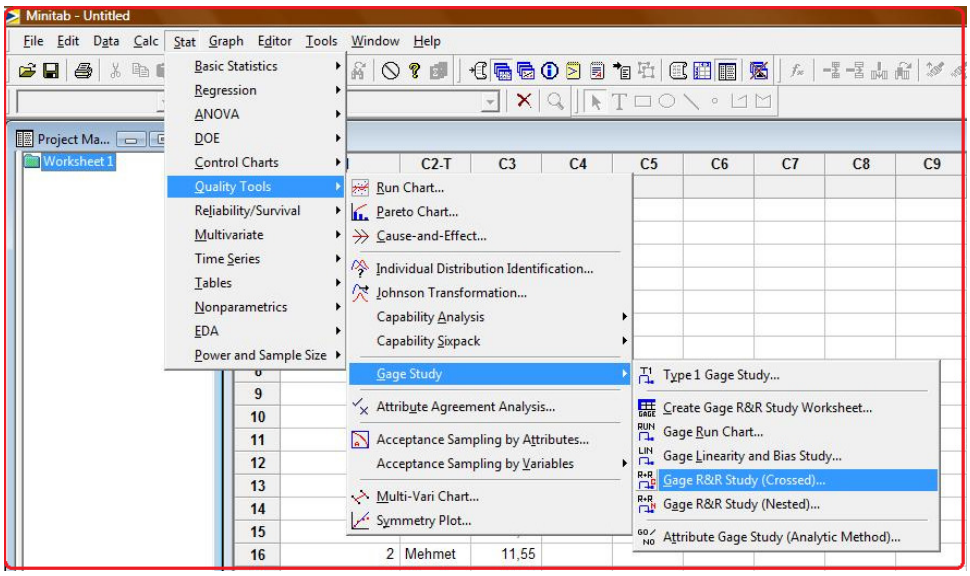
$$\%P/T = \frac{6 * S_{ölçüm_sistemi}}{Tolerans}$$

Ölçüm sistemi analizini daha detaylı açıklayabilmek için bir örnek üzerinden ilerlemek uygun olacaktır. Aşağıda örnek bir parçanın belli bir ölçüsü üzerinde ölçüm sistemi analizi yapılacaktır. Bunun için iki adet operatör 5 farklı parçayı 4'er kez ölçmektedirler. Operatörler hangi numuneyi ölçtüklerini bilmemektedirler. Parçalar süreçteki değişkenlik aralığını temsil edecek şekilde seçilmişlerdir. Tablo 10'da ölçüm sonuçları yer almaktadır.

Tablo 10: Ölçüm sistemi analizi örneği

| Parça Numarası | Operatör | Ölçüm | Parça Numarası | Operatör | Ölçüm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ahmet | 11,34 | 3 | Mehmet | 12,18 |
| 1 | Ahmet | 11,29 | 3 | Mehmet | 12,23 |
| 1 | Ahmet | 11,33 | 3 | Mehmet | 12,14 |
| 1 | Ahmet | 11,24 | 3 | Mehmet | 12,17 |
| 1 | Mehmet | 11,19 | 4 | Ahmet | 13,27 |
| 1 | Mehmet | 11,29 | 4 | Ahmet | 13,28 |
| 1 | Mehmet | 11,21 | 4 | Ahmet | 13,24 |
| 1 | Mehmet | 11,24 | 4 | Ahmet | 13,23 |
| 2 | Ahmet | 11,65 | 4 | Mehmet | 13,09 |
| 2 | Ahmet | 11,6 | 4 | Mehmet | 13,14 |
| 2 | Ahmet | 11,67 | 4 | Mehmet | 13,02 |
| 2 | Ahmet | 11,56 | 4 | Mehmet | 13,19 |
| 2 | Mehmet | 11,5 | 5 | Ahmet | 11,84 |
| 2 | Mehmet | 11,55 | 5 | Ahmet | 11,89 |
| 2 | Mehmet | 11,51 | 5 | Ahmet | 11,93 |
| 2 | Mehmet | 11,55 | 5 | Ahmet | 11,85 |
| 3 | Ahmet | 12,31 | 5 | Mehmet | 11,76 |
| 3 | Ahmet | 12,28 | 5 | Mehmet | 11,84 |
| 3 | Ahmet | 13,31 | 5 | Mehmet | 11,81 |
| 3 | Ahmet | 12,34 | 5 | Mehmet | 11,78 |

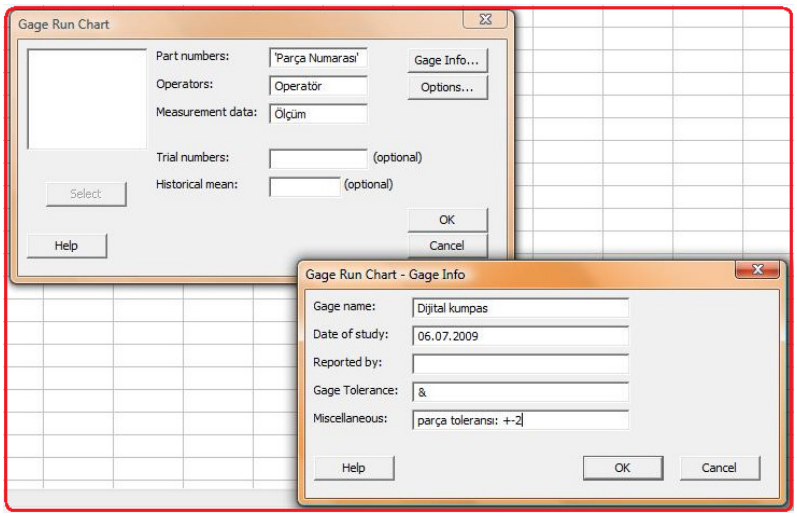
Daha sonra tablodaki veriler Minitab'a aktarılır. Şekil 8'de gösterildiği gibi ilk olarak Gage Run Chart adı verilen akış diyagramı çizilmektedir. Bunun için Minitab'ta Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage Run Chart menüsü kullanılmaktadır.




Şekil 8: Minitab – Gage R&R uygulaması 1

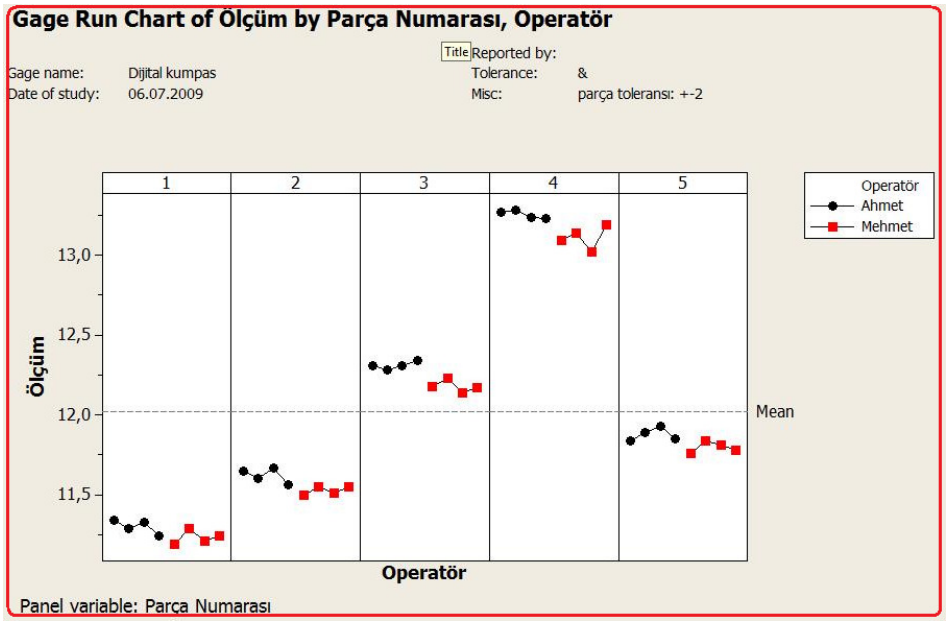
( Quentin,2006: 26)

Daha sonra açılan pencerede Şekil 9'da görülen ilgili alanlar doldurulmaktadır.



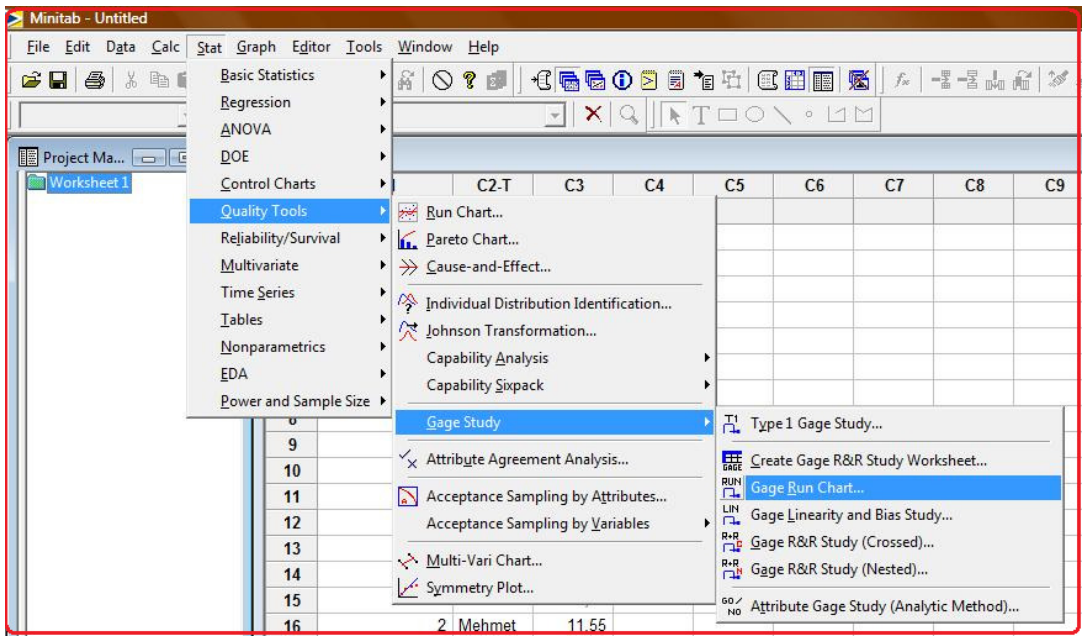

Şekil 9: Minitab – Gage R&R uygulaması 2

Daha sonra Şekil 10'da gösterilen grafik elde edilmektedir. Grafik üzerinde her nokta bir operatör tarafından alınan bir ölçümü temsil etmektedir. Aynı operatör tarafından alınan tekrar eden ölçümler bir doğru ile birleştirilmiştir. Çizelgeyi analiz etmek için doğru ile birleştirilmiş noktaların saçınıklığına (tekrarlanabilirlik) ve farklı operatörlerin ölçümleri arasındaki farka (tekrar üretilebilirlik) bakılmaktadır. Aşağıdaki grafikte her parça için az miktarda saçınıklık ve operatörlerden kaynaklanan küçük bir etki görülmektedir. Ayrıca parçaların kendi içinde oldukça farklı olduğu da gözlemlenebilmektedir.




Şekil 10: Minitab – Gage R&R uygulaması 3
( Quentin,2006: 26)

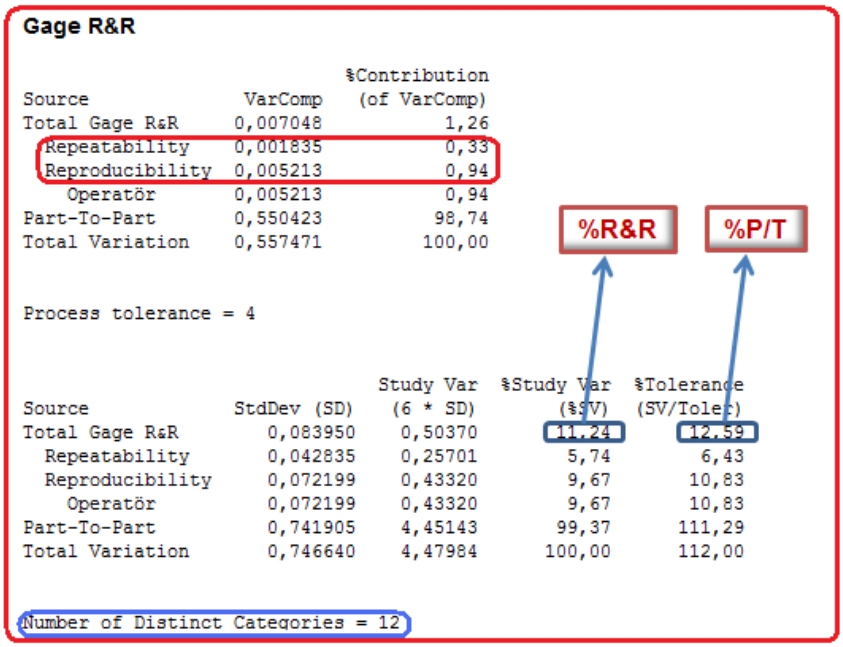
Burada görsel olarak yapılan çalışma hassas kararlar almakta yeterli olmayabilir. Böyle bir durumda ölçüm yeterliliği analizi yapılması gereklidir. Bunun için yine Minitab'ın araçlarından yararlanılabilir. Şekil 4'te görüldüğü gibi Mintab'ın menüleri arasında Stat > Quality Tools > Gage Study >Gage R&R Study (Crossed) menüsünden yararlanılabilinir.




Şekil 11: Minitab – Gage R&R uygulaması 4

( Henderson,2006: 52)

Daha sonra açılan pencerede ilgili alanlar doldurulduğunda rapor sayfasında Şekil 5'te yer alan tablo elde edilmektedir.




Şekil 12: Minitab – Gage R&R uygulaması 5

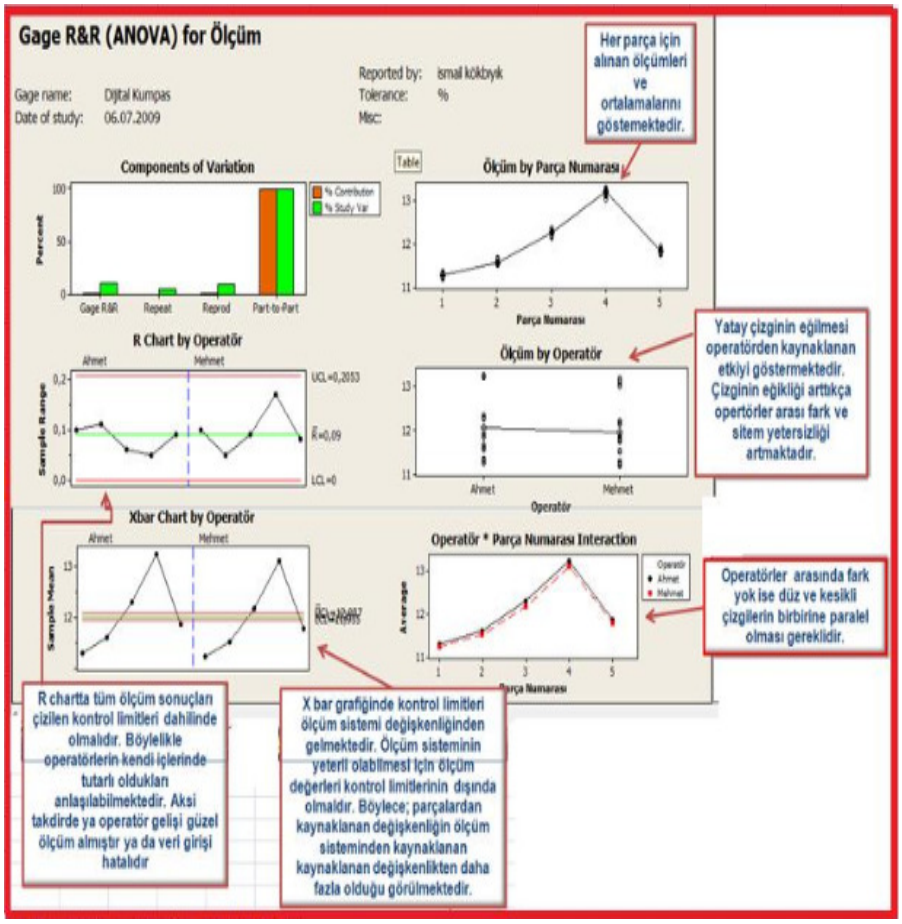
Bu çalışmada aşağıda sıralanan konulara dikkat etmek ölçüm siteminin doğru değerlendirilebilmesi için gereklidir.

- R&R değerinin %30'dan büyük olması durumunda, gerçek süreç değişkenliğini görebilmek için yetersiz bir ölçüm sistemi kullanıldığı yorumu yapılabilir. Bu örnekte R&R değeri %11,24'tür. Bu da sitemin gerçek süreç değişkenliğini görmek için yetersiz olmadığını göstermektedir.

- %P/T değerinin %30'dan büyük olması süreç toleransına oranla kötü bir ölçüm sistemi kullanıldığına işaret etmektedir. Bir başka değişle böyle bir sistemde hatasız parçayı hatalı parçadan ayırt etmek mümkün değildir. Bu örnekte %P/T değeri 12,59'dur. Bu da sitemde hatasız parçanın hatalıdan ayırt edilebileceğini göstermektedir. Unutulmalıdır ki tolerans değerini değiştirmek R&R değerini değiştirmese de %P/T değerini değiştirecektir. Dolayısı ile yalnızca R&R değerine göre sistemin yeterli olduğunu söylemek doğru olmayacaktır.

- Farklı kategori sayısı (Number of distinct categories) %R&R ile benzer anlamları ifade etmektedir. Bu değer 4'ten küçük ise ölçümden kaynaklanan değişkenlik parçadan parçaya değişkenliği ayırt etmek için çok büyük olduğu söylenebilir. Bu örnekte bu değer 12'dir. Bu da örnekteki ölçüm sisteminin yetersiz olmadığına işaret etmektedir.

Minitab üzerinde yukarıda ifade edilen son menü kullanıldığında rapor sayfasında çıkan Şekil 12'de verilen tablo haricinde bir de Şekil 13'deki tablo elde edilmektedir. Grafiklerde nelere dikkat edilmesi gerektiği şekil üzerinde ifade belirtilmiştir.




Şekil 13: Minitab – Gage R&R uygulaması 6

Özetle örnekte ifade edilen ölçüm sistemi hakkında aşağıdaki yorumlar yapılabilmektedir:

- Sistem ölçülen parçalar için yeterli bir ölçüm sistemidir.
- Önemli bir operatör-parça etkileşimi yoktur.
- Ölçüm sistemi 4'ten daha fazla kategoriyi ayırt edebilmektedir.
- Aynı parça için operatörlerin yaptığı ölçümlerde özel neden görülmemektedir.

### 2.6.3 Analiz

Altı Sigma projelerinde ölçme aşaması sonrasında mevcut durumun müşteri beklentilerini karşılayıp karşılamadığına ilişkin analizlerin yapılması

gerekmektedir. Bu aşamada istatistiksel yöntemler ile değişkenliklerin ne boyutta oldukları ve değişkenliğin nedenleri araştırılmaktadır. İstatistiksel problemlerin çözümünde genellikle aşağıdaki sıralama takip edilmektedir.

- Popülasyonun ya da genelin mevcut durumu hakkında bir hipotez ortaya konur.
- Popülasyondan ilgili hipotezde kullanılmak üzere gözlemler ile veri toplanır.
- İstatistiksel hesaplamalar bu örnek verilere dayandırılarak hesaplanır.
- Daha önceden belirlenmiş kabul kriterleri göz önünde bulundurularak hipotez reddedilir ya da kabul edilir.

Hipotez testine göre verilecek olan kararlar doğrultusunda dört olası sonuç ortaya çıkmaktadır. Hipotezin doğru ya da yanlış olduğu kararları verilirken hatalı ya da hatasız kararlar verilebilmektedir. Tablo 13'te hipotez testleri sonrasında ortaya çıkan olasılıklar gösterilmiştir.

Tablo 11: Hipotez testlerindeki hata tipleri

| | | Gerçek Durum | |
|---|---|---|---|
| | | Gruplar Aynı | Gruplar farklı |
| Verilen Karar | H0'ı kabul et (gruplar aynı) | Hata yok | Tip 2 hatası |
| | H0'ı kabul reddet (gruplar farklı) | Tip 1 hatası | Hata yok |

Kaynak (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 3; 26)

Tablodan da görülebileceği gibi; hipotez kullanarak problem çözümü beraberinde iki tip hata olasılığını da getirmektedir:

- Tip 1 (α hatası): Bu hata ortaya konan hipotezin gerçekte doğru olmasına rağmen reddedilmesi ile ortaya çıkmaktadır. “ α ” değeri testin gücü olarak nitelendirilmektedir.

- Tip 2 (β hatası): Bu hata ise ortaya konan hipotezin gerçekte yanlış olmasına rağmen doğru kabul edilmesi ile ortaya çıkmaktadır. İncelemeler sırasında kullanılan örnek sayısını artırmak tip 2 hatasının riskini azaltacaktır.

Hipotezler popülasyonların hangi değerler arasında dağıldığına ilişkin önceden belirlenen α seviyesinde güven aralıkları ortaya koymakta kullanılmaktadır. Hipotezleri daha ayrıntılı bir şekilde incelemeden önce güven aralıklarından bahsetmek uygun olacaktır. Güven aralıkları, örnekten örneğe olan değişkenlikleri dikkate alarak ana kütlenin parametreleri hakkında bir değerlendirme yapabilmeye yardımcı olmaktadır. Sürecin performansı hakkında yürütülen tahminler, sürecin göreceli olarak küçük bir örneğine bağlı kalındığı için doğal değişkenlikler içermektedir. Güven aralığı bu değişkenliği göz önünde bulundurarak ana kütle parametrelerinin %95 olasılıkla düşeceği aralığı vermektedir.

Güven aralıkları ve hipotez testleri iki ayrı örnekle daha detaylı bir şekilde anlatılacaktır (Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 3; 42-43):

2.6.3.1 Mean değerine ilişkin hipotez örneği

Bir ilaç imalathanesinde bir şurup şişesine otomatik dozajlama ile şurup doldurulmaktadır. Hedeflenen değer 30cc’dir. İşletme sürecin kontrol limitlerini belirleyebilmek için doldurulan 25 şişeyi incelemeye karar vermiştir. Örneklerin ortalaması ve standart sapması aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$\overline{X}$ = 28cc

S = 6cc

Bu ortalama ve standart sapmaları kullanarak çift taraflı güven aralığının ortaya konması hedeflenmiştir. α değeri olarak 0,05 alınmasına karar verilmiştir. Belirlenen güven aralığı içerisinde hedef değerin olup olmadığının belirlenmesi istenmiştir.

Çözüm olarak boş hipotezin ve alternatif hipotezin ortaya konması gerekmektedir.

- $H_0$: μ = 30 (boş hipotez)
- $H_1$: μ ≠ 30 (alternatif hipotez)

Popülasyonun mean değeri ile ilgili hipotez çözümlerinde t testi kullanılmaktadır. Aşağıda t testi kullanılan t değerinin nasıl hesaplandığı belirtilmiştir..

$$t = \frac{X - \mu}{\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)} = \frac{28 - 30}{\left(\frac{6}{\sqrt{25}}\right)} = -1{,}67$$

T testinde çift taraflı güven aralığı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$-t_{(\alpha/2)} \leq \frac{X - \mu}{\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)} \leq t_{(\alpha/2)}$$

Ek 1'de t tablosu olarak ifade edilen tablodan t (α/2) değeri

- serbestlik derecesi olarak n-1=24
- α/2 değeri olarak için α/2= 0,05/2 = 0,025

kullanılarak 2,064 olarak bulunmaktadır. Böylece;

$$-2{,}064 \leq -1{,}67 \leq 2{,}064$$ eşitsizliği kurulur.

Eşitsizlik doğru olduğu için (yani t değeri kritik sınırlar içerisinde olduğu için) μ=30cc hipotezin reddetmek mümkün değildir. Bir başka değişle; %95 (1- α ) ihtimalle μ değeri 30cc'dir.

2.7.3.2 Standart Sapmaya İlişkin Hipotez Örneği

Bir makinenin 0,5 mm ± 0,006 mm aralığında parça üretimi yaptığı düşünülmektedir. Tasarımcı parçanın en fazla 0,002 mm standart sapmaya sahip olması gerektiğini vurgulamaktadır. Yöneticiler süreçte örnekler alarak sürecin standart sapmasına ilişkin güven aralığını oluşturmak istemektedirler. Eğer sürecin standart sapması %95 ihtimalle 0,002'den küçük ise üretime devam edilecektir. Aksi takdirde değişkenlik azaltılana kadar üretime ara verilecektir.

Alınan örnekler incelendiğinde 25 numunenin standart sapması 0,0022 olarak bulunmuştur.

s = 0,0022 (örneklerin standart sapması)

n = 25 (örnek sayısı)

Daha sonra hipotezle ortaya konmuştur.

- $H_0 : \sigma_0 = 0{,}002$
- $H_1 : \sigma_1 \neq 0{,}002$

Standart sapmaya ilişkin hipotezlerin çözümünde Ki-kare yöntemi kullanılmaktadır. Aşağıda Ki-karenin hesaplandığı formül ve bu örneğe ilişkin Ki-kare değeri bulunmaktadır.

$$\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2} = \frac{(25-1)(0{,}0022)^2}{(0{,}002)^2} = 29{,}04$$

Standart sapmaya ilişkin tek taraflı güven aralığı aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\chi^2 \leq \chi^2_{(\alpha)}$$

Ek 2'de yer alan Ki-Kare dağılımı tablosundan;

- serbestlik derecesi olarak 24 (n-1)
- α değeri olarak 0,05 (1-0,95)

kullanarak 36,42 değeri elde edilmektedir. Böylece aşağıdaki eşitsizlik ortaya çıkmaktadır.

$$29,04 \leq 36,42$$

Eşitsizlik doğru olduğu için $H_0 : \sigma_0 = 0,002$ hipotezi reddedilememektedir. Yani %95 ihtimalle sürecin standart sapması 0,002'ye eşit ya da ondan küçüktür. Bu durumda makinenin kullanımına devam etme kararı alınmalıdır.

### 2.6.4 İyileştirme

Analiz aşaması sonrasında belirlenen değişkenlik sebeplerinin üzerine gidilmesi ve çözümlerin ortaya konulması gerekmektedir. Altı Sigma'nın bu aşmasına iyileştirme aşaması adı verilmektedir. Bu aşamada sorunlara yönelik birçok çözüm ortaya konulmalı ve içlerinden en yararlı olanı seçilmelidir.

#### 2.6.4.1 İyileştirme Stratejileri

Müşteri gereksinimlerinin incelenmesi sonrasında sürecin bu gereksinimleri karşılama yeterliliği incelenir. Bu inceleme sonrasında müşteri gereksinimleri ile süreç arasındaki farkın büyük ya da küçük olduğuna karar verilmelidir. Bu karar iyileştirme çalışmalarına yol gösterecektir. Aradaki fark büyük ise sürecin yeniden tasarlanması gerekli iken aradaki farkın küçük oluşu sürekli iyileştirme stratejisini yeterli kılacaktır. Yeni ürün veya süreç tasarımında geniş bir bakış açısına ihtiyaç vardır. Kalite için kritik olarak belirlenen pek çok konunun ele alındığı yeniden tasarım aşamasında yüksek riskle birlikte, daha uzun süre ihtiyacı gibi olumsuzluklara da katlanmak gerekmektedir. Sürekli iyileştirme felsefesi ile ilerlendiğinde ise mevcut olan

süreci düzeltmek üzerine yoğunlaşılmacaktır. Düşük risk içermesi ve daha kısa sürede hayata geçirilebilmesi bu felsefenin artıları arasında yer almaktadır. Fakat dar odaklı kalınması ve kalite için kritik olan birçok konuda yalnızca biri üzerinde yoğunlaşılabilmesi de bu felsefenin olumsuz yanları arasındadır(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 4; 8).

Zamanla mevcut problemlerin çözülmesi ve yeni problemlerin ve ihtiyaçların ortaya çıkması müşteri beklentilerinin değişmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte yeni teknolojiler müşteri gereksinimlerini düşük maliyetle karşılayabilmesi; rekabetin bu yönde değişmesine neden olmaktadır. Ayrıca işletmelerin mevcut süreçleri onların belli sınırlar dahilinde kalmalarına, iyileştirmeler yapılmasına rağmen kalite için kritik olarak görülen hususlarda yetersiz kalınmasına neden olmaktadır. Bütün bunlar eldeki mevcut sürecin iyileştirmelerle değil baştan aşağı yeniden tasarlanması ile istenilen seviye ulaşabilineceğini göstermektedir. İşte böyle bir durumdaki sürecin yeninde tasarlanmasında tasarımda altı sigma adı verilen felsefe kullanılması oldukça uygundur. Tasarımda altı sigmanın yararları aşağıda sıralanmıştır:

- Çevrim süresini tasarımdan teslimata kadar azaltmaktadır.
- Geliştirme ve üretim maliyetlerini düşürmektedir.
- Hata riskini azaltmaktadır.
- Tasarım tamamlandıktan sonra üzerinde yapılan değişikleri azaltmaktadır
- Ürün ve servis kalitesini artırmaktadır.
- Bütün müşteri gereksinimlerini karşılayan, yüksek kalitede, düşük maliyetli ürünler ve hizmetler sağlayarak rekabet avantajı kazandırmaktadır.

2.6.4.3 İyileştirme faaliyetleri için fikir yaratmak

Yapılan analiz çalışmaları sonrasında süreç içerinde yer alan problemler açıkça ortaya konulur. Bundan sonraki aşamada bu problemlerin çözüme kavuşturulabilmesi ve müşteri beklentilerinin karşılanabilmesi için yaratıcı fikirlerin ortaya konması gerekmektedir. Bu gereksinimi karşılayabilmek için yaratıcı teknikler ortaya konmuştur.

Bu yöntemlerden ilki hızlı ve kirli yöntemidir. Yöntemde esas alınan noktalar(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 4; 27):

- Çocuk gibi basit ve yalın düşünmek gerekmektedir.
- Soruna neden olan, işi yapılamaz kılan kuralların zorlanması ve gerekiyorsa yıkılması uygundur.
- Çalışma sonunda bağlı kalacağınız çözümü elde edebilmek için çalışmanın bitiş zamanını belirlemek gereklidir. Önemli olan ilk akla gelen basit çözümü dile getirmektir.
- Başarıya giden yolda ortaya çıkan engellerin listelenmesi ve bunlara dair çözümlerin bulunması esastır.

Bir başka yöntem ise sürecin içerisindeki kişiler ile samimi sohbet içine girmektir. Sürecin parçası olan bu kişilere sürecin daha iyi, daha kaliteli, daha eğlenceli olabilmesi için nelerin yapılması gerektiği sorulmalıdır. Alınan cevapların; cevapları veren kişiler, cevapların verildiği zaman dilimi ve yer gibi başlıklarla yeniden sorgulanması ve uygun bir çözümün ortaya konması faydalı olabilmektedir.

Eldeki verileri ya da problemi bir bütün olarak ele almak bazen olumlu sonuçlar ortaya koyamamaktadır. Buradan hareketle birleştir, ele, yerine koy, değiştir, uyarla, başka iş için kullan, ekle ve yeniden düzenle kelimelerinin baş harflerinden oluşan *beydubey* yöntemi ortaya çıkmıştır. Daha kapsamlı ve yaratıcı fikirler ortaya koyabilmek için eldeki problemi farklı açılardan düşünmeyi sağlayan bu yöntem ile;

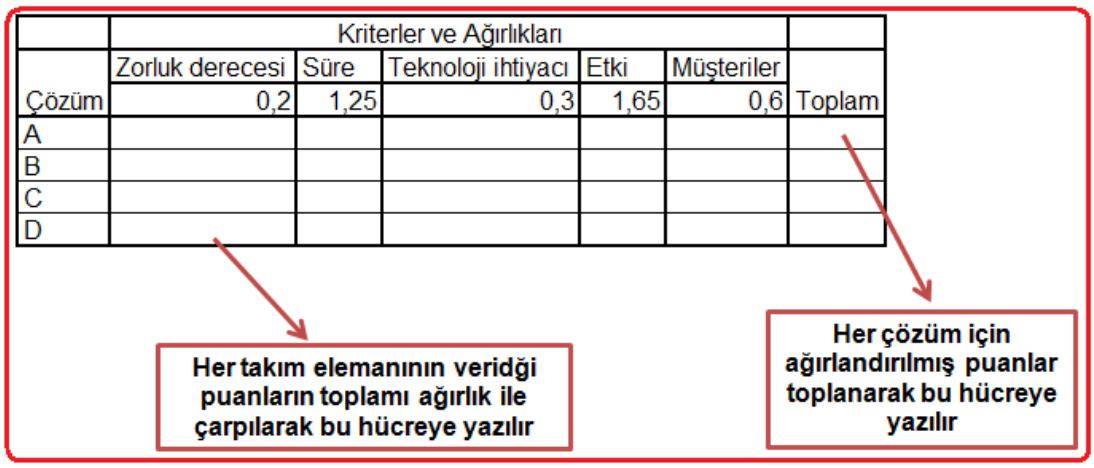
- süreçlerin *birleştirilmesi* ile ne gibi fayda sağlanacağını,
- süreç içerisinde hangi işlerin *elenmesi* gerektiği ,
- sürecin tamamen ortadan kaldırılması durumunda *yerine* nasıl bir sürecin *koyulabileceği*,
- mevcut sürecin hangi yönlerinin nasıl *değiştirilebileceği*,
- beğenilen süreçlerin hangi yönlerinin mevcut sürece *uyarlanabilineceği*,
- eldeki başarılı yönlerden *başka iş* kollarında yararlanılıp yararlanılamayacağı,
- mevcut sürece ne *eklemenin* faydalı olacağı,
- ne tür bir *yeniden düzenlemenin* mevcut sürece azami katkı sağlayacağı

sorularına yanıt aranmaktadır. Her soru çalışma ekibine farklı ufuklar açmayı ve zihinlerinde çağrışımlar oluşturmayı hedeflemektedir.

Fikirlerin oluşturulması sonrasında ortaya konan çözümlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Her çözüm önerisinin hayata geçirilmesi mümkün olmayacaktır. Bunun için öncelikle fikirler arasında tercih yapmakta kolaylık sağlayacak seçim kriterleri belirlenmelidir.

Kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi aşamalarında da takım içinde beyin fırtınası yapmak yararlı olacaktır. Sıklıkla kullanılan kriterler arasında; maliyet, potansiyel kazanç, uygulanma zorluğu, yan etkilerini önleme zorluğu, rekabette bilinip bilinmemesi gibi kriterleri sıralamak mümkündür. Kriterlerin ağırlıklarını belirlerken takım üyelerinin düşüncelerine değer verilmelidir. Genellikle ağırlıkların belirlenmesinde oylama uygulaması kullanılmaktadır. Belirlenen kriterlerin önem derecelerini vurgulayan ağırlıklarının da belirlenmesinden sonra her çözüm önerisi bu kriterler çerçevesinde

değerlendirilmelidir. Bu adımda çözüm önceliklendirme matrisi oluşturmak uygun olacaktır. Şekil 14'de önceliklendirme matrisinin nasıl oluşturulduğu gösterilirken, Tablo 12'de bir örneği yer almaktadır.




Şekil 14: Önceliklendirme Matrisi

Tablo12 : Önceliklendirme Matrisi Örneği

| | Kriterler ve Ağırlıkları | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zorluk derecesi | Süre | Teknoloji ihtiyacı | Etki | Müşteriler | |
| Çözüm | 0,2 | 1,25 | 0,3 | 1,65 | 0,6 | Toplam |
| A | 3 | 10 | 2,4 | 19,8 | 8,4 | 43,6 |
| B | 1,2 | 18,75 | 4,2 | 18,15 | 5,4 | 47,7 |
| C | 2,6 | 13,75 | 2,7 | 8,25 | 4,8 | 32,1 |
| D | 1,2 | 7,5 | 2,7 | 19,8 | 5,4 | 36,6 |

Tablo incelendiğinde bu örnek için B çözümünün en uygun çözüm olduğu görülmektedir.

2.6.4.4.4 Maliyet Fayda Analizi

Ortaya konan çözümler arasında seçim yapmak ya da belirlenen kriterleri ağırlıklandırmanın zor olduğu durumlarda sayısal bir maliyet-fayda analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Fayda analizi yapılırken finansal ve finansal olmayan faydalar ortaya konmaktadır. Sermaye getirisi, öz sermayenin

getirisi, yatırım getirisi, ekonomik katma değer, nakit akışı, geri ödeme dönemi ve net bugünkü değer finansal faydalara örnek olarak verilebilmektedir. Çevrim süresinin azaltılması, vaktinde teslimde iyileştirme, esneklikte artış, daha hızlı tepki, erişebilirlikte artış ve hasarlarda azalma da finansal olmayan faydaların örneklerindendir(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 4; 45).

Maliyet analizi yapılırken, ortaya konan çözümlerin hayata geçirilmesi için gerekli olan maliyet kalemleri belirlenmektedir. Analiz sırasında, tasarım ile operasyon safhalarının ayrımını yapmak önemlidir. Eğitim maliyeti, sistem maliyeti, tasarım ve geliştirme maliyeti ile değişiklik yapmanın maliyeti tasarım ve uygulama ile ilgili maliyet kalemleridirler. Kaynak tüketimi, yeniden işleme maliyeti, sermaye maliyeti ve bakım-onarım maliyeti ise satılan malların maliyet kalemleridirler. Hesaplamalar sonrasında ortaya konan çözümler arasında net getirisi en yüksek olan çözüm seçilmektedir.

2.6.4.5.1 Hata türü ve etkileri analizi (HTEA)

Riskleri belirlemek, tahmin etmek, önem sırasına koymak ve değerlendirmek için planlı bir yaklaşım olan hata türü ve etkileri analizi yapılmaktadır. Asıl kullanım amacı; süreci değiştirirken karşılaşılan riskleri en aza indirgemektir. Ayrıca mevcut süreç için kritik önem taşıyan girdi ve süreç değişkenlerine odaklanmada da kullanılmaktadır.

Hata türü ve etkileri analizi aşağıda sıralanan faydaları sağlayacak şekilde yapılandırılmış bir yaklaşımdır:

- sürecin kritik müşteri beklentilerini karşılayamayacak durumlarının tanımlanması
- bu hataların oluşmasına sebep olacak özel nedenlerin risklerinin tahmin edilmesi
- bu hataların oluşumunu engellemek üzere mevcut kontrol planlarının değerlendirilmesi

- süreci iyileştirecek faaliyetlerin önceliklendirilmesi

HTEA sayesinde tasarım aşamasında erken tepkiler vererek zaman ve para tasarrufu elde edilebilmektedir. Analiz sayesinde akımlar daha iyi tasarımla ve süreçler yaratabilmektedir. Analizin tamamı yasal kanıt ortaya koymaktadır. HTEA çalışmaları bir sonraki tasarım çalışmalarına girdi teşkil etmektedir. Böylece aynı problemler üzerinde tekrar tekrar durmanın önüne geçilebilmektedir (Breyfogle, 1999: 257)

Hata türü ve etkileri analizi sonrasında; potansiyel hata türleri, hata türü sebeplerinin listesi, etkilerin listesi ve önceliklendirilmiş faaliyet listesi elde edilmektedir. Aşağıda hata türü ve etkileri analizinde kullanılan terimlerin tanımları ve önemleri vurgulanmıştır:

- Hata türü ürünün/sürecin çıktılarının spesifikasyonları sağlayamama durumudur. Genellikle kusur ya da uyumsuzluk olarak kabul edilmektedir.

- Hata etkisi; hata türünün önlenemediği veya düzeltilemediği durumlarda hatanın müşteri üzerindeki etkisi olarak tanımlanmaktadır.Burada müşteri olarak ifade edilen grup, süreç içerisindeki bir sonraki operasyon veya son kullanıcı olabilir.

- Etkinin şiddeti (önemi), hata türünün müşteri gereksinimleri üzerindeki etkisinin şiddeti ya da önemi ile ilişkilidir. Hata oluşursa, emniyet ve diğer risklerle de ilişkilendirilebilinir.

- HTEA çalışmalarında bir başka tanım ise sebebin ortaya çıkma sıklığıdır. Bir sebebin ortaya çıkması ve hata türü yaratma sıklığı risk analizi açısından oldukça önemlidir.

- Hata türü ortaya çıkmadan önce ona neden olabilecek hata nedenlerinin ya da müşteri üzerinde etki oluşmadan hemen önce hata türünün mevcut kontroller sayesinde tespit

edilebilmesine keşfedilebilirlik adı verilmektedir. Risk analizi çalışmalarından hatanın oluşma sıklığı kadar keşfedilebilirliği de oldukça önemlidir.

- Keşfedilebilirliğin tanımı içerisinde geçen “mevcut kontroller” ifadesi ile hata türünü müşteriye ulaşmadan önce önleyen veya belirleyen mekanizmadan bahsedilmektedir. İstatistiksel proses kontrol, muayeneler, izleme ve koruyucu bakım gibi bir çok yöntem müşteriye hata kaçmasının önüne geçebilmek için kullanılmaktadır.

- Şok; potansiyel hata türleri, onların etkileri ve hatanın müşteriye ulaşmasından önce sürecin hatayı yakalayabilme yeteneğine bağlı olarak hesaplanan bir sayıdır. Her bir hata türü için şiddet, ortaya çıkma sıklığı ve keşfedilebilirlik değerleri çarpılarak ilgili şok değeri hesaplanmaktadır.

Hata türü ve analizi çalışmasında ilk olarak olası hata türlerini, yani ürün, hizmet veya sürecin ne şekilde aksayabileceğini belirlemek uygun olacaktır. Daha sonra her hatanın olası etkisi belirlenir ve önemi saptanır. Hata türünün sebepleri belirlenerek ortaya çıkma olasılıkları hesaplanır. Ayrıca her bir hata türünün mevcut kontroller ile tespit edilip edilmeyeceği incelenmelidir. Daha sonra hatanın şiddeti, ortaya çıkma olasılığı ve keşfedilebilirliği için verilen puanlar birbirleri ile çarpılarak her hata türü için şok puanı tespit edilmektedir. Son olarak yüksek şok puanına sahip hata türünün, risklerini azaltmak veya önlemek için iyileştirme yolları belirlenir.

Tablo 13: Hata türü ve analizi örneği

| Süreç adımı | | Hatanın Özellikleri | | | | Puanlama | | | | Faaliyet /Durum | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No | Aktivite | Olası Hata | Hatanın Olası nedenleri | Hatanın olası etkisi | Mevcut testler / kontroller | Şiddet | Olasılık | Keşfedilebilirlik | ŞOK | Önerilen faaliyetler | Kararlar | Sorumlu | Hedef tarih | Yeni ŞOK |
| 1 | Su sayacı enjeksiyon işlem | Giriş çapında çapaklanma | Kalıpta aşınma | Az su alma | Debi testi | 9 | 5 | 1 | 45 | | | | | 45 |
| 2 | Su giriş vanası montajı | hortumun iyi sıkılamaması | operatör hatası | Su sızıntısı | Gözle kontrol | 7 | 4 | 7 | 196 | 1- Hortum kelepçesinin doğru pozisyonda olduğunu kontrol eden sensör kullanılabir<br>2- Robot ile hortum montajı yapılabilir | Hortum kelepçesinin doğru pozisyonda olduğunu kontrol eden sensör kullanılabir | İsmail Kökbıyık | 28.08.2009 | 56 |
| 3 | su giriş vanası gruplama | filtrenin unutulması | Operatör hatası | Kir sıkışması | Fonksiyon testi | 7 | 4 | 3 | 84 | | | | | 84 |

Tablo 15'te bulaşık makinesi üretimi yapan bir işletmede su sistemi yan montaj sürecine ilişkin yapılan HTEA çalışması yer almaktadır. Görüldüğü üzere su giriş vanası montajı sırasında operatör hatasına bağlı olarak ortaya çıkan yanlış hortum montajı en büyük ŞOK değerine sahiptir. Bu hata türünün diğer hata türlerine göre daha büyük bir ŞOK değerine sahip olmasında keşfedilebilirliğinin oldukça zor oluşu neden olmaktadır. ŞOK değeri yüksek olduğu için HTEA çalışması sonrası ilk olarak bu hata türüne yönelik düzeltici faaliyet gerçekleştirilmiştir. Keşfedilebilirliğin mevcut kontrollerle gerçekleştirilmesi güç olduğu için sensör yardımı ile kelepçe pozisyonunun kontrol edilmesine karar verilmiştir. Yeniden hesaplanan ŞOK değerlerine göre üzerinde yoğunlaşılması gereken yeni hata türü su giriş vanası gruplama hatası olmuştur.

### 2.6.5 Kontrol

Altı Sigmanın temel amacı süreçlerin istenilen yeterliliğe getirilmesi ve bu yeterliliği devam ettirebilmesidir. Bunu başarabilmek için yapılması gereken yapılan çalışmaların ve sürecin yeni durumunun sürekli olarak ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Altı Sigma'nın bu aşamasına kontrol aşaması adı verilmektedir.

2.6.5.1 PUKÖ Çemberi

PUKÖ çemberi dört aşamalı bir çevrimdir. Bu çevrimin ilk versiyonu Deming tarafından Japonya'da 1950'lerde verdiği istatistik kalite kontrol seminerlerinde anlatılmıştır. Deming bu çevrimi Shewhart'ın bir üretim sürecinin yöneltilmesi için ön gördüğü özelleştir, üret, denetle olarak özetlenen üç aşamalı faaliyetinden yola çıkarak ortaya koymuştur. Shewhart bu üç faaliyetin bilimsel metotlardaki hipotez, deneyim, hipotezin testi faaliyetine benzerliğini gözlemlemiştir. PUKÖ planlama, uygula, kontrol et ve önlem al kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır.

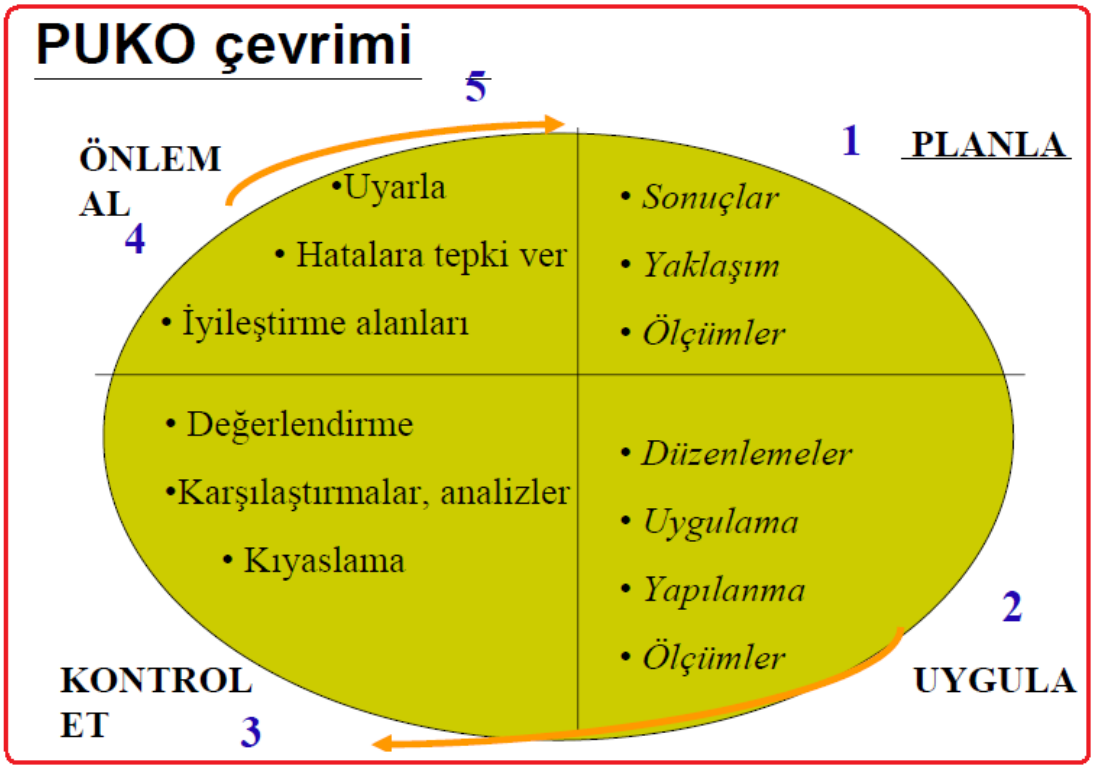
Planlama aşamasında yapılacakların başında iç müşterilerin gereksinimlerinin tanımlanması gelmektedir. Ayrıca çıktı şartlarının ve ölçülerinin geliştirilmesi ve geliştirme olanaklarının tanımlanması da planlama aşamasında ele alınmaktadır. Bununla birlikte; tedarikçilere girdi şartlarının bildirilmesi ve değişikliklerin planlanması da planlanma aşamasının işleri arasındadır(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 5; 67).

Planlama aşamasında planlanan değişiklikler uygulama aşamasında hayata geçirilmektedir. Ayrıca değişiklikler sonrası süreç verilerinin toplanması da bu aşama da gerçekleşmektedir.

Kontrol aşamasında daha önce toplanan veriler analiz edilmektedir. Analiz sonrası sonuçlar değerlendirilir. Değişikliğin etkileri incelenir ve gereken önlemler hakkında kararlar alınır.

Son olarak önlem aşamasında bir önceki aşamada alınan önlem kararları hayata geçirilir. Konu hakkında araştırmaya devam edilerek planlama aşamasına girdi teşkil edilir. Bu çevrim süreç var oldukça tekrarlanmalıdır. Bu sayede sürecin kontrol altına alınması ve kontrol altında kalması garanti altına alınmıştır.

Çevrim bir öğrenme ve geliştirme sürecidir. Bir PUKÖ çevrimi içindeki aşamalara ait çalışmaları Şekil görüldüğü gibi yine benzeri bir çevrim mantığı içinde düşünmek mümkündür. Bir işin gerçekleştirilmesi için söz konusu çevrimin tüm aşamalarının bir çok defa tekrarlanması gerekebilmektedir. Yapılan her işin bu aşamaları aynen izlemesi gerekmeyebilir. Bazı aşamalar birleştirilebilir, bazıları da iş başarılıncaya kadar defalarca tekrarlanabilir.




Şekil 15: PUKÖ çevrimi

Şekilde kalite kontrol ve kalite geliştirme için aşamaların PUKÖ çevrimine adapte edilmesi görülmektedir. Görüldüğü gibi yapılan her faaliyetin PUKÖ çevrimi mantığı içinde aşamalara ayrılması mümkündür. Eğer bir insan yaptığı bir işi kendi planlar, planladığını uygular, uyguladığını

denetler ve bu denetlemeye göre gerekli önlemi alırsa bu yaptığı işten doyuma ulaşır. PUKÖ çevrimine göre çalışmak insan doğasına en uygun en verimli iş yapma şeklidir. Başka bir ifade ile PUKÖ çevrimi iş görene öz-kontrol durumu sağlamaktadır.(Şişman,2007)

2.6.5.2 Kontrol Yöntemleri

a) Aktif Takip

Aktif takip, güncel süreç sonuçlarının gözden geçirildiği, problemlerin paylaşıldığı, görevlerin atandığı ve daha önceki faaliyetlerin gözden geçirildiği, düzenli olarak yapılan toplantılardır. 10-15 dakika gibi kısa sürelerde tamamlanan faaliyet esaslı toplantılardır. Amaç, süreçte şu anda ne olduğunun hızlı bir şekilde tartışılması, faaliyet unsurlarının tanımlanması ve takip için sorumluların atanmasıdır. Toplantılar problemlerin çözümü üzerine odaklandıklarından dolayı, genel olarak herkesin hedefte tutulmasını ve gerekirse rotada değişiklikler yapılmasına imkan sağlamaktadırlar. Duruma göre günlük, haftalık veya aylık toplantılar düzenlenebilmektedir(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 4; 74).

b) İç denetim

İç denetim, yürütülen standart uygulamaların durumunu kontrol etmenin etkili bir yoludur. Standartlaştırma sırasında hazırlanan doküman erişilebilirliği, doküman dilinin anlaşılabilirliği, kullanılan terimlerin bilinip bilinmediği uygulayıcılara sorulmaktadır. Standartlaştırmayı daha detaylı inceleyebilmek için soru sayısını artırmak gerekebilir. Uygulayıcılar sorulara hayır(asla), çoğunlukla hayır, bazen, çoğunlukla evet ve evet (her zaman) gibi seçeneklerden birini seçerek cevap vermektedir. Eğer sorulan tüm sorulara evet (her zaman) yanıtı tüm uygulayıcılar tarafından verilmiş ise sürecin, üzerinde uzlaşılmış yöntemlerle yürütüldüğü yorumu yapılabilmektedir. Aksi takdirde tüm uygulayıcılardan evet (her zaman) alacak şekilde eğitimlerin verilmesi veya dokümanın revize edilmesi gerekmektedir.

2.6.5.3 Standartlaştırma ve Dokümantasyon

Bir sürecin önemli elemanlarının mümkün olan en iyi şekilde ve tutarlı olarak gerçekleştirildiğinden emin olmak gerekmektedir. Standart bir uygulama tüm değişkenleri detaylı olarak tanımlanmış bir iş metodudur. Bir başka değişle çalışanlar ya da uygulayıcılar ile şirket arasında işin nasıl yapılacağına ilişkin yazılı bir anlaşma niteliğindedir. Standartların bir işletmeye kazandırdıkları aşağıda sıralanmıştır(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 4; 113):

- Güvenliği artırmaktadır.
- Güvenilirliği artırmaktadır.
- Maliyetleri düşürmektedir.
- Çalışanların performanslarını artırmaktadır.
- Süreçlerin kontrol altında kalmaya devam etmesini sağlanmaktadır.
- Sürekli gelişme sağlamaktadır.
- Müşteri ihtiyaçlarına hızlı tepki verebilecek esnek uygulamalar sağlamaktadır.
- Yeni çalışanların eğitimi için temel hazırlamaktadır.
- Oluşan problemlerin kök nedenlerinin araştırılmasında yol göstericidir.
- Kişiler veya gruplar arasında değişkenliği azaltmaktadır.
- Süreç çıktılarını daha tahmin edilebilir hale getirmektedir.

Kalder'in Tofaş'ta yapılan çalışmalara ilişkin hazırlamış olduğu raporda standartlaştırmanın amaçları şu şekilde ifade edilmiştir:

- Standartlaştırma; problemin tekrar etmemesi için yapılması gerekenlerin tespit edilerek kontrol altına alınmasıdır.
- Standartlaştırma; problem karşısında yapılan uygulamaların diğer alanlarda da uygulanabilirliğinin araştırılması ve uygulanmasıdır. (Kalder, 2006)

Standartların yararlı olabilmeleri için şu kriterleri sağlaması gerekmektedir.

- İşin, eğitim seviyesi düşük işçiler tarafından dahi iyi bir şekilde yerine getirilmesini sağlayacak seviyede olmalıdır.
- Spesifik olmalıdır. Hangi faaliyetlerin nerede nasıl yapılacağı açıkça ifade edilmelidir.
- Kişilerin sorumlulukları açıkça belirtilmelidir.
- Çelişkili veya gerçek dışı açıklamalar içermemelidir.
- Sürecin üzerinde büyük etkisi olan faktörler önceliklendirilmeli ve bu konular üzerine yoğunlaşılmalıdır.

Standartlaştırma ve dokümantasyon çalışmaları sonrasında uygulatıcıların ve çalışanların işin nasıl yapılacağı konusunda eğitilmesi gerekmektedir. Bunun için teorik eğitimler verilebileceği gibi iş başı eğitimleri ile pratiğe dönük bilgiler de aktarılabilmektedir. Eğitim tüm süreç kullanıcılarının temel görevlerini aynı şekilde yerine getirmelerini garanti altına almaktadır.

2.6.5.4 İstatistiksel Proses Kontrol

İPK istatistiksel proses kontrolün kısa adıdır. Süreç değişkenliğini incelemek için bir bütünün tamamını kontrol etmek yerine bütünden örnek alarak bunların sonuçlarına göre bütün hakkında tahminde bulunmak için istatistik kullanılmaktadır. Makine, ekipman, metot, malzeme, insan gücü gibi

kaynaklar kullanarak, girdilerin çıktı haline dönüştürülmesini sağlayan faaliyetlere proses adı verilmektedir. Kontrol süreci ise gerçek performansın ölçülüp standartlarla karşılaştırılarak aradaki farklılığa göre eyleme geçilmesini sağlayan bir geri bildirim döngüsüdür(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 5; 119).

Günümüzün ekonomik ortamında başarılı olmak isteyen üreticiler; organizasyonlarını ve tedarikçilerini sürekli iyileştirmeyi kendilerine prensip edinmek durumundadırlar. İstatistiksel Proses Kontrol de bu ihtiyaçlardan ortaya çıkmıştır. Proses kontrolde yakalamanın ( muayene-kontrol ) yerine önleme tekniği uygulanmaktadır. Çünkü yakalama ( kontrol ) hurda ürünlerin müşteriye kaçmasını engellerken, önleme ise hurda ürünlerin oluşmamasını sağlamaktadır.

Yakalama; ürünlere yapılan son kontrolde hatalı olanların bulunması ve ayıklanması, esasına dayanmaktadır. Bunların sonucunda hatalı ürünlerin artması ve bunların kabullenilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Önleme ise; hatalı ürün oluşmadan ilk seferde doğru üretimin gerçekleştirilmesi ve böylece israfların önlenmesi mantığından hareketle ortaya çıkmıştır.

İPK bir çeşit geri besleme sistemidir. Proses Kontrol Sisteminde hem müşterinin sesi hem de prosesin sesine kulak verilir.

Proses ile ilgili bir faaliyetin ekonomik olması için, önemli karakteristiklerin hedeften uzaklaşmadan faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gerekir. Bu faaliyetler kısaca şunlardır;

- Ekipman değişimi
- Operatör eğitimi
- Proses tasarımının değişimi
- Girdi malzeme değişimi

Çıktı ile ilgili bir faaliyet; daha önceden üretilmiş çıktılardan teknik spesifikasyonlara uymayanların ayıklanmasını içerdiğinden ekonomikliği düşüktür. Bu nedenle sadece çıktıları kontrol etmek etkin bir yöntem değildir. Faaliyetler uygulandıktan sonra sonuçlar ölçülmeli, değerlendirilmeli ve gerekirse yeni faaliyetler planlanmalıdır.

İki ürün veya karakteristik birbirinin aynısı değildir. Aradaki fark büyük veya ölçülemeyecek kadar küçük olabilir. Çünkü proses çok sayıda değişken kaynağı içermektedir.Bunlardan bazıları;

- Makinedeki rulmanlı yatağın aşınması, boşluklar
- Kullanılan takımların aşınma oranı, mukavemeti
- Malzemenin çapının ölçüsü, sertliği
- Operatörün yaptığı ayarlar ve parçayı yerleştirme hassasiyeti
- Bakım, yağlama ve aşınan parçaların değişimi
- Çevre
- Ölçüm sistemi

Ölçülen değerler gruplandırıldığında oluşan forma dağılım denilmektedir. Dağılım aşağıdaki şekillerle karakterize edilmektedir:

- Konum ( ortalamanın hedefe göre pozisyonu )
- Yayılım ( en küçük değerden en büyük değere doğru değerlerin yayılması )
- Biçim ( simetriklik, çarpıklık vs )

Altı sigma çalışmalarında birçok istatistiksel terim ve formülle karşılaşılmaktadır. Bunlardan en temel olanları Pyzdek tarafından bir tabloda özetlenmiştir (2001:395). İlgili tablo; Tablo 16'da özetlenmiştir:

Tablo 14: İstatistiksel terim ve formüller tablosu

| İstatistiksel terimler | Tanımlama | Formül |
|---|---|---|
| **Yerleşimin ölçümü** | | |
| Popülasyon mean değeri | Popülasyonun ağırlık merkezi | $\mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$ N popülasyon büyüklüğü |
| Örneklerin dağılımının mean değeri | Örneklerin dağılımının ağırlık merkezi | $\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$ n örnek sayısı |
| Medyan | Örneklerin küçükten büyüğe sıraya sokulması durumunda ortadaki örneğin değeri | $\overline{X}$ |
| Mod | En sık tekrarlanan değer. Eğer datalar gruplanıyorsa, mod frekansı en büyük olan gruptur. | - |
| **Dağılımın ölçümü** | | |
| Dağılım aralığı | Verilerin en uç noktaları arasındaki farktır. | |
| Popülasyon varyansı | Populasyonun mean etrafındakindeki değişkenliğinin ölçüm metodudur. Birimler orijinal verilerinin biriminin karesidir. | $\sigma^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{(X_i - \mu)^2}{N}$ |
| Popülasyonun standart sapması | Populasyonun mean etrafındakindeki değişkenliğinin ölçüm metodudur. Birimler orijinal veriler ile aynıdır. | $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ |
| Değişeken varyansı | Örneklerin dağılımının mean etrafındakindeki değişkenliğinin ölçüm | $s^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \overline{X})^2}{n-1}$ |

| | | |
|---|---|---|
| | metodudur. Birimler orijinal verilerinin biriminin karesidir. | |
| Örneklerin dağılımının standart sapması | Örneklerin dağılımının mean etrafındaki değişkenliğinin ölçüm metodudur. Birimler orijinal veriler ile aynıdır. | $s = \sqrt{s^2}$ |
| | **Dağılımın şeklinin ölçümü** | |
| Eğiklik | Bir çeşit simetri ölçüm metodudur. Sıfır mükemmel simetri anlamına gelir. Pozitif eğiklik dağılımın meanin üstünde yoğunlaştığını belirtirken negatif eğiklik tam tersini belirtmektedir. | $k = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^3}{n} - \frac{3\bar{X}\sum_{i=1}^{n} X_i^2}{n} + 2\bar{X}^3}{s^3}$ |
| Kurtosis | Kurtosis değeri dağılımın düzlüğü belirtir. Normal dağılımın kurtosis değeri 3'tür. Dağa eğik bir dağılımın kurtosis değeri daha büyüktür. | $\beta_2 = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^4}{n} - 4\bar{X}\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^3}{n} + 6\bar{X}^2\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}{n} - 3\bar{X}^4}{s^4}$ |

Kaynak: (Pyzdek ,2001:395).

### 2.6.5.5 Proses Kontrolü ve Yeterliliği Analizi

Proses değişkenliği sadece genel nedenlerden kaynaklanıyorsa ve özel bir neden olduğunda sinyal veriyorsa proses istatistiksel olarak kontrol altında demektir. Proses öncelikle istatistiksel olarak kontrol altına alınmalı, değişkenliğin özel nedenleri belirlenmelidir. Özel ve genel neden kavramları daha detaylı olarak 3.7.2.2'de ifade edildiği için burada bahsedilmeyecektir.

Proses yeteneği; makine , ekipman metod, insan ve çevre faktörlerine bağlıdır. Mevcut spesifikasyon limitlerine göre uygulanan istatistiksel proses kontrol çalışmasında; prosesin değişkenliğini göstermek, kalite ve verimlilik

performansını arttırmak ve prosesin yeterliliğini anlamak için proses yeterlilik katsayıları tanımlanmıştır.

Proses Yeterlilik analizinde $C_p$ ve $C_{pk}$ olmak üzere iki indeks kullanılır.

- $C_p$ ; prosesin yayılımını kontrol eder
- $C_{pk}$ ; prosesin hem yayılımını hem de ortalamanın hedeflerden sapmasını kontrol eder.

Arçelik gibi büyük işletmelerde bu değerler 1 den küçükse proses yetersiz olarak kabul edilmektedir. Bu değer 1 ile 1,33 arasında ise prosesin geliştirilmeye ihtiyacı vardır. Bu değer 1,33 ve daha büyükse proses yeterli olarak kabul edilmektedir. Otomotiv sektöründe bu değerin zaman zaman 1,67 olması talep edilmektedir(Arçelik Eğitim Kitapçığı, 2002, cilt 5; 165).

Kontrol diyagramları; bir prosesin ne zaman ayar gereksinimi olduğunu, ne zaman kendi haline bırakılacağını belirlemek için kullanılmaktadır. Ayrıca prosesin kararlılığını değerlendirmek için de kontrol diyagramlarından faydalanılmaktadır. Kontrol diyagramları istenilen özelliklerde ürün / hizmet üretebilmek için söz konusu prosesin istatistiksel olarak kontrolü ve analizinde de kullanılabilmektedir. Aşağıda kontrol grafiklerinin özellikleri sıralanmıştır:

- Proses değişkenliğini anlamak için etkin bir tekniktir.
- İstatistiksel olarak kontrol altında olan prosesin performansı tahmin edilebilir.
- Kontrol altındaki proses genel neden değişkenliğinin azaltılmasıyla iyileştirilebilir ve prosesin hedef değerleri iyileştirilebilir.
- Prosesin yeterlilik seviyesinde düşük maliyetlerle ilerlemesini sağlamaktadır.

- Değişkenliğin özel ve genel nedenlerini ayrıştırarak, sistemdeki problemlerin tespiti için rehberlik etmektedir.

## 2.7. ALTI SİGMA ARAÇLARI

Altı Sigma organizasyonlarında yapının her aşamasına farklı yetki ve sorumluluklar verildiği belirtilmişti. Yapı içerisinde yetki sorumluluklar gibi verilen eğitimler de farklılık göstermektedir. Bu farklılığın iki ana sebebi vardır. Bunlardan birincisi eğitimlerin bir maliyetinin oluşudur. Sorumlulukları sınırlı olan bir gruba ihtiyacı olandan fazla eğitim vermek gereksiz maliyet anlamına gelmektedir. İkinci ana sebep ise; eğitimlerin uygulandıkça anlaşılmasıdır. Altı Sigma hakkında hiçbir bilgisi olmayan bir kişiye uzman kara kuşakların kullandığı araçların anlatılması durumunda eğitim başarısızlıkla sonuçlanacaktır. Dolayısı ile eğitimleri zamanla ve uyguladıkça ilerletmek gerekmektedir.

### 2.7.1. Basit Altı Sigma Araçları

Basit Altı Sigma araçları organizasyon içerisinde yeşil kuşaklara verilen eğitimde anlatılan araçlardır. Bu araçlar sayesinde yeşil kuşaklar ellerindeki veriyi analiz edebilmekte ve çıkarımlarda bulunabilmektedir. Bu sayede kara kuşaklarla iletişimleri kolaylaşmaktadır. Bir Altı Sigma projesinde bir kara kuşak başına birden fazla yeşil kuşak düşmektedir. Yeşil kuşakların basit problemleri kendi kendilerine çözememeleri durumunda kar kuşağın iş yükü artacaktır. Bu projenin yavaşlamasına da neden olacaktır. Bu sebepler göz önünde bulundurulduğunda basit Altı Sigma araçlarının yeşil kuşaklara öğretilmesini kaçınılmaz kılmaktadır.

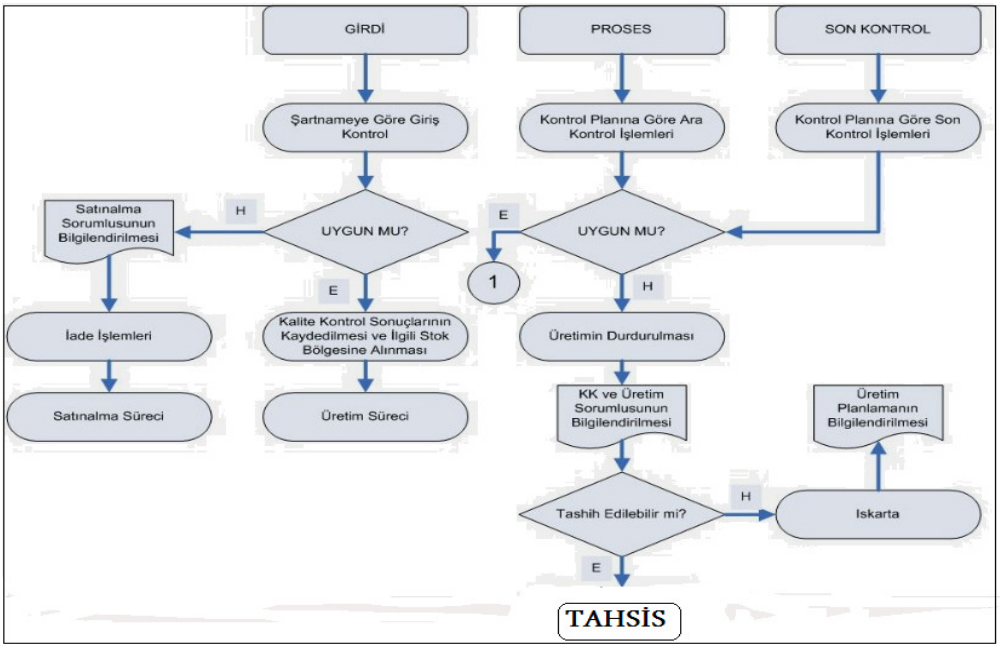
#### 2.7.1.1. Akış Şemaları

Akış diyagramları, gerek problem çözme, gerekse ürün geliştirme amacına yönelik eşzamanlı mühendislik çalışmalarında rotayı belirlemekte kullanılan ilk harita niteliğindedir (Taptık, 1998: 64). Akış şemaları, bir süreçteki bütün adımların resimsel ifadesidir (Köksal, 2001: 5). Bu resim, bir bilgisayar programının temel mantığı ile çok benzerdir. Olayların sırasını açık

olarak anlamaya yardımcı olur. İyileştirme fırsatlarını belirlemeye yardımcı olur. Veri toplanacak alanları ve teknikleri tarif etmeyi kolaylaştırır. Bir akış şemasında süreç basamakları doğal sırasında gösterilir. Böylece, uygulamada sürecin nasıl işlediği kontrol edilerek ortaya çıkabilecek olası sorunlar daha ilk adımda tespit edilerek düzeltilir. Bu araç özellikle plânlama aşamasında, zorlukların sezilip gerekli önlemlerin alınmasına yardım eder.

Süreçlerin akış şeması süreçleri girdiler, aktivitelere ve çıktılar başlıkları altında inceleyen bir çeşit grafiktir. Girdiler başlığı altında; yer, malzeme, iş gücü, ekipman ve yönetim gibi üretim faktörleri incelenmektedir. Aktiviteler; girdileri bir araya getirerek ve değiştirerek onlara değer katma yollarını ifade etmektedir. Aktivitelere taşıma, depolama ve prosese tabi tutma gibi işlemleri içermektedir. Çıktılar; Girdilere müdahale ederek elde edilen mal ve hizmetlerdir. Ayrıca istenmeyen ya da kontrol dışı çıktılar da vardır. Hurda veya kirlilik gibi istenmeyen şeyler de çıktı olarak kabul edilir.

Akış şeması sürecin nasıl ilerlediği hangi işlerin katma değer sağladığının kolayca anlaşılması için kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda bir akış şeması örneklendirilmiştir.




Şekil 16: Akış Şeması Örneği

### 2.7.1.2 Pareto Analizi

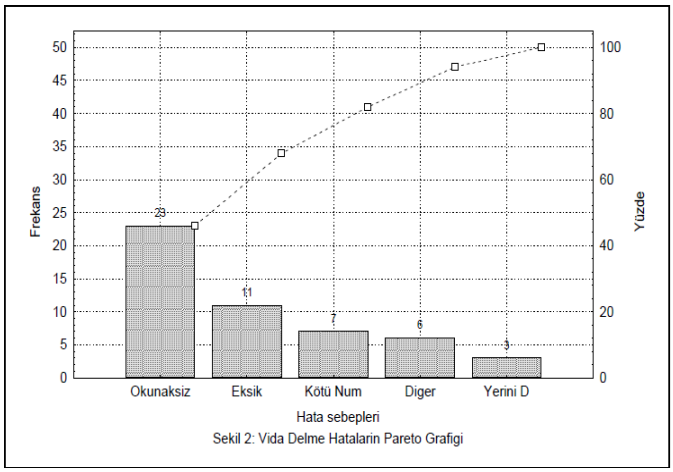
Pareto diyagramları 19.yüzyıl İtalyan ekonomisti Vilfredo Pareto'nun araştırmalarını kullanarak yeni bir prensip bulan Juran tarafından bu isimle anılmaya başlanmıştır. Pareto analizi, kalite mühendisleri tarafından en fazla kullanılan istatistiksel yöntemdir (Squires, 1986: 161). Pareto analizleri, çeşitli olaylara ilişkin sonuçların %80'inin %20'lik sebeplerden kaynaklandığı varsayımına dayanmakta ve kaliteyi etkilediği düşünülen tüm unsurların değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle elimizdeki bilginin dikkatle çözümlenmesi sürecin başarısını etkileyen az ama hayati öneme sahip etkenlerin saptanmasına yardımcı olur (Miyauchi, 2000).

Bir mamulde bulunması mümkün tüm hataların aynı önem derecesine sahip olduğu söylenemez (Kobu, 1987:274). Pareto analizi önemli sebepleri, daha az önemde olan sebeplerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik bir olayın grafik yardımıyla gösterilmesi ve karşılaşılan problemin veya konunun en önemli sebebi üzerinde dikkati yoğunlaştırdığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan ekonominin dışında da her alanda kullanılabilir niteliktedir. Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme programlarında problemin sebepleri tespit edilirken hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu bu teknik vasıtasıyla kolayca tespit edilebilmektedir. Pareto Analizi, hata çeşitlerine değer biçmek veya tanımlamak için kullanılır.

Pareto analizi birçok parametre arasından en önemli olanları vurgulamakta kullanılan bir yöntemdir. Önemsiz kalabalıklardan önemli azınlığı ayırma metodu olarak da adlandırılmaktadır. Pareto analizi iyileştirme çalışmalarının her aşamasında kullanılabilmektedir. Proje grubuna hangi parametre üzerinde yoğunlaşmaları gerektiğini vurgulayan pareto analizi zaman içerisinde tekrarlanmalıdır. Çünkü yapılan iyileştirmeler ile zaman içerisinde üzerinde yoğunlaşılan parametrenin önemi kaybolmuş ya da azalmış olabilir.

Pareto analizi aşağıda ifade edilen yedi adımda gerçekleştirilmektedir:

1. Takip edilecek parametrelerin isimlerinin belirlenmesi için kategoriler oluşturulur.
2. Gerçek durumu temsil edilebilecek kadar bir süre belirlenir ve bu süre boyunca veri toplanır.
3. Her kategorinin kaç kez gerçekleştiği belirlenir ve genel toplam hesaplanır. Bazı kategoriler genel toplam içerisinde çok küçük bir paya sahip ise "diğer" grubun altında değerlendirilir.
4. Her kategorinin genel toplama yüzde bazında etkisi hesaplanır.
5. Kategoriler büyükten küçüğe doğru sıralanır.
6. Birinci kategoriden başlamak üzere yüzdelik değerler toplanarak kümülatif yüzdeler elde edilir.
7. Oluşturulan grafikte yatay eksende kategoriler sıralanırken dikey eksenin sol tarafı kaç tekrar olduğunu göstermekte, sağ tarafı ise yüzdelik oranları ortaya koymaktadır. Çizilen çubukların yüksekliğini o kategorinin kaç kez tekrarlandığı belirler. Kümülatif yüzdeler de grafiğin üstünde çizilen çizgiler ile ortaya konur.




Grafik 3: Pareto Grafiği Örneği

İstatistiksel proses kontrolünün kurucusu sayılan Kaoru Ishıkawa'ya göre; pareto analizi, en çok zarar veren hatayı veya hataları kolayca tespit etmenin yanında, bir iyileştirme programının vermekte olduğu sonuçların izlenmesinde de kullanılabilmektedir. Mesela ilk pareto da tespit edilen hatalara çözüm getirildikçe pareto diyagramındaki hata sıralaması değişmeye başlar. Böylece kalite kontrol elemanı, hataları tespit etmek için oluşturduğu grafiğe bakarak iyileşmenin etkilerini gözleme fırsatı bulur.

Pareto analizi; bir üretim tesisinde meydana gelen duruşların sebeplerini araştırmada, stok kontrolünde, enerji tasarrufunda kullanılabilmektedir. Ayrıca güvenlik, verimlilik, pazarlama, satın alma, dağıtım, satış analizi, atık azaltma, mamul çeşitliliğinin takibi ve malzeme tedariki gibi bir çok alanda kullanılarak çok faydalı sonuçlar vermektedir (Kobu,1994:295).

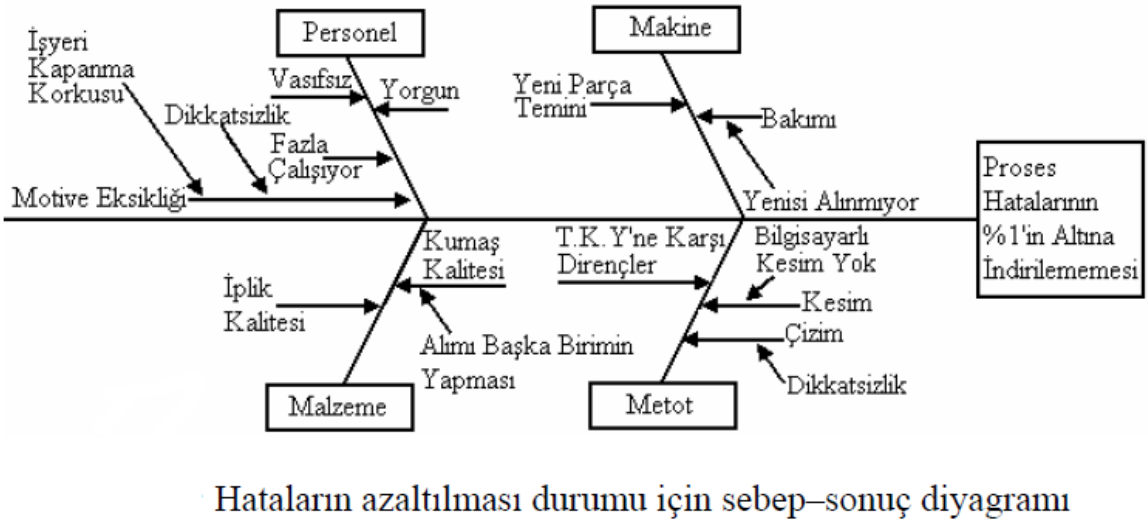
2.7.1.3. Sebep Sonuç Diyagramları

Proses iyileştirme çalışmalarında değişkenlik kaynaklarının belirlenmesi ve ortadan kaldırılması kaçınılmazdır. Fakat birçok uygulamada; değişkenliğe yol açan nedenler çok sayıda olabilmektedir. Dr. Kaoru kalite problemlerinin nedenlerini grafiksel olarak ortaya koyan bir yöntem geliştirmiştir. Geliştirilen bu yönteme birçok kaynakta balık kılçığı ismi verilirken bazılarında ise sebep-sonuç diyagramı olarak da adlandırılmaktadır.

Balık kılçığı diyagramı, bir kurumun süreç ve sistemleri içindeki temel neden ve sonuçları belirlemeye yardımcı olur. Balık kılçığı diyagramı; var olan bir sorundan sorumlu olan faktörleri belirleme sürecinde ya da girdilerin istenilen çıktılarla sonuçlanması için süreci daha etkin olarak planlamada kullanılabilmektedir. Bu teknik fikirleri tetiklemek ve beyin fırtınası çalışmalarında dengeli ve düzenli ilerleyebilmek için yararlı bir yöntemdir. (Breyfogle, 1999:80)

Var olan bir sorunun nedenleriyle baş edebilmede balık kılçığını kullanmak için, önce sorun ya da amaçlanan koşul sağ tarafa, bir anlamda "balığın başına" yazılmalıdır. Sonra, balığın "büyük kemiklerine" sonuçtan sorumlu olma olasılığı yüksek olan temel faktörler listelenmelidir. Büyük kemikler olarak kısa adı 7M olan faktörler kullanılmaktadır. Bu kısaltma; man (insan) , machine (makine), medium (çevre), material (malzeme), method (yöntem), management (yönetim) ve measurability (ölçülebilirlik) gibi yedi İngilizce kelimenin baş harflerinden oluşmaktadır(Taptık 1998: 70). "Ara kılçıklara" ise; soruna yol açan ana faktörlere katkıda bulunan ya da değişiklik yaratan ara faktörler yazılmalıdır. Balık kılçığı gösterimi aşağıdaki aşamaların takibi ile kolaylıkla kullanılabilir:

- Geliştirilecek alanın akış şeması çizilir.
- Çözümü aranan problem detaylı bir şekilde ortaya konur.
- Problemin olası tüm nedenlerinin tespiti için beyin fırtınası gerçekleştirilir.
- Beyin fırtınası sonuçları kategorilere ayrılır.
- Her kategorideki veriler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir balık kılçığı diyagramı oluşturulur.
- Çizim aşamasında diyagramın en sağına kutu içerisinde ana problem yazılır.
- Yatay olarak çizilen uzun ok problemi işaret ederken, okun üzerine ve altına ana probleme neden olduğu düşünülen kategoriler yerleştirilir.
- Kategoriler ara oklar ile ana oka birleştirilir ve kılçık yapısı oluşturulur. Her kategori aslında temel bir problem olarak görülür ve kılçık yapısının tüm kemikleri ortaya konur.




Şekil 17: Sebep sonuç grafiği örneği

Sebep sonuç diyagramı probleme neden olabileceği düşünülen kategorileri bir bütün halinde görülmesine imkan sağlar. Bununla birlikte grubun çalışma boyunca hangi aşamalardan geçtiği, hangi bulgulara eriştiği de gözler önüne serilmiş olur. Böylece grubun çalışmalarına yeni katılan birisi gruba daha kolay adapte olabilir. Bu arada genel fotoğrafı bu yolla daha net görebilen grup daha rahat fikir geliştirebilmektedir. Şekil 11'de bir tekstil atölyesinde proses hatalarına ilişkin sebep sonuç diyagramı örneği bulunmaktadır.

2.7.1.4 Serpme Diyagramı

İki değişkenin birbirine göre dağılımlarını gözler önüne seren bir grafik metodudur. Grafikte yatay eksende yer alan değişkene bağımsız değişken adı verilirken dikey eksendeki değişkene bağlı değişken adı verilmektedir.

Bu grafik özellikle sebep-sonuç grafiği ortaya konduktan sonra beyin fırtınası ile ortaya çıkan kategorilerin ana problem ile ilişkisinin olup olmadığı ya da ne yönde bir ilişkisinin olduğunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Grafikteki ana kabullenme; bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde etkili olduğudur.

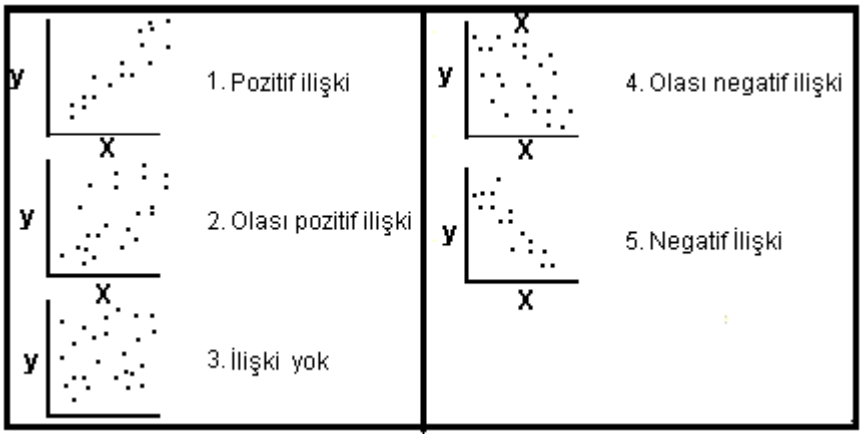
Aşağıda ifade edilen sorulara benzer birçok soru serpme diyagramı ile cevaplanabilmektedir:

- Operatörlere verilen eğitim süresinin uzunluğu ile verilen hurda sayısı arasında ilişki var mıdır?
- Operatörlerin tecrübeleri ile üretim adetlerinin bir ilişkisi var mıdır?
- A makinesinde kullanılan sacın kalınlığı ile makinenin arıza sıklığı arasında bir ilişki var mıdır?

Serpme diyagramını çizebilmek için aşağıdaki aşamaları takip etmek yeterli olmaktadır:

- En az 20 veri olmak koşuluyla çok sayıda ikili veri toplanmalıdır. İkili veri ile vurgulanmak istenen aynı zaman diliminde bağımsız ve bağımlı değişkenlerinin durumunu bildiren verilerdir.
- Eksenlerin sınırlarını belirleyebilmek için bağlı ve bağımsız değişkenlerin en büyük ve en küçükleri belirlenmelidir.
- Yatay ve dikey eksenler çizilerek en büyük ve en küçük değişkenler bu eksenlerin üzerine işlenmelidir.
- Daha sonra diğer veriler belirlenen sınırlar içerisine işlenmelidir.

Serpme diyagramları iki değişken arasında bir ilişkinin olup olmadığını belirttiği gibi, bu ilişkinin ne şekilde olduğu konusunda da bilgi verebilmektedir. Şekil 12'de serpme diyagramı örnekleri bulunmaktadır:




Şekil 18: Serpme grafiği örnekleri

Serpme diyagramı değerlendirilirken bağımsız değişkenin yeterince geniş bir aralıkta dağılıp dağılmadığına dikkat etmek gerekmektedir. Aksi takdirde, iki değişken arasında ilişki olmasına rağmen ilişki olmadığı düşünülebilir. Aşağıda serpme diyagramlarını değerlendirirken dikkat edilmesi gereken hususlar ve sık yapılan hatalar sıralanmıştır.

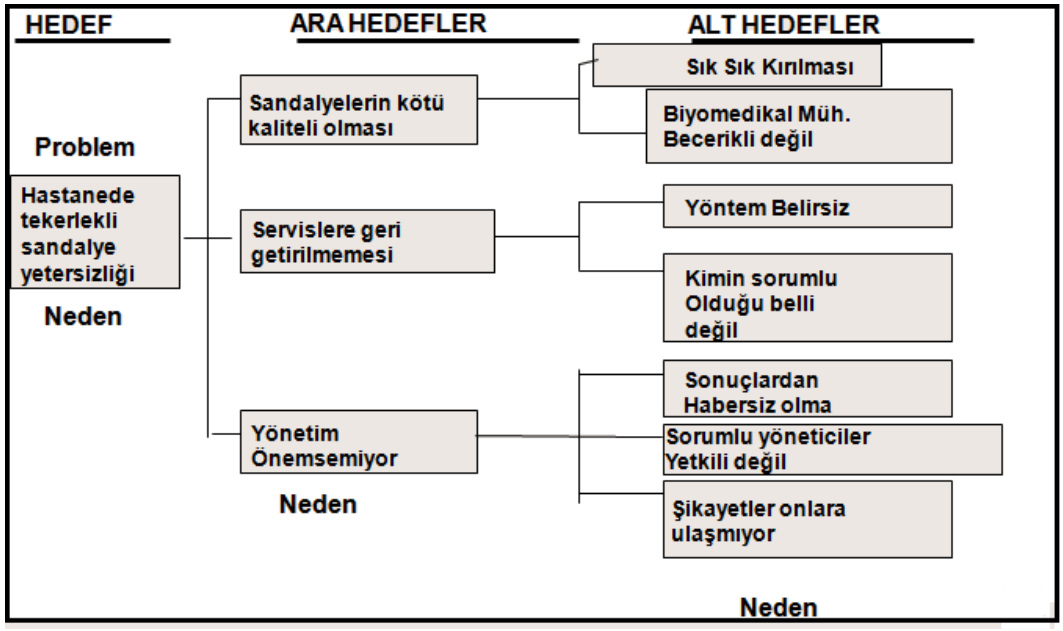
- Dikkate alınmayan diğer değişkenlerin etkileri yanlış yorumlara neden olabilir. Bu sorunun önüne geçebilmek için veri sayısını artırmak ve diğer değişkenlerin etkilerini de araştırmak gerekmektedir.

- Birbiri ile ilişkili olduğu belirlenen değişkenlerin değişimine neden olabilen başka değişkenlerin olup olmadığı dikkatlice incelenmelidir. Örnek olarak vardiyalar ile hurda sayıları arasındaki ilişkiyi inceleyen bir araştırmacı vardiyaların etkili olduğunu gördüğünde daha detaylı bir inceleme yapmak durumundadır. Çünkü vardiya değişimi ile birlikte hava sıcaklığı değiştiği gibi operatörler de değişebilmektedir. Bu da detaylı bir araştırma yapılmasını zorunlu hale getirmektedir.

- Veri toplama aşamasında bağlı değişken üzerinde etkili olabileceği düşünülen diğer değişkenlerin sabit olmasına dikkat edilmelidir.

2.7.1.5. Ağaç diyagramı

Ağaç diyagramı ana problemin daha iyi incelenmesi ve daha kolay anlaşılması için daha detaylı başlıklara ayrılması temeline dayanan bir yöntemdir. Bu yöntemde ana probleme neden olan birden fazla küçük ve anlaşılması kolay problem ortaya konmaktadır. Kalite iyileştirmesine en sağdaki problemlerden başlanarak en soldaki ana probleme kadar ulaşılır. Ağaç diyagramında ana hedef veya problem en solda yer almaktadır. Problemin kök nedenleri de en sağda gösterilmektedir. Bu sayede ağaç diyagramı ile hedefi ve kök nedenleri bir arada görebilmek için mümkün hale gelmektedir.Şekil 19'da bir hastanedeki tekerlekli sandalye yetersizliğine ilişkin ağaç diyagramı örneği yer almaktadır.




Şekil 19: Ağaç diyagramı örneği

2.7.1.6. Histogram

Ölçümlerin hücrelere bölünerek incelendiği grafiksel bir yöntemdir. Dağılımı gruplara bölen bu grafikte aynı zamanda dağılımın eğilimlerini,

ağırlık merkezini ve modunu görmek oldukça kolaydır. Histogram aşağıdaki aşamaların takibi ile oluşturulabilmektedir (Pyzdek, 1999:316):

1. Veriler arasındaki en büyük ve en küçük değerler tespit edilir ve aradaki fark hesaplanarak dağılım aralığı tespit edilir.
2. Örnek sayısına bağlı olarak kaç farklı grup oluşturulacağına karar verilir. Tablo 15'te bu konuda literatürde geçen bazı tavsiyeler yer almaktadır.

Tablo 15: Histogram örnek sayısı tablosu

| **Örnek sayısı** | **Grup sayısı** |
|---|---|
| < 100 | 7- 10 |
| 101 - 200 | 11 ile 15 |
| >201 | 13-20 |

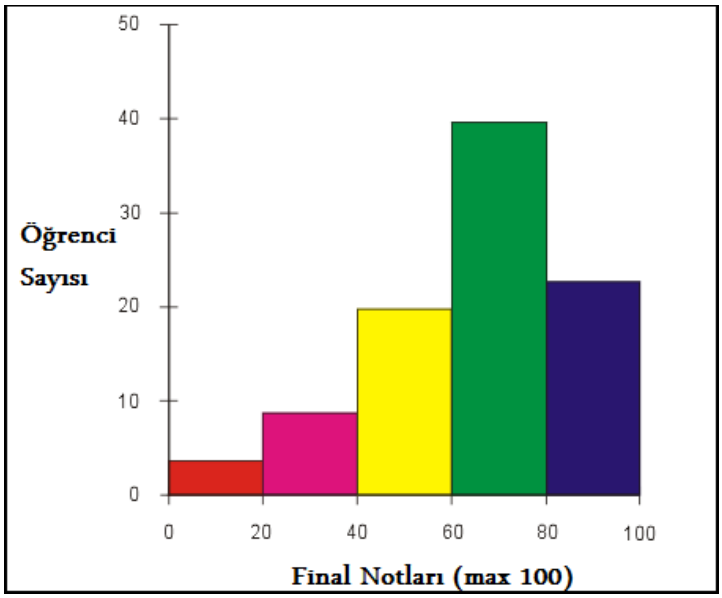
Bunun dışında Pyzdek'e göre örnek sayısının karekökü kadar grup oluşturmak yeterli olacaktır. (1999:317)

3. Aşağıdaki formül ile grupların genişliği hesaplanmaktadır.

$$\text{Genişlik} = \frac{\text{Veri Aralığı}}{\text{Grup Sayısı}}$$

4. Hücre sınırları belirlenmelidir. İlk hücre belirlendikten sonra hesaplanan hücre genişliklerinin eklenmesi ile diğer hücrelerin sınırları hesaplanmaktadır. Toplanan verilerin virgülden sonra kaç basamağının olduğuna dikkat etmek gerekmektedir. Sınırlar verilerin basamak sayısından bir fazla olmalıdır. Örnek olarak tam sayılardan oluşan bir veri aralığı var ise grup sınırları virgülden sonra bir basamaklı ifade edilmelidir.
5. Belirlenen grupların içine düşen veriler saptanmalıdır. Daha sonra her gruba düşen veri sayısı saptanarak grupların frekansları belirlenir.

6. Son olarak; yatay eksenin grupları, dikey ekseninse frekansları belirttiği bir grafik çizilir. Şekil 13'te bir sınıfta final notlarının öğrenci sayısına göre dağılımına ilişkin histogram örneği yer almaktadır.




Grafik 4: Histogram Örneği

Histogram toplanan verilerin zaman boyutuna önem vermemektedir. Bu nedenle; bir süreçten toplanan veriler arasında, özel nedenlerle ortaya çıkan ve sürecin genelini yansıtmayan veriler de histogram içerisinde değerlendirilir. Bu da analizi yapan kişiyi yanıltabilmektedir. Bu nedenle; histogram öncesinde kontrol grafiği kullanmak uygun olmaktadır.

Histogramın zaman içerisinde sürekli yenilenmesi de faydalı olacaktır. İki farklı anda oluşturulan iki farklı histogramların karşılaştırılması ile iyileştirmeye yönelik noktalar yakalanabilmektedir.

2.7.1.7. Gövde-Kök Grafiği

Özellikle örnek sayısı 200'den az olan veri gruplarının incelenmesinde kullanılan ve histograma oldukça fazla benzeyen bir yöntemdir. Veri grubu içerisinde yer alan her veri histogramın aksine gövde-kök grafiğinde kısmen ya da olduğu gibi muhafaza edilmektedir.

Şekil 20'de bir üretim tesisinde sac kalınlıklarına ilişkin toplanan verilere ait gövde-kök grafiği görülmektedir. Analiz için sac kalınlıkları 100 ile çarpılarak yazılmıştır.

| Frekans | Gövde | Kök |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 4 |
| 6 | 0 | 55778 |
| 13 | 1 | 1122334 |
| 24 | 1 | 55566678999 |
| 35 | 2 | 11112233344 |
| 42 | 2 | 5566789 |
| (17) | 3 | 01111222222333344 |
| 28 | 3 | 5555556667888889 |
| 12 | 4 | 1112234 |
| 5 | 4 | 58 |
| 3 | 5 | 113 |

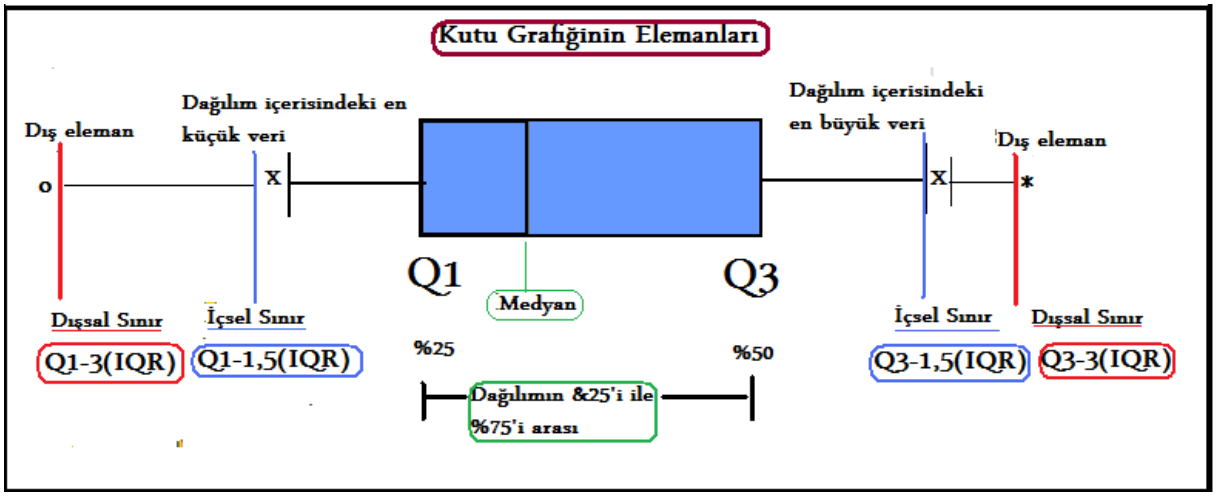
Şekil 20: Gövde-kök grafiği örneği

Burada sac kalınlıkları basamaklarına ayrılarak gruplanmaktadır. Örnek olarak 35 olan bir veri grafikte 3'ler grubunda 5 olarak yer bulmaktadır. Burada 3 gövdeyi 5 ise kökü oluşturmaktadır. Bu örnekte her kök ikiye ayrılmıştır. Birinci parçaya 0'dan 4'e kadar olan kökler yazılırken, ikinci gruba 5'den 9'a kadar olan kökler yazılmaktadır. Gövdelere yazılan kök adedi sayılarak frekans kolonu doldurulmaktadır. Böylece histogramda olduğu gibi gruplara ayrılan veri grubuna frekans analizi yapılabilirken, ham veri de muhafaza edilebilmektedir.

2.7.1.8. Kutu Grafiği

Dağılım hakkında bilgi sahibi olmanın bir diğer yolu ise kutu grafiğidir. Kutu grafiğinde verilerin birer birer gerçek değerleri yansıtılmaz. Bunun yerine veriler bir bütün olarak ele alınıp özet bilgiler olarak görselleştirilmektedirler. Grafikte verilerin %25'inin , %50'sinin ve %75'inin değerleri, dağılımın uç noktaları ile birlikte verilmektedir.

Şekil 21'de bir kutu grafiğinde hangi bilgilerin nerede verildiği özetlenmiştir:




Şekil 21: Kutu grafiği örneği

### 2.7.2 Orta Düzey Altı Sigma Araçları

Basit Altı Sigma araçlarının öğretilmesi sonrasında yeşil kuşaklar uygulama aşamasına geçerler. Bu aşmada öğrenilen istatistiksel araçlar problemlerin çözümleri için kullanılarak pekiştirilir. Uygulama aşaması birden fazla projede tekrarlanmaktadır. Yeşil kuşaklar birden fazla proje tamamladıktan sonra uygun görülürlerse kara kuşak eğitimini almaktadırlar. Kara kuşak eğitimlerinde orta düzey Altı Sigma araçları hakkında bilgi verilmektedir. Bu araçlar basit Altı Sigma araçlarına göre daha karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.

#### 2.7.2.1 Genel ve Özel Değişkenlik Sebepleri

Sürecin kontrol limitleri içerisinde olmamasına yol açan nedenler iki başlık altında değerlendirilmektedir: genel ve özel nedenler. Bu nedenlerden bahsetmeye başlamadan önce kontrolün tanımını yapmak daha uygun olacaktır. Breyfogle ( 1999: 92) kitabında Shewart'ın kontrolü şu cümlelerle ifade ettiğini belirtmektedir:

> " Sürecin geçmiş verilerini incelenerek belirlenen limitler sayesinde, sürecin geleceğinin kontrol altında olup

> olamayacağı, ya da en azından limitler dahilinde kalıp kalamayacağı konusunda tahminde bulunulabilmektedir. "Limitler dahilinde" diye ifade edilmek istenen şey ,en azından yaklaşık olarak, sürecin belirlenen limitlerin içerisine düşeceğidir."

Bu tanımda en kritik olan nokta, kontrolün değişkenliğin tamamen ortadan kaldırılması anlamına gelmeyişidir. Süreçteki tüm değişkenliklerin tahmin edilebilir oluşu sürecin kontrol altında olduğunu göstermemektedir. Vurgulanması gereken bir başka nokta ise; kontrol altındaki bir süreç doğru yönetimi göstermeyebileceği gibi, kontrol altında olmayan bir süreç de hatalı yönetimi göstermeyebilir.

Her süreç içerisinde şansa bağlı olarak ortaya çıkan değişkenlikler vardır. Bu değişkenlikleri; Dr. Shewart "şanssa bağlı nedenler" olarak ifade ederken ve Dr. W. Edwards Deming "genel nedenler" olarak ifade etmektedir. Bu çalışmada bundan sonra "genel neden" olarak kullanılacaktır.

Tabii ki her süreç yalnızca genel nedenlerden oluşan sabit bir sistem değildir. Bazı süreçler beli bir zaman diliminde sabit sistemin dışında değişkenlikler gösterebilmektedir. Bu değişkenlikleri; Dr. Shewart "atanmış nedenler" olarak ifade ederken ve Dr. W. Edwards Deming "özel nedenler" olarak ifade etmektedir. Bu çalışmada bu nedenler "özel neden" olarak kullanılacaktır. Bu konuda yapılan çalışmalar göstermiştir ki özel nedenlerin tespiti genel nedenlere göre çok daha kolaydır.

Özel nedenleri ayırt etmek için istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Stewart istatistiksel proses kontrolün temel kuralı olarak şunu ifade etmektedir: "Süreç içerisindeki genel nedenler şansa bırakılırken, özel nedenler mutlaka tespit edilmeli ve elenmelidir." Fakat bu kuraldan genel nedenlerin önemsenmemesi sonucu çıkarılmamalıdır. Kısa vadede özel nedenler üzerine yoğunlaşırken, uzun dönemde genel nedenler üzerine yoğunlaşmak ve süreç iyileştirmeleri yapmak gerekmektedir.

2.7.2.2 T testi

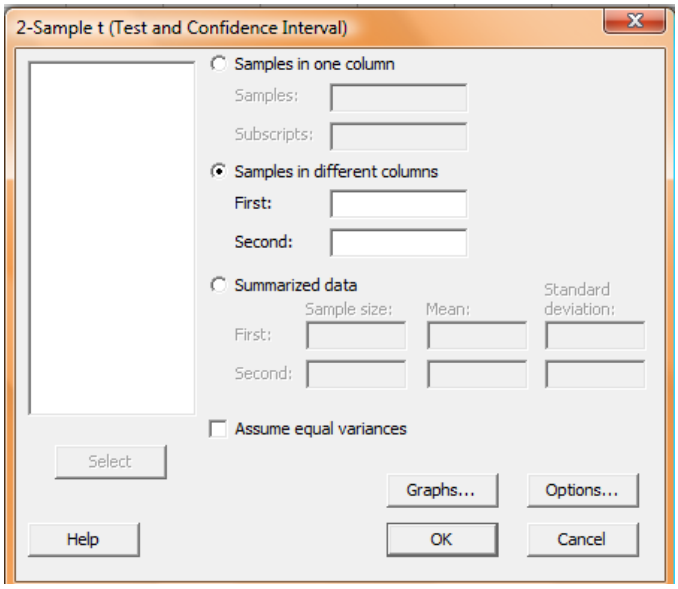
t-testi olarak adlandırılan istatistiksel testi kullanarak iki grup ortalaması arasındaki fark hakkında karar verilebilmektedir. Testte kullanılan istatistiksel terimin formülü aşağıda verilmiştir:

$$t_{(A-B)} = \frac{(X_A - X_B)}{S_{(A-B)}}$$

T dağılımı normal dağılımından daha fazla değişkenliğe sahip olduğu için dağılımın grafiği altında kalan alanlar normal dağılıma göre farklık göstermektedir. Dağılımdaki değişkenlik; dağılımın serbestlik derecesine bağlıdır. T testi genellikle ortalama ve varyansların hesaplanabildiği durumlarda kullanılmaktadır. Burada esas olan iki grubun ortalamaları arasındaki fark için bir güven aralığı belirlemek ve bu güven aralığı içerisinde 0'ın olup olmadığına bakmaktır. T testinde aşağıdaki hipotezler kullanılmaktadır:

- $H_0$ : iki grup ortalaması aynıdır ($X_A - X_B = 0$)
  $H_a$ : iki grup arasında fark vardır ($X_A \neq X_B$)

Bir istatistik programı olan Minitab'ta t test hesaplamaları otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Stat > Basic Statistics > 2 Sample t test komutu ile Şekil 22'deki pencere açılmaktadır.




Şekil 22: Minitab – T test uygulaması 1

Kaynak ( Henderson,2006: 92)

Açılan pencerede ilgili sekmelere iki grubu sırası ile seçmek yeterli olacaktır. Pencere onaylanarak kapatıldıktan sonra rapor kısmında Şekil 15'te gösterilen rapor çıkmaktadır.

**Two-Sample T-Test and CI: A; B**

```
Two-sample T for A vs B

    N   Mean  StDev  SE Mean
A  10  3,159  0,190    0,060
B  10  3,365  0,134    0,042


Difference = mu (A) - mu (B)
Estimate for difference:  -0,2060
95% CI for difference:  (-0,3618; -0,0502)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2,80  P-Value = 0,013  DF = 16
```

**Boxplot of A; B**

Şekil 23: Minitab – T test uygulaması 2

Tabloda p-value ile ifade edilen p değerine dikkat edilmelidir. P değeri 0,05'ten küçük ise $H_0$ hipotezini reddetmek mümkündür. Yani iki veri grubu

arasında fark yoktur hipotezini reddederek veri gruplarının birbirinden farklı olduğunu söylemek mümkündür. Bir başka ifade ile iki grup arasında fark olduğunu belirtmekteki risk %5'ten daha da küçük demektir. Yukarıdaki tabloda p değeri yalnızca 0,013'tür. 0,05'ten küçük olduğuna göre bu örnekte yer alan A ve B grupları arasında fark vardır demek mümkündür. Tabloda incelenebilecek bir başka nokta ise veri gruplarının ortalamaları arasındaki farkın güven arlığını gösteren *"95% CI for difference"* ifadesidir. Bu örnekte bu aralığın -0,3618 ile -0,0502 arasında olduğu belirtilmektedir. Aralık içerisinde sıfırın yer almaması da iki grup arasında fark olduğunu söyleyebilmek için bir başka kanıt olarak gösterilebilmektedir.

### 2.7.3 Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri uzun ölçümler sonucu ortaya konan nicel değişkenlerden oluşan grafikler ve hata adetlerinin sayıldığı nitel verilerden oluşan grafikler olmak üzere iki ana başlıkta değerlendirilmektedir.

#### 2.7.3.1 Nicel Kontrol Grafikleri

Nicel kontrol grafikleri mean, standart sapma ve dağılım aralığı gibi istatistiksel parametrelerin izlenmesinde kullanılmaktadır. Bu parametrelerden herhangi birinin kontrol limitleri dışında olması özel bir nedenin olduğunu işaret etmektedir. Dolayısıyla bir araştırma sonucu bu özel nedenlerin tespit edilmesinin gerekliliği kolayca anlaşılır.

##### 2.7.3.1.1 Ortalama ve Dağılım Aralığı Kontrol Grafikleri

Ortalama grafikleri sürecin zaman içerisinde merkez eğiliminin nasıl değiştiğini ortaya koyan bir kontrol grafiğidir. Ortalama grafiği; merkez eğilimini zaman içerisinde saptıran özel bir neden olup olmadığını tespit etmekte kullanılmaktadır.

Dağılım aralığı grafiği ise; sürecin zaman içerisindeki dağılımının sınırlarını göz önüne seren bir kontrol grafiğidir. Zaman içerisinde sürecin

dağılım aralığının sabit kalmamasına ani değişkenlikler yaşamasına yol açacak özel bir neden olup olmadığını sorgulamakta kullanılmaktadır.

Her iki grafik için de hesapların yapılabilmesi için alt gruplar oluşturulmalıdır. Kontrol grafiklerinin limitlerinin hesaplanmasında alt gruptaki örnek sayısına bağlı olarak değişen katsayılar kullanılmaktadır. 25 ve 25'ten daha az örnek sayısı için kullanılacak sabit sayılar Ek 03'te verilen tablodan yararlanılarak bulunabilmektedir. Dağılım aralığı grafiği için kontrol limitleri aşağıdaki formüllerin kullanılması ile hesaplanabilmektedir.

- $R = \frac{\text{Alt gruptaki dağlım aralıklarının toplamı}}{\text{Alt gruptaki veri sayısı}}$
- AKL= $D_3$ * R (AKL = Alt Kontrol Limiti)
- ÜKL= $D_4$ * R (ÜKL = Üst Kontrol Limiti)

Ortalama grafiği için kontrol limitleri ise aşağıdaki formüllerin kullanılması ile hesaplanabilmektedir.

- $X = \frac{\text{Alt gruptaki ortalamaların toplamı}}{\text{Alt gruptaki veri sayısı}}$
- R = Alt grup içerisindeki en büyük veri – en küçük veri
- AKL= $\overline{X}$ - A2 R (AKL = Alt Kontrol Limiti)
- ÜKL= $\overline{X}$ + A2 R (ÜKL = Üst Kontrol Limiti)

2.7.3.1.2 Ortalama ve Standart Sapma Kontrol Grafikleri

Ortalama ve standart sapma grafikleri daha önce anlatılan ortalama ve dağılım aralığı grafiklerinden çok farklı değildir. Hesaplamalarda dağılım aralığı yerine standart sapma hesaplamaları yapılmaktadır. Standart sapmanın hesaplamalara katılması daha güvenilir sonuçlar ortaya koymaktadır. 2 yada daha fazla numunenin yer aldığı alt grupların

hesaplamalarında standart sapma kullanımı daha etkili sonuçlar ortaya koymaktadır. Fakat hesaplamanın ve anlamanın daha zor oluşu standart sapma kullanımı yerine dağılım aralığı kullanımını daha popüler kılmaktadır. Pyzdek (2001,391), grafikleri istatistik bilgisi olan kişilerin kullanması durumunda standart sapma kullanımını tavsiye etmektedir.

Standart sapma grafiğinin kontrol limitleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır.

- $s = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mathrm{X})^2}{n-1}}$ (alt grup standart sapması)
- $S = \dfrac{\text{Alt gruptaki standart sapmaların toplamı}}{\text{Alt gruptaki veri sayısı}}$ (Ortalama Standart Sapma)
- AKL = $B_3$ S (AKL = Alt Kontrol Limiti)
- ÜKL = $B_4$ S (ÜKL = Üst Kontrol Limiti)

Standart sapmaya bağlı ortalama grafiğinin kontrol limitleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmaktadır.

- $X = \dfrac{\text{Alt gruptaki ölçümlerin toplamı}}{\text{Alt gruptaki veri sayısı}}$ (Alt grup ortalaması)
- $X = \dfrac{\text{Alt gruptaki ortalamaların toplamı}}{\text{Alt gruptaki veri sayısı}}$ (Genel ortalama)
- AKL = $\overline{X}$ - $A_3$ S (AKL = Alt Kontrol Limiti)
- ÜKL = $\overline{X}$ + $A_3$ S (ÜKL = Üst Kontrol Limiti)

2.7.3.2 Nitel Kontrol Grafikleri

Nicel kontrol grafiklerinin aksine nitel kontrol grafikleri, belli bir grup içerisindeki hatalı yada hata sayısının adedi ile ilişkili olan kontrol grafikleridirler. Nitel grafiklerin özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Kusurların sayılarına veya kabul/red kararlarına dayanmaktadır.
- Verinin toplandığı her operasyona kullanılabilmektedir.
- Ölçülemeyen veya ölçülmesi zor/maliyetli olan kalite karakteristikleri için uygulanmaktadır.
- Nicel kontrol grafiklerinden farklı olarak, nitel kontrol grafikleri bir veya daha çok kalite karakteristikleri için oluşturulabilmektedir.

Bu grafikleri incelemeden önce şu tanımlamaları ortaya koymak faydalı olacaktır.

- Kusurlu,; belirlenmiş kriterlere göre; örnek içinde bir veya daha fazla uygunsuzluk içeren bir birimdir.
- Kusur, belirlenmiş kabul kriterlerine göre bir uygunsuzluktur.

Çalışmanın devamında 4 farklı nitel kontrol grafiğinden bahsedilmektedir. Bunları aşağıdaki gibi sınıflandırmak doğru olacaktır.

- Kusurlular
    - p Kusurlu oranı
    - np Kusurlu sayısı
- Kusurlar
    - c Kusurlu sayısı
    - u Kusurlu oranı

2.7.3.2.1 P kontrol grafikleri

Belli bir alt grup içerisindeki hatalı adedinin alt grupta yer alan toplam adede oranının kontrol limitleri içerisinde seyredip seyretmediğini incelemekte kullanılan bir çeşit kontrol grafiğidir. P çizelgesi incelenen bir grup ürün içindeki kusurlu oranını ölçmektedir. Ürün üzerindeki kusur ne olursa olsun, ürün kusurlu kabul edilmektedir.

Tüm kontrol grafikleri gibi P kontrol grafikleri de merkez çizgisi, alt ve üst limitler olmak üzere üç ayrı sınır ile şekillendirilmektedir. Eğer süreç istatistiksel olarak kontrol altında ise hesaplanan tüm oranların belirlenen limitler dahilinde kalması gerekmektedir. P grafiklerinin hesaplamalarında aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

- p = $\frac{\text{Alt gruptaki hatalı sayısı}}{\text{Alt gruptaki veri sayısı}}$
- P = $\frac{\text{Tüm alt gruplardaki hatalı sayısı toplamı}}{\text{Tüm allt gruplardaki veri sayısı toplamı}}$
- $AKL = P - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$
- $\dot{U}KL = P + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$

2.7.3.2.2 Np kontrol grafikleri

Np grafikleri p grafiklerinin aksine hatalı oranını değil hatalı sayısını kullanarak sürecin kontrol altında olup olmadığını takip etmekte kullanılmaktadır. Np grafiklerinin kullanıldığı her yerde p grafikleri de kullanılabilir. Fakat alt gruplarda bulunan örnek sayısının değişkenlik göstermesi p grafiklerinin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu da np grafiklerinin önemini artırmaktadır. Np çizelgeleri sabit sayıdaki örnek büyüklüğünde uygun olmayan (kusurlu) ürünlerin sayısını ortaya koymaktadır. Np çizelgeleri aşağıdaki durumlar söz konusu ise seçilmektedir.

- Örnek sayısı belirli zaman aralığında sabit kalırsa,
- Uygunsuzlukların gerçek sayılarını kaydetmek oranları kaydetmekten daha kolay ve anlamlı ise

P grafiklerinin aşağıdaki formüller kullanılarak grafiğin alt-üst limitleri ve merkez doğrusu belirlenmektedir:

- np = alt gruptaki hatalı sayısı
- nP= $\frac{\text{Alt gruplardaki hatalı sayılarının toplamı}}{\text{Alt grup sayısı}}$
- $P = \frac{(nP)}{n}$
- $AKL = nP - 3\sqrt{nP(1-P)}$
- $ÜKL = nP + 3\sqrt{nP(1-P)}$

2.7.3.2.3 C kontrol grafikleri

C kontrol grafikleri, alınan örnek büyüklüğündeki uygunsuzlukların sayısını (ürünler üzerindeki kusur sayısını) kontrol etmek için kullanılan bir çizelgedir. Örnek büyüklüğü sabit alınmaktadır. P çizelgesinden tek farkı, kusurlu sayısı yerine kusur sayılarının dikkate alınmasıdır.C kontrol grafiklerinin hesaplamalarında aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

- $C = \frac{c_1 + c_2 + ..... + c_k}{k}$
- c: Her bir alt gruptaki uygunsuzluk sayısı
- C: Ortalama uygunsuzluk sayısı
- k: Alt grup adedi (gözlem sayısı)
- $AKL = C - 3\sqrt{C}$

- $\ddot{U}KL = C + 3\sqrt{C}$

2.7.3.2.4 U kontrol grafikleri

U çizelgesi, bir birimdeki uygunsuzlukların sayısını (ürün başına düşen kusur sayısını) kontrol etmek için kullanılmaktadır. U çizelgesi, C çizelgesine birçok yönü ile benzemektedir. Ancak bu çizelgelerde uygunsuzlukların sayısı bir birim başına ifade edilir. Aşağıdaki formüller U çizelgelerinin limitlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

- $U = \frac{c_1 + c_2 + ..... + c_k}{n_1 + n_2 + ..... + n_k}$
- Ci: Uygunsuzluk sayısı
- ni: Kontrol edilen alt grubun büyüklüğü
- u: Birim başına uygunsuzluk oranı
- $AKL = U - 3\sqrt{\frac{U}{n_i}}$
- $\ddot{U}KL = U + 3\sqrt{\frac{U}{n_i}}$

### 2.7.3 Uzman Seviye Araçlar

Altı Sigma eğitimlerinde son olarak uzman seviye araçların kullanımı öğretilmektedir. Bu eğitim uzman kara kuşak adaylarına verilmektedir. Adaylar eğitim sonrası Altı Sigma projeleri ile uygulama aşamasına geçmektedirler. Bu araçlar basit ve orta düzey araçlarla çözülemeyecek

kadar karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Ayrıca uzman kara kuşaklara hız kazandıran uygulamalar da bulunmaktadır.

Uzman seviye araçları arasında deney tasarımı da mevcuttur. Deney tasarımında adaylar çok sayıda değişkenin etkilerinin asgari sayıda deney ve gözlem ile saptanabilmesini öğrenmektedirler. Konu üzerinde yoğunlaşılması gereken bir başlık olduğu için burada ele alınmayacaktır.

İki veya daha fazla veri grubunun ortalamalarının karşılaştırılabilmesi için Anova kullanılmaktadır. Anova , süreç üzerinde iyileştirme yapmadan önce alınan veri grubunun iyileştirme sonrası alınan veri grubu ile karşılaştırılmasında kullanıldığı gibi aşağıda ifade edilen durumlarda da kullanılabilmektedir:

- İyileştirme öncesinde analiz çalışmaları yaparken verilerin süreçte çalışan operatörlere bağlı olarak değişip değişmediğini araştırmak için,
- Analiz sırasında verilerin günün farklı saatlerinde farklılık gösterip göstermediğini öğrenmek için,
- Ölçülerin, numunelerin malzemelerine, boyutlarına göre değişip değişmediğini incelemek için,
- Ölçüler üzerinde ya da hizmet kalitesinde mevsimsel bir ayrımın olup olmadığını araştırabilmek için,
- Müşteri memnuniyeti üzerinde sıcaklık, koku,renk vs gibi oram koşullarının etkili olup olmadığının araştırılması için,
- Hizmet ya da üretim tesislerinin birbirinden farklı olup olmadığının araştırılması için,
- Tedarikçiler arasında bir farkın olup olmadığının araştırılması için,

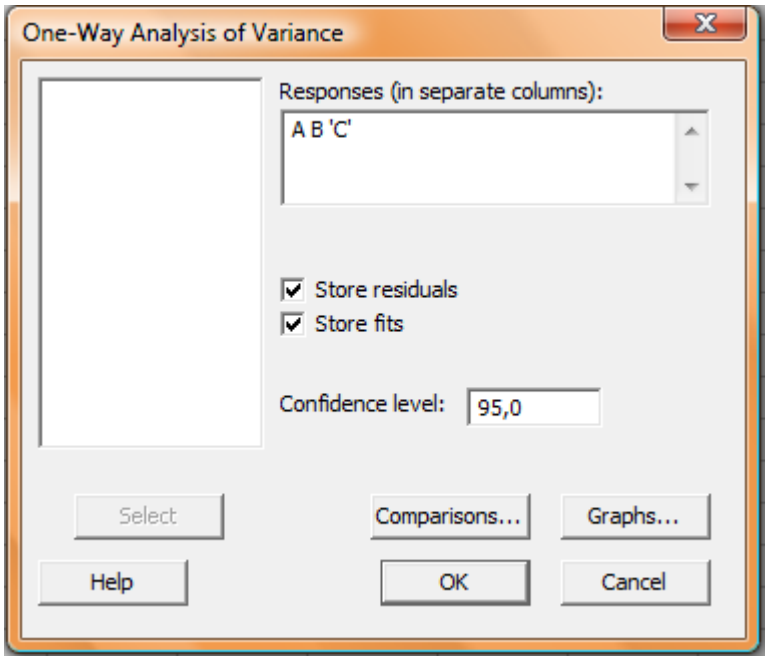
Bir başka tanıma göre; Anova, prosesteki değişkenliğin miktarını tespit etmekte kulanılan ve o değişkenliğin özel nedenlerden mi, yoksa genel nedenlerden mi kaynaklandığını ortaya koyan hesaplama yöntemidir. Dengelenmiş bir Anova analizinde her grup için eşit miktarda veri toplanmalıdır (Isixsigma,2010). Anova hipotezleri aşağıdaki gibidir;

- H0 : Ortalama A = Ortalama B =Ortalama C = …. (Grup ortalamaları arasında fark yoktur)
- Ha : En az bir grup ortalaması diğerlerinden belirgin bir şekilde farklıdır.

Anova bağımsız değişkenlerin kendi aralarında nasıl etkileşime girdiklerini ve bu etkileşimlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Aynı amaç için kullanılan t testinden farklı olarak Anova sayesinde karşılaştırılan grup sayısı ikiden fazla olduğunda t testinden daha kolay ve daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Bu durumu bir örnek ile açıklamak uygun olacaktır:

Bir işletme 3 tedarikçisinden almış olduğu ürünün ortalamalarının birbirleri ile karşılaştırmak istemektedir. İşletme ikili gruplar halinde t testi uygulamak istemektedir. Yapılan her t testinde testin kendine özgü tür 1 hata olasılığı mevcuttur. Bu da genellikle 0.05 olarak kabul edilmektedir. Yani her bir t testinde tür 1 hatası yapmama olasılığı 0,95'tir. Tüm grupların karşılıklı test edilebilmesi için 3 farklı t testi yapılması gerektiği düşünülürse testler sonucunda tip 1 hatası yapmama olasılığı $0,95^3$ olarak hesaplanmaktadır. Bu da 0,857 etmektedir. Dolayısı ile 3 test sonrasında tip 1 hatası yapma olasılığı (1-0,857) 0,143'tür. Bu değer testin güvenilirliği açısından kabul edilememektedir. Sonuç olarak böyle bir durumda t testi uygulamak hem zaman kaybına hem de hata yapma riskinin artışına neden olmaktadır (Uzun, 2010 : 1-3).

T testinde olduğu gibi; Anova'nın pratik uygulaması da Minitab'da mevcuttur. Stat > Anova > One way (unstocked) komutu kullanıldığında Şekil 24'deki pencere açılmaktadır.




Şekil 24: Minitab – Anova uygulaması 1

Kaynak: (El-Haik, Raid, Al-Omar ,2006:118)

Pencerede "renponses" bölmesine tüm veri gruplarının isminin girilmesi durumunda rapor kısmında şekil 16'daki tablo elde edilmektedir.

**One-way ANOVA: A; B; C**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Factor | 2 | 0,2914 | 0,1457 | 3,63 | 0,040 |
| Error | 27 | 1,0848 | 0,0402 | | |
| Total | 29 | 1,3762 | | | |

S = 0,2004  R-Sq = 21,17%  R-Sq(adj) = 15,33%

| Level | N | Mean | StDev | Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev |
|---|---|---|---|---|
| A | 10 | 3,1590 | 0,1898 | (----------*----------) |
| B | 10 | 3,3650 | 0,1342 | (----------*----------) |
| C | 10 | 3,3710 | 0,2579 | (----------*----------) |

3,12  3,24  3,36  3,48

Pooled StDev = 0,2004

**Residual Plots for A; B; C**

Şekil 24: Minitab – Anova uygulaması 2

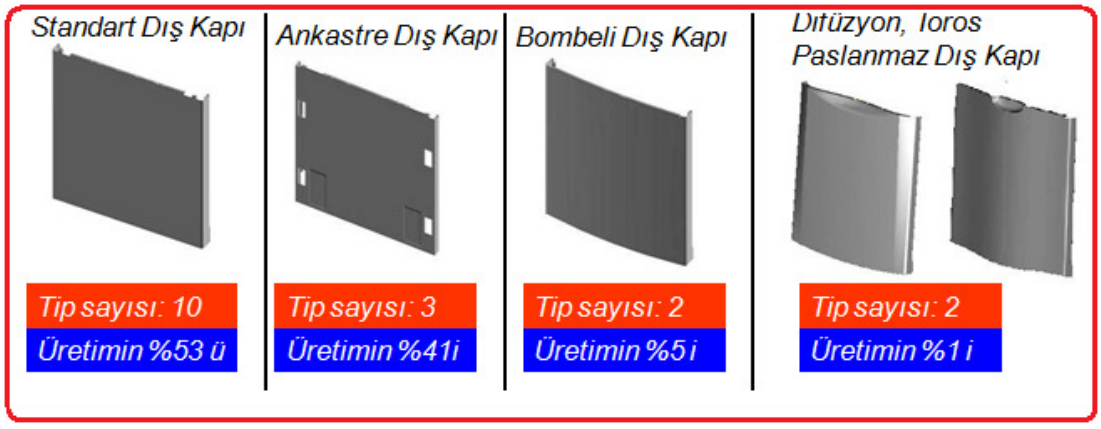
T testinde olduğu gibi; Şekil 25'te dikkat edilmesi gereken yer yine p değeri olacaktır. P değeri 0,05'ten küçük ise grupların aralarında fark yoktur hipotezini reddetmek mümkündür. Bu örnekte p değeri 0,04'tür. Bu nedenle örnekte yer alan A, B ve C veri grupları arasında en az bir tanesinin diğerlerinden farklı odluğunu söylemek mümkündür.

# 3. BÖLÜM – ALTI SİGMA UYGULAMA ÖRNEĞİ

Çalışmanın başında belirtildiği gibi Altı Sigma'nın Türk sanayisinde yaygın olarak kullanılmasının Türk malının Dünya piyasalarındaki kalite algısını artıracağı düşünülmektedir. Ayrıca Türk sanayisindeki verimsizliklerin çözümünde de Altı Sigma'nın büyük katkı sağlayacağı açıktır. Bu amaçla Arçelik Bulaşık Makine'si işletmesinde örnek bir proje çalışması yapılmıştır.

## 3.1 PROJE TANIMI

Ankara'da Sincan Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde dış kapı üretim hattında kalite hatalarının önüne geçebilmek, verimlilik artışı sağlayabilmek, hurda sayısını azaltabilmek ve çevrim süresini kısaltarak kapasite artışı sağlayabilmek adına bir Altı Sigma projesi başlatılmıştır. Yıllık bulaşık makinesi üretimi 1,5 milyon adet olan işletmede toplamda 700'ü aşkın tipte bulaşık makinesi üretimi gerçekleştirilmektedir. Bulaşık makinesinin dış kapısının birçok çeşidinin oluşu bu ürün çeşitliliğine imkan sağlamaktadır. Projenin yürütüleceği dış kapı hattında toplam 17 çeşit dış kapı üretimi gerçekleştirilmektedir. Şekil 26'da tiplerin dağılımı ve fotoğrafları yer almaktadır.




Şekil 26: Üretilen Dış Kapı Türleri

14 farklı istasyonun bulunduğu tam otomatik bir hat olan dış kapı hattı haftanın 6 günü 3 vardiya boyunca çalışmaktadır. Hatta farklı kapıların üretilebilmesi için farklı istasyonlarda boyut ve kalıp ayarları yapılmaktadır. Dış kapının işletme içerisindeki hayat seyri aşağıda özetlenmiştir:

- 1.istasyon: Üretilecek tipe uygun ebatta kesilmiş sacların üst üste durduğu paletlerden vakum yardımı ile alınan saclar transfer robotu ile 2. istasyona bırakılmaktadır. İstasyon tüm modellerde kullanılmaktadır.

- 2. istasyon: İstasyonun ortasında yer alan konveyörlerin üzerine bırakılan sac istasyonun sağ ve sol taraftan daralması ile merkezlenmektedir. Daha sonra sacın bundan sonraki istasyonlarda merkezlenmesinde kullanılacak olan delikler kalıplar tarafından açılmaktadır. Bununla birlikte bulaşık makinesi dış kapısının iç kapısına montajında kullanılacak olan delikler de açılır. Böylelikle 2. istasyon işlemleri tamamlanarak sac konveyörler ile 3. istasyona iletilmektedir. İstasyon tüm modellerde kullanılmaktadır.

- 3. istasyon: Pnömatik pistonun yukarıya hareketi ile merkezleme pimleri 2. istasyonda açılan merkezleme deliklerine girerek sacı merkezlemektedir. Burada kenar kesimleri tamamlanarak sac bir sonraki istasyona iletilir. Bu istasyon bazı modellerde pas geçilmektedir.

- 4. istasyon: Pnömatik pistonun yukarıya hareketi ile merkezleme pimleri 2. istasyonda açılan merkezleme deliklerine girerek sacı merkezlemektedir. Burada kenar kesimleri tamamlanarak sac bir sonraki istasyona iletilir. Bu istasyon bazı modellerde pas geçilmektedir.

- 5. istasyon Pnömatik pistonun yukarıya hareketi ile merkezleme pimleri 2. istasyonda açılan merkezleme deliklerine girerek sacı merkezlemektedir. Burada kenar kesimleri tamamlanarak sac bir sonraki istasyona iletilir. Bu istasyon bazı modellerde pas geçilmektedir.

- 6. istasyon: Çok az sayıda modelde kullanılan bu istasyonda merkezleme deliklerinden pimlerle merkezlenen sacın kenar kesimleri yapılır.

- 7. istasyon: Sac konveyörler arasında sıkıştırıldıktan sonra 180 derece döndürerek sacın alt tarafının üste gelmesi sağlanmaktadır. İstasyon tüm modellerde kullanılmaktadır.

- 8. istasyon: 7. istasyonda tersine çevrilmiş olan sac 2. istasyonda açılan merkezleme delikleri ile merkezlenmektedir. Daha sonra sacın sağ ve solunda 90 derece bükümler gerçekleştirilerek etek bükümleri tamamlanmaktadır. Bazı modellerde bu istasyonda etek bükümü tek aşamada yapılırken, bazı modellerde hattın içeri doğru hareketlenmesi ile içeriye giren büküm çakıları sayesinde ikinci bir büküm gerçekleştirilmektedir. İstasyon tüm modellerde kullanılmaktadır.

- 9. istasyon: Sac konveyörler arasında sıkıştırıldıktan sonra 90 derece döndürülerek sacın ön kısmının sağa, arka kısmının sola gelmesi sağlanmaktadır. Bu işlem diğer istasyonların büküm yapabilmesi için gerekmektedir. İstasyon tüm modellerde kullanılmaktadır.

- 10. istasyon: 9. istasyonda yönü değiştirilen sacın arka köşelerinde ütüleme adı verilen bir yöntemle 10 mm gibi kısa bir alanda büküm gerçekleştirilmektedir. Bu istasyon yalnızca bazı modellerde kullanılmaktadır.

- 11. istasyon: Bu istasyonda sacın sağ ve sol tarafının ilk bükümleri gerçekleştirilmektedir. İstasyonda büküm işlemi iki aşamada yapılmaktadır. 2. istasyonda açılan merkezleme deliklerine giren merkezleme pistonları sayesinde merkezlenen sacın sağ ve sol tarafı önce 90 derece bükülmektedir. Daha sonra yanlardan daralan istasyon ikinci bir merkezleme işlemi gerçekleştirir. Kalıplar yardımı ile ezme adı verilen işlem ile büküm nihai ölçüsüne getirilmektedir. Bu istasyon ezme işleminin istenmediği modellerde boş geçilmektedir.

- 12. istasyon: 11. istasyonu boş geçen modellerde sacın sağ ve sol tarafının bükülmesi için kullanılmaktadır. Fakat burada büküm işlemi ile birlikte form verme işlemi de yapılmaktadır. Bu istasyon yalnızca 4 modelde kullanılmaktadır. Diğer modellerde form verme operasyonu yoktur. O modellerde kapı düzdür ve istasyon boş geçilmektedir.
- 13. istasyon: 11 ya da 12. istasyonda ilk bükümleri tamamlanan sacların ikinci bükümleri burada yapılmaktadır. Tüm modeller için kullanılmaktadır.
- 14. istasyon: Yalnızca ankastre modellerde ek bir delik açmak için kullanılmaktadır.
- Son kontrol işlemi: 14. istasyonun çıkışında bekleyen operatör kapının görsel bir problemi olup olmadığına bakmakta ve yanındaki arabaya kapıyı istiflemektedir.
- Boyahane: Dış kapı hattı çıkışında istiflenen kapılar bir süre bekledikten sonra modeline göre boyahaneye gönderilmektedir. Burada kapılar o gün üretilecek olan ürünün tanımlı rengine boyanmaktadır. Kapılar daha sonra montaj bandına gönderilmektedir.
- Montaj bandı: Boyahaneden gelen boyalı kapılar üretim sıralamasına göre ilgili istasyonda iç kapıya vidalanarak makineye montajı tamamlanmaktadır.

## 3.2 PROJENİN AMACI VE PROJE EKİBİ

Haftanın 6 günü, 3 vardiya boyunca çalışan dış kapı hattı verimsiz ve kalitesiz çalışmasına bağlı olarak işletme genelinde kalite hatalarına ve duruşlara neden olmaktadır. Bu hattın çıktısı olan toplamda 17 kapı çeşidi vardır. Model dönüşlerinin uzun sürmesi nedeniyle bazı modellerin üretiminin yapılamaması ya da gecikmeli yapılması; işletme genelinde bazı siparişlerin zamanında teslim edilememesine neden olmaktadır. 2010 yılı başında yeni devreye alınacak kapı tiplerinin oluşu ve bu tiplerin devreye alınabilmesi için dış kapı hattının bir süreliğine durdurulmasının gerekmesi nedeniyle kapasite

artışına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca kalite hataları ile birlikte hurda sayılarının olukça fazla oluşu hem hattın kapasiteni düşürmekte hem de hurda maliyetini artırmaktadır. Hattın verimsiz çalışmasının neticesi olarak fazla mesai ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle uzun bir süredir her Pazar 2 vardiya boyunca mesai yapılmaktadır. Bu da operatörlerin yorgun düşmesine ve daha çok hata yapmalarına neden olmaktadır.

Ayrıca hattın neredeyse 7 gün boyunca çalışıyor oluşu bakım için herhangi bir süre ayrılamamasına neden olmaktadır. Bu da arıza duruşlarını kaçınılmaz hale getirmektedir. Bununla birlikte hattın bu denli önemli oluşu nedeniyle hatta normalde bir operatörün çalışması yeterli iken her vardiya iki operatör çalışmaktadır. Bu da verimsizliği artırmaktadır.

Model sayısının çok oluşu nedeniyle vardiya içerisinde birden fazla model dönüşü yaşanmaktadır. Model dönüşünde ayar sürelerinin uzun sürüşü verimsizliği artırmaktadır. Bunun önüne geçebilmek adına ara stokların artırılmasına çalışılmaktadır. Bu da stok maliyetini artırmaktadır. Yeterli bakım yapılamamasının bir diğer sonucu olarak kalıplarda ve istasyonlarda, değişkenliğe neden olan belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Bu da kalite problemlerini beraberinde getirmektedir. Kalitesiz kapıların üretimi hem müşteri memnuniyetini düşürmekte hem de montaj zorluğu gibi sorunlara neden olarak işletme genelinde verimsizliğe neden olmaktadır.

Bu nedenler göz önünde bulundurularak; işletme için kritik olduğu düşünülen dış kapı üretim hattında 6 sigma çalışmalarının başlatılmasına karar verilmiştir.

Uzman kara kuşağın ve üst yönetim temsilcisinin olduğu değerlendirme toplantısında proje hedefleri olarak aşağıdaki kararlar alınmıştır.

- Mevcut durumda % 67 olan genel verimlilik seviyesi, işletmenin diğer üretim hatlarında olduğu gibi %80 seviyelerinin üzerine taşınmalıdır.
- Müşteri memnuniyetsizliğine neden olan;

- Dış kapı-pano aralık hatasına, dış kapı-tekmelik aralık hatasına ve montaj zorluğuna neden olan 588 mm ölçüsü istatistiksel olarak kontrol altına alınmalıdır.
- Dış kapı-iç kapı montaj zorluğuna ve dış kapının kırılmasına neden olan 131 mm ölçüsü istatistiksel olarak kontrol altına alınmalıdır.

- Kapasite artışı sağlayabilmek adına hattın dar boğazı niteliğindeki istasyonların tespit edilmesi ve hızlandırılması ile çevrim süresi 10 sn'nin altına indirilmelidir.

Bu amaçlar doğrultusunda bir proje ekibi kurulmuştur. Tablo 16'da ekip üyeleri yer almaktadır:

Tablo 16: Ekip üyeleri

| | | |
|---|---|---|
| **Sponsor** | Güney Özaltan | Üretim Müdürü |
| **Yönetim Temsilcisi** | Mustafa Soylu | Mekanik Üretim Takım Lideri |
| **Uzman Kara Kuşak** | Neslim Hancılar | Yüksek Makine Müh. |
| **Proje Lideri** | İsmail Kökbıyık | Makine Mühendisi |
| **Proje Ekibi** | Egemen Sinan Doğan | Makine Mühendisi |
| | Erdem Akyıldız | Makine Mühendisi |
| | Seyfi Yumruçalı | Operatör |
| | Hüseyin Halat | Operatör |
| | Murat Öztürk | Operatör |
| | İsmail Keskin | Operatör |
| | Gürkan Yıldız | Operatör |
| | Gökhan Ünaldı | Operatör |
| | Necmettin İzmirli | Bakımcı |
| | Rahmi Erol | Bakımcı |

## 3.3 ÖLÇÜM SİSTEMİ VE MEVCUT DURUM ANALİZLERİ

Belirlenen hedeflere ulaşabilmek adına dış kapı üretim hattının mevcut durumunun tespit edilebilmesi için veri toplamaya başlanmıştır. Bu amaçla operatörlere duruş nedenlerini ve sürelerini kolaylıkla kayıt altına

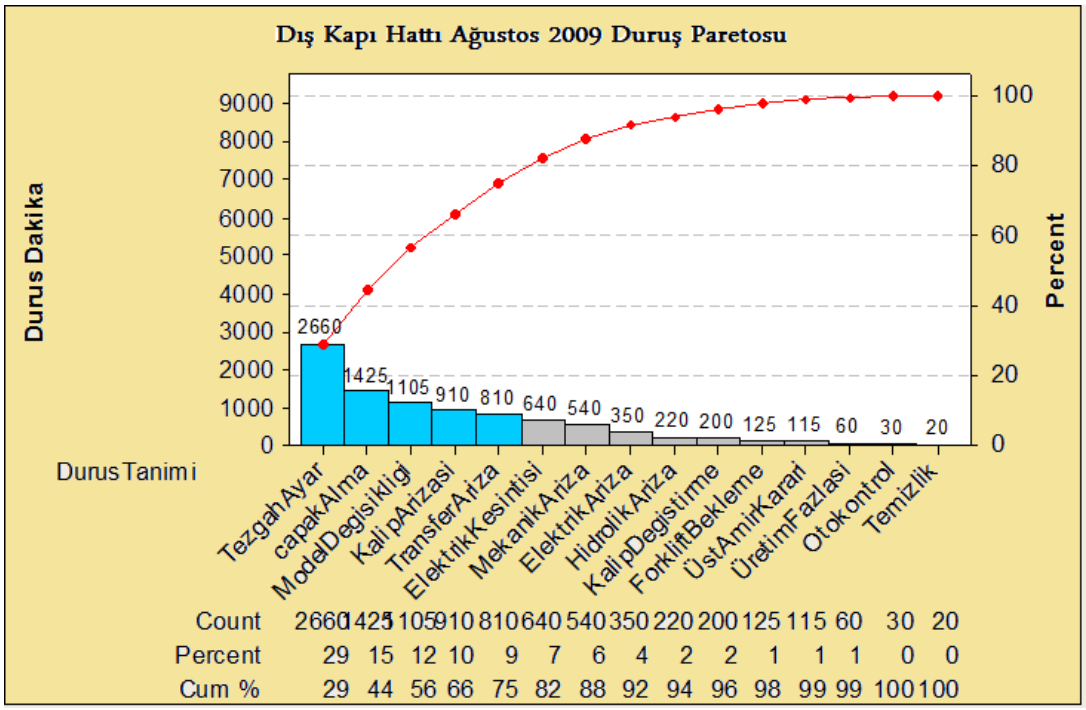
alabilecekleri bir form hazırlanmıştır. Tablo 17'de kısa bir örneği görülen bu formda her duruşa karşılık gelecek bir kod atanmıştır. Operatör duruşun gerekçesini uzun uzun yazmak yerine yalnızca duruş kodunu yazarak kayıt işlemini tamamlayabilmektedir.

Tablo 17: Vardiya Duruş Formu Örneği

| Tarih | Vardiya | Sicil | Duruş Kodu | Duruş Süresi |
|---|---|---|---|---|
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 16 | 10 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 12 | 30 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 14 | 15 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 16 | 15 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 18 | 10 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 12 | 20 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 16 | 10 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 16 | 10 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 12 | 30 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 12 | 15 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 12 | 15 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 14 | 10 |
| 21.08.2009 | 24-08 | 694 | 8 | 15 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 2 | 15 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 16 | 45 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 11 | 10 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 12 | 15 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 12 | 10 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 16 | 10 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 11 | 15 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 24 | 35 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 12 | 10 |
| 21.08.2009 | 08-16 | 138 | 16 | 25 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 14 | 15 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 12 | 10 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 8 | 10 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 8 | 15 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 12 | 10 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 16 | 10 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 16 | 10 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 24 | 15 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 8 | 25 |
| 21.08.2009 | 16-24 | 368 | 8 | 30 |

Bu tabloda operatörün tarih, vardiya, sicil no, duruş kodu ve duruş süresi bilgilerini girmesi sağlanarak, veri toplamaya yardımcı olması sağlanmıştır. Bu yöntemle 1 ay boyunca toplanan veriler, pareto analizi ile incelenmiştir. Grafik 5'te Minitab programında hazırlanan ilgili pareto analizinin sonucu yer almaktadır.




Grafik 5: Dış Kapı Hattı Ağustos 2009 Duruş Paretosu

Pareto analizi incelenerek Ağustos 2009'da dış kapı üretim hattında duruşların %29'unun tezgah ayarından kaynaklandığı görülmüştür. Daha sonra sırasıyla çapak alma, model değişikliği ve kalıp arızası gibi duruş nedenleri ön plana çıkmaktadır. Buradan hareketle belirlenen ilk beş duruş nedeni üzerinde detaylı inceleme yapılmasına karar verilmiştir. Bu sayede

duruşların %75'i gibi yüksek bir oranına müdahale etme imkanı elde edilecektir.

588 mm ve 131 mm'nin mevcut durum analizinin yapılabilmesi için öncelikle ölçüm sistem analizi yapılması gerekmektedir. Bu amaçla üç ölçümcüye süreci temsil eden 6 farklı parça 4'er kez ölçülmüştür. Bu işlem hem 588 mm ölçüsü hem de 131 mm ölçüsü için tekrarlanmıştır. Çalışma öncesinde 588 mm ölçüsünün hep aynı noktadan ölçülebilmesi için bir fikstür hazırlanmıştır. Fikstüre dayanan dış kapı, fikstürün belirlediği noktadan itibaren ölçülmektedir. Yine çalışma öncesi süreci temsil eden numune parçalar ölçüm yeterliliği olduğu bilinen tecrübeli bir operatör tarafından kalibrasyonlu bir kumpas yardımı ile ölçülmüştür. Buna göre parçaların referans değerleri tablo 18'de gösterildiği gibidir.

Tablo 18: Ölçüm sistemi analizi – referans tablosu

| Parça no | Referans |
|---|---|
| 1 | 588,8 |
| 2 | 587,3 |
| 3 | 587,1 |
| 4 | 588,3 |
| 5 | 588,9 |
| 6 | 587,8 |

Tablo 19'da 588 mm ölçüsünün ölçüm sistemi analizi için alınan ölçümleri yer almaktadır.

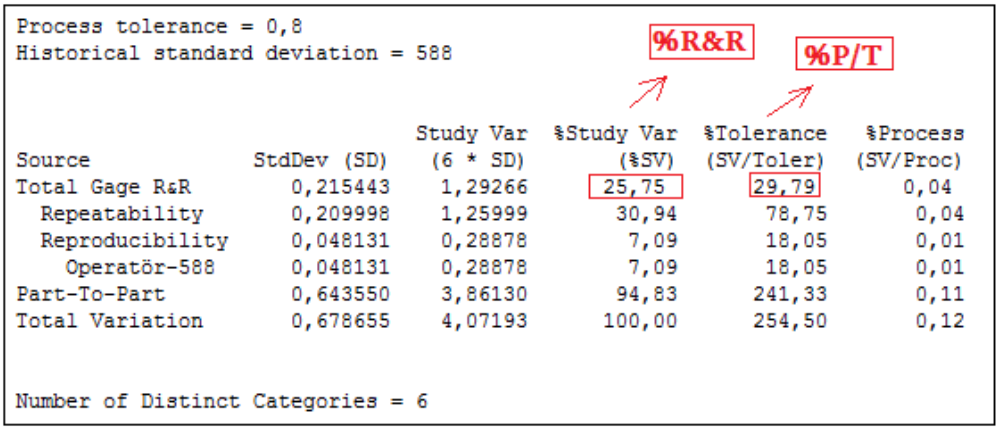
Tablo 19: Ölçüm sistemi analizi

| Parça No | Operatör | Ölçüm | Parça No | Operatör | Ölçüm | Parça No | Operatör | Ölçüm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,9 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 586,9 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,7 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,8 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,7 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,9 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 586,8 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,9 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 586,9 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,8 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,8 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 586,9 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,4 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,4 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,2 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,3 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 588,4 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 587,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,2 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,3 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,2 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,3 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,2 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,3 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 588,3 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 587,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,4 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,4 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,3 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,3 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 588,4 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 587,9 |

Çalışma sonrası veriler Minitab'a aktarılmıştır. Minitab'ta yapılan Gage R&R çalışması sonrası Şekil 27'deki rapor sayfası elde edilmiştir. Rapor incelendiğinde %R&R değerinin 25,75 olduğu görülmektedir. Bu değer %30'un altında olduğu için sistemin süreç değişkenliğini görebilmek için yeterli olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca %P/T değerinin de %30'un altında olması sistemin süreç toleransına göre iyi bir ölçüm sistemi olduğunu

göstermektedir. Sonuç olarak; ölçüm sisteminin 588 mm için yeterliliği olduğu kararı alınmıştır.



Process tolerance = 0,8
Historical standard deviation = 588

%R&R %P/T

| Source | StdDev (SD) | Study Var (6 * SD) | %Study Var (%SV) | %Tolerance (SV/Toler) | %Process (SV/Proc) |
|---|---|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0,215443 | 1,29266 | 25,75 | 29,79 | 0,04 |
| Repeatability | 0,209998 | 1,25999 | 30,94 | 78,75 | 0,04 |
| Reproducibility | 0,048131 | 0,28878 | 7,09 | 18,05 | 0,01 |
| Operatör-588 | 0,048131 | 0,28878 | 7,09 | 18,05 | 0,01 |
| Part-To-Part | 0,643550 | 3,86130 | 94,83 | 241,33 | 0,11 |
| Total Variation | 0,678655 | 4,07193 | 100,00 | 254,50 | 0,12 |

Number of Distinct Categories = 6

Şekil 27: Ölçüm sistemi analizi - 588 mm ölçüsü

Aynı çalışma 131 mm ölçüsü için tekrarlanmıştır. 588 mm de olduğu gibi ölçüm yeterliliği olduğu kabul edilen referans bir ölçüm operatörünün ölçmüş olduğu 6 parça 3 ölçümcü tarafından 4'er kez ölçülmüştür. Bu parçalar süreci temsil edecek şekilde seçilmiştir. Tablo 20'de referans değerler görülebilmektedir.

Tablo 20: Ölçüm sistemi analizi – 131 mm ölçüsü referans tablosu

| Parça no | Referans |
|---|---|
| 1 | 131,4 |
| 2 | 131,5 |
| 3 | 131,1 |
| 4 | 130,6 |
| 5 | 130,3 |
| 6 | 130,8 |

Tablo 21'de 131 mm ölçüsünün ölçüm sistemi analizi için alınan ölçümleri yer almaktadır.

Tablo 21: Ölçüm sistemi analizi - 131 mm ölçüsü

| Parça No | Operatör | Ölçüm | Parça No | Operatör | Ölçüm | Parça No | Operatör | Ölçüm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,5 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,2 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,4 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,5 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,1 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,3 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,3 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,0 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,3 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,5 | 3 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,1 | 5 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,3 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,3 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,0 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,2 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,3 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,9 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,2 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,3 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,0 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,2 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,4 | 3 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,0 | 5 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,3 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,5 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,1 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,4 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,5 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,1 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,3 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,5 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,2 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,4 |
| 1 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,5 | 3 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,1 | 5 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,4 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,6 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,7 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,6 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,7 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,4 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,6 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 1 | 131,6 | 4 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,7 | 6 | Ölçüm Operatörü 1 | 130,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,4 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,5 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,7 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,4 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,5 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,7 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,4 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,5 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,7 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 2 | 131,5 | 4 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,6 | 6 | Ölçüm Operatörü 2 | 130,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,6 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,7 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,6 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,7 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,9 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,6 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,7 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,8 |
| 2 | Ölçüm Operatörü 3 | 131,6 | 4 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,7 | 6 | Ölçüm Operatörü 3 | 130,9 |

Ölçümler tamamlandıktan sonra veriler Minitab'a aktarılmıştır. Şekil 28'de Minitab'da yapılan Gage R&R çalışması sonrası elde edilen rapor sayfası yer almaktadır. Rapor incelendiğinde Hem %R&R değeri hem de %P/T değeri %30'un altındadır. Buna göre sistem gerçek süreç değişkenliğini görebilmek için yeterli bir ölçüm sistemidir. %P%T değeri de %30'dan büyük olmadığı için süreç toleransına oranla iyi bir ölçüm sistemi kullanıldığı söylenebilmektedir. Sonuç olarak; ölçüm sisteminin 131 mm için de yeterli olduğu kararı alınmıştır.

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0,003228 | 1,45 |
| Repeatability | 0,002201 | 0,99 |
| Reproducibility | 0,001027 | 0,46 |
| Operatör_1 | 0,001027 | 0,46 |
| Part-To-Part | 0,219894 | 98,55 |
| Total Variation | 0,223122 | 100,00 |

Process tolerance = 0,6
Historical standard deviation = 131

% R&R

%P/T

| Source | StdDev (SD) | Study Var (6 * SD) | %Study Var (%SV) | %Tolerance (SV/Toler) | %Process (SV/Proc) |
|---|---|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0,056812 | 0,34087 | 12,03 | 28,61 | 0,04 |
| Repeatability | 0,046911 | 0,28147 | 9,93 | 35,18 | 0,04 |
| Reproducibility | 0,032046 | 0,19228 | 6,78 | 24,03 | 0,02 |
| Operatör_1 | 0,032046 | 0,19228 | 6,78 | 24,03 | 0,02 |
| Part-To-Part | 0,468929 | 2,81357 | 99,27 | 351,70 | 0,36 |
| Total Variation | 0,472358 | 2,83415 | 100,00 | 354,27 | 0,36 |

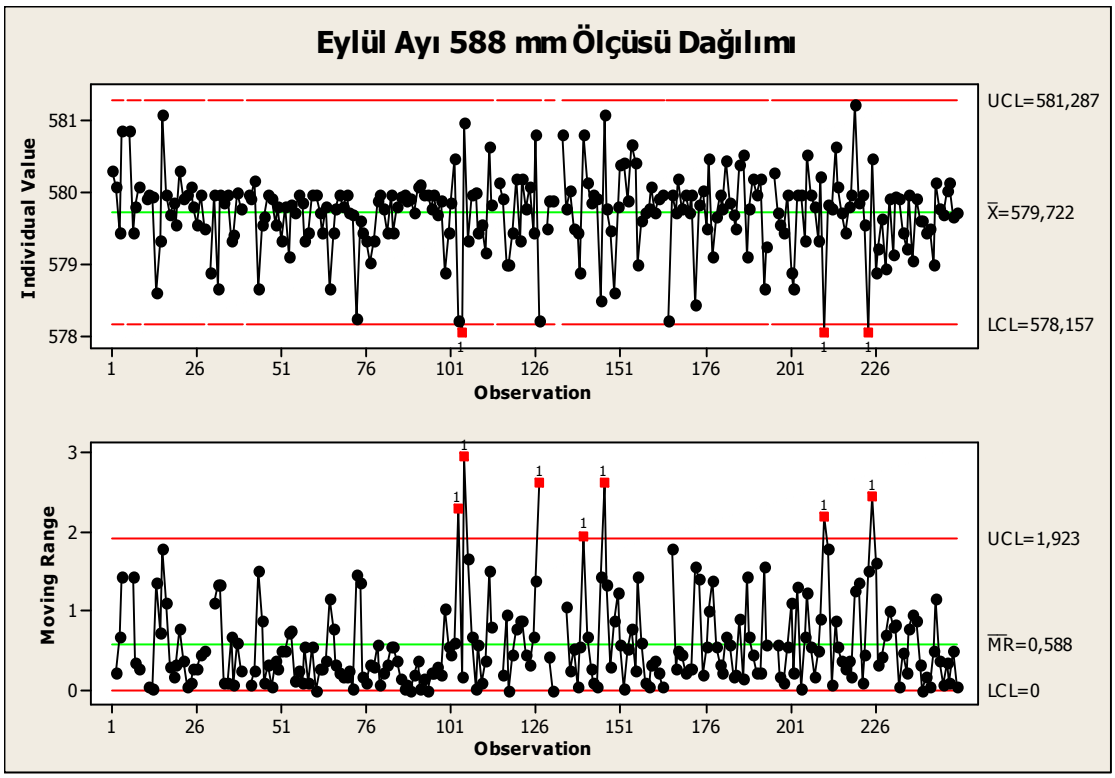
Şekil 28: Ölçüm sistemi analizi - 131 mm ölçüsü

Ölçüm sistemi analizi sonrası 588 mm ve 131 mm ölçüsü için süreçten alınan veriler incelenmiştir. Bu sayede mevcut durumun ortaya konması amaçlanmıştır. Bu çalışmada ölçüm elemanının iki saatte bir hattın başına gelerek üretilen kapılardan bir tanesinin alt ve üst tarafından 588 mm ölçüsünü ölçmesi istenmiştir. Ölçüm elemanından ölçüm değerlerini Tablo 22'de bir örneği görülen forma işlemesi istenmiştir.

Tablo 22: Mevcut durum analizi - 588 mm ölçüsü

| Tarih | Vardiya | Ölçüm elemanının sicil nosu | 588 mm ölçüsü üst | 588 mm ölçüsü alt |
|---|---|---|---|---|
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 588,3 | 587,5 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 588,1 | 587,8 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,4 | 587,3 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 588,9 | 587,8 |
| 10.08.2009 | 08-16 | 264 | 588,0 | 586,7 |
| 10.08.2009 | 08-16 | 264 | 587,7 | 587,4 |
| 10.08.2009 | 08-16 | 264 | 587,9 | 587,8 |
| 10.08.2009 | 08-16 | 264 | 587,5 | 588,0 |
| 10.08.2009 | 16-24 | 211 | 588,0 | 587,8 |
| 10.08.2009 | 16-24 | 211 | 587,9 | 587,4 |
| 10.08.2009 | 16-24 | 211 | 587,8 | 588,0 |
| 10.08.2009 | 16-24 | 211 | 587,3 | 588,5 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 589,9 | 587,1 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 588,9 | 587,8 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,4 | 587,7 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,8 | 587,5 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 588,1 | 587,9 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,3 | 587,3 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,9 | 587,4 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,8 | 587,9 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 588,0 | 588,0 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,1 | 587,7 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 587,3 | 587,4 |
| 10.08.2009 | 24-08 | 192 | 589,1 | 587,8 |

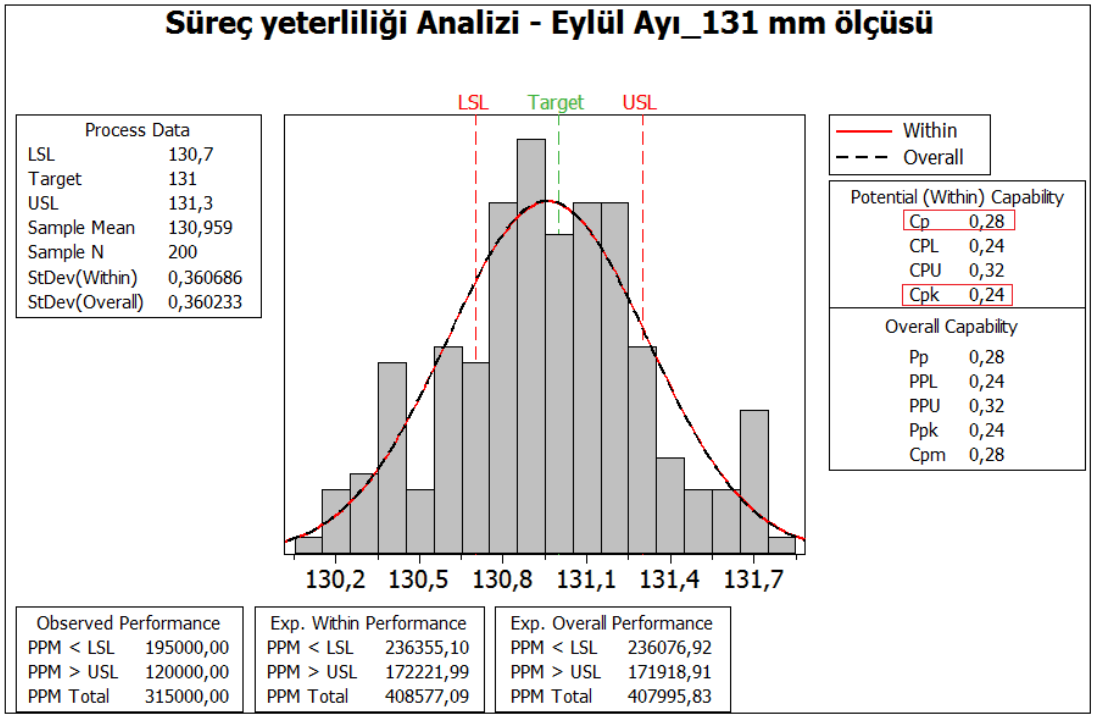
Ölçüm operatöründen tarih, vardiya, sicil gibi bilgileri de girmesi istenmiştir. Bu bilgiler detaylı incelemelerde kullanılmıştır. Bu yöntemle bir ay boyunca alınan ölçümler sonucunda hattın kontrol grafiği ortaya konmuştur. Grafik 6'da Eylül ayının ilk üç haftasına ait kontrol grafiği yer almaktadır.




Grafik 6: 588 mm ölçüsü kontrol grafiği – mevcut durum

Kontrol grafiği incelendiğinde sürecin limitler dışında seyrettiği görülmektedir. Süreci kontrol dışına çıkmasına hem özel nedenleri hem de genel nedenlerin yol açtığı söylenebilmektedir. Bu nedenle öncelikle özel nedenlerin saptanması, daha sonrasında süreç değişkenliklerinin tespitine çalışılacaktır.

Aynı şekilde 131 mm ölçüsü için de Tablo 22'dekine benzer bir form hazırlanmıştır. Ölçüm operatöründen her iki saatte bir 131 ölçüsünün ölçmesi ve forma işlemesi istenmiştir. Şekil 28'de 131 mm ölçüsünün Eylül ayına ait süreç yeterliliği analizi yer almaktadır. Görüldüğü gibi sürecin $C_p$ değeri 0,28 iken $C_{pk}$ değeri 0,24'tür. Her iki değer de kabul sınırı olan 1,33'ün altındadır. Bu nedenle sürecin yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir.




Şekil 28: Yeterlilik analizi - 131 mm ölçüsü

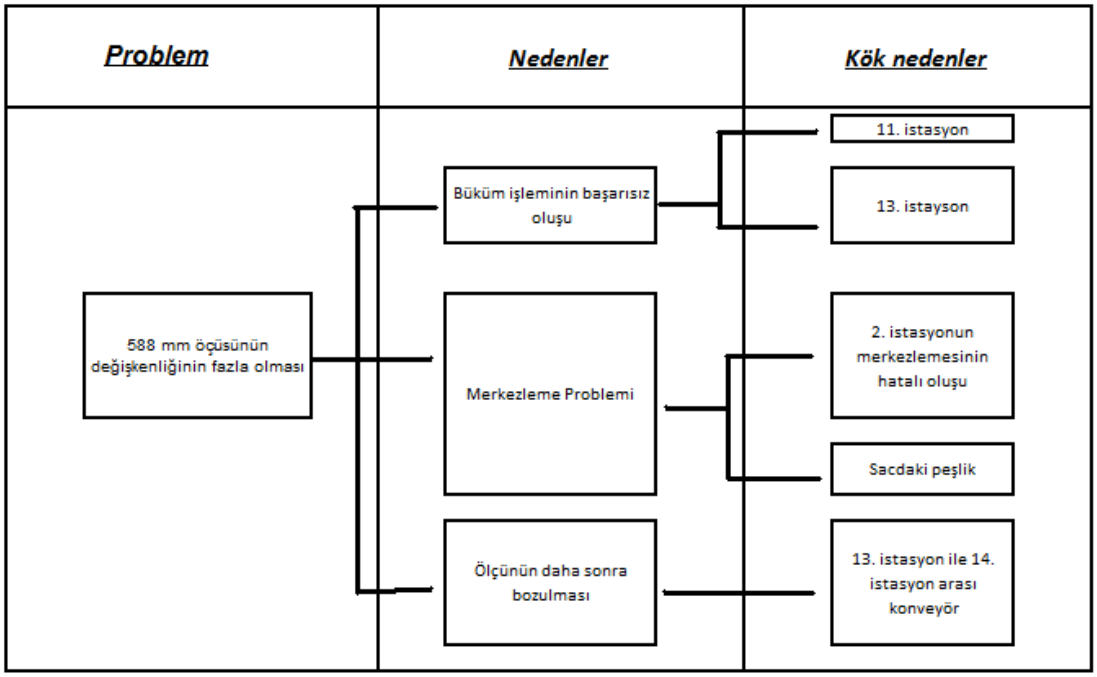
Çalışmada üzerinde durulan bir diğer nokta da çevrim süresi olmuştur. Bant tipi bir üretim yapılan dış kapı hattı her istasyonda yapılan işlemlere ayrılan süre ile istasyonlar arasında geçen taşıma süreleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışma sonrasında belirlenen mevcut durumdaki çevrim süreleri tablo 23'te görülebilmektedir. Buna göre hattın çevrim süresinin 11. istasyon belirlemektedir. Bir başka ifade ile; hattın dar boğazı 11. istasyondur ve toplam çevrim süresi 12,3 sn'dir.

Tablo 23: Çevrim süresi tablosu

| 1. istasyon | | 2. istasyon | | 3. istasyon | | 4. istasyon | | 5. istasyon | | 6. istasyon | | 7. istasyon | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma |
| 2,8 | 3,3 | 4,7 | 3,1 | 5,7 | 2,7 | 6,1 | 3,2 | 4,1 | 3,3 | 6,3 | 3,4 | 4,1 | 2,9 |
| 6,1 | | 7,8 | | 8,4 | | 9,3 | | 7,4 | | 9,7 | | 7 | |
| 8. istasyon | | 9. istasyon | | 10. istasyon | | 11. istasyon | | 12. istasyon | | 13. istasyon | | 14. istasyon | |
| İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma |
| 6,8 | 3,2 | 5,4 | 4,1 | 3,2 | 2,8 | 8,9 | 3,4 | 7,1 | 2,8 | 2,7 | 3,2 | 0 | 3,1 |
| 10 | | 9,5 | | 6 | | 12,3 | | 9,9 | | 5,9 | | 3,1 | |

## 3.4 ANALİZ VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

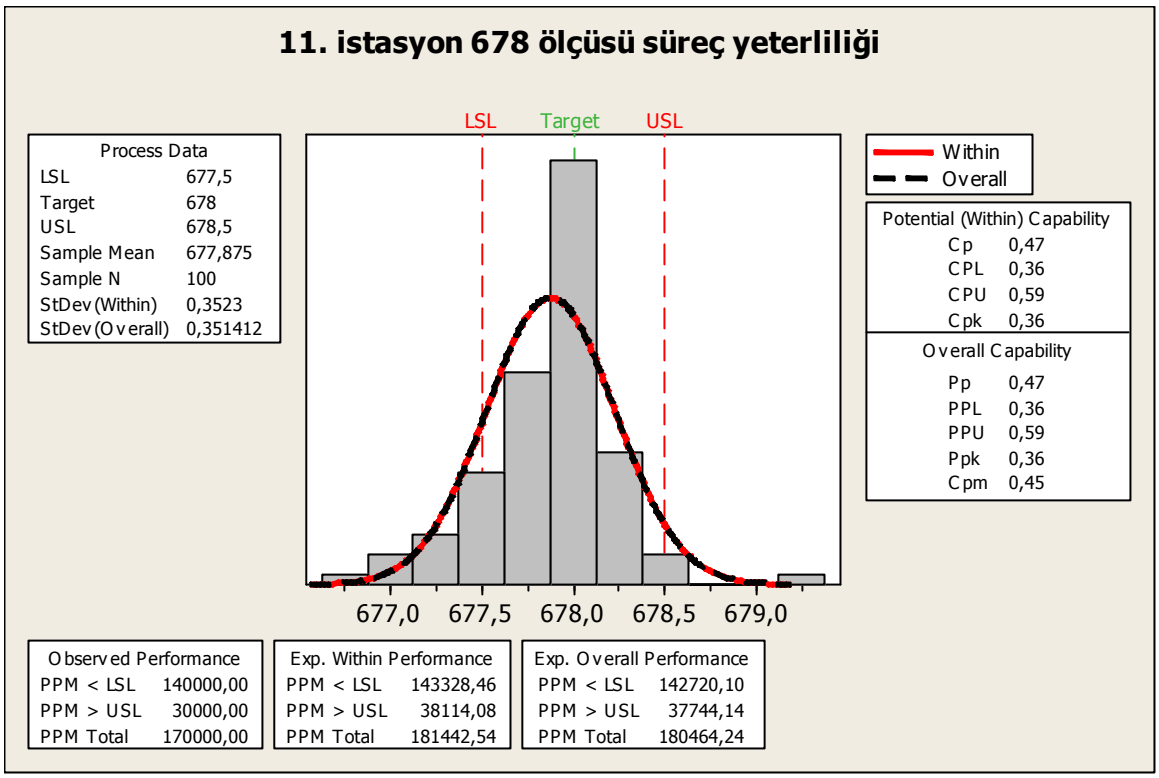
Analiz çalışmalarına ilk olarak 588 mm ölçüsünde belirleyici olan istasyonları görebilmek için ağaç diyagramı hazırlayarak başlanmıştır. Şekil 29'da ilgili ağaç diyagramı görülmektedir.




Şekil 29: Ağaç diyagramı - 588 mm ölçüsü

a) 11. istasyonun yeterlilik analizi

Şekil 29'daki şemaya göre 588 mm ölçüsü üzerinde 11. İstasyonun etkili olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla 11. İstasyonun yeterlilik analizi incelenmiştir. 11. istasyonun süreç yeterliliği analizi için 100 adet plaka sac CNC'de işlenmiş ve üzerlerine merkezleme delikleri açılmıştır. Böylece önceki istasyonlardan gelen değişkenlikler ortadan kaldırılmıştır. 11. istasyonun yeterliliğinin ölçümü için ilk büküm sonrasındaki ölçü olan 678 mm ölçüsü referans alınmıştır. Büküm sonrası her plakanın ortasından 678 mm ölçüsü ölçülmüştür.




Şekil 30: Yeterlilik analizi - 678 mm ölçüsü

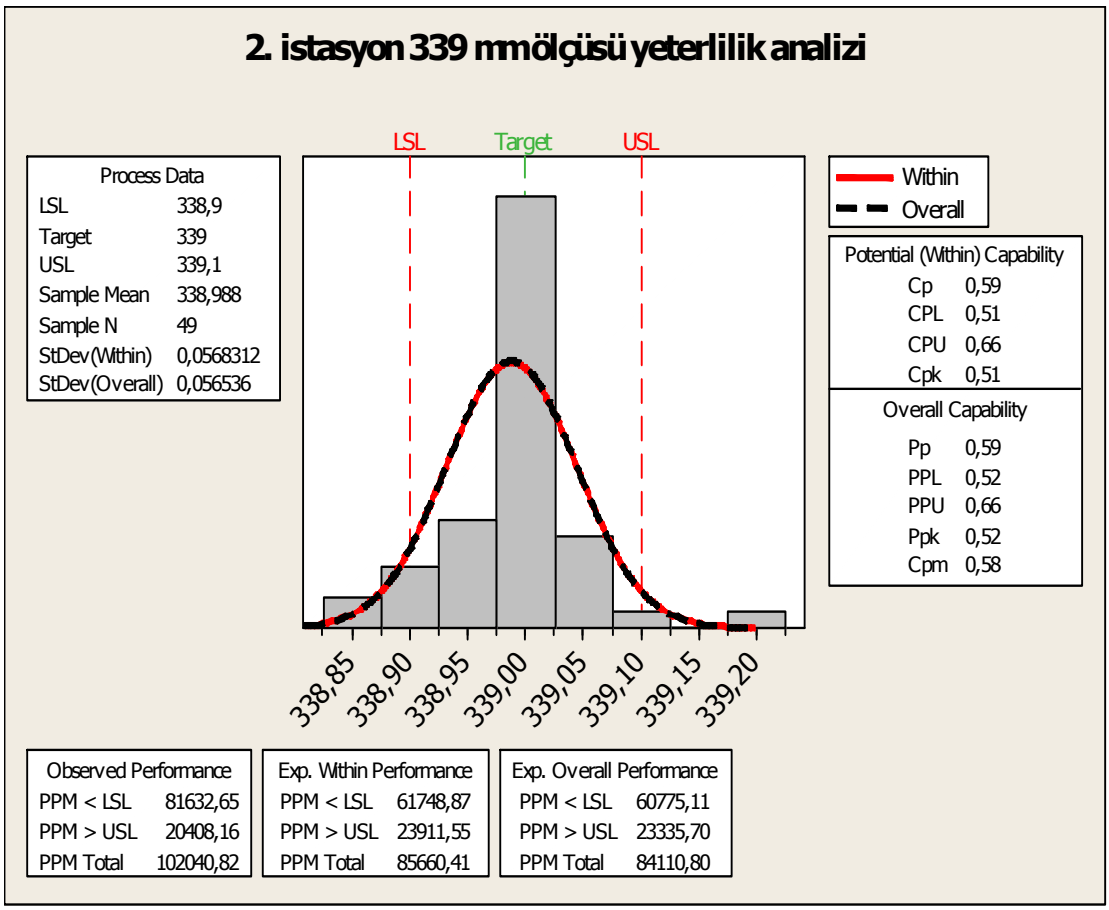
Şekil 30'daki grafikten de görülebileceği gibi $C_p$ değeri 0,47 ve $C_{pk}$ değeri 0,35'tir. Yeterli bir süreçte bu değerlerin 1,33'ten büyük olması gerekmektedir. Bu da 11. İstasyonun süreç yeterliliği olmadığına işaret etmektedir. İncelemeler sonrasında bunun birçok sebebi olduğu gözlemlenmiştir:

- Büküm çakılarının paralelsizliği
- Büküm pistonlarında yağ kaçağı
- Büküm çakılarındaki form bozuklukları
- Bükümler arasındaki merkezleme pistonlarının paralelsizliği
- Bükümler arasındaki merkezleme işlemi sırasında sacın kayması

b) İkinci istasyonda merkezleme sistemindeki problem

Daha sonra Şekil 29'da yer alan ağaç diyagramında işaret edilen 588 mm ölçüsü üzerinde etkili olduğu düşünülen bir diğer faktör olan 2. İstasyon

üzerinde yoğunlaşılmıştır. 2. istasyonda sonraki istasyonların birçoğunda kullanılacak olan merkezleme delikleri açılmaktadır. Bu deliklerin hatalı olması durumunda diğer istasyonlarda da merkezleme hatasının ortaya çıkması kaçınılmazdır. Bu nedenle hattın yeterlilik analizine 2. istasyon ile devam etmek gerekmektedir. Bu amaçla; plaka sacın kenarından merkezleme deliğinin merkezine olan 339 mm ölçüsünün yeterlilik analizi gerçekleştirilmiştir. Kontrollü bir çalışma yapılabilmesi için lazer kesim ile hazırlanan ve ölçülerinden emin olunan 50 adet plaka sac temin edilmiştir. Bu saclar birinci istasyondan ikinci istasyona transfer robotu ile taşınmıştır. 2. istasyon çıkışında toplanan parçaların 339 mm ölçüsü ölçülerek kaydedilmiştir. Şekil 31'deki grafikte bu ölçüye dair yeterlilik analizinin sonuçları görülmektedir.

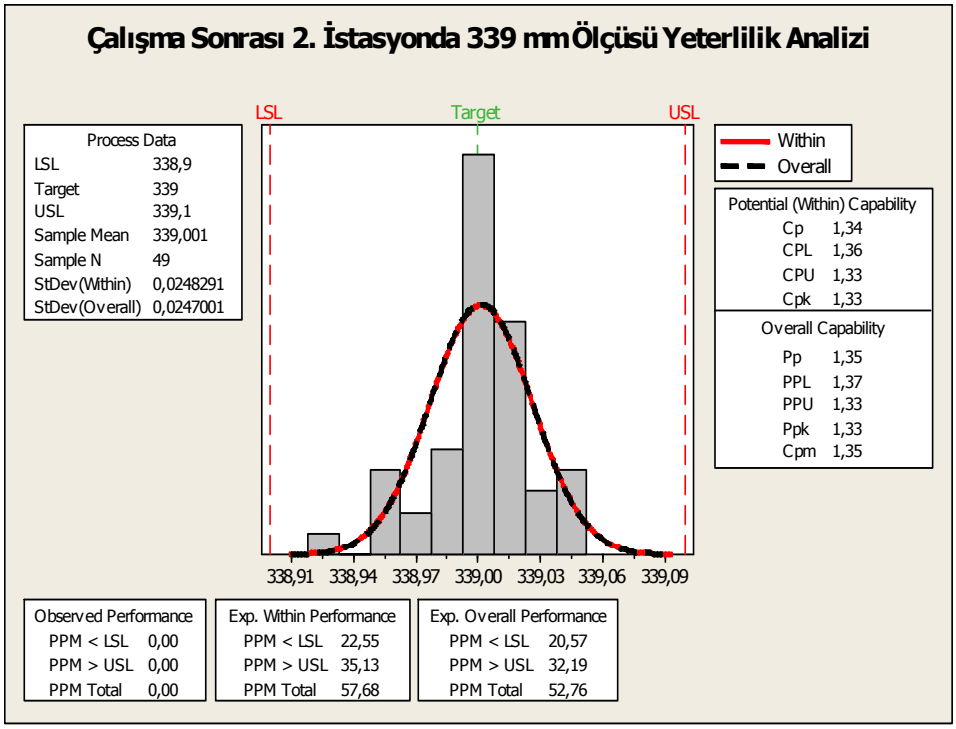



Şekil 31: Yeterlilik analizi - 339 mm ölçüsü

Görüldüğü gibi hesaplanan $C_p$ değeri 0,59 iken $C_{pk}$ ölçüsü 0,51'dir. Her iki değer de kabul sınırı olan 1,33 değerinin altında olduğu için sürecin yetersiz olduğu yorumu yapılabilmektedir. Yani 2. istasyonun bu haliyle hatta hatalı merkezleme yapmak kaçınılmazdır.

İstasyon detaylı incelendiğinde 1. istasyondan transfer robotu ile gelen sacın, istasyonun bir kenarında yer alan sensorun sacı görmesi ile merkezlendiği görülmüştür. Bu sistemdeki hata sacın yalnızca bir kenardan ve yeterince hassas olmayan bir sensor ile merkezlenmesidir. Sacın yamuk gelmesi ya da sensorun erken görmesi durumunda merkezleme hatalı yapılmaktadır. Bu da sonraki istasyonlarda kullanılacak olan merkezleme deliklerinin hatalı açılmasına yol açmaktadır.

Bu nedenle sistemde değişikliğe gidilmiştir. 2 adet hassas mekanik sensör çelik bir plakanın içine yerleştirilmiştir. Bu plaka istasyonun tam ortasına konumlandırılmıştır. İstasyona bir sac geldiğinde sac bu plaka ile düzeltilmektedir. İstasyonun merkezlemesi ancak ve ancak plaka üzerindeki iki mekanik sensörün sac ile temas etmesi sonrasında tamamlanmaktadır. Bu sayede istasyonun kendi içindeki merkezlemesi kontrol altına alınmıştır. Çalışma sonrası 339 mm ölçüsünün yeterlilik analizi tekrarlanmıştır. Şekil 32'de analize ait grafik yer almaktadır.



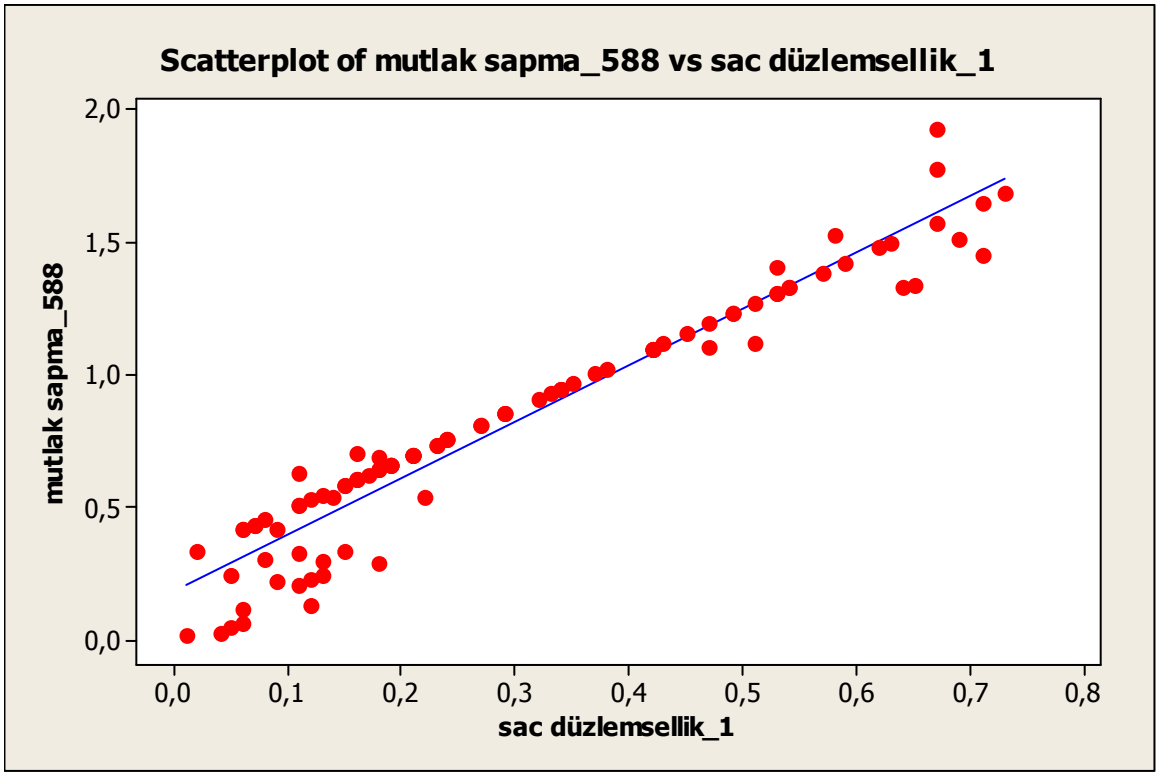

Şekil 32: Çalışma sonrası yeterlilik analizi - 339 mm ölçüsü

Şekil 32'de görüldüğü gibi çalışma sonrası $C_p$ değeri 1,34 ve $C_{pk}$ değeri 1,33 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sistemin 339 mm ölçüsü konusunda yeterli olduğunu göstermektedir. Böylece diğer istasyonlar için kritik bir öneme sahip olan merkezleme deliklerinin uygun bir şekilde açılması güvence altına alınmıştır.

c) Peşlik Problemi

Merkezleme deliklerinin hatalı açılmasında etkili olduğu düşünülen bir başka başlık; sacın düzlemselliğindeki problemdir. Bu problem sanayide peşlik olarak adlandırılmaktadır. Peşlik rulo sacın kesimi sonrası elde edilen plaka sacdaki içe ya da dışa doğru büküme verilen addır. Sacdaki peşlik 2. istasyonda doğru merkezlemenin sağlanamamasına ve merkezleme deliklerinin hatalı açılmasına neden olmaktadır. Peşlik değerleri önceden ölçülmüş plaka saclardan üretilen 98 kapının orta noktasından 588 mm ölçüsü ölçülmüştür. Şekil 33'teki grafikte kapıların 588 mm ölçüsünden sapma miktarları ile sac düzlemselliği arasında ilişki olup olmadığı

incelenmiştir. Görüldüğü üzere sac düzlemselliği 0,2 mm'in altında iken sapma miktarı ile bir ilişki bulunmamaktadır. 0,2 mm sonrasında ise düzlemsellikteki sapma miktarının artışı ile 588 mm ölçüsünden sapma miktarı artmaktadır.




Şekil 33: Serpme diyagramı: Sac düzlemselliği – 588 mm ölçüsü

Düzlemselliğin önemi anlaşıldıktan sonra düzlemselliği bozan kök neden araştırılmıştır. İlk olarak marka etkisi üzerinde durulmuştur.

**One-way ANOVA: sac düzlemsellik_1 versus Marka**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Marka | 1 | 1,7485 | 1,7485 | 74,94 | 0,000 |
| Error | 96 | 2,2399 | 0,0233 | | |
| Total | 97 | 3,9883 | | | |

S = 0,1527  R-Sq = 43,84%  R-Sq(adj) = 43,25%

| Level | N | Mean | StDev |
|---|---|---|---|
| A | 49 | 0,1645 | 0,1069 |
| B | 49 | 0,4316 | 0,1877 |

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

```
--------+---------+---------+---------+-
(---*----)
                              (---*---)
--------+---------+---------+---------+-
      0,20      0,30      0,40      0,50
```

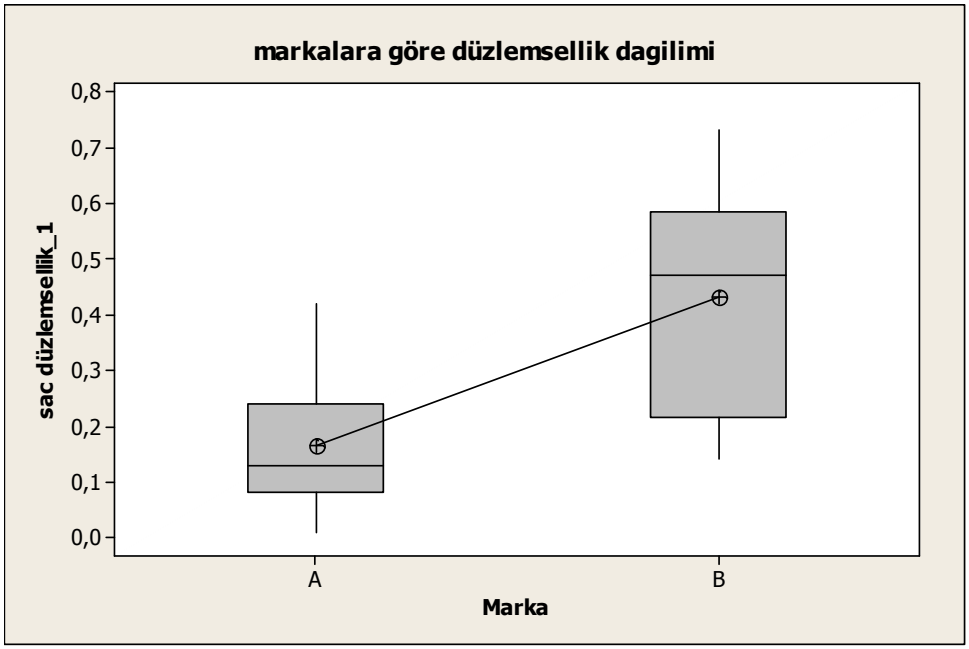
Pooled StDev = 0,1527

**Individual Value Plot of sac düzlemsellik_1 vs Marka**

**Boxplot of sac düzlemsellik_1**

**Residual Plots for sac düzlemsellik_1**

Şekil 34: Anova analizi:  Sac düzlemselliği – Marka karşılaştırması




Şekil 35: Kutu Grafiği:  Sac düzlemselliği – Marka karşılaştırması

Şekil 34'deki Anova analizinden görüleceği gibi; A ve B firmaları arasında düzlemsellik açısından açık bir fark mevcuttur. B firmasının peşliği oldukça yüksekken A firması sınırlar içerisinde seyretmektedir. İncelemenin bir sonraki aşamasında B firmasındaki bu sorunun kök nedeni araştırılmıştır. Araştırma sonrasında A firmasında sac profillerden hazırlanmış paletler kullanılırken, B firmasında tahta paletler kullanıldığı görülmüştür. Tahta paletlerin dengesiz olduğu ve sacların üst üste binmesi ile en alttaki sacların düzlemselliğini kaybettiği görülmüştür. Firmaya konu bildirilmiş ve metal palet kullanılması konusunda anlaşılmıştır.

d) 13. istasyondaki paralelsizlik problemi

Şekil 29'daki ağaç diyagramından hareketle 588 mm ölçüsü üzerinde etkili olduğu düşülen 13. istasyon ve 14. İstasyon üzerine odaklanılmıştır.İlk olarak 13. istasyon incelenmiştir.

Hata üzerinde inceleme yapılırken ilk olarak kapının alt eteği ile üst eteği arasında bir fark olup olmadığı analiz edilmiştir. Bunun için diğer değişkenlik kaynaklarının etkisini ortadan kaldırabilmek adına; merkezleme delikleri CNC'de açılan 100 plaka sacdan 100 adet kapı üretilmiştir. Üretilen bu kapıların alt üst eteği kumpas ile ölçülerek kaydedilmiştir. İnceleme sonrasında Şekil 36'daki Anova analizi gerçekleştirilmiştir.

**One-way ANOVA: 13 çıktısı 588 üst; 13 çıktısı 588 alt**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Factor | 1 | 2,055 | 2,055 | 6,26 | 0,013 |
| Error | 198 | 64,996 | 0,328 | | |
| Total | 199 | 67,050 | | | |

S = 0,5729  R-Sq = 3,06%  R-Sq(adj) = 2,57%

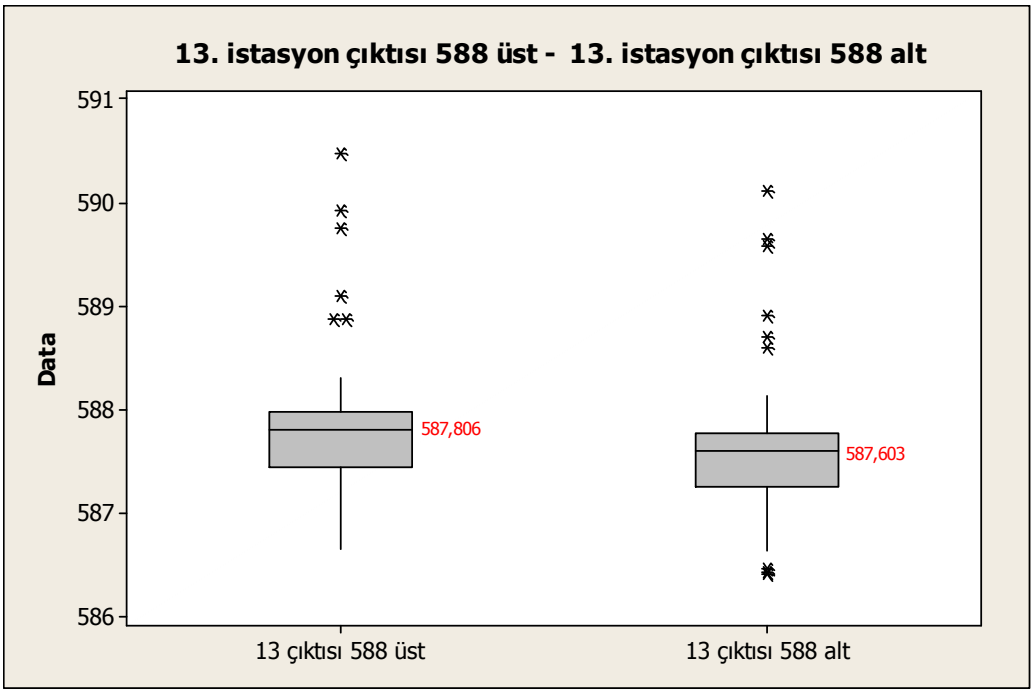
| Level | N | Mean | StDev |
|---|---|---|---|
| 13 çıktısı 588 üst | 100 | 587,806 | 0,576 |
| 13 çıktısı 588 alt | 100 | 587,603 | 0,570 |

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

```
Level                --+---------+---------+---------+-------
13 çıktısı 588 üst                    (---------*---------)
13 çıktısı 588 alt    (---------*---------)
                     --+---------+---------+---------+-------
                    587,52    587,64    587,76    587,88
```

Pooled StDev = 0,573

Şekil 36: Anova analizi: 13. İstasyon öncesi – sonrası 588 mm ölçüsü karşılaştırması




Şekil 37: Kutu Grafiği: 13. İstasyon öncesi – sonrası 588 mm ölçüsü karşılaştırması

Anova sonuçlarından ve Şekil 37'deki kutu grafiğinden de görülebildiği gibi iki dağılım arasında fark bulunmaktadır. Anova hesaplaması sonrasında elde edilen p değeri 0,013 olup 0,05'ten küçüktür. Bu da iki dağılım arasında fark olduğunu göstermektedir. Grafikten de görüldüğü üzere iki dağılım orta değerleri arasında 0,2 mm kadar fark bulunmaktadır. Ölçülen dış kapıların üst eteği alt eteğine göre 0,2 mm kadar daha uzundur. Bu da 13. İstasyonda yer alan büküm çakılarının paralelliğinde problem olduğuna işaret etmektedir. Hatanın önüne geçebilmek için hazırlanan mastar ile çakıların paralelliği sağlanmıştır.

e) 13. istasyon ile 14. İstasyon arasındaki işlemlerin incelenmesi

Tüm incelemelerde dış kapı hattının son istasyonu olan 14. istasyondan çıkan kapıların 13. İstasyondan çıkan kapılar ile aynı ölçülere sahip olduğu kabul edilmekteydi. Bu kabulün gerçeği yansıtıp yansıtmadığının anlaşılabilmesi için 100 adet kapı 13. istasyon ve 14. istasyon çıkışında orta noktasından ölçülmüştür. Ölçüm sonrası yapılan Anova analizi sonrasında Şekil 38'deki rapor sayfası ve Şekil 33'teki kutu grafiği elde edilmiştir.

**One-way ANOVA: 14 çıktısı 588 ölçüsü; 13 çıktısı 588 ölçüsü**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Factor | 1 | 0,590 | 0,590 | 1,76 | 0,186 |
| Error | 198 | 66,235 | 0,335 | | |
| Total | 199 | 66,826 | | | |

S = 0,5784 R-Sq = 0,88% R-Sq(adj) = 0,38%

| Level | N | Mean | StDev |
|---|---|---|---|
| 14 çıktısı 588 ölçüsü | 100 | 587,697 | 0,581 |
| 13 çıktısı 588 ölçüsü | 100 | 587,806 | 0,576 |

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

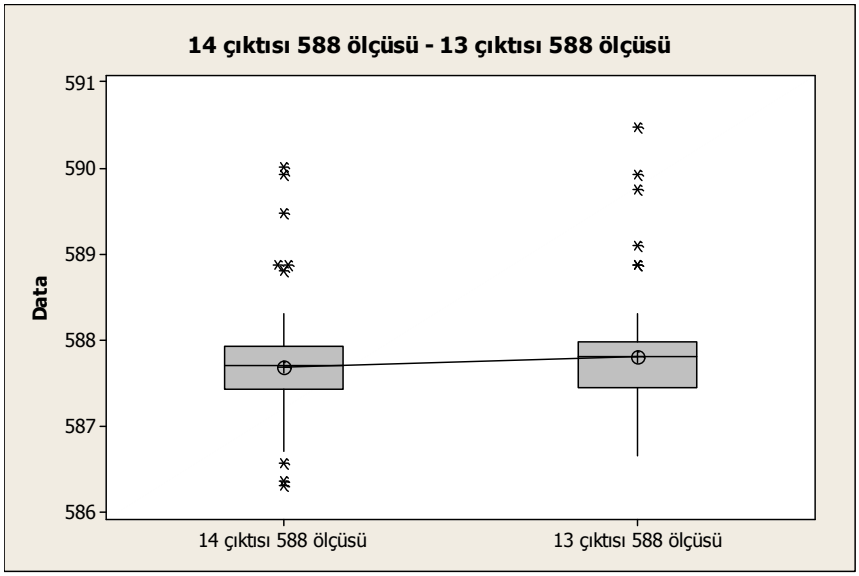
```
Level
14 çıktısı 588 ölçüsü   (-----------*----------)
13 çıktısı 588 ölçüsü              (-----------*----------)
                      --+---------+---------+---------+-------
                      587,60    587,70    587,80    587,90
```

Pooled StDev = 0,578

**Individual Value Plot of 14 çıktısı 588 ölçüsü; 13 çıktısı 588 ölçüsü**

**Boxplot of 14 çıktısı 588 ölçüsü; 13 çıktısı 588 ölçüsü**

Şekil 38: Anova analizi: 13. İst. sonrası – 14. İst. öncesi 588 mm ölçüsü karşılaştırması

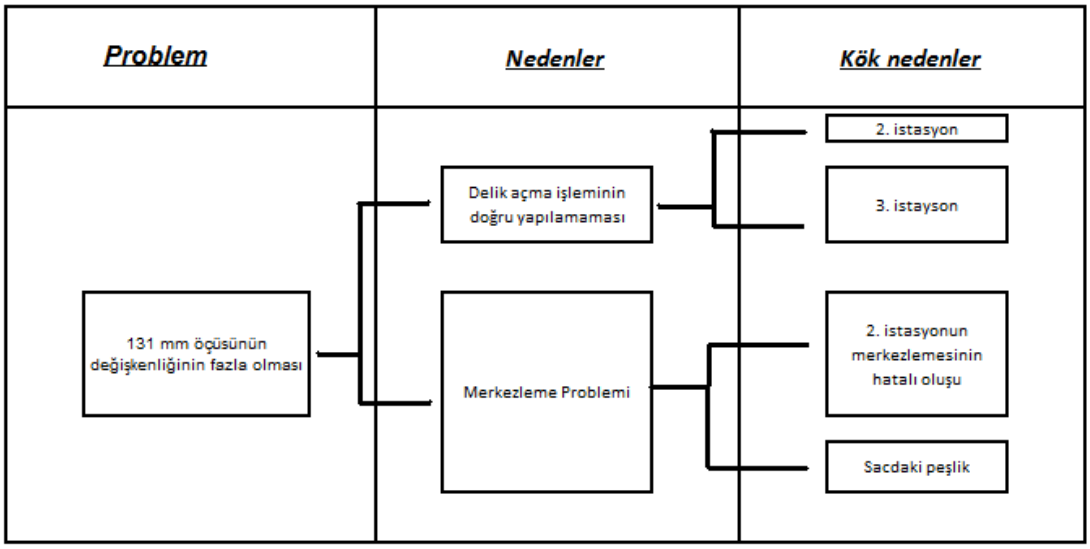



Şekil 39: Kutu Grafiği: 13. İst. sonrası – 14. İst. öncesi 588 mm ölçüsü karşılaştırması

Anova analizindeki p değerine bakıldığında bu değerin 0,05'ten daha büyük olduğu görülmektedir. Bu da iki dağılım arasında fark olduğunu söylemenin uygun olmadığını göstermektedir. Dolayısı ile iki istasyon çıktılarının aynı ölçülere sahip olduğuna ilişkin yapılan ön kabulün gerçeği yansıttığı görülmüştür. Ancak hattın dışarıdan izlenmesi durumunda kapının 13. İstasyondan 14. İstasyona transferi sırasında kenarlara çarpıp darbelendiği görülmektedir. Bu nedenle sacın kolay transferi için istasyonlar arasına ısıl işlem görmüş çelik plakalardan hazırlanan yolluklar yerleştirilmiştir.

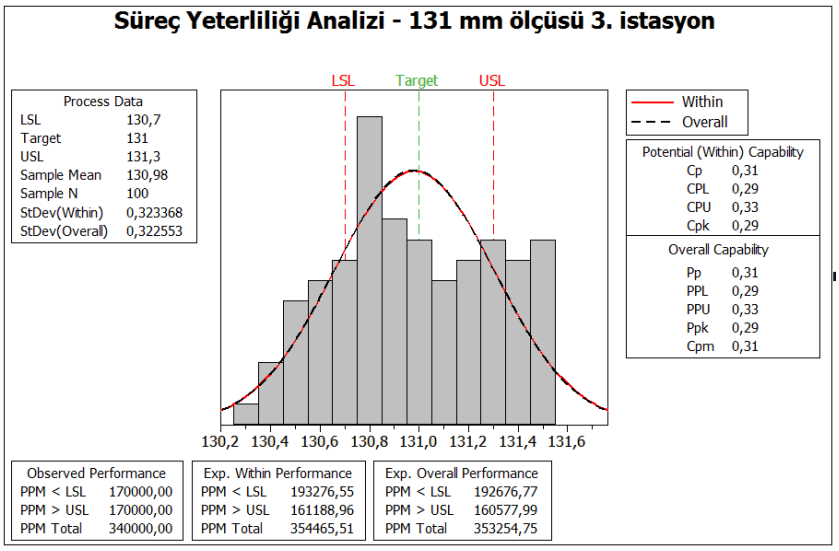
f) 131 mm ölçüsü

588 mm ölçüsünde olduğu gibi 131 mm ölçüsünde de iyileştirme çalışmaları yapmadan önce ağaç diyagramı hazırlanmıştır. Şekil 40'da görüldüğü gibi 2 istasyondaki merkezleme problemi ve peşlik 131 mm ölçüsü için de problem teşkil etmektedir. Bu konuda yapılan iyileştirme faaliyetlerinin 131 mm ölçüsüne de olumlu etki edeceği düşünülmektedir. Ek olarak 3. istasyondan şüphe edilmektedir. Bu amaçla 3. istasyonda 131 mm ölçüsü için yeterlilik analizi yapılmıştır.




Şekil 40: Ağaç diyagramı - 131 mm ölçüsü

Bu çalışmada diğer değişkenlik kaynaklarının önüne geçebilmek için 100 adet saca CNC tezgahında önceki istasyonda yapılması gereken işlemler hassas olarak gerçekleştirilmiştir. Böylece ikinci istasyonun yetersizliğinin bu çalışmaya etki etmesinin önüne geçilmek istenmiştir. Çalışma sonrasında elde edilen grafik Şekil 41'de gösterilmektedir. Buna göre sistemin $C_p$ ve $C_{pk}$ değerleri sırasıyla 0,31 ve 0,29'tur. Bu da sistemin yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu değerlerin kabul sınırı olan 1,33 değerinin üstüne çıkartılması için süreçte iyileştirme yapılmasına karar verilmiştir.

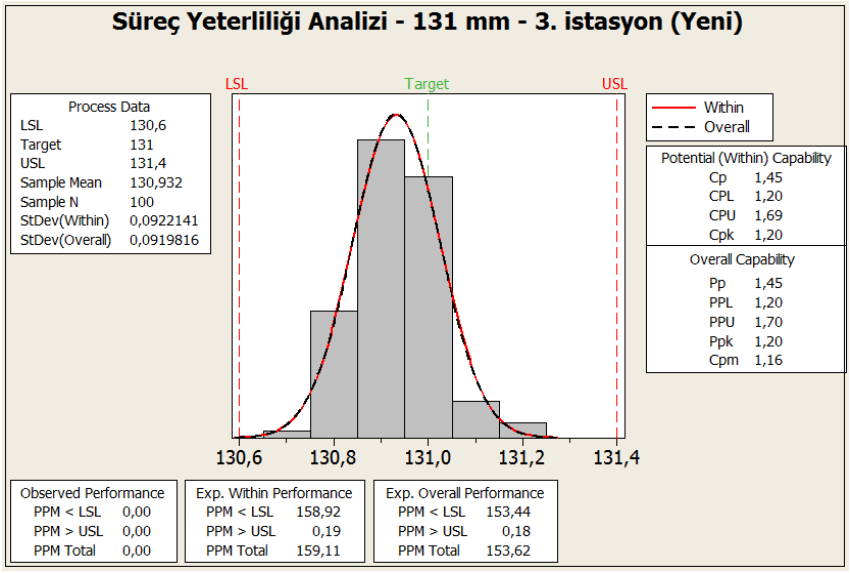



Şekil 41: 3. İstasyonun yeterlilik analizi - 131 mm ölçüsü

İncelemeler sonrasında istasyonda aşağıdaki problemler gözlemlenmiştir.

- 131 mm ölçüsünü belirleyen delikler aşama aşama açılmaktadır. Aşamalar arasında sacın kaymasına bağlı olarak; açılan deliklerin eksenleri kaçık olmaktadır.
- Deliklerin açılmasında kullanılan zımbaların aşınması deliklerin açılması sırasında sacın kaydırılmasına ve çapak oluşumuna neden olduğu tespit edilmiştir.
- Deliklerin açılmasında kullanılan zımbaların eksenlerinin kaçık olduğu tespit edilmiştir

Bu tespitler sonrasında deliklerin aynı anda açılmasına karar verilmiştir. İstasyonun otomasyonunda kullanılan yazılımda yapılan değişiklikle zımbaların aynı anada inmeleri sağlanmıştır. Bu sırada sacın hareket etmemesi için istasyon ortasına bir baskı plakası yerleştirilmiştir. Bununla birlikte tüm zımbalar değiştirilerek çapaklı kesimin önüne geçilmiştir. Zımbaların her 3 haftada bir değiştirilmesine karar verilmiştir. Son olarak zımbaların eksenlerindeki kaçıklık giderilmiştir. Çalışmalar sonrasında 100 adet özel hazırlanmış plaka ile bir kez daha ölçüm sistemi analizi yapılmıştır.

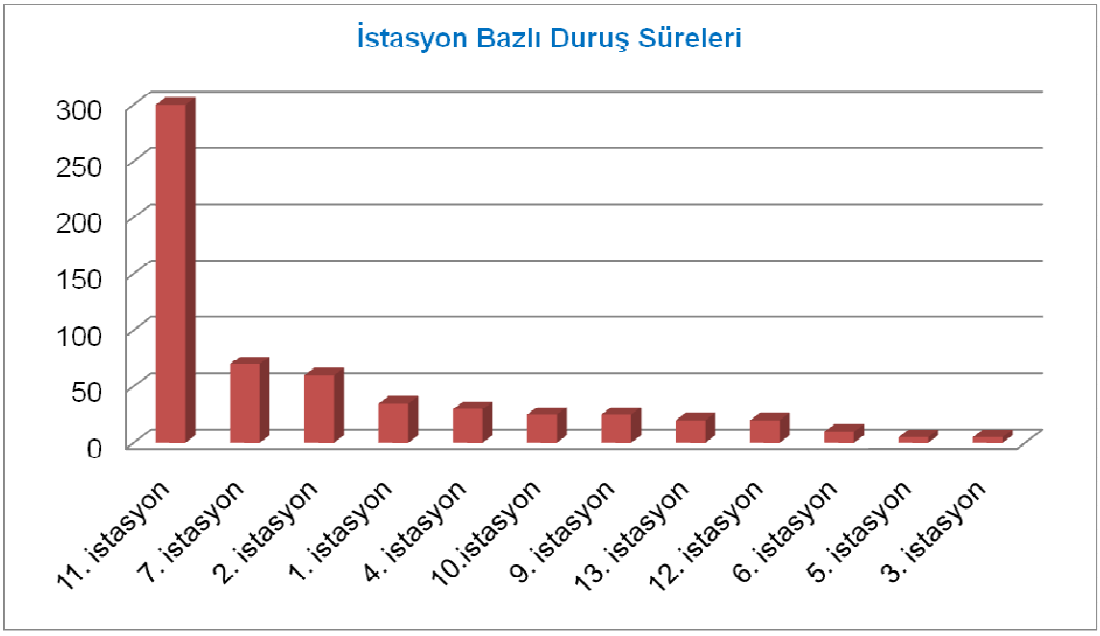



Şekil 42: Çalışma sonrası 3. İstasyonun yeterlilik analizi - 131 mm ölçüsü

Şekil 42'de görüldüğü gibi; çalışmalar sonrasında 3. İstasyonun süreç yeterliliği sağlanmıştır.

g) Duruşların İncelenmesi

Tezgahın verimliliğini artırabilmek için mevcut durumda verimsizliğe neden olan duruş nedenlerinin belirlenmesi gerekmekteydi. Bu amaçla yapılan çalışma sonrasında Şekil 17'deki grafik elde edilmişti. Buna göre; hattın verimsizliğine neden olan en önemli başlık tezgah ayar duruşları olarak tespit edilmişti. Çalışmanın devamında tezgah ayar duruşlarının istasyon bazlı olarak incelenmesine karar verilmiştir. Operatörlerden her vardiya hangi istasyonda kaç dakika boyunca ayar yaptıklarını kaydetmeleri istenmiştir. Bir hafta boyunca toplanan veriler histogram ile incelenmiştir. Şekil 37'de ilgili histogram analizi yer almaktadır.




Şekil 43: İstasyon bazlı duruş süresi analizi

Bir hafta boyunca tezgah ayarı için toplam 615 dk'lık duruş yaşanmıştır. Şekil 43'te görülebileceği gibi bunun 300 dk'sı 11. İstasyonun ayarı için gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 7. istasyon ve 2. istasyon gelmektedir. Buradan 11. istasyon ile ilgili iyileştirme çalışması

başlatılmasının gerektiği anlaşılmaktadır. Söz konusu iyileştirme çalışmaları daha sonra anlatılacaktır. 2. İstasyondaki ayar duruşları incelendiğinde merkezleme ayarı yapıldığı gözlemlenmiştir. Merkezleme sisteminde yapılan iyileştirme çalışmaları bu soruna da çözüm teşkil etmiştir. Bununla birlikte 7. İstasyondaki duruşların konveyör kayışının aşınmasına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Kayışın periyodik olarak değiştirilmesine karar verilmiştir. Ayrıca istasyon girişine yerleştirilen fırça ile sacın üzerindeki çapak ve metal tozlarının silinmesi sağlanmıştır. Böylece konveyör kayışının erken aşınmasının önüne geçilmiştir.

Grafik 5'deki duruş nedenleri analizi incelendiğinde ikinci sırayı çapak alma duruşlarının aldığı görülmektedir. Bu konu detaylı incelendiğine Şekil 44'teki gibi uygunsuzluklar saptanmıştır.

Şekil 44: Mevcut durum analizi: Uygunsuzluklar

İncelemeler sırasında üretim hattı etrafında yoğun kirlilik olduğu gözlemlenmiştir. Grafik 5'deki Pareto Analizinde gözlemlenen çapak alma

duruşlarının sıklığını hattın etrafında gözlemlenen bu kirlilik açıklamaktadır. Ayrıca çapakların hattın içerisine düşmesi sonrasında hattın yüzeyine yapışmaları hurda verilmesine yol açmaktadır.

Bu problemin giderilebilmesi için çapakların oluştuğu istasyonlar belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen istasyonlar arasında çalışan çapak konveyörleri tasarlanmıştır. Tasarım sırasında çapakların konveyör kayışlarını kesmemesi için önlemler alınmıştır. Bunların başında çapakların kayışların üzerine düştüklerindeki hızlarını yavaşlatmak için yerleştirilen engeller gelmektedir. Kalıp ile konveyör arasına konumlandırılan bu engeller çapakların çarparak yavaşlamasını sağlamaktadır. Alınan bir diğer önlem ise çapakların kayışların altına girmemeleri için konveyör kenarlarına yerleştirilen plastik fırçalardır. Çapakların kayışların altına girmesi kayışlara zarar vermekte ve sistemin çalışmamasına neden olmaktadır. Fırçalar ile çapakların kayışların altından uzak tutulması amaçlanmıştır. Bu çalışmalar sonrasında sağlıklı çalışan ve çapak alma duruşlarını sıfırlayan bir sistem ortaya konmuştur.

Bununla birlikte; hatta küçük ayar duruşlarının uzadığı gözlemlenmiştir. Bunun daha iyi anlaşabilmesi için operatörün küçük bir arıza sırasında hangi işleri yaptığı ve ne kadar zaman kaybettiği gözlemlenmiştir. Gözlemlerin sonucunda operatörün tamir aletlerini ve yedek parçaları hattın etrafında ararken uzun zaman kaybı yaşadığı gözlemlenmiştir.

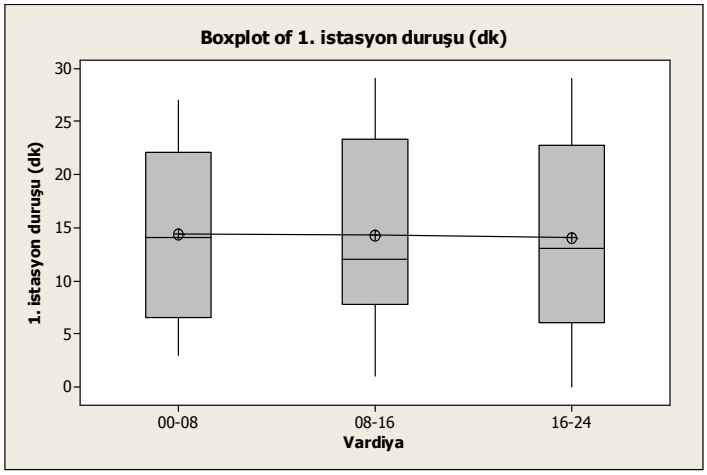
Bu verimsizliğin önüne geçebilmek için şekil 45'de görülen düzenlemeler yapılmıştır. Arızalar sırasında kullanılan yedek parçalar için özel dolap hazırlanmıştır. Dolaptaki malzemelerin listesi çıkartılmış ve eksik olan malzemeler temin edilmiştir. Bir operatör belirlenerek eksilen parçaların her gün sorumlu mühendise bildirilmesi görevi atanmıştır. Bununla birlikte Şekil 39'da görüldüğü gibi; kullanılan yağlar ve temizlik bezleri için tanımlı bölgeler oluşturulmuştur. Son olarak operatörlere bel çantası hazırlanmıştır. Bu bel çantası içerisinde ufak ayar duruşlarında ve model değişikliklerinde ihtiyaç duyabilecekleri tüm el aletleri bulunmaktadır. Böylece Grafik 5'deki

Pareto Analizinde ifade edilen ayar duruşları ve model değişikliklerine bağlı duruşlara yönelik iyileştirme faaliyeti gerçekleştirilmiştir.

Şekil 45: İyileştirme çalışmaları: Yeni durum

h) 1. istasyonda yapılan çalışmalar

1. istasyonda sac transfer robotu ile palet üzerinden alınarak 2. istasyona taşınmaktadır. Fakat duruşlar incelendiğinde transfer robotunun zaman zaman sacı taşırken düşürdüğü ve verimsizliğe neden olduğu görülmüştür. Sac düşmesine bağlı verimsizlikler her vardiya duruş süresi olarak kaydedilmiştir. Bu sürelerin vardiyalar arasında belirgin bir değişikliğe uğrayıp uğramadığı incelenmiştir.




Şekil 46: 1. İstasyon kutu grafiği: vardiya karşılaştırması

**One-way ANOVA: 1. istasyon duruşu (dk) versus Vardiya**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Vardiya | 2 | 1,0 | 0,5 | 0,01 | 0,994 |
| Error | 48 | 4060,2 | 84,6 | | |
| Total | 50 | 4061,2 | | | |

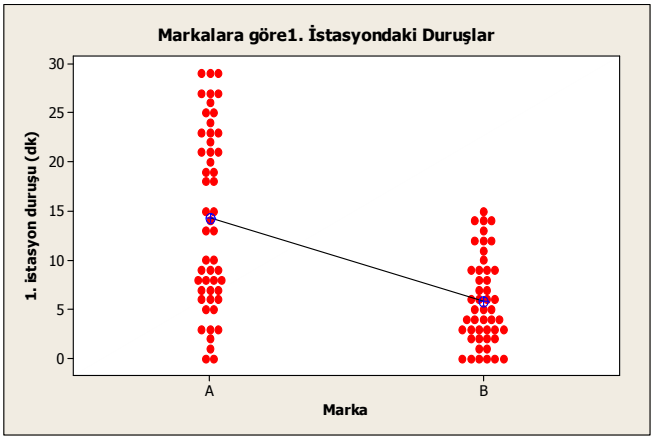
S = 9,197 R-Sq = 0,02% R-Sq(adj) = 0,00%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

| Level | N | Mean | StDev | --+---------+---------+---------+------- |
|---|---|---|---|---|
| 00-08 | 17 | 14,412 | 8,449 | (-----------------*-----------------) |
| 08-16 | 18 | 14,222 | 8,842 | (-----------------*-----------------) |
| 16-24 | 16 | 14,063 | 10,292 | (-----------------*-----------------) |
| | | | | --+---------+---------+---------+------- |
| | | | | 10,0 12,5 15,0 17,5 |

Şekil 47: 1. İstasyon Anova analizi: vardiya karşılaştırması

Şekil 46'daki kutu grafiğinden ve Şekil 47'deki Anova analizinden de anlaşılacağı üzere vardiyalar arasında bir fark gözlemlenmemektedir. Verimsizliğin kök nedeni olabilecek bir başa değişken olarak sac markaları ele alınmıştır.




Şekil 48: 1. İstasyon nokta grafiği: marka karşılaştırması

**One-way ANOVA: 1. istasyon duruşu (dk) versus Marka**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Marka | 1 | 1745,6 | 1745,6 | 33,97 | 0,000 |
| Error | 97 | 4983,8 | 51,4 | | |
| Total | 98 | 6729,4 | | | |

S = 7,168  R-Sq = 25,94%  R-Sq(adj) = 25,18%

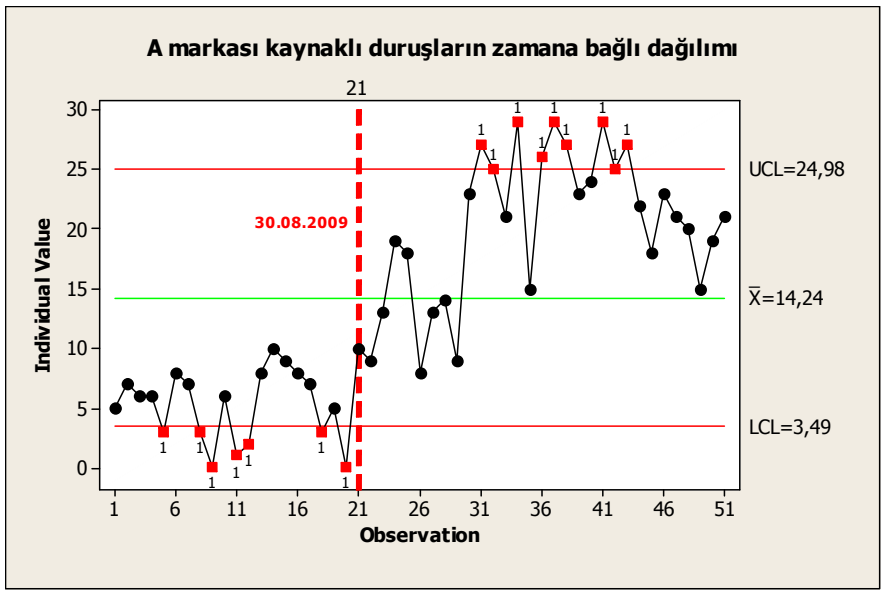
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

| Level | N | Mean | StDev | ---------+---------+---------+---------+ |
|---|---|---|---|---|
| A | 51 | 14,235 | 9,012 | (-----*----) |
| B | 48 | 5,833 | 4,431 | (-----*-----) |
| | | | | ---------+---------+---------+---------+ |
| | | | | 7,0 10,5 14,0 17,5 |

Pooled StDev = 7,168

Şekil 49: 1. İstasyon Anova analizi: marka karşılaştırması

Şekil 48'deki nokta grafiğinden ve Şekil 49'daki Anova analizinden anlaşılacağı üzere A markası ile B markası arasında ciddi bir fark gözlemlenmektedir. A markasının daha fazla duruşa neden olduğu görülmektedir. Daha sonra A markası kullanılan vardiyalarda oluşan duruşların zaman içerisindeki dağılımı incelenmiştir.




Şekil 50: A markası kaynaklı duruşların zamana bağlı dağılımı

Şekil 50'deki zaman grafiğinden de anlaşılacağı üzere A markası kaynaklı duruşların 30.08.2009 tarihinden itibaren dramatik olarak arttığı gözlemlenmiştir. Firma ile temasa geçirilerek bu farkın nedeni araştırılmıştır. Firmanın raporuna göre bu tarihte işletmeye yapılan sevkiyatla birlikte A firması saclar üzerinde kullanılan yağ miktarını paslanmayı azaltmak adına artırmıştır. Bu artış vantuzların tutuş kabiliyetini azaltmakta ve sacın transfer sırasında düşmesine neden olmaktadır. Önleyici faaliyet olarak firmanın yağ miktarını azaltılması sağlanmıştır. Paslanma riskine karşılık stok miktarı azaltılarak stoklama süresi azaltılmıştır. Bununla birlikte vantuz sayısı ve büyüklükleri artırılarak transfer robotunun tutma kabiliyeti artırılmıştır.

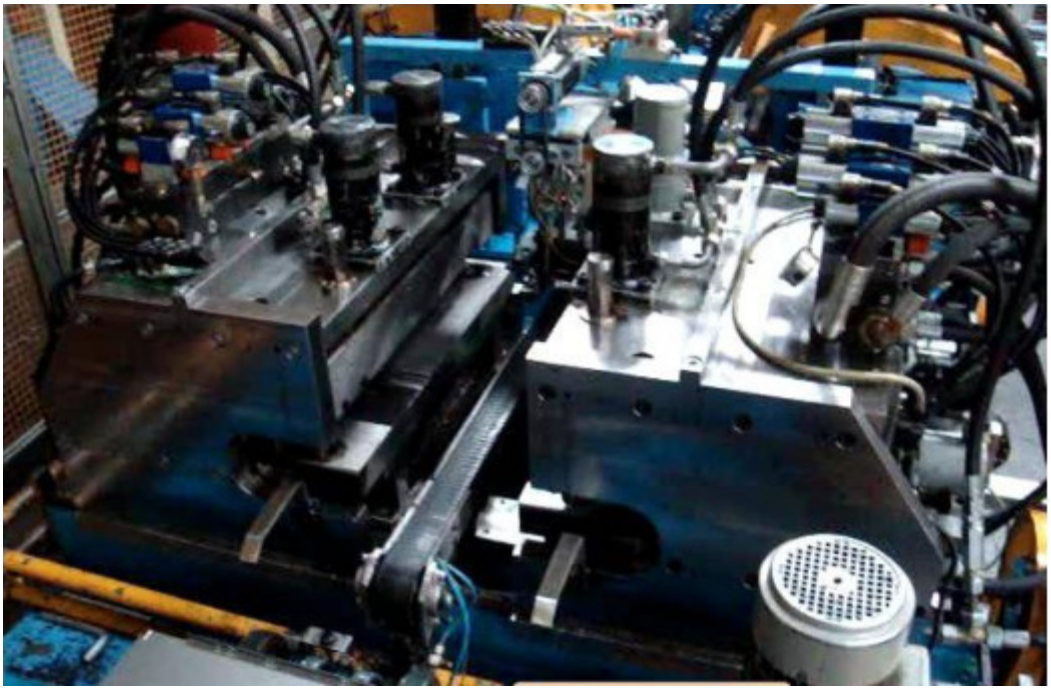
i) 11. istasyonda yapılan iyileştirmeler

Hem arıza duruşları, hem çevrim süreleri, hem de 588 mm ölçüsündeki değişkenlikler incelenirken vurgulanan 11. istasyonla ilgili iyileştirme faaliyetlerinden bahsedilecektir. 11. İstasyonda ufak iyileştirmeler ile hem değişkenlik kaynaklarının çözülmesi hem de arıza duruşlarının önüne geçilmesi mümkün görülmemiştir. Bu nedenle 11. İstasyonun baştan tasarlanmasına karar verilmiştir.

Tasarımda dikkat edilen noktalar aşağıda sıralanmıştır.

- Çevrim süresini dengeleyebilmek için istasyonda yapılan iki bükü işleminden bir tanesi 12. İstasyona aşınmıştır.
- İstasyon içi merkezleme problemini önleyebilmek için servo pistonların kullanılmasına karar verilmiştir.
- Büküm sırasında sacın hareket etmemesi için baskı plakalarının kullanılmasına karar verilmiştir.
- Büküm çakılarındaki boşaltmaların çakıyı zayıflattığına karar verilmiştir. Modellerin ortaklaştırılması ile boşaltmaların birçoğuna olan gereksinim ortadan kaldırılmıştır. Böylece büküm çakısının daha kuvvetli olması sağlanmıştır.
- İstasyonun merkezlemesinde kullanılan dişli sisteminde kullanılan dişlilerin diş açıları hassasiyeti artıracak şekilde yeniden tasarlanmıştır.
- Büküm işlemi sırasında pistonların güçlerindeki dengesizliğin paralelsizliğe nende olduğu gözlemlenmiştir. Piston güçlerinin dengelenebilmesi için yağ kaçakları giderilmiş ve hidrolik sitemde kullanılan akü değiştirilmiştir.

Sıralanan bu noktalara dikkat edilerek yeni bir 11. istasyon yapılmıştır. Şekil 51'de yeni istasyonun resmi bulunmaktadır.



Şekil 51: 11. İstasyonun yeni hali

j) Çevrim süresinde yapılan iyileştirmeler

Bu çalışma sonrasında hattın çevrim süresi yeniden incelenmiştir. 11. istasyondaki büküm işlemi sayısının ikiden bire indirilmesi ile istasyon hızlandırılmıştır. Bununla birlikte; 11. İstasyon ile 12. İstasyon arasında yer alan taşıma konveyörlerinin hızını artırabilmek için dişli kutuları yeniden tasarlanmıştır. Bu sayede taşıma süresi 3,4 sn'den 2,6 sn'ye düşürülmüştür. Yeni tasarlanan istasyonun işlem süresi 5,7 sn'ye düşerken, toplam çevrim süresi 8,3 sn'ye düşmüştür.

Çevrim süresini düşürme çalışmaları bünyesinde modellerin bir kısmının ortaklaştırılmasına karar verilmiştir. Çalışma sonrasında 12. istasyonda işlem gören modeller ortadan kaldırılmıştır. Boşa çıkan bu istasyonda 11. İstasyonda yapılan 2. büküm işlemi gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. İstasyon buna göre revize edilmiştir. Çalışma sonrasında istasyonun işlem süresi 5,9 sn olmuştur. 12. İstasyon ile 13. İstasyon arasındaki konveyörün de dişli kutusu değiştirilerek taşıma süresi 2,2 sn

kadar düşürülmüştür. Böylece 12. İstasyonun toplam çevrim süresi 8,1 sn'ye düşmüştür.

11. istasyonda yapılan tasarım değişikliği çalışmaları sonrasında yeni dar boğazlar ortaya çıkmıştır. Sırasıyla 12. , 8. , 6. ve 4. istasyonlar ardışık iyileştirmeler sonrasında dar boğaz haline gelmiştir. Bu istasyonlarda katma değersiz bir iş olan taşıma işleminin kısaltılabilmesi için konveyörler hızlandırılmıştır. Son durumda hattın çevrim süreleri Tablo 24'deki gibi olmuştur.

Tablo 24: Çalışma sonrası çevrim süresi tablosu

| 1. istasyon | | 2. istasyon | | 3. istasyon | | 4. istasyon | | 5. istasyon | | 6. istasyon | | 7. istasyon | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma |
| 2,8 | 3,3 | 4,7 | 3,1 | 5,7 | 2,7 | 6,1 | 2,4 | 4,1 | 3,3 | 6,3 | 2,5 | 4,1 | 2,9 |
| 6,1 | | 7,8 | | 8,4 | | 8,5 | | 7,4 | | 8,8 | | 7 | |
| 8. istasyon | | 9. istasyon | | 10. istasyon | | 11. istasyon | | 12. istasyon | | 13. istasyon | | 14. istasyon | |
| İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma | İşlem | Taşıma |
| 6,8 | 2,1 | 5,4 | 2,8 | 3,2 | 2,8 | 5,7 | 2,6 | 5,9 | 2,2 | 2,7 | 3,2 | 0 | 3,1 |
| 8,9 | | 8,2 | | 6 | | 8,3 | | 8,1 | | 5,9 | | 3,1 | |

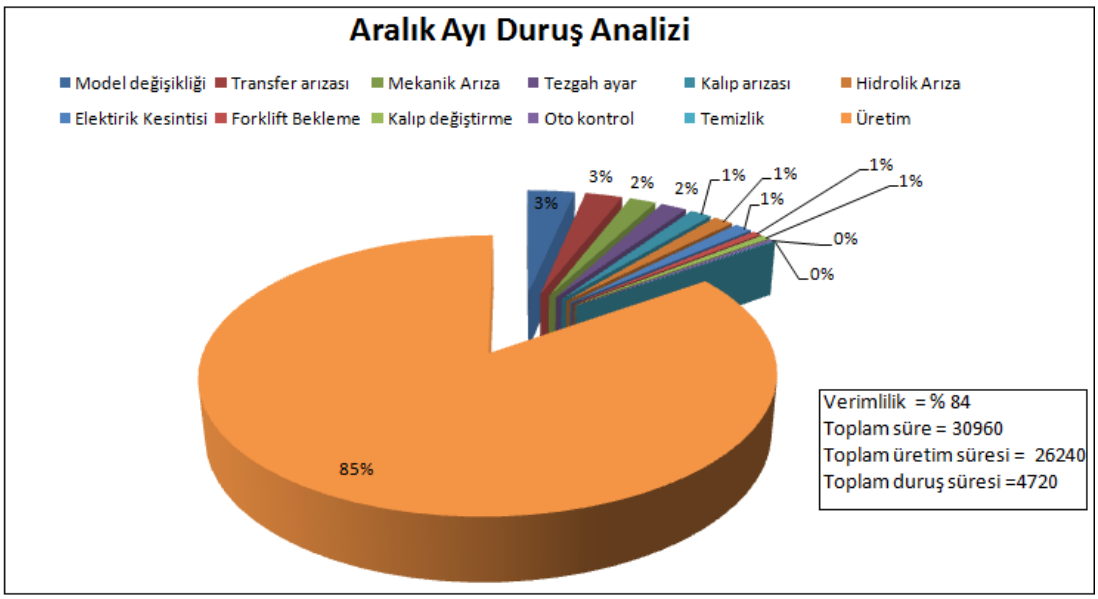
Tablodan da görüleceği gibi hattın yeni dar boğazı 8. İstasyondur. Bu haliyle hattın toplam çevrim süresi 8,9 sn'ye düşmüştür. Çalışma öncesinde 12,3 olan bu sürenin 8,9 sn düşürülmesi ile %35 verimlilik artışı elde edilmiştir.

### 3.5 KONTROL AŞAMASI

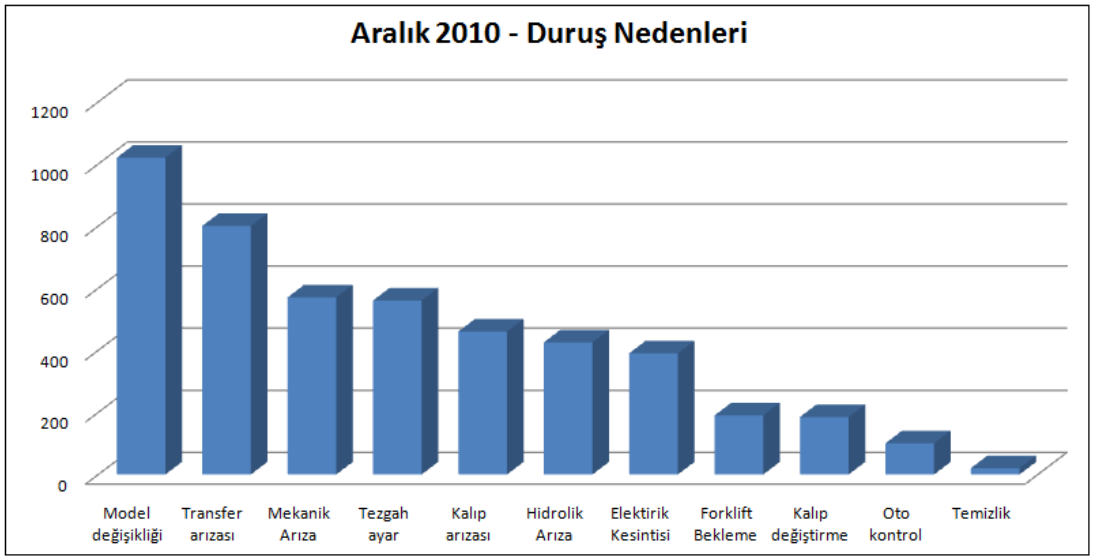
Bu aşamada yapılan iyileştirmeler sonrasında gelinen son noktalar incelenecektir. Bununla birlikte dokümantasyon ve standartlaştırmaya dönük yapılan çalışmalardan da bahsedilecektir.

Proje başında belirtilen hedeflerin en başında hattın verimsizliğinin düşürülmesi ve %80 verimin üzerinde çıkılması gelmekteydi. Bu amaçla yapılan çalışmalar sonrasında Aralık ayında hatta yaşanan duruşların pareto analizi çıkarılmıştır. Şekil 52'de ilgili analiz yer almaktadır. Buna göre; hattın bir ayda yaşanan toplam duruş süresi 4720 dakikadır. Bu değer Eylül ayında

yaşanan duruşların yaklaşık %50'si kadardır. Aralık ayında hattın verimliliği %84 olarak hesaplanmıştır. Bu da proje hedeflerine uymaktadır.

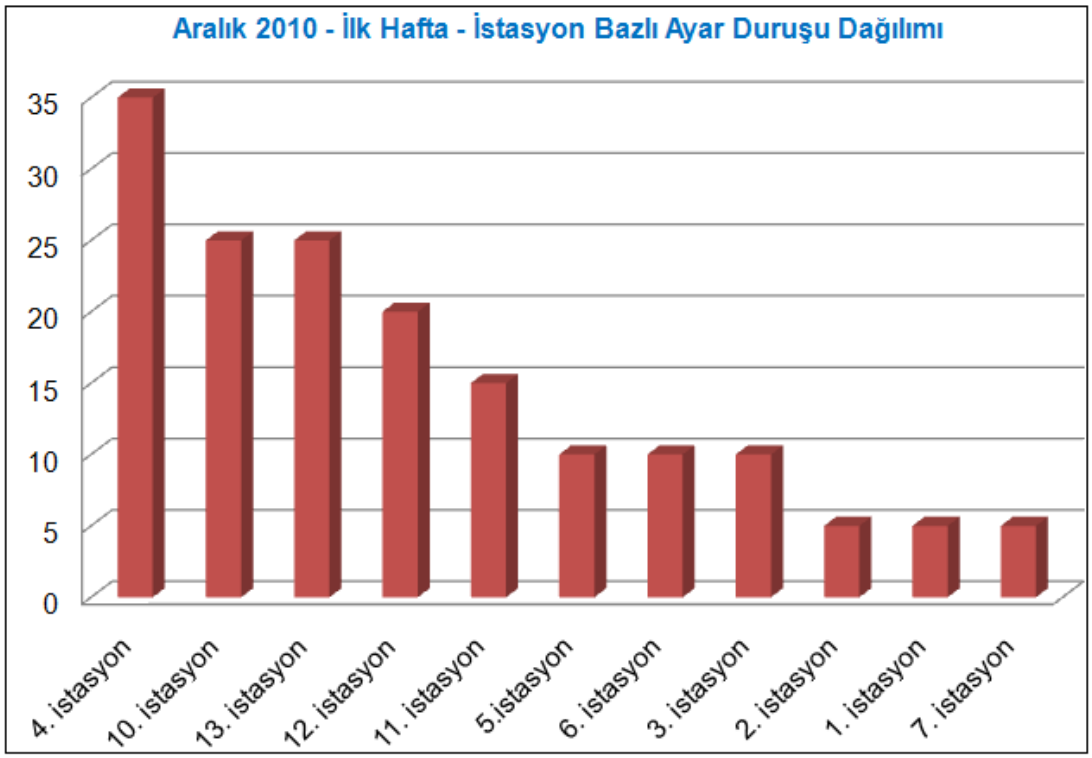



Şekil 52: 2010 Aralık ayı duruş analizi




Şekil 53: 2010 Aralık ayı duruş nedenleri analizi

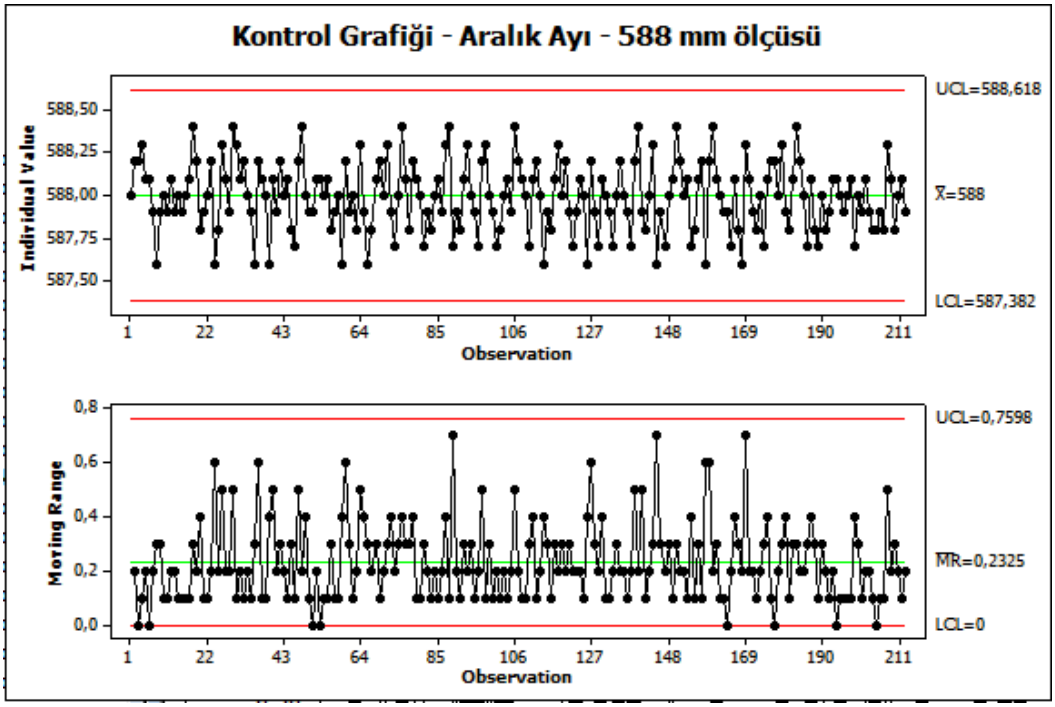
Proje başında yapılan pareto analizinde duruşların %66'sını sırasıyla ayar duruşları, çapak alma, model değişiklikleri ve kalıp arızaları oluşturmaktaydı. Şekil 53'de görüldüğü gibi ayar duruşları 2660 dakikadan 560 dakikaya düşmüş ve 4. Sıraya gerilemiştir. Çapak alma duruşları tamamen sıfırlanmıştır. Bu da yapılan çalışmaların etkili olduğunu göstermektedir.




Şekil 53: 2010 Aralık ayı istasyon bazlı duruş analizi

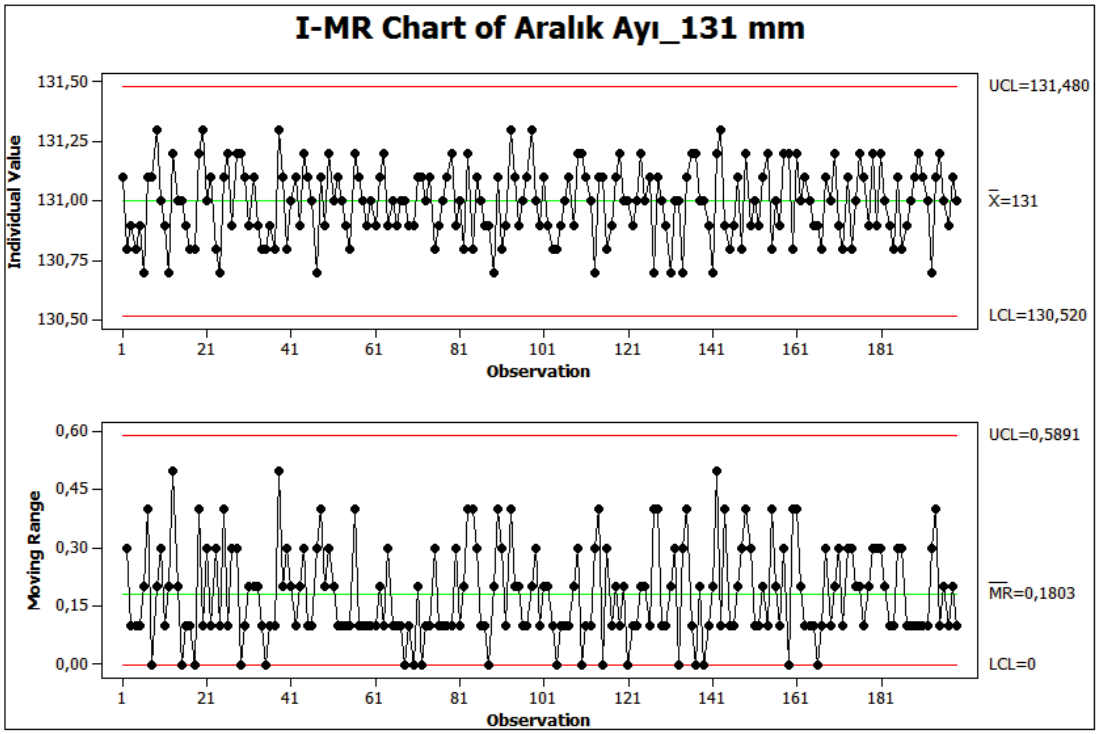
Şekil 53'de ise 2010 Aralık ayının ilk haftasında yaşanan ayar duruşlarının istasyon bazlı dağılımı görülmektedir. 2009 Eylül ayında birinci sırada yer alan 11. istasyon yapılan çalışmalar ile 5. sıraya gerilemiştir. Bununla birlikte 2. istasyon ve 7. istasyon da 2010 aralık ayının ilk haftasında son sıralarda yer almıştır. Bütün bunlar yapılan çalışmaların etkili olduğunu göstermektedir.

Proje başında hedeflenen bir başka konu ise 588 mm ve 131 mm ölçülerinin istatistiksel olarak kontrol altına alınmaları idi. Yapılan iyileştirme faaliyetleri sonrasında 588 mm ölçüsünün Aralık ayındaki son hali Grafik 7'deki kontrol grafiğinde yer görülebilmektedir. Buna göre Aralık ayı boyunca alınan verilere göre süreç kontrol altındadır.




Grafik 7: 588 mm ölçüsü kontrol grafiği – yeni durum

Bununla birlikte 131 mm ölçüsü için de Aralık ayı boyunca veri toplanmıştır. Grafik 8'deki kontrol grafiğinde Aralık ayı boyunca 131 mm ölçüsünün nasıl değiştiği görülmektedir. Buna göre 131 mm ölçüsü açısından süreç kontrol altındadır.




Grafik 8: 131 mm ölçüsü kontrol grafiği – yeni durum

Yukarıda da ifade edildiği gibi projenin son hedefi hattın çevrim süresinin 10 sn altına indirilmesi idi. Yapılan çalışmalar sonrasında hattın dar boğazı 8. istasyon olmuştur. Son durumda hattın çevrim süresi 8,9 sn'ye düşmüştür. Bu da proje başında belirlenen hedefe uymaktadır.

Çalışmaların kalıcı hale gelebilmesi için hattın kullanımı kolaylaştıracak bir doküman hazırlanmıştır. Dokümanda hatta yer alan her bir istasyonun hangi modellerde ne iş yaptığı anlatılmıştır. Bununla birlikte; hangi modelden hangi modele geçerken ne gibi ayarların yapılacağı da anlatılmıştır. Doküman iş başı eğitimleri ile operatörlere tanıtılmıştır. Bununla birlikte hattın düzenin korunabilmesi için periyodik bakımlar belirlenmiştir. Hangi kalıbın hangi sıklıkta bakıma gideceği belirlenmiştir. Hazırlanan yazılım sayesinde kalıp hanedeki bilgisayara haftalık bakım listesi otomatik olarak düşmektedir. Ayrıca yağ kaçaklarının kontrolü için kontrol listeleri oluşturulmuştur. Operatörler her gün o listeyi kontrol ederek doldurmak ve imzalamak ile görevlendirilmiştir.

## 3.6 DEĞERLENDİRME

Proje sonunda yapılan iyileştirmelerin maliyetleri ve elde edilen getiriler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Tablo 25: Gelir-Gider tablosu

| Harcama Kalemi | Tutar(€) |
|---|---|
| 11. istasyonun yeniden yapılandırılması | 25000 |
| 2. istasyonunun merkezleme sisteminin değiştirilmesi | 5000 |
| İstasyonlar arası konveyörlerin hızlandırılması | 1500 |
| 7. istasyonun iyileştirilmesi | 1000 |
| 3. istasyonun parelelsizlik probleminin giderilmesi | 500 |
| Çevre düzenlemeleri | 500 |
| Eğitim maliyeti | 500 |
| Yağ kaçaklarının giderilmesi | 250 |
| TOPLAM | 34250 |
| **Nakit Getirileri** | **Tutar(€)** |
| İşçi sayısının 6'dan 2'e indirilmesi | 24000 |
| Fazla mesailerin ortadan kaldırılması | 5000 |
| Günde 3 yerine 2 vardiya çalışması ile elde edilen enerji kazancı | 10000 |
| Hurda sayısının azalmasına bağlı getiri | 18500 |
| Hatalı parçalara yapılan reworklerin ortadan kalkmasına bağlı getiri | 2500 |
| Kapıların boyanması sonucunda farkedilen hatalara bağlı hurdaların azalmasının maliyeti | 4000 |
| TOPLAM | 64000 |
| **Potansiyel Getiriler** | |
| Algısal kalite seviyesinin yükselmesi | |
| Yoğun iş temposuna bağlı iş kazası riskinin azalması | |
| Olası tempo artışına bağlı kapasite ihtiyacının para harcanmadan artan kapasite ile karşılanabilmesi | |
| Kalite hatalarına bağlı montaj problemlerinin ortadan kalkması | |
| Yeni tasarımların denenmesi için uygun ortamın oluşturulması | |

Tablo 25'ten de görülebileceği gibi çalışmanın yıllık getirisi yapılan harcamaların yaklaşık 2 katı kadardır. Bu getirinin her yıl elde edileceği unutulmamalıdır. Ayrıca hesaplanamayan potansiyel getirilerin işletme için önemi düşünüldüğünde proje oldukça verimli olarak değerlendirilmektedir.

## SONUÇ

Çalışma sonunda Altı Sigma uygulamasının getirileri ve uygulamadaki zorluklar hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Gözlemlenen zorlukların başında Türk insanının sistematik çalışmak istemeyişi gelmektedir. Altı Sigma metodolojisi ile proje ekibinin sonuca gitmeden önce detaylı analiz yapması ve en doğru adımları atması amaçlanmaktadır. Çünkü Altı Sigma'da esas olan günü kurtarmak değil kalıcı çözüm üretmektir. Bunun için de detaylı düşünmek ve en doğru adımları atmak gerekmektedir. Türk insanının genelinde var olan hızla sonuca gitme isteği Altı Sigma'nın bu özelliği ile çelişmektedir. Yapılan çalışmada ekip üyelerinin kısa bir araştırma sonrası direkt sonuca gitme eğiliminde oldukları gözlemlenmiştir. Ekip üyeleri daha fazla araştırma yapmanın çözümü geciktirdiğini düşünmektedir. Oluşturulmuş eski kalıplar ve problemlere karşı alınmış geçici çözümlere bağlı kalınması yeni çözümlerin ortaya konmasını güçleştirmektedir. Çalışma sonrasında bu eğilimlerin hatalı olduğu ekip üyelerine aktarılmış ve destekleri alınmıştır.

Bununla birlikte istatistiksel verilerin kullanılması ve yeterli sayıda veri toplanması konusunda da sıkıntılar gözlemlenmiştir. Yeterli sayıda veri elde etmeden sonuç hakkında yorumlar yapmak yanıltıcı olabilmektedir. Çünkü toplanan veriler sürecin yalnızca bir bölümünden geliyor olabilir. Sürecin tamamının temsil edildiğinden emin olunana kadar veri toplamaya devam edilmelidir. Bu konuda da çalışma boyunca sıkıntılar yaşanmıştır. Çalışma sonrasında toplanan ilk verilerle hareket edilmiş olsa idi ne gibi yanlış kararlar alınabileceği ekip üyelerine anlatılmıştır.

Ayrıca yapılan iyileştirmeler sonucunda gelinen son noktanın kontrol edilmesi konusunda da eksikler gözlemlenmiştir. İyileştirmelerin mutlak doğru olduğuna inanılması, çalışma sonrasında kontrol aşamasını gerçekleştirmeyi güçleştirmiştir. Oysa Altı Sigma yapılan iyileştirme faaliyetlerinin mutlak doğrular olmayabileceğini, ya da bir başka iyileştirme gereksiniminin halen var olabileceğini kabul etmektedir. Kontrol aşaması sonrasında iyileştirme gereksinimi olup olmadığına karar verilmektedir. Bu çalışmalar sırasında

ekibin gereksiz bir iş yapıldığını düşündüğü gözlemlenmiştir. Çalışma sonrasında bilgilendirme yaparak bu konuda da ilerleme kaydedilmiştir.

Son olarak; Altı Sigma'nın temel prensipleri arasında yer alan standartlaştırma çalışmaları da Türk insanına oldukça yabancı gelmektedir. Yapılan iyileştirmeler sonrasında başka bir işe odaklanma isteği, iyileştirmelerin standart bir hale getirilmesini engellemektedir. Oysa Altı Sigma'ya göre irili ufaklı her bir iyileştirmenin kişiden ve zamandan bağımsız hale getirilmesi, standartlaştırılması ve yaygınlaştırılması elzemdir. Çalışma sırasında bu çabaların zaman kaybı olarak görüldüğü gözlemlenmiştir. Çalışma sonrası yapılan bilgilendirme toplantısında bu konunun önemi bir kez daha vurgulanmıştır.

Gözlemlenen bu eksikler aslında bir bakıma Altı Sigma'nın Türk endüstrisine sağlayacağı katkıları işaret etmektedir. Altı Sigma'nın sabırla ve düzenli olarak kullanılması ile Türk sanayisi erken karar vererek yanlışlıklara sürüklenme hastalığından kurtulacaktır. Bununla birlikte kontrol aşamasına önem verilerek problemlerin yüzeysel değil kökten çözülmesine imkan sağlanacaktır. Ayrıca projeler sonunda gerçekleştirilen standartlaştırma çalışmaları sayesinde aynı problemler ile tekrar tekrar mücadele etmek zorunda kalınmayacaktır.

Sonuç olarak; rekabette ayakta kalmaya ve bir adım öne geçmeye çalışan Türk sanayicilerinin verimlilik ve kalite konularında kendilerine sayısız katkı sağlayabilecek bir yöntem olan Altı Sigma'yı dikkatle takip etmelerini ve uygulamalarını öneririm. Geçmişte örneklerinin görüldüğü kalite devrimlerinin bir yenisinin Türkiye'de gerçekleştirilebilmesi için Altı Sigma bir çözüm olarak görülmeli ve değerlendirilmelidir.

## KAYNAKÇA


1. Arçelik Eğitim Kitapçığı ; **Altı Sigma Eğitimi**, Cilt 1 – 5 , 2002.
2. Aslaner A. ; "**Ki kare dağılımı tablosu**", (Erişim) http://home.anadolu.edu.tr/~aaslanar/kikare.html, 24 Nisan 2010
3. Breyfogle F. ; **Implementing Six Sigma**, 1.bs, Kanada, John Willey & Song Inc, 1999, s. 42-43.
4. Breyfogle F. ; Cupello J. ve Meadows B. ; **Managing Six Sigma**, 1. bs, Kanada: John Willey & Song Inc. ,2001, s. 61-63.
5. Business Performance Improvement Resource ; "**History of Quality"**, (Erişim) http://www.bpir.com/total-quality-management-history-of-tqm-and-business-excellence-bpir.com.html, 10 Ocak 2010
6. Creswell J. W. ; **Research Design: Qualitative and Quantitative Approaches**, 1. bs, Sage Publications,1994, s.58-71.
7. Çalışkan G. ; "**Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi**" Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, (Erişim) www.e-sosder.com, ISSN:1304-0278, Yaz -2006 C.5 S.17 (60-75)
8. Department of Trade and Industry ; "**Total Quallity of Management"**, (Erişim) http://www.businessballs.com/dtiresources/total_quality_management_TQM.pdf, 8 Ocak 2010
9. Dobnys L. ve Crawford-Mason C; **Thinking About Quality**, 1. bs, New York: Times Books, 1994
10. Dradley B; "**Percentage Points of the T Distribution"**, (Erişim) http://www.math.unb.ca/~knight/utility/t-table.htm, 24 Nisan 2010.
11. Efil İ. ; **Yönetimde Kalite Çemberi ve Uygulama Örne**kleri, İstanbul, Alfa Yayınları, 1999, s. 81.

12. El Haik, Raid ve Al-Oma; **Simulation-Based Lean Six Sigma and Design For Six Sigma**, 1. bs, ABD:Wiley Interscience, 2006, s. 172-176.

13. Enişte K. ; "**Kalite Yolculuğunun Tarihçesi"**. (Erişim) http://www.bsm.gov.tr/kalite/02.asp?sira=2, 7 Şubat 2010

14. Ergün M. ; "**Bilimsel Araştırma Yöntemleri"**. (Erişim) www.egitim.aku.edu.tr/nitelarastirma.ppt, 17 Aralık 2009

15. Evans J. ve Lindsay W. ; **The Management and Control of Quality**. (6. Baskı). Singapur: Thomson South-Western, 2005, s. 47-52.

16. Gryna F. ; **Quality Planning and Analysis: From Product Devolopment Through Use**, 1. bs, New York, Quality Press, 2001, s. 17-23.

17. Henderson G. R. ; **Six Sigma Quality Improvement with Minitab**, 1. bs, İngiltere,Hohn Wiley & Sons Ltd.,2006, s. 51-87.

18. Ichiro M. ; **Japonya'da Kalite Yönetimi** (Yayın no:301). İstanbul, MESS Yayınları, 1999

19. Isixsigma ; "**Anova"**, (Erişim) http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_glossary, 15 Ocak 2010

20. Kalder ; "**Tofaş Mükemmelik Ödülü"**, (Erişim) www.kalder.org/Images/subeler/bursa/Tofas_WCM.pdf, 15 Ocak 2010

21. Karyağdı N. ; **Toplam Kalite Yönetimi ve Vergi İdaresi**. Ankara, Yorum Matbaacılık. 2001, s. 11-14.

22. Kobu B. ; **Endüstriyel Kalite Kontrolü**, İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:3425, 1987, s. 1-19.

23. Köksal H. ; **Kalite Okulları**, 2. bs, İstanbul, Dünya Yayınları, 2001, s.3-7.

24. Lean Manufacturing Concepts ; "**Definition of Total Quality Management"**, (Erişim)

http://www.leanmanufacturingconcepts.com/DefinitionTotalQualityManagement.htm, 14 Ocak 2010

25. Love F. ; **Six Sigma: What Does It Really Mean?** , 3. bs, İngiltere, Hohn Wiley & Sons Ltd. , 1999, s. 7-49.

26. Masaaki I. ; **Kaizen**, 1. bs, İzmit, Brisa Brdigestone Sabancı Lastik San. Ve Tic. A.Ş. Yayınları, 1994, s.49-86.

27. Miyauchi, I. ; **Quality Management in Japon - Seminer Notları**, İstanbul, Lütfi Kırdar Uluşlararararası Kongre ve Sergi Salonu, 1999.

28. Procen; "**Altı Sigma Organizasyonu: Roller"**. (Erişim) http://www.procen.com.tr/altisigma4.htm, 15 Ocak 2010

29. Pydzek T. ; **The Six Sigma Handbook**, 1. bs, Kanada: McGraw-Hill, 1999, s 16-72

30. Pydzek T. ; **The Six Sigma Handbook**, 2. bs, Kanada: McGraw-Hill, 2001, s. 121-175.

31. Quentin B. ; Six **Sigma and Minitab: A complete toolbox guide for all Six Sigma practitioners**, 2. bs, ABD: McGraw-Hill, 2006, s. 189.

32. Ruskin A. M ve Estes W. E. ; **What Every Engineer Should Know about Project Management**, 1. bs, Dekker Inc. , 1995, s. 178-179.

33. Slater R. ; **Jack Welch'den İş Dünyası İçin Savaş Planları: General Electric**; Başarının Sırları, 1. bs, Ankara, Elips Kitap, 2004, s.66-67.

34. Squires, H.F. ; **Pareto Analysis - Quality Management Handbook, (Editör:Loren WALSH )**, New York, ASQC Quality pres, 1986, s. 75.

35. Summers D. C. S. ; **Quality**, 1. bs, New Jersey, Pearson Prentice Hall, 2006, s. 19.

36. Şişman Ş. ; "**PUKÖ Çevrimi Nedir?",** (Erişim) http://sukrusisman.blogspot.com/2007/05/puk-evrimi-nedir.html, 20 Ocak 2010

37. Taptık Y. ; **Kalite Savaşı**, 1. bs, İstanbul, Kalder Yayınları, 1998, s. 18.

38. Topal Ş. R. ; **Kalite Yönetim ve Güvence Sistemleri**. İstanbul, YTÜ Vakfı Yayınları, 2000, s. 24.

39. Türk Hava Yolları; "**Özel Durum Açıklamaları",** (Erişim) http://www.thy.com/tr-TR/corporate/investor_relations/special/2009.aspx, 16 Ocak 2010

40. Türkiye İstatistik Kurumu; "**Evlenme İstatistikleri**", (Erişim) http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=37&ust_id=11, 10 Şubat 2010

41. Türkiye İstatistik Kurumu; "**Boşanma İstatistikleri**", (Erişim) http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=37&ust_id=11, 10 Şubat 2010

42. Türkiye İstatistik Kurumu; "**Doğum İstatistikleri**", (Erişim) http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=37&ust_id=11, 10 Şubat 2010

43. Wikipedia; "**Toplam Kalite Yönetimi**", (Erişim) http://tr.wikipedia.org/wiki/Toplam_Kalite_Yönetimi, 15 Mart 2010

44. Uzun Ç. ; "**Bilimsel Araştırma Yöntemleri: One Way Anova**", (Erişim) http://www2.aku.edu.tr/~gocak/Arastirmayontem/Anova%20Testi.pdf, Ocak 2010, s. 6.

## Ek 1 : T Dağılımı

| T Dağılımı | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Çift taraflı** | **0.10** | **0.05** | **0.025** | **0.01** | **0.005** | **0.001** | **0.0005** | |
| **Tek taraflı** | **0.20** | **0.10** | **0.05** | **0.02** | **0.01** | **0.002** | **0.001** | |
| **Serbestlik derecesi** | **Olasılıklar** | | | | | | | |
| 1 | 3.078 | 6.314 | 12.71 | 31.82 | 63.66 | 318.3 | 637 | 1 |
| 2 | 1.886 | 2.920 | 4.303 | 6.965 | 9.925 | 22.330 | 31.6 | 2 |
| 3 | 1.638 | 2.353 | 3.182 | 4.541 | 5.841 | 10.210 | 12.92 | 3 |
| 4 | 1.533 | 2.132 | 2.776 | 3.747 | 4.604 | 7.173 | 8.610 | 4 |
| 5 | 1.476 | 2.015 | 2.571 | 3.365 | 4.032 | 5.893 | 6.869 | 5 |
| 6 | 1.440 | 1.943 | 2.447 | 3.143 | 3.707 | 5.208 | 5.959 | 6 |
| 7 | 1.415 | 1.895 | 2.365 | 2.998 | 3.499 | 4.785 | 5.408 | 7 |
| 8 | 1.397 | 1.860 | 2.306 | 2.896 | 3.355 | 4.501 | 5.041 | 8 |
| 9 | 1.383 | 1.833 | 2.262 | 2.821 | 3.250 | 4.297 | 4.781 | 9 |
| 10 | 1.372 | 1.812 | 2.228 | 2.764 | 3.169 | 4.144 | 4.587 | 10 |
| 11 | 1.363 | 1.796 | 2.201 | 2.718 | 3.106 | 4.025 | 4.437 | 11 |
| 12 | 1.356 | 1.782 | 2.179 | 2.681 | 3.055 | 3.930 | 4.318 | 12 |
| 13 | 1.350 | 1.771 | 2.160 | 2.650 | 3.012 | 3.852 | 4.221 | 13 |
| 14 | 1.345 | 1.761 | 2.145 | 2.624 | 2.977 | 3.787 | 4.140 | 14 |
| 15 | 1.341 | 1.753 | 2.131 | 2.602 | 2.947 | 3.733 | 4.073 | 15 |
| 16 | 1.337 | 1.746 | 2.120 | 2.583 | 2.921 | 3.686 | 4.015 | 16 |
| 17 | 1.333 | 1.740 | 2.110 | 2.567 | 2.898 | 3.646 | 3.965 | 17 |
| 18 | 1.330 | 1.734 | 2.101 | 2.552 | 2.878 | 3.610 | 3.922 | 18 |
| 19 | 1.328 | 1.729 | 2.093 | 2.539 | 2.861 | 3.579 | 3.883 | 19 |
| 20 | 1.325 | 1.725 | 2.086 | 2.528 | 2.845 | 3.552 | 3.850 | 20 |
| 21 | 1.323 | 1.721 | 2.080 | 2.518 | 2.831 | 3.527 | 3.819 | 21 |
| 22 | 1.321 | 1.717 | 2.074 | 2.508 | 2.819 | 3.505 | 3.792 | 22 |
| 23 | 1.319 | 1.714 | 2.069 | 2.500 | 2.807 | 3.485 | 3.768 | 23 |
| 24 | 1.318 | 1.711 | 2.064 | 2.492 | 2.797 | 3.467 | 3.745 | 24 |
| 25 | 1.316 | 1.708 | 2.060 | 2.485 | 2.787 | 3.450 | 3.725 | 25 |
| 26 | 1.315 | 1.706 | 2.056 | 2.479 | 2.779 | 3.435 | 3.707 | 26 |
| 27 | 1.314 | 1.703 | 2.052 | 2.473 | 2.771 | 3.421 | 3.690 | 27 |
| 28 | 1.313 | 1.701 | 2.048 | 2.467 | 2.763 | 3.408 | 3.674 | 28 |
| 29 | 1.311 | 1.699 | 2.045 | 2.462 | 2.756 | 3.396 | 3.659 | 29 |
| 30 | 1.310 | 1.697 | 2.042 | 2.457 | 2.750 | 3.385 | 3.646 | 30 |
| 32 | 1.309 | 1.694 | 2.037 | 2.449 | 2.738 | 3.365 | 3.622 | 32 |
| 34 | 1.307 | 1.691 | 2.032 | 2.441 | 2.728 | 3.348 | 3.601 | 34 |
| 36 | 1.306 | 1.688 | 2.028 | 2.434 | 2.719 | 3.333 | 3.582 | 36 |
| 38 | 1.304 | 1.686 | 2.024 | 2.429 | 2.712 | 3.319 | 3.566 | 38 |
| 40 | 1.303 | 1.684 | 2.021 | 2.423 | 2.704 | 3.307 | 3.551 | 40 |
| 42 | 1.302 | 1.682 | 2.018 | 2.418 | 2.698 | 3.296 | 3.538 | 42 |
| 44 | 1.301 | 1.680 | 2.015 | 2.414 | 2.692 | 3.286 | 3.526 | 44 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 46 | 1.300 | 1.679 | 2.013 | 2.410 | 2.687 | 3.277 | 3.515 | 46 |
| 48 | 1.299 | 1.677 | 2.011 | 2.407 | 2.682 | 3.269 | 3.505 | 48 |
| 50 | 1.299 | 1.676 | 2.009 | 2.403 | 2.678 | 3.261 | 3.496 | 50 |
| 55 | 1.297 | 1.673 | 2.004 | 2.396 | 2.668 | 3.245 | 3.476 | 55 |
| 60 | 1.296 | 1.671 | 2.000 | 2.390 | 2.660 | 3.232 | 3.460 | 60 |
| 65 | 1.295 | 1.669 | 1.997 | 2.385 | 2.654 | 3.220 | 3.447 | 65 |
| 70 | 1.294 | 1.667 | 1.994 | 2.381 | 2.648 | 3.211 | 3.435 | 70 |
| 80 | 1.292 | 1.664 | 1.990 | 2.374 | 2.639 | 3.195 | 3.416 | 80 |
| 100 | 1.290 | 1.660 | 1.984 | 2.364 | 2.626 | 3.174 | 3.390 | 100 |
| 150 | 1.287 | 1.655 | 1.976 | 2.351 | 2.609 | 3.145 | 3.357 | 150 |
| 200 | 1.286 | 1.653 | 1.972 | 2.345 | 2.601 | 3.131 | 3.340 | 200 |

Bradley Drake (Nisan, 2010). Percentage Points of the T Distribution. Web: http://www.math.unb.ca/~knight/utility/t-table.htm 24 Nisan 2010'da alınmıştır.

## Ek 2 : Ki-Kare Dağılımı

| df\area | .995 | .990 | .975 | .950 | .900 | .750 | .500 | .250 | .100 | .050 | .025 | .010 | .005 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.00004 | 0.00016 | 0.00098 | 0.00393 | 0.01579 | 0.10153 | 0.45494 | 1.32330 | 2.70554 | 3.84146 | 5.02389 | 6.63490 | 7.87944 |
| 2 | 0.01003 | 0.02010 | 0.05064 | 0.10259 | 0.21072 | 0.57536 | 1.38629 | 2.77259 | 4.60517 | 5.99146 | 7.37776 | 9.21034 | 10.59663 |
| 3 | 0.07172 | 0.11483 | 0.21580 | 0.35185 | 0.58437 | 1.21253 | 2.36597 | 4.10834 | 6.25139 | 7.81473 | 9.34840 | 11.34487 | 12.83816 |
| 4 | 0.20699 | 0.29711 | 0.48442 | 0.71072 | 1.06362 | 1.92256 | 3.35669 | 5.38527 | 7.77944 | 9.48773 | 11.14329 | 13.27670 | 14.86026 |
| 5 | 0.41174 | 0.55430 | 0.83121 | 1.14548 | 1.61031 | 2.67460 | 4.35146 | 6.62568 | 9.23636 | 11.07050 | 12.83250 | 15.08627 | 16.74960 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0.67573 | 0.87209 | 1.23734 | 1.63538 | 2.20413 | 3.45460 | 5.34812 | 7.84080 | 10.64464 | 12.59159 | 14.44938 | 16.81189 | 18.54758 |
| 7 | 0.98926 | 1.23904 | 1.68987 | 2.16735 | 2.83311 | 4.25485 | 6.34581 | 9.03715 | 12.01704 | 14.06714 | 16.01276 | 18.47531 | 20.27774 |
| 8 | 1.34441 | 1.64650 | 2.17973 | 2.73264 | 3.48954 | 5.07064 | 7.34412 | 10.21885 | 13.36157 | 15.50731 | 17.53455 | 20.09024 | 21.95495 |
| 9 | 1.73493 | 2.08790 | 2.70039 | 3.32511 | 4.16816 | 5.89883 | 8.34283 | 11.38875 | 14.68366 | 16.91898 | 19.02277 | 21.66599 | 23.58935 |
| 10 | 2.15586 | 2.55821 | 3.24697 | 3.94030 | 4.86518 | 6.73720 | 9.34182 | 12.54886 | 15.98718 | 18.30704 | 20.48318 | 23.20925 | 25.18818 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 2.60322 | 3.05348 | 3.81575 | 4.57481 | 5.57778 | 7.58414 | 10.34100 | 13.70069 | 17.27501 | 19.67514 | 21.92005 | 24.72497 | 26.75685 |
| 12 | 3.07382 | 3.57057 | 4.40379 | 5.22603 | 6.30380 | 8.43842 | 11.34032 | 14.84540 | 18.54935 | 21.02607 | 23.33666 | 26.21697 | 28.29952 |
| 13 | 3.56503 | 4.10692 | 5.00875 | 5.89186 | 7.04150 | 9.29907 | 12.33976 | 15.98391 | 19.81193 | 22.36203 | 24.73560 | 27.68825 | 29.81947 |
| 14 | 4.07467 | 4.66043 | 5.62873 | 6.57063 | 7.78953 | 10.16531 | 13.33927 | 17.11693 | 21.06414 | 23.68479 | 26.11895 | 29.14124 | 31.31935 |
| 15 | 4.60092 | 5.22935 | 6.26214 | 7.26094 | 8.54676 | 11.03654 | 14.33886 | 18.24509 | 22.30713 | 24.99579 | 27.48839 | 30.57791 | 32.80132 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 5.14221 | 5.81221 | 6.90766 | 7.96165 | 9.31224 | 11.91222 | 15.33850 | 19.36886 | 23.54183 | 26.29623 | 28.84535 | 31.99993 | 34.26719 |
| 17 | 5.69722 | 6.40776 | 7.56419 | 8.67176 | 10.08519 | 12.79193 | 16.33818 | 20.48868 | 24.76904 | 27.58711 | 30.19101 | 33.40866 | 35.71847 |
| 18 | 6.26480 | 7.01491 | 8.23075 | 9.39046 | 10.86494 | 13.67529 | 17.33790 | 21.60489 | 25.98942 | 28.86930 | 31.52638 | 34.80531 | 37.15645 |
| 19 | 6.84397 | 7.63273 | 8.90652 | 10.11701 | 11.65091 | 14.56200 | 18.33765 | 22.71781 | 27.20357 | 30.14353 | 32.85233 | 36.19087 | 38.58226 |
| 20 | 7.43384 | 8.26040 | 9.59078 | 10.85081 | 12.44261 | 15.45177 | 19.33743 | 23.82769 | 28.41198 | 31.41043 | 34.16961 | 37.56623 | 39.99685 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 8.03365 | 8.89720 | 10.28290 | 11.59131 | 13.23960 | 16.34438 | 20.33723 | 24.93478 | 29.61509 | 32.67057 | 35.47888 | 38.93217 | 41.40106 |
| 22 | 8.64272 | 9.54249 | 10.98232 | 12.33801 | 14.04149 | 17.23962 | 21.33704 | 26.03927 | 30.81328 | 33.92444 | 36.78071 | 40.28936 | 42.79565 |
| 23 | 9.26042 | 10.19572 | 11.68855 | 13.09051 | 14.84796 | 18.13730 | 22.33688 | 27.14134 | 32.00690 | 35.17246 | 38.07563 | 41.63840 | 44.18128 |
| 24 | 9.88623 | 10.85636 | 12.40115 | 13.84843 | 15.65868 | 19.03725 | 23.33673 | 28.24115 | 33.19624 | 36.41503 | 39.36408 | 42.97982 | 45.55851 |
| 25 | 10.5196 | 11.5239 | 13.1197 | 14.6114 | 16.4734 | 19.9393 | 24.3365 | 29.3388 | 34.3815 | 37.6524 | 40.6464 | 44.3141 | 46.9278 |

| | 5 | 8 | 2 | 1 | 1 | 4 | 9 | 5 | 9 | 8 | 7 | 0 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | |
| **26** | 11.16024 | 12.19815 | 13.84390 | 15.37916 | 17.29188 | 20.84343 | 25.33646 | 30.43457 | 35.56317 | 38.88514 | 41.92317 | 45.64168 | 48.28988 |
| **27** | 11.80759 | 12.87850 | 14.57338 | 16.15140 | 18.11390 | 21.74940 | 26.33634 | 31.52841 | 36.74122 | 40.11327 | 43.19451 | 46.96294 | 49.64492 |
| **28** | 12.46134 | 13.56471 | 15.30786 | 16.92788 | 18.93924 | 22.65716 | 27.33623 | 32.62049 | 37.91592 | 41.33714 | 44.46079 | 48.27824 | 50.99338 |
| **29** | 13.12115 | 14.25645 | 16.04707 | 17.70837 | 19.76774 | 23.56659 | 28.33613 | 33.71091 | 39.08747 | 42.55697 | 45.72229 | 49.58788 | 52.33562 |
| **30** | 13.78672 | 14.95346 | 16.79077 | 18.49266 | 20.59923 | 24.47761 | 29.33603 | 34.79974 | 40.25602 | 43.77297 | 46.97924 | 50.89218 | 53.67196 |

Aslaner A. (Ocak, 2010) Ki kare dağılımı tablosu. Web: http://home.anadolu.edu.tr/~aaslanar/kikare.html, 24 Nisan 2010'da alınmıştır.

# ÖZET

KÖKBIYIK, İsmail, Kalite Yönetiminde Altı Sigma Yaklaşımı ve Arçelik Fabrikasında Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2011

Rekabet koşullarının daha da zorlaştığı günümüzde, üretim tesislerinde verimliliğin ve kalitenin önemi giderek artmaktadır. Bu noktada bir çözüm metodolojisi olan altı sigma uygulaması da üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Araştırmada altı sigmanın üretim tesislerinde nasıl uygulanabileceği, ne gibi katkılar sağlayabileceği gibi konuların üzerinde durulacaktır. Ülkemizde markalaşmanın önündeki en büyük engelin kalite algısının yeterince yüksek olmaması olduğu düşünülürek altı sigmanın ülkemizdeki üretim tesislerine kalite prensipleri ve verimlilik açısından ne gibi katkılar sağlayabileceği ve uygulama önündeki zorlukların neler olabileceği de araştırma içerisinde incelenecektir. Araştırmada Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde Altı Sigma uygulamalarının nasıl gerçekleştirildiği, ne gibi faydaların elde edilebileceği ve hangi zorluklar ile karşılaşıldığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. İşte bu çalışma altı sigmanın bir işletmeye kalite, verimlilik ve de kapasite kullanımı gibi konularda ne gibi katkılar sağlayabileceğini, koyan bir çalışma olduğu için önemlidir.

Çalışmada Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası'nın verimsizlikler ve kalite problemleri ile işletme için sorun teşkil eden dış kapı üretim hattında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda dış kapı hattında belirlenen kalite problemleri giderilmiştir. Bununla birlikte verimsizliklerin önüne geçilerek toplam enerji verimliliği değeri hedeflenen değerin üzerine çekilmiştir. Ayrıca çevrim süresinde yapılan iyileştirmeler ile hattın kapasitesi de artırılmıştır.

Anahtar Sözcükler:

1. Altı Sigma
2. Kalite
3. İstatistik
4. Üretim
5. Verimlilik

## ABSTRACT

KÖKBIYIK, İsmail , Six Sigma Approach in Quality Management and An Application on Arcelik Factory, Master, Ankara, 2011

Since the competition conditions are getting to be harder, the importance of the productivity and the quality become more and more. For this reason, Six Sigma is the methodology on which every company should consider.

In this investigation, the main focus point are how to apply Six Sigma to the production institutions and the yields of the application of this methodology. The main obstacle on being a mark in Turkey is the low quality perception around the world. For this reason; in this investigation, the yields of Six Sigma on the quality and the obstacles on the application of the Six Sigma in Turkey is analyzed.

To illustrate the application of Six Sigma in Turkey, a special Six Sigma Project was performed in this investigation at Arcelik Dishwasher Plant. In this Project, it became possible to analyze the diffuculties of the application of this methodology beside to its benefits.

In the investigation at Arcelik, the project was performed in the outer door production line where the Quality problems and the lack of productivity occurs continuously. At the end of the project, the specified quality problems were overcome. In addition to this by preventing to the lack of productivity, total energy productivity was incresed to the aimed level. Finally the cycle time was also improved so that the capacity of the line was increased.

Key Words:

1. Six Sigma
2. Quality
3. Statistics
4. Production
5. Efficiency