

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME YÖNETİMİ BÖLÜMÜ

137364

**SANAYİ İŞLETMELERİNDE ALTI-SİGMA
ÇALIŞMALARI VE BİR UYGULAMA**

**İŞLETME YÖNETİMİ
YÜKSEK LİSANS BİTİRME TEZİ**

137364

Demet TÜRKOĞLU

01713013

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail DUYMAZ

İstanbul, 2005

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL ÇİZELGESİ	iv
TABLO ÇİZELGESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
ALTI-SİGMA MODELİNİN TEORİK TEMELLERİ VE GENEL ÇERÇEVESİ	
I. ÜRETİM SÜREÇLERİNDE OPERASYONEL MÜKEMMELLİK ARAYIŞI VE ALTI-SİGMA MODELİ YAKLAŞIMI	2
1. Süreçlerde Operasyonel Mükemmellik, Altı-Sigma Kavramları ve Kavramların Tanımı	2
1.1. Operasyonel Mükemmellik Kavramı	2
1.2. Altı-Sigma Kavramı	3
1.3. Performans Ölçme ve Performans Geliştirme Modeli Olarak Altı-Sigma Yaklaşımı	9
1.4. Operasyonel Mükemmellik Arayışında Kullanılan ve Altı-Sigma Kavramına Yakın Duran Diğer Kavramlar ve Yöntemler	10
1.4.1. Müşteri ilişkileri ve yönetimi (CRM-Customer Relations Management)	10
1.4.2. İşletme Kaynak Planlaması (ERP-Enterprise Resource Planning)	12
1.4.3. Yalın Üretim (Lean Manufacturing)	13
1.4.4. Bilgi Yönetimi	14
1.4.5. Tam Zamanında Stok/Üretim (JiT-Just in Time)	15
1.5. Üretim ve Kalite Yönetiminde Uygulanan Başlıca İyileştirme Teknikleri	16
1.6. Altı-Sigma Modeli ve TKY Arasındaki İlişkiler	18
1.7. Altı-Sigma Modeli ile Kaizen Arasındaki İlişkiler	21
1.8. Altı-Sigma ile FMEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) Arasındaki İlişkiler	22
2. Altı-Sigma Süreçlerinin Başlıca Özellikleri ve Proses Sigma Seviyeleri	22
II. ÜRETİM SÜREÇLERİNDE ALTI-SİGMA MODELİ UYGULAMASININ NEDENLERİ, YÖNTEMLERİ VE AMAÇLARI	24

1. Üretim Süreçlerinde Yapısal ve Sistematik Değişim Arayışının Nedenleri	24
1.1. Hatasız-Kusursuz Olma Çabalarının Sebepleri	25
1.2. Süreçlerde Yaşanan Operasyonel Hatalar, Hata Oranları ve Standart Sapma Kaynakları	26
1.3. Süreç Hatalarının Sebep Oldukları Maliyetler:	26
2. Üretim Süreçlerinde Yapısal ve Sistematik Değişim Arayışının Amaçları	31
III. ALTI-SİGMA UYGULAMA METODOLOJİSİ VE PROBLEM ALANLARI	32
1. Altı-Sigma Modeli Uygulama Metodolojisi DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control)	32
1.1 Tanımlama (Define)	32
1.2 Ölçme (Measure)	32
1.3 Analiz (Analysis)	34
1.4 İyileştirme (Improve)	34
1.5 Kontrol (Control)	34
2. Altı-Sigma Uygulamalarında Kullanılan Temel Araçlar	35
2.1.Tanımlama Aşaması Araçları:	35
2.2.Ölçme Aşaması Araçları:	41
2.3.Analiz Aşaması Araçları:	46
2.4.İyileştirme Aşaması Araçları:	48
2.5.Kontrol Aşaması Araçları:	52
3. Altı-Sigma Modeli Organizasyonu	55
4. Altı-Sigma Modeli Uygulamasının Sağladığı Başlıca Avantajlar	58
5. Altı-Sigma Modeli Uygulamasında Yaşanan Başlıca Problem Alanları	59
IV. ALTI-SİGMA MODELİ UYGULAMIŞ OLAN FİRMALARIN ELDE ETTİKLERİ BULGULAR	59
İKİNCİ BÖLÜM	
ÇİMTAŞ FİRMASINDA ALTI-SİGMA UYGULAMASI VE UYGULAMA BULGULARI	
I. UYGULAMA METODOLOJİSİ	63
1. Uygulama Evreni	63
2. Uygulama Yapılan Örgütün Künyesi	63

3. Uygulama Yöntemi	65
II. UYGULAMADAN SAĞLANAN BAŞLICA BULGULAR	66
1. Optimal Boya Parametrelerinin Belirlenmesi	67
1.1. Boya Kontrol Diyagramları	72
1.2. Rakamsal İfade Edilemeyen İyileştirmeler	73
2. Granül Tane Büyüklüğünün Homojen Hale Getirilerek Yüzey Pürüzlüğünün Homojen Hale Getirilmesi	76
2.1. Kumlama Ünitesinde Eski Durum	76
2.2. Kumlama Ünitesinde Yeni Durum	76
2.3. Kumlama Ünitesinde Yeni Değerler	76
SONUÇ	78
KAYNAKÇA	80



ŞEKİL ÇİZELGESİ

Şekil 1: Altı-Sigma Dağılımı	4
Şekil 2: 1.5 Sigma Kayması	5
Şekil 3: Süreç Değişkenliği	7
Şekil 4: Kalite Evi Yardımı ile Ataç Dizayn Analizi.	17
Şekil 5: Kaizen Aşamaları.	21
Şekil 6: Geleneksel Yönetim	24
Şekil 7: Altı-Sigma Yaklaşımı	25
Şekil 8: Maliyet Kalite İlişkisi-Klasik Sistem ve Altı-Sigma Yaklaşımı	29
Şekil 9: Maliyet Hata Yüzdesi İlişkisi-Klasik Sistem ve Altı-Sigma Yaklaşımı	30
Şekil 10: Sürecin Temel Öğeleri.	36
Şekil 11: Teknik Dizayn/Modelleme Süreci, Süreç Haritası	39
Şekil 12: Sebep-Sonuç Diagramı (Balık Kılıçığı Gösterimi).	40
Şekil 13: Normal Dağılım.	41
Şekil 14: Normal Dağılım ve Z-Dönüşümü.	43
Şekil 15: Taguchi'nin Parametre Tasarımı Deney Örneği	49
Şekil 16: Regresyon Analizi Aşamaları	54
Şekil 17: Altı-Sigma'da Organizasyonlar	58
Şekil 18: Kumlama Boya Ünitesi Sarfiyatı Yüzde Dağılımı	66
Şekil 19: Yapılan İyileştirmeler ile Sağlanan Kazançların Dağılımı	67
Şekil 20: Boya Mikron Ölçümü Düzenegi.	67
Şekil 21: Üst Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları	68
Şekil 22: Alt Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları	68

Şekil 23: Sağ Yan Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları	69
Şekil 24: Sol Yan Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları	69
Şekil 25: Değişik basınçlarda, birim zamanda harcanan boya sarfiyatını ölçmek için hazırlanan düzenek.	73
Şekil 26: Boya Tabancası Konstrüksiyonu Eski ve Yeni Durum	74
Şekil 27: Boya Tabancası Strok Sonu Boya Atımı	74
Şekil 28: Boya Tabancası Strok Sonu Boya Atımı	75
Şekil 29: Üst Boya Tabancalarını Taşıyan Konstrüksiyon	76



TABLO ÇİZELGESİ

Tablo 1: Sigma Seviyeleri– Milyon olasılıkta hata bağıntısı	3
Tablo 2: Proses Sigma Seviyeleri.	23
Tablo 3: Hata Oranlarının Gerçek Hayata Yansıması.	26
Tablo 4: Sigma Seviyesi ve Kalite Maliyeti	29
Tablo 5: Süreç Haritası Sembolleri.	37
Tablo 6: Z-Dönüşümü Örnek Verileri.	42
Tablo 7: Cp Değerleri ve Standart Dışa Düşme Oranları	45
Tablo 8: Deney Sayısı Tespiti	51
Tablo 9: Altı-Sigma'da Roller	56
Tablo 10: Şirketlerin 6 Sigma Uygulamaları ile Sağladıkları Kazançlar	61
Tablo 11: Eski Parametreler	70
Tablo 12: Yeni Parametreler	70
Tablo 13: 200mm Yüksekliğe Kadar Olan Malzemeler İçin Durum Değerlendirmesi	71
Tablo 14: 200mm'den Yüksek Malzemeler İçin Durum Değerlendirmesi	71
Tablo 15: I and MR Chart for Elek 1.6	77
Tablo 16: I and MR Chart for Elek 0.7	77

ÖZET

Tezimize konu olan altı-sigma metodları, hem teorik açıdan, hem de deney tasarımı tekniği ile uygulama açısından ele alınmıştır. Birinci bölümde çalışmanın teorik yönüne, ikinci bölümünde de ÇİMTAŞ şirketindeki uygulama bulgularına yer verilmiştir.

Altı-sigmanın teorik temelleri ve genel çerçevesi kapsamında, operasyonel mükemmellik kavramı, altı-sigma kavramının tanımı, altı-sigma kavramına yakın duran diğer kavramlar ve yöntemler, üretim ve kalite yönteminde uygulanan başlıca iyileştirme teknikleri, altı-sigma süreçlerinin özellikleri ve proses sigma seviyeleri açıklanmaya çalışılmıştır. Devam eden kısımda, üretim süreçlerinde altı-sigma modeli uygulamasının nedenleri, yöntemleri ve amaçlarına yer verilmiştir. Altı-sigma metodolojisi adım adım açıklanmış, kullanılan araçlardan bahsedilmiştir. Son kısımda da altı-sigma modeli uygulamış olan firmaların elde ettikleri kazançlar sıralanmıştır.

İkinci bölüm, ÇİMTAŞ şirketindeki altı-sigma çalışmalarından ve elde edilen bulgulardan oluşmaktadır. Uygulamanın gerçekleştirildiği şirketin profilinin tarif edilmesinin ardından, deney tasarımı yöntemi ile yapılan iyileştirmeler iki basamaklı olarak izah edilmiştir. İlk aşamada optimal boya parametreleri belirlenerek iyileştirmeler yapılmış, ikinci aşamada da granül tane büyüklüğünün homojen hale getirilmesi amacıyla kuşlama ünitesi incelenmiştir.

ABSTRACT

Six-sigma methods, which are the subjects of this thesis, are examined both in theoretical and practical ways. Theoretical parts are included in first chapter, while the practicals are explained in the second chapter.

First section, theoretical principles and general view of six-sigma, gives an introduction to terminology, operational perfection concept, six-sigma description, other concepts and methods that are close to six-sigma, main improvement techniques in manufacturing and quality fields, proses specifications and six-sigma levels. In following section, needs and purposes for applications of six-sigma models in manufacturing processes are included. Six-sigma methodology and main tools are covered step by step. Gain and profits, of the firms that carries out six-sigma applications are listed in the last section.

In second chapter, six-sigma applications in ÇİMTAŞ and results are shown. After the presentation of company profile, improvements that are performed in according to design of experiments method are described in two steps. First step contains the determination of optimal paint parameters. This is followed by the homogenizing the granule particle sizes of sanding.

GİRİŞ

Günümüzdeki hızlı teknolojik gelişmeler, ülke ve işletme sınırlarını zorlamakta ve delmektedir. Daha önce paylaşılamayan ya da paylaşılması/takası zaman ve para gerektiren bilgi, hammadde/ürün ve pazarlar çok daha kısa bir sürede daha uygun şartlar ile yer ve el değiştirebilmektedir. Ticaretin, paylaşımın, takasın sürati artmış, değişen dengelere ayak uydurmak zorlaşmıştır. Tekelleşmeden uzak, bu paylaşım ile gelen çetin rekabet ortamı, tempoya ayak uyduramayan ya da “aynı dili konuşamayan” işletmelere artık şans vermemektedir. İşletmeler de pazar pastasından paylarına düşeni rakiplerine kaptırmamak için, müşteri taleplerine daha iyi cevap verecek sistemler kurma çabası içine girmişlerdir.

Bu çaba sonucu Toplam Kalite Yönetimi (TQM), Sürekli İyileştirme (Kaizen), Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM), Yalın Üretim (Lean Manufacturing), Altı-Sigma (6Sigma) gibi müşterinin taleplerini anlama, değerlendirme ve gelecekteki beklentilerini tahmin edebilmeyi, işletmelerin bu yönde kendilerini değiştirebilmesini, ürünlerini/hizmetlerini/proseslerini şekillendirebilmesini sağlayan sistemler kurmuşlardır. Aslında bu sistemler eski devirlerde birebir, yüzyüze yapılan ticaretin sağladığı müşteri odaklılığı ve görüşlerinin iyileştirme amaçlı değerlendirilmesinin milyar dolarlık cirolara ve yüz binlerce çalışana sahip şirketlere uyarlanması olarak da görülebilir. Bu sayede karmaşıklaşan üretim zincirinde yitip giden değerlerin, yine bir organizasyon yardımı ile son üründe eksiksiz katılmasını amaçlamaktadır.

Çalışmamızın konusunu oluşturan altı-sigma yönetim metodu, müşteri ihtiyaçlarını eksiksiz karşılayan ürün/hizmet üretmek amacı ile işletmenin bu ürün/hizmeti meydana getiren prosesleri daha verimli hale getirerek kârlılığını artırma ve bu sayede işletmenin büyüme amacına hizmet etmek üzere uygulanmaktadır.

Bu bitirme tezimizde, konunun hem teorik yapısı, hem de uygulamada elde edilen bazı bulgulara yer verilmektedir. Birinci bölümde çalışmanın teorik yönü ele alınıp değerlendirilirken, çalışmamızın ikinci bölümünde ÇİMTAŞ şirketindeki uygulama bulgularına yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ALTI-SİGMA MODELİNİN TEORİK TEMELLERİ VE GENEL ÇERÇEVESİ

I. ÜRETİM SÜREÇLERİNDE OPERASYONEL MÜKEMMELLİK ARAYIŞI VE ALTI-SİGMA MODELİ YAKLAŞIMI

Ulaşım, taşımacılık ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler fiziksel mesafelerin kısılmasına neden olmuş ve uluslararası ticaretin gelişmesine olanak sağlamıştır. Böyle bir rekabet ortamında işletmelerin iç ve dış pazarlardaki konumunu yarattıkları değerlerdeki farklılıklar belirleyecektir. İşletmelerin bu çabaları sırasında önem kazanan kavramlardan biri de “kalite” olmuştur.

Kalite, bir işletmenin ürettiği mal ve hizmetlerin “**mükemmel olma**” veya “**üstünlük derecesi**”ni ifade etmektedir. Söz konusu üstünlük; hem dayanıklılık, güvenilirlik gibi somut (fiziksel) özellikleri, hem de müşteri tatmininin soyut unsurlarını içermektedir.¹

1. Süreçlerde Operasyonel Mükemmellik, Altı Sigma Kavramları ve Kavramların Tanımı

Her geçen gün rekabet koşulları şirketlerin dikkatini, yarattıkları katma değerden çok, bu değeri nasıl yarattıklarına çevirmektedir. Bu çalışmalar sırasında süreçlerdeki operasyonel fırsat noktaları sorgulanmaktadır. Devam eden bölümlerde “operasyonel mükemmellik” kavramı açıklanarak, şirketlerin buldukları noktadan ulaşmak istedikleri noktaya doğru altı-sigma faaliyetlerinin nasıl uygulanabileceği incelenecektir.

1.1. Operasyonel Mükemmellik Kavramı

Bir organizasyonun operasyonel performansı, büyük oranda proseslerinin kabiliyetine bağlıdır. Başka bir ifadeyle, işletmenin performansı proseslerin kalitesi tarafından belirlenmektedir. Yüksek kaliteli prosesler, yüksek kaliteli ürünleri zamanında ve düşük maliyetlerde üretebilmektedir. Bu nedenle, yapılan her faaliyette operasyonel mükemmelliğe yoğunlaşmak, proses kalitesine odaklaşmaya dönüşmektedir. Operasyonel mükemmelliğe ulaşmada proseslerin ölçümü ve geliştirilmesi, büyük bir önem arz etmektedir. Ürünlerin kalitesi bize proseslerin

kabiliyeti hakkında çok sayıda fikir verebilmektedir. Ürünlerin kalitesinin ölçümü, proseslerin kalitesinin ölçümüdür.

1.2. Altı-Sigma Kavramı

Altı-sigmanın bir sistem olarak tanımlanmasından önce, kelime olarak da hangi anlamlar yüklendiğini araştırmak gerekir.

Sigma, Yunan alfabesindeki bir harfin adıdır. Büyük harf ile temsil edilen sigma genellikle toplam simgesi (Σ) olarak bilinir. Küçük harf olarak kullanıldığında (σ) ise özellikle istatistikte ve istatistiksel süreç kontrolünde çok önemli bir ölçüt olan standart sapmanın simgesidir. Standart sapma, istatistiksel olarak bir dağılım, yayılma, sapma, farklılaşma (heterojenlik) ölçütüdür. Belirli koşullarda oluşan değerler arasındaki farklılaşma ne kadar büyükse, standart sapması da o denli büyük bir değer olarak hesaplanmış olur. Tersine benzeşiklik (homojenlik) düzeyi arttıkça, yani farklılıklar azaldıkça, bunların ölçüsü olan standart sapma da küçülür. Çok ileri ve iddialı bir hedef, sıfır sapmalı (sapmasız) sistemlere ve süreçlere sahip olabilmektir.²

Tablo 1: Sigma Seviyeleri– Milyon olasılıkta hata bağıntısı³

σ	PPM
2	308,537
3	66,807
4	6,201
5	233
6	3.4

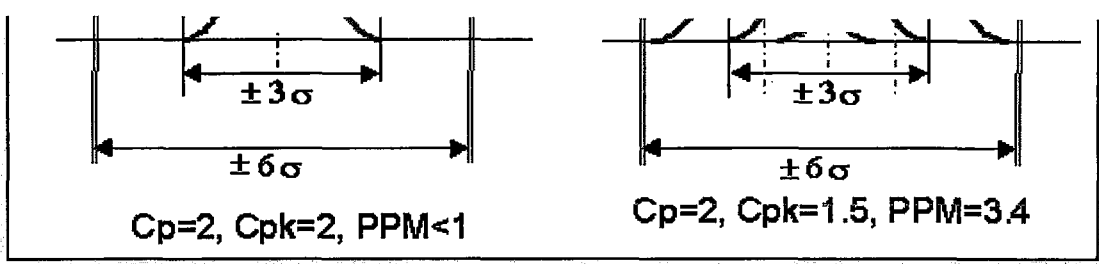
Aktan'ın “Çağdaş Yönetim Anlayışı: Toplam Kalite” adlı makalesine⁴ göre, Altı-Sigma konusundaki ilk çalışmalar 1930'lu yıllarda Bell Telephone şirketinde İstatistiksel Kalite Kontrol alanında çalışan Walter Shewhart tarafından yapılmıştır. Shewhart'ı, daha sonra dünyaca tanınan çalışmaları ile Edward Deming ve Joseph Juran izler. Japon Bilimadamı Kaoru Ishikawa'nın “Kalite Çemberleri ve Neden-Etki Analizleri” de önemli çalışmalar arasında yer almaktadır. 1980'lerde Motorola ve

¹ İsmet Mucuk, **Temel İşletme Bilgileri**, İstanbul: Türkmen Kitabevi, 2001, s.95.

² Halit Kasa, “Vizyoner Açılımlar Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma Buluşması”, **İş Yaşamı Dergisi**, Temmuz 2002.

³ <http://www.symphonytech.com/articles/sixsigma.htm>

⁴ <http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2003/10/13/ekonomi/ekonomi1.html>



Şekil 1: Altı-Sigma Dağılımı⁸

Herhangi bir sürecin değişkenliği, sürecin ortalamaya, yani dağılımın merkezine olan uzaklığı, standart sapmalar ya da sigmalar ile ölçülerek bulunur. Bir sürecin normal dağılımı (\pm)3 sigma uzaklığında olmalıdır. Bu % 99.7 ölçeğidir. Yani üretilen üründen ya da hizmetten milyonda 997.300 tanesi, bu (\pm)3 sigma sınırlarının içinde kalmaktadır; geri kalan 2700 tanesi hatalı olmaktadır. Oysa süreç iyileştirilerek, sürecin normal

⁵ <http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2003/10/13/ekonomi/ekonomi1.html>

⁶ Peter Pande, R.P. Neuman, R.R. Cavanagh, **Six Sigma Yolu**, İstanbul: Klan Yayınları, 2003, s.12.

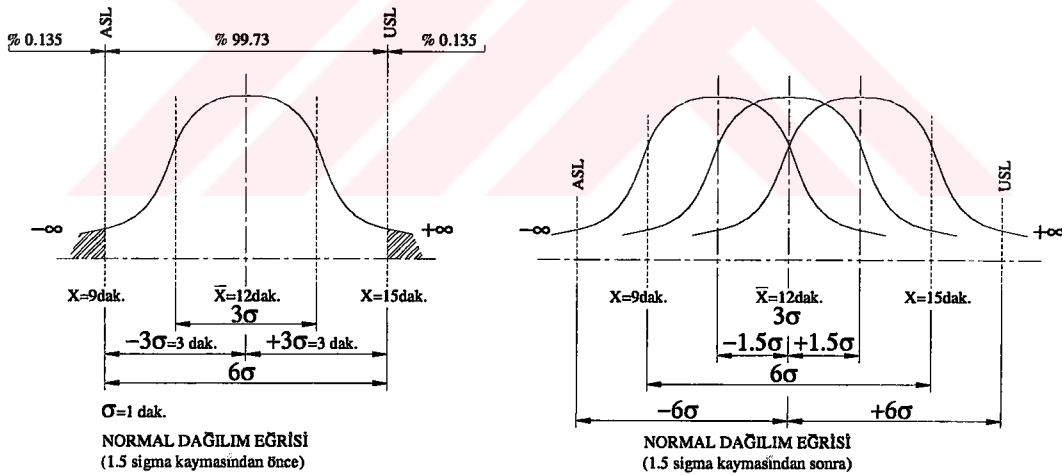
⁷ SPAC, "Yönetici Bilinçlendirme Eğitim Notları". Altı sigmanın dünya çapında tanınmasını ise 1990'ların ikinci yarısında GE'deki uygulamalar sağlamıştır. www.insankaynaklari.com

⁸ <http://www.symphonytech.com/articles/sixsigma.htm>

değişkenliğinin iki katını kabul eden bir tasarım (± 6 sigma), her ürün ya da hizmet için milyonda 2700 yerine, 3.4 hata verecektir.⁹

“1.5 Sigma Kayması-Sigma Shift” olarak adlandırılan bu dönüşüm, bir çok altı-sigma konseptinden daha karmaşıktır. Olayın özünde standart normal dağılım yatmaktadır. Bu dağılım geniş bir uygulama alanına sahiptir ve birçok sistem bu dağılım ile modellenmeye çalışılmaktadır. Dağılım her iki yönde de $\pm\infty$ 'a uzanmasına rağmen, dağılımın çizimlerinde genellikle $\pm 3\sigma$ standart sapmalık alan gösterilir, çünkü bu alan verilerin %99.73'ünü içermektedir. Altı-Sigmadan önce bütün kalite hesapları herhangi bir değişiklik yapılmadan bu dağılıma dayanarak yapılmaktaydı.¹⁰

Örneğin çağrı merkezleri ile ilgili yapılan bir ankete göre, telefonda 15 dakikadan fazla bekletilen müşteriler durumdan hoşnutsuzluk duymaktadırlar. Bekleme süreleri mükemmel olarak normal dağılmış olsun, ortalama bekleme süresi 12 dakika ve standart sapması da 1 dakika olarak kabul edilirse, sözü geçen 15 dakikanın normal dağılım alanında +3 standart sapmada olduğu görülür. +3 standart sapmanın ötesindeki alana bakarak müşteri beklentilerinin sadece %0.135'lik kısmının karşılanmayacağı tahmin edebiliriz.



Şekil 2: 1.5 Sigma Kayması

Altı-Sigma, kabul edilebilir değerlerin dışındaki yüzdeyi hesaplarken, yukarıda sözü edilen prosedürü, hesaplanan ortalamayı 1.5 sigma değiştirmek sureti ile yapmaktadır. Hatta bekleme zamanı örneği için hesaplanmış olan 12 dakikalık değer yerine, ortalama

⁹ http://www.ugurzel.com/Makaleler/Makaleler/6_sigma.htm

¹⁰ Thomas Pyzdek, “The 1.5 Sigma Shift”, *Six Sigma and Beyond*, Kasım 1999. <http://www.pyzdek.com>

hesaplamaları altı-sigmaya göre 13.5 dakika üzerinden yapılmalıdır. Bu hesaplama ile beklentileri aşan kısım %6.68 lik bir yaklaşım ile tahmin edilebilir.¹¹

Modellerin birebir gerçek sisteme uyum göstermeleri çok zordur. Modellerin doğruluktan ziyade asıl özellikleri, kullanışlı oluşlarıdır. Örneğin geleneksel normal dağılım modelinin gerçek sisteme birebir uyum göstermesi imkânsız gibidir, fakat sık sık uygulanabilen bir model olarak kullanılmıştır. Bir üretim örneği düşünülecek olunursa, aşırı basitleştirmeler, kısa dönem varyasyonlarına dayanılarak tahminlenen sigma değerini içerir. Aslında gerçek durum bu değildir. Ürünün sunulacağı çevreyi düşünmeden başarı sağlanamaz ve müşteri ihtiyaçları tam anlaşılamaz. Bu durumda 1.5 sigmalık kayma, modelde hesaba katılmayan faktörlerin düzeltilmesine yardımcı olur.¹²

Değişkenlik kavramının başarıyı hangi oranlarda etkilediği ve altı-sigma açısından önemi aşağıdaki Pande, Neuman, Cavanagh 'ın birlikte yayınladığı Six Sigma Yolu kitabından birebir alınmış örnek ile açıklanmaya çalışılmıştır. Değişkenlik kavramı açısından "işe gitme süreci"değerlendirilecektir. Hedef "işe her gün zamanında gitmek"tir. "Zamanında" demek, sabah 08:30'da işe varmak demektir. Önce basitleştirmek adına, evden daima saat tam 08:12'de çıkıldığı varsayılır. Böylece işe ulaşmak için "hedeflenen" ulaşım süresi 18 dakika olarak hesap edilmiştir. 18 dakikalık ulaşım süresi ideale yakın bir değerdir, çünkü bu süre işe hazırlanma ve gün içerisinde yapılacakları planlama fırsatı verir. 08:30'dan iki dakika erken ya da geç varmak sosyal yargılar göz önüne alınarak kabul edilebilir olduğuna göre, "spesifikasyon sınırları" ya da "müşteri talepleri" 16 ile 20 dakikalık bir yolculuk aralığında değişmektedir. Bu aralık içinde kalan her dakika "kabul edilebilir" bir zamandır. Bu sınırlar teknik olarak "Alt Spesifikasyon Limiti" ve "Üst Spesifikasyon Limiti" olarak ifade edilir.

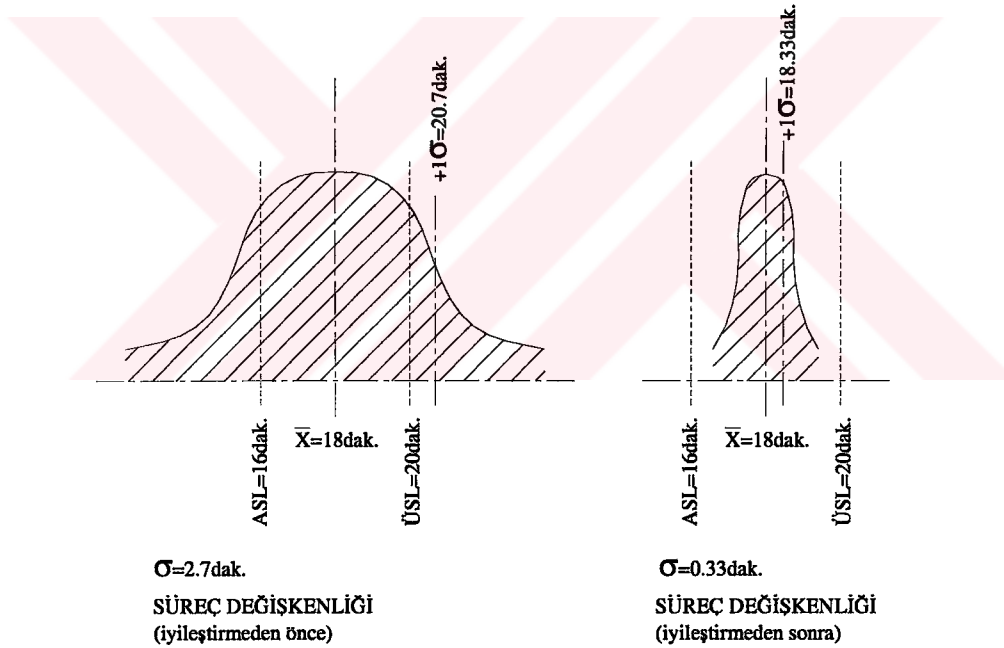
Altı-sigma yaklaşımına göre, mevcut süreç değerlendirilmelidir. Öncelikle işe gitmek için aslında ne kadar zaman gerektiği tespit edilmeye çalışılır. Bunun için bir takım ölçümler yapılır. Bir kaç ay boyunca her iş günü işe gidiş süresi ölçülerek gerekli veriler toplanır. Sonuçlara bakılınca, ortalama işe ulaşım süresi 18 dakikadır. Ancak daha ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, 18 dakika görüldüğü kadar mükemmel değildir. Bütün veriler bir histograma yerleştirildiğinde, bu süreci etkileyen bir çok değişken olduğu görülür. Spesifikasyon sınırları dışında kalan, yani park yeri bulamamak, trafik gibi değişkenler nedeniyle iki dakikadan daha da erken gidilen ya da

¹¹ Thomas Pyzdek, "The 1.5 Sigma Shift", *Six Sigma and Beyond*, Kasım 1999. <http://www.pyzdek.com>

¹² http://www.geocities.com/alti_sigma/

iki dakikadan daha geç kalınmış olan bir çok gün vardır. Ulaşım sürecindeki değişkenlik miktarının belirlenmesi için, toplanan verilerdeki standart sapma, bir tablolama programı ya da bir istatistik yazılım kullanılarak hesaplanabilir. Bu hesaplamalar sonucunda standart sapmanın (σ)2.7 dakika olduğu görülür. Başka bir deyişle, ortalamadan ± 2 dakika olarak belirlenen spesifikasyon sınırları arasında 1σ 'dan daha azı sığmaktadır.

Ulaşım sürecindeki değişkenliklerde yapılan bir takım iyileştirmelerin ardından tekrar veri toplanır ve değerlendirilir. Bu çabalar sonrası görülecektir ki, ulaşım süresi hâlâ 18 dakika olmasına karşın, değişkenlik çok daha azdır. Bu aralık daha düzenli kontrol edilirse, işyerine 16 dakikadan daha erken ya da 20 dakikadan daha geç varma olasılığı ortadan kaldırılır. İstatistiksel olarak ifade etmek gerekirse, standart sapma 2.7 dakikadan 0.33 dakikaya düşürülürse ortalamaya kıyasla altı standart sapmalı performans yakalanmış olunur.



Şekil 3: Süreç Değişkenliği¹³

Bir performans artırma yöntemi olarak, Altı-Sigma'nın kapsamını ifade eden bir tanımlama da, aşağıda olduğu gibi önerilebilir:

Altı-Sigma işte başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaştırmak için kapsamlı ve esnek bir sistemdir. Altı-sigmayı işleten mekanizma, müşteri ihtiyaçlarını

¹³ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.56.

derinlemesine anlamak; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanmak; iş süreçlerini yönetmek, iyileştirmek ve yeniden keşfetmek demektir.¹⁴

Altı-Sigma ile amaçlanan hataların mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Bu noktada, istenilen kalite düzeyine ulaşılması için üzerinde durulan üç anahtar faktör bulunmaktadır. Bunlar; müşteriler, süreçler ve çalışanlardır.¹⁵ Altı-Sigma sisteminin temel ilkelerinin de genel olarak bu faktörler üzerine kurulu olduğunu görmekteyiz. Bir yönetim sistemi olarak tanımlanan Altı-Sigma'nın temel ilkeleri, altı başlık altında incelenmektedir.¹⁶ Bunlar:

(1) Müşteri odaklılık

Altı-Sigma'da müşteriye odaklanmaya büyük önem verilmektedir. Kurulumun ilk aşaması olan performans ölçümü müşteri ile başlamaktadır. Ayrıca iyileştirmeler de müşteri tatmini ve değeri üzerinde yaratılan etkilerle tanımlanmaktadır. Müşterilerin sadece bugünkü değil gelecekteki muhtemel ihtiyaç ve istekleri de önceden tahminlenmeli ve işletmenin rekabet avantajlarıyla birleştirilmelidir.

(2) Verilere ve gerçeklere dayalı yönetim

Son yıllarda ölçmeye, geliştirilmiş bilgi sistemlerine ve bilginin yönetime verilen önemin artmış olmasına karşın, işletmelerin pek çok kararın hala daha belirli yorum ve varsayımlara dayandırılarak alındığını görmekteyiz. hataların bulunması ve ortadan kaldırılmasında kapsamlı ve karmaşık verilerin toplanması ve istatistiksel analizlerinin yapılması Altı-Sigma'nın temel noktalarından birisidir. Altı-Sigma uygulamalarının ilk aşaması iş performansını değerlendirmesi için gerekli anahtar ölçütlerin belirlenmesidir. Belirlenen bu ölçütler, kritik değişkenlerin tanımlanmasında ve sonuçların optimize edilmesinde kullanılmaktadır.

(3) Sürece odaklanma, yönetim ve iyileştirme

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

¹⁴ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.13.

¹⁵ B.Little, *Six Sigma Techniques Improve The Quality of e-Learning, Industrial and Commercial Training*, 2003, ss. 104-108.

¹⁶ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.45.

(4) Proaktif yönetim

Proaktif yönetim, başarı için iddialı hedefler oluşturmak, bunları sık sık gözden geçirmek ve problemlerin önceden görülmesi ve önlenmesine odaklanmaktır. Altı-Sigma, tepkisel alışkanlıkların yerine, dinamik, duyarlı ve proaktif yönetme biçimini yerleştirmek için gerekli araç ve uygulamalardan yararlanmaktadır.

(5) Sınırsız işbirliği

Burada sınırsız işbirliğinde anlatılmak istenen kişinin kendisini bilinçsiz bir şekilde feda etmesi değildir. Altı-Sigma ile anlatılmak istenen, hem son kullanıcıların gerçek taleplerini hem de bir süreç ya da üretim zincirindeki iş akışını ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasıdır.

(6) Mükemmel yöneliş, başarısızlığa karşı hoşgörü

Altı-Sigma'yı hedefleyen her işletme, kendini sürekli olarak mükemmel olmaya zorlamalı, (çünkü müşterilerin mükemmel tanımı sürekli değişecektir) arada sırada karşılaşılabilecek başarısızlıkları kabullenebilmelidir.

1.3. Performans Ölçme ve Performans Geliştirme Modeli Olarak Altı-Sigma Yaklaşımı

Süreç performans ölçüt ve göstergelerinin amacı, sürecin ne kadar iyi işlediğini anlamaktır. Performans ölçütleri şirket karar mekanizmaları için sağlam bir temel oluşturur. Bu ölçütler geçmişe dönük değerlendirme amaçlı kullanılabildikleri gibi, geleceğe dönük yönlendirici amaçla da kullanılabilirler.

Müşteri memnuniyeti için müşteri memnuniyeti anketi, arızalardan kaynaklanan makine duruşları için bu nedenle duran makinelerin duruş süreleri toplamı, geç yapılan teslimatlar için geç teslimat sayısı, gelen talepleri yanıtlama hızı için siparişten teslimata geçen ortalama süre, performans göstergesi olarak kullanılabilir.

Altı-sigma yaklaşımı doğrultusunda performans göstergeleri problemlerin ve fırsatların tespitinde anahtar rol oynar. Bir firmanın performansı süreçlerindeki Sigma düzeyi ile ölçülür. Performansın sigma düzeyi ile ölçülmesi şirket içinde performans değerlendirmelerinin karşılaştırılmasını kolaylaştırır. Bir başka deyişle birbirleriyle direkt karşılaştırılması ve değerlendirilmesi mümkün olmayan süreçler sigma düzeyleri tespit edilerek değerlendirilebilir.

1.4. Operasyonel Mükemmellik Arayışında Kullanılan ve Altı-Sigma Kavramına Yakın Duran Diğer Kavramlar ve Yöntemler

Altı-sigma, diğer sistemlerden de yardım alan bir yöntemdir. Doğrudan uygulanabilen ya da altı-sigma uygulamalarını tamamlayan yöntemlerden bazıları aşağıdaki gibidir:¹⁷

1.4.1. Müşteri ilişkileri ve yönetimi (CRM-Customer Relations Management)

Mal ve hizmet üreten ve satan tüm kuruluşlar hizmet ettikleri müşterilerini memnun ettikleri müddetçe, hedefledikleri temel performans sonuçlarını gerçekleştirebilirler ve müşterilerinin bağlılıklarını sağlayabilirler. Ancak her müşteri farklıdır, farklı alışkanlıklara ve farklı ihtiyaçlara sahiptir. Bu durumda müşteri bağlılığını sağlamak için, her müşteriye göre farklı yaklaşım biçimleri geliştirilmelidir.

CRM, müşteri bağlılığını sağlamaya yönelik, müşteri esaslı bilgilerin toplanması ve firmanın pazarlama hedeflerine uygun kullanılmasıdır. Yeni müşteriler kazanmak ve mevcut müşterilerle ilişkileri sürdürmek, CRM'in temel hedefidir. CRM kuruluştaki her türlü müşteri bilgisini, bir enformasyon sistemine bağlamaktır. CRM rekabet üstünlüğü sağlayan bir satış ve pazarlama felsefesidir. Altı-sigma yaklaşımında iyileştirme faaliyetleri, müşterinin (gerek nihai müşteri, gerekse de müteakip süreç müşterisi) ihtiyaçlarına göre yönlendirilir. CRM, altı-sigmanın sürecin iyileştirilmesi için ihtiyaç duyduğu bilgiyi işleyerek sisteme aktarır.

Geçmişte az sayıda müşteriyle birebir ilişkiler şahsi olarak kurulabilirken, fazla sayıda müşteri ile benzer ve hatta çok daha ileri ilişkileri başlatabilmenin kişisel olarak yürütülme imkânı yoktur. Bunun için kesinlikle teknoloji gerekmektedir.

Kurumların müşterileri ile uzun dönemli bir “Öğrenen İlişki”, yani müşteriyi kümülatif olarak tanımak üzerine kurulu bir ilişki geliştirebilmeleri için, üç tür teknolojiye ihtiyaçları vardır.¹⁸

- Veri Tabanı(databases): Her birim müşterinin kurum ile yapmış olduğu işlemlerin ve kurduğu ilişkilerin sistemsel hafızaya alınması.

¹⁷ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.43.

¹⁸ Arman Kırım, **Strateji ve Birebir Pazarlama CRM**, İstanbul: Sistem Yayıncılık, 2001, s.95.

- **İnteraktif Medya:** Çağrı merkezleri(call centers), web siteleri, satış otomasyonu, vb. Bu sayede her müşterinin nasıl bir muamele istediğini belirlemek mümkün olur.
- **İsmarlama Seri Üretim Teknolojisi:** Her müşteriye farklı muamele yapabilmek ve hatta ürün ve hizmetlerin bireysel farklılıklara uyarlayabilmek için gerekli olan diJiTal teknoloji.

Seri üretimi (mass production) mümkün kılan teknoloji, beraberinde haliyle seri/kitlese pazarlamayı da getirdi. Burada asıl olan, ürün ve hizmetleri en düşük maliyetle üretebilmek ve en düşük maliyetle en geniş müşteri kitlesine ulaştırabilmektir. CRM müşteri kitlesinin ihtiyaçlarının anlaşılması için, kullanılan en güçlü sistemlerdendir. Altı-Sigma da maliyetlerin düşük tutulmasını ve müşterinin talep ettiği ürün veya hizmetin en iyi şekilde karşılanmasını amaçlayan bir sistemdir.

1.4.2. İşletme Kaynak Planlaması (ERP-Enterprise Resource Planning)

İKP, üretimde darboğazların giderilmesine, dağıtım kaynaklarının daha iyi planlanmasına, müşteri hizmetlerinin iyileştirilmesine ve stokların minimum seviyede tutularak en iyi şekilde kullanılmasına imkân vermektedir.

İşletme kaynakları Planlamasının kaynağı 1960'lı yılların öncesinde kullanılan Malzeme Listesi(Bill of Material-BOM)-ürün ağaçları- kavramına kadar gitmektedir. 1960'lı yıllarda Malzeme İhtiyaç Planlama(Material Requirements Planning-MRP), 1970'li yıllarda Kapalı Çevrimli Malzeme İhtiyaç Planlama(Closed-loop MRPI), 1980'li yıllarda Üretim Kaynakları Planlaması(Manufacturing Resource Planning-MRPİI) ve Dağıtım Kaynakları Planlaması(Distribution Resource Planning), 1990'lı yıllarda ise İşletme Kaynakları Planlaması(Enterprise Resource Planning-ERP) sistemleri geliştirilmiştir. İşletme kaynakları Planlaması tüm adı geçen sistemleri kapsayan bir yapıya sahiptir. Diğer taraftan İşletme Kaynakları Planlaması; Türkçe literatürde Kurumsal Kaynak Planlaması veya Teşebbüs Kaynak Planlaması adıyla da anılmaktadır.¹⁹

Özellikle küreselleşmeye paralel olarak, hızla yaygınlaşan çok uluslu firmalar entegrasyon gereksinimini ciddi olarak yaşamaktadır. Entegrasyon, ancak faaliyetleri

¹⁹ <http://iktisat.uludag.edu.tr/dergi/7/baki/baki.htm>

destekleyen bilginin entegre edilmesi ve ulaşılabilir hale getirilmesi ile mümkündür. ERP kavramının gelişmesinin nedenlerini şu şekilde özetleyebiliriz:

- Fiziki olarak dağınık imalât operasyonları,
- Uluslararası dağıtım zincirleri,
- Uluslararası pazarlara açılma gereksinimi,
- JIT tedarik sistemi,
- Yüksek rekabet,
- Değişken dünya pazarı şartları,
- Ekonomik duvarların yıkılması,
- Yönetim organizasyonlarında sadeleşme.

Bu nedenlerin oluşturduğu gereksinim, bilgi teknolojisindeki gelişmeler tarafından desteklenince, ERP doğmuştur. Bilindiği gibi, müşteri/hizmet veren (client/server) tasarımı, bilgiyi bir ađ üzerinde fiziki noktalara dağıtmakta, değişik bilgisayarlarda saklamakta, oluşan bu dağınık veri tabanı sistemi içinde elektronik işletim teknolojisi ve grafik kullanıcı arayüzler ile bağlantı sağlanmaktadır. Böylece üzerindeki herhangi bir kullanıcı program ve veri tabanlarının fiziki konumuna bakmaksızın, küresel verilere ulaşabilmekte, dağınık veri sistemini tek bir birim gibi kullanabilmektedir.

ERP sistemi, temin sürelerini ve maliyetleri global (işletme genelinde) bir anlayışla azaltma amacına yöneliktir. Her seviyede işlerin tek bir global işletme düşüncesiyle yürütüldüğu bir sistemdir. Proaktif bir düşünce ile sorunlar önceden görülrerek gereken önlemler zamanında alınabilmektedir. Herhangi bir noktada alınacak bir kararın işletmenin bütününe etkileri görülebilmektedir. Bir metot değişikliğinin işletmenin global performansına etkisi değerlendirilebilmektedir. Her çalışanın istediği veriye istediği zaman erişebilme olanağı, yönetim yapısını da yalınlaştırmaktadır.²⁰

Altı-sigma açısından işletme kaynak planlaması, süreç içerisindeki risk ve belirsizliklerin azaltılmasında kullanılan veri tabanı görevini görür. Süreçlerin ihtiyaçlar doğrultusunda planlanması altı sigma uygulamalarına yardımcı olurken, süreç sigma

²⁰ <http://iktisat.uludag.edu.tr/dergi/7/baki/baki.htm>

seviyeleri ile performansların değerlendirilmesi de, bir sonraki planlama aşamasına veri sağlamaktadır.

1.4.3. Yalın Üretim (Lean Manufacturing)

Yüz sene önce Fredrick Taylor'ın, Henry Ford'un, Andrew Carnegie'nin israfı ve verimsizlikleri azaltmak, kaliteyi artırmak için izlediği yöntemler bugün için de geçerlidir. 1940'tan itibaren Toyota'nın başındaki Taiichi Ohno'nun Amerika'daki otomobil Üreticileri ile rekabet edebilmek için başlattığı üretkenliği, verimliliği ve kaliteyi artırıcı yöntemler, Toyota Üretim Sistemi'nin doğmasına götürmüştür.

1980'lerde bu sefer Japon üreticiler karşısında zorlanan Amerikan şirketleri, bu yöntemleri öğrenme ve kullanma konusunda birbirleri ile yarışmaya başlamıştır. 1985 yılında MIT'de başlayan uluslararası otomobil endüstrisi konusunda yapılan 5 milyon dolar bütçeli araştırma projesi ve sonucunda yayınlanan "Dünyayı Değiştiren Makine" (The Machine That Changed the World) adlı kitap, verimlilik ve üretkenlik konusunda izlenen yöntemlerin önce "yalın üretim ve daha sonra "yalın düşünce" çerçevesinde tartışılmasına öncülük etmiştir.²¹

Tüm bu yaklaşımlar, en basit tanımı ile, israfın azaltılmasını hedef almaktadır. Öte yandan, Ohno ile Toyota Üretim Sistemi'nin geliştirilmesinde çalışan Shingo, "israfı azaltma" gibi bir sloganın fazla anlam ifade etmediğini söylemektedir. Önemli olan, israftan neyin kastedildiğinin belirlenmesindedir.²²

Yalın tanım olarak Hopp ve Spearman'ın "Fabrika Fiziği" (Factory Physics) adlı kitaplarında, bir malın veya hizmetin üretimi için gerekli emniyet payına bağlı olarak ifade edilmektedir. Örneğin, bir makine çok sık bozuluyorsa, daha sonraki işlemlerin etkilenmemesi için, emniyet stoku olarak arada tutulan stok arttırılabilir. Ya da bu makineden bir tane daha alınıp, emniyet payı olarak yedekte tutulabilir. Başka bir seçenek de, olası bozulmalardan sonraki tamir zamanını da göz önüne alarak, emniyet payı olarak siparişe önceden başlamak olabilir. Emniyet payı bu örnekte olduğu gibi stok, kapasite veya zaman olabilir. En az emniyet payı maliyeti ile yapılan üretim ise, bu tanıma göre yalındır.

Stok, kapasite veya zaman emniyet payları birbiri ile yer değiştirebilir. Örneğin, Toyota Üretim sisteminde bilinçli olarak emniyet payı olarak stok yerine kapasite

²¹ http://www.sahinlerholding.com.tr/EI/yonetim/URETKENLIK_YALIN_YAKLASIM.doc

seçilmiştir. Bu şekilde stok fazlasının sakladığı problemlerin çözülmesi için bir zemin hazırlanmıştır.

Emniyet payını artıran en önemli etkenlerden biri de değişkenliktir. Değişkenlik hem üretim hızı, bozulmalar, kayıp ve tekrar üretim gibi girdiler ile ilgili, hem de talep değişkenliği, ürün çeşitliliği, sipariş büyüklüğünün değişkenliği gibi çıktılar ile ilgili olabilmektedir. Diğer yandan, istenmeyen değişkenliğin artması, kendini artan stok miktarları, kapasite kaybı, uzayan akış süreleri olarak göstermektedir ve istenmeyen değişkenliğin bu zarar verici etkilerini azaltmak gerekir. Yalın üretim uygulamalarında bariz israfın azaltılması konusunda yapılanlar, istenmeyen değişkenliğin azaltılması için yapılanlara göre daha fazla ağırlık taşımaktadır. Değişkenliğin azaltılmasını amaçlayan altı-sigma çalışmaları bu yüzden yalın yönetim uygulamaları için önem taşımaktadır.²³

1.4.4. Bilgi Yönetimi

Günümüzün global iş ortamında rekabet tüm işletmeleri daha yüksek düzeylerde kaliteli hizmet vermeye zorlamaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte eskiye nazaran ürünlerin yaşam döngülerini kısaltmakta ve daha fazla sayıda daha karmaşık ürünler üretmek mümkün olmaktadır. Mevcut değişime ayak uydurabilmek adına şirketler yeni teknolojileri benimsemek zorundadırlar, aksi takdirde pazar paylarını kaybetme riski ile karşı karşıya kalmaktadırlar.

Bu sürekli değişim ortamında rekabette başarılı olmak, değişen iş koşullarını önceden tahmin edebilmek ve bunlara hızla yanıt verebilmek demektir. Şirketlerin bunu yapabilmesi için, işin tüm cephelerini güçlü ve esnek bir biçimde destekleyen sağlam bir bilgi sistemine ihtiyacı vardır. Bu sistemler şirketlere, iş uygulamalarından ve örgütsel yapılardan lojistik, proje yönetimi, finans, servis ve imalâta kadar her cephede değişimlere uyum sağlama yeteneği kazandırmaktadır. Teknoloji sayesinde bilgi akışı hız kazanmakta ve bilginin işlenmesi ve yönetilmesi kolaylaşmaktadır.

Altı-sigma çalışmalarında müşterinin sesi ve sürecin sesinden gelen bilgiler ışığında iyileştirmeye açık yönler ve fırsat noktaları tespit edilir. Bilgi ne kadar hızlı ve nitelikli elde edilirse, iyileştirmeler de o kadar tutarlı ve hızlı gerçekleşmektedir.

²² http://www.sahinlerholding.com.tr/EI/yonetim/URETKENLIK_YALIN_YAKLASIM.doc

²³ http://www.sahinlerholding.com.tr/EI/yonetim/URETKENLIK_YALIN_YAKLASIM.doc

1.4.5. Tam zamanında stok/üretim (JiT-Just in Time)

JiT, müşterinin ihtiyaçlarını/isteklerini karşılayacak ürünü, en az miktarda malzeme, ekipman, işgücü ve alan kullanarak, ihtiyaç duyulan zamanda, ihtiyaç duyulan miktar kadar üretme tekniğidir.

JiT, akış şeklinde üretim yapılmasının sağlanması, takt zamanı uygulamasının yerleştirilmesi, üretim temposunun talep hızına eşitlenmesi, üretim sisteminin çekme prensibine göre kurulması gibi unsurlara bağlıdır.

Üretim sistemi içinde aksaklıkları tolere etmeyen bir sistem yaratır; üretimde israfı en aza indirir, akış süresini azaltır.²⁴

JiT üretim sisteminin özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Takt zamanına göre tempolandırılmış üretim
- Operasyon sırasına göre dizilmiş makinalar
- U tipi hücreli yerleşim planları
- Kolay devreye alınabilen/çıkartılabilen operasyonlar
- Küçük ve ucuz teçhizat
- Tek parça akış üretimi
- Çok yönlü işgücü
- Tanımlı standart operasyonlar

JiT ile birlikte anılan metodlardan biri olan “Kanban”, “kart” anlamına gelir ve amacı JiT’in gerçekleştirilmesini sağlamaya yardımcı olmaktır. Çekme (Pull) tipi üretimde bir sonraki operasyon, bir önceki operasyondan gereksinim duyduğu parçaları, gereksinim duyduğu anda ve miktarda alır. Benzer şekilde bir önceki operasyon da, bir sonraki operasyonun çektiği kadar üretir. Kanban, bu sistemi yürütmeye yarayan bir mekanizmadır. Altı-sigma sistemi ile birlikte düşünülecek olursa, JiT, altı-sigmada olduğu gibi, süreçlerdeki verimliliği arttırmayı amaçlayan bir iyileştirme tekniğidir. Ancak Altı-Sigma, JiT’den daha geniş bir alanda süreçleri anlamaya yönelik bir sistemdir. Altı-sigma, operasyon sırasına göre dizilmiş makinalar gibi JiT’in şekilsel

gerekliliklerinden uzaktır, süreçlerin mevcut durumunun tespit edilmesinin ardından iyileştirilmesi için analitik yöntemler kullanılır.

1.5. Üretim ve Kalite Yönetiminde Uygulanan Başlıca İyileştirme Teknikleri

Üretim ve kalite yönetiminde süreçlerin takibi ve kontrolü için bir takım çizelgeler, tablolar, diyagramlar, kontrol raporları kullanılmaktadır. Gantt Diyagramı, Kalite Evi (House of Quality), Beyin fırtınası, Histogramlar, İyileştirme Çemberleri, süreçlerdeki iyileştirmeye açık yönlerin tespiti, hataların nedenleri, hatalara karşı alınabilecek önlemler gibi bir çok konunun daha iyi anlaşılması ve analiz edilmesini sağlamıştır.

İyileştirme Çemberleri: Aynı sahada çalışan, benzer işler yapan, düzenli aralıklarla toplanan, yükümlü oldukları günlük işlerle ilgili iyileştirmeye açık alanları belirleyen, analiz eden ve çözüm üreten çalışanların gönüllü olarak oluşturduğu küçük topluluklardır.²⁵

Beyin Fırtınası: Yeni fikirlerin açığa çıkması ve irdelenmesi için yapılan düşünce toplantıdır. Fikirler serbestçe dile getirilir. Sert eleştirilerde bulunmamak, düşünmeyi kısıtlamamak açısından önemlidir. Yeni fikirler, olaylara bakış açısını değiştirebilir ve daha önce dikkat edilmemiş bir alandaki fırsatın keşfedilmesini sağlayabilir.

Kalite Evi (House of Quality): Müşteri talepleri ile dizayn karakteristiklerinin karşılaştırılması ve öncelik tespiti için kullanılan bir değerlendirme yöntemidir. Aşağıda bir kağıt atacının dizaynı için düzenlenmiş kalite evi görülmektedir.

²⁴ <http://www.danismend.com/konular/stratejiyon/YALIN%20URETIM%20UZERINE-2.htm>

²⁵ Hazım Kantarcı, **Toplam Kalite Yönetimi ve Toplum Kalitesi**, İstanbul: Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 1999, s.31.

Müşteri Beklentileri	Göreceli Önem Dereceleri (Max.50)						
		+	+	-	+	+	+
		Kapasite	Kullanım Ömrü	Maliyet	Malzeme	Mukavemet	Yüzey Kalitesi
Mühendislik/Dizayn Karakteristikleri							
Kağıtları kırıştırılmadan ya da yırtılmadan tutması.	45	++			+	++	++
Kullanım kolaylığı sağlayan ebatlar.	30	+				+	
İlgi çekici dizayn.	35			+	++		++
Düşük Fiyat	45		+	++	++		+
Kolay imal edilebilirlik.	10	+		++			
Takılmayı önleyen yuvarlak kenarlar.	10				+		++
Farklı adetteki kağıtların da aynı dizayn ile tutturulabilmesi.	35	++			+	+	
Şekil deformasyonu gerçekleşmemesi.	40	+	+		+	++	
Kağıtların kaymadan tutturulması	50	++			+	+	

Şekil 4: Kalite Evi Yardımı ile Ataç Dizayn Analizi.²⁶

Histogramlar: Verilerin dağılımını gösteren çizelgeler, tablolardan oluşan grafiksel araçlardır. Görsel olarak verilerin değerlendirilmesi ve takibini sağlarlar. Bu göstergeler kullanılarak mevcut durum geçmiş verilerle karşılaştırılabilir ve gelecekle ilgili beklentiler tayin edilmeye çalışılır.

²⁶ Demet Türkoğlu ve Duygu Kandemir, "ME431 Mechanical System Design Dersi 'Quality House' Proje Notları", İstanbul: Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2000.

1.6. Altı-Sigma Modeli ve TKY Arasındaki İlişkiler

Toplam Kalite Yönetimi, iç ve dış müşterilerinin karşılaşmasını temel alan çalışanların bilgilendirilip yetkilendirilmesini ve takım çalışmalarıyla tüm süreçlerin sürekli iyileştirilmesini hedefleyen bir yönetim düşüncesidir. Yönetim ise, insanlara yönelik bir faaliyettir.²⁷

Toplam Kalite Yönetimi'nin nihai hedefi, herkesin yaptığı işi sürekli iyileştirmeye çalıştığı, ürettiği mal ve hizmetleri kullananları mutlu etmeyi amaçladığı, performansların evrensel ölçütlere göre değerlendirildiği, sürekli öğrenmeyi ve başarıyı ilke edinen bir topluluk yaratmaktır.²⁸

Altı-Sigma ile Toplam Kalite Yönetimi temel temele zıt kavramlar olmamakla beraber aynı da değildirler. Altı-Sigma'yı Toplam Kalite Yönetimi (TKY)'nden ayıran bir özellik, daha önceki yaklaşımlarda sorunu çözmek esas alınırken maliyet olgusunun göz ardı edilmesidir. Aktivite incelenirken maliyet-çıkar analizi yapılmalı ve maliyeti karşılayacak bir işlem olup olmadığı belirlenmelidir. Bu açıdan Altı-Sigma Toplam Kalite Yönetimi (TKY)'ne göre daha sistematik ve kâr odaklı bir kalite yönetimidir.²⁹

Altı-sigma ile Toplam Kalite Yönetimini birbirinden ayıran diğer bir önemli özellik de "yönetim"dir. Toplam Kalite Yönetiminden farklı olarak altı-sigma'da sadece yönetim safhalarına gömülmüş ve yönetimin izlemesi gereken yolları tayin etmekten başka bir yönle uğraşmayan uzmanlar yoktur. Altı-sigma, Motorola'daki Bob Galvin, Allied Signals'daki Larry Bossidy ve GE'deki Jack Welch gibi doğuştan yetenekli CEO'lar tarafından geliştirilmiştir. Bu insanların aklında tek bir düşünce bulunmaktadır: işi mümkün olan en başarılı şekilde gerçekleştirmek. Kalite sistemlerinin araçları ve teknikleri ile bunu gerçekleştirebileceklerini fark ettikleri anda da bunu mümkün kılacak bir taslak geliştirmeye başladılar: Altı-sigma.³⁰

Kalite uzmanları, imalâta yaşanan kalite problemlerine çözüm bulan birçok faydalı araca sahip olduklarını bilmekteydi. Ancak aşağıda belirtilen hususlarda bir takım sıkıntılar yaşamaktaydılar.

²⁷ Ömer Dinçer, **Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası**, İstanbul: İz Yayıncılık, 1994. s.40.

²⁸ Hazım Kantarcı, a.g.e., s.3.

²⁹ Erhan ADA , Burcu ARACIOĞLU ve Yiğit KAZANÇOĞLU, "Türk İşletmelerinde Verimlilik Artışı İçin Altı Sigma Yönetim Sistemi Modeli", Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, s.8. <http://yaem2004.cukurova.edu.tr/bildiriler/230%20-%20CD.pdf>

³⁰ Thomas Pyzdek, "Why Six Sigma is not TQM?", **Six Sigma and Beyond**, Kasım 1999. <http://www.pyzdek.com>

Kalite uzmanları, sadece kaliteye odaklanarak işletme için önemli olan diğer konuların etkilerini gözardı etmişlerdir. Kalite herşeyi gölgede bırakmıştır.³¹

- Kalite konusunda bir uzmanlık dalı yaratılmış olmasından dolayı ayrı bir statüye dönüşen her fonksiyon gibi toplamdaki etkisi azalmıştır. Sistemin geneline ilişkin tartışmalar yapılsa da işler zorlaşınca herkesin yapacağı gibi kalite uzmanları da kendi bakış açılarına göre yapılacak işleri değerlendirir ve bütçelendirir. Bu gelişmelerin sonucu olarak tipik bir organizasyonda diğer çalışanlar mevcut problemlere çözüm bulma işinin Kalite departmanına ait olduğunu düşünerek kendi çabalarını bu alana aktarmaktan kaçınırlar.
- Toplam Kalite Yönetimi “uzmanlığı”nın en çok hayal kırıklığı yaratan etkilerinden biri “Kalite Polisi” de denilebilecek bir kavramın yaratılmasıyla, bu kişiler, bir işin (yalnızca) bir şekilde yapılması gerektiğinde direten kişilerdir. Bu yöntemden sapmak demek, kalite idealine ya da bazı guruların öğretilerine ihanet etmek anlamına gelirdi. Kalite konusundaki katılığın etkileri iki tiptir. Kaynaklar, uygun ya da gerekli olmayan araçlarla sorunları analiz etmek için kullanılırdı ve kaliteyi uygulamaya çalışan sıradan (yani uzman olmayan) insanlar, bu çalışmalardan dışlanırdı. Bu tür yaklaşımlar, daha karmaşık teknikleri ya da araçları destekleyen ve gereksinim olmasa bile bu tekniklerin uygulanması gerektiğinde ısrar eden kişilerden kaynaklanmaktadır. Yöneticiler altı-sigmanın yalnızca teknik uzmanlık değil, çok çeşitli becerileri gerektiren daha başarılı bir kuruluş yaratmak ve onu sürdürmek olduğunu kavradıkları sürece bu sorunu yaşamazlar.³²
- Uzmanlar bir kalite sistemi kariyer yolu geliştirmişlerdir. Kalite çalışmalarını profesyonel olarak sürdürenler bu konuda yoğunlaştıkları için şirketin diğer süreçlerinde çok az bilgi sahibi olabilmektedirler. İşgücündeki bu ayrım, özel fonksiyonel uzmanlık gerektiren organizasyonlarda kalitenin belirli bir seviyenin üzerine çıkartılamamasına neden olmaktadır.

³¹ Thomas Pyzdek, “Why Six Sigma is not TQM?”, **Six Sigma and Beyond**, Kasım 1999. <http://www.pyzdek.com>

³² Ahmet Koray Ergün, “**Altı Sigma Metodolojisi ve Türkiye’deki Uygulamaları**”, (Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003)

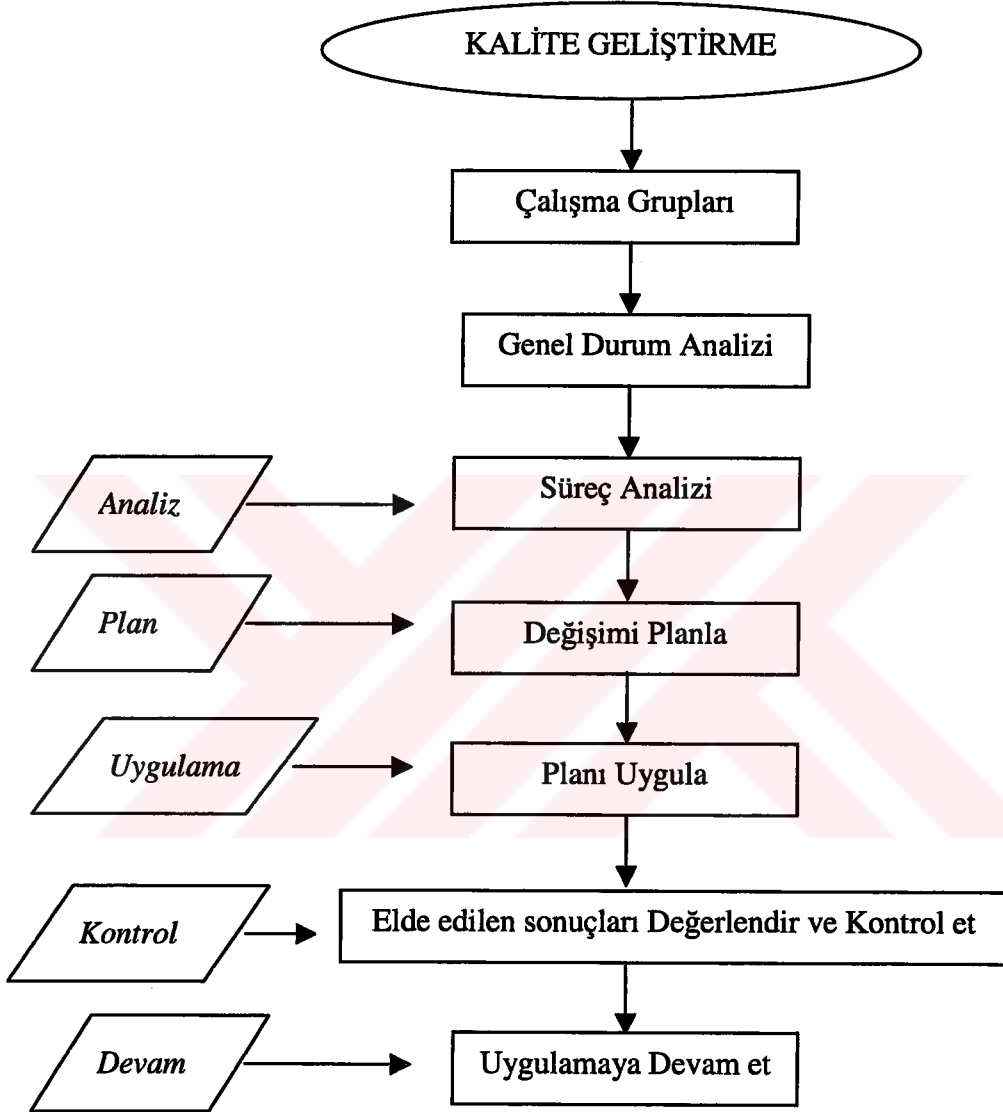
CEO'lar problemlerin ne olduğunu gördükten sonra, bu aksaklıkları giderecek bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Altı-sigma tüm bu aksaklıkları gidermeye çalışan bir yaklaşımdır.

- Altı-sigma, iyileştirme araçlarının kullanımını maliyet, çevrim zamanı ve diğer işletme konularına kadar genişletir.
- Altı-sigma, kalite araçlarının önemini gözardı eder. Bunun yerine basitten gelişmişe doğru bir dizi araç ile çalışır. Herkes tarafından anlaşılabilir istatistiksel araçların kullanılmasını öngörür. ISO9000 ve Malcolm Baldrige National Quality Ödülü gibi kriterleri tamamı ile gözardı eder. Eğitimler kesin çözüm yolları elde edebilmek için teoriler yerine araçların doğru kullanılması üzerine yoğunlaşır.
- Altı-sigma, şirket amaçları ile iyileştirme çabalarını bir bütün olarak birleştirir. Kalite kesinlikle önemlidir ancak şirket amaçlarından bağımsız değildir. Altı-sigma, tüm şirket menfaatlerinin gözetildiğini garanti altına alan bir kuşbakışı yaklaşım geliştirir.
- Altı-sigma, dünya genelinde karşılaştırılabilir bir performans değerlendirmesi yapar.
- Altı-sigma, kalite departmanında çalışmadığı halde kalite faaliyetlerinde görev alan alt çalışma grupları oluşmasını sağlar. Bu çalışanlar tam zamanlı ya da yarı zamanlı olarak kendi iş faaliyetlerinde görev alırlar. Bir Karakuşak Altı-sigma konusunda kariyer yapmaz, iki yıl kadar altı-sigma üzerinde yoğunlaştıktan sonra projesi tamamlandıktan sonra işine kaldığı yerden devam edebilir. Yeşil kuşaklar ise kendi görev tanımları gereği üstlendikleri işleri yerine getirirken eş zamanlı olarak altı-sigma faaliyetlerinde de görev alırlar. Altı-sigmada “kuşak”lar müşterilere, hissedarlara ve çalışanlara fayda sağlayacak geçerli bir katkı sağladığını göstermedikçe “kuşak” olarak ünvanlandırılmak zorunda değildir.

Her iki sistem de belirtilen farklılıklar dışında yakın çalışan yaklaşımlardır. Bu yaklaşımları iyi uygulayan şirketler rekabette avantajlı hale gelmektedir.

1.7. Altı-Sigma Modeli ile Kaizen Arasındaki İlişkiler

Japonca'da "kai" değişim, "zen" de iyi, daha iyi anlamına gelmektedir. Bu iki kelimenin birleşmesinden oluşan "kaizen" sürekli iyileştirme anlamına gelmektedir. Kaizen iş yönetiminde başlı başına bir kavram olup Japonya'nın rekabetteki başarısının anahtarıdır. Sürekli iyileştirmede öncelik proseslerdedir.



Şekil 5: Kaizen Aşamaları. ³³

İyileştirme faaliyetleri, Altı-Sigma felsefesinin yardımcı unsurlarındandır. Süreç iyileştirmesi, çalışma performansı konusunda sorunlara yol açan temel nedenleri ortadan kaldıracak biçimde, odaklanmış çözümler geliştirme stratejisini ifade eder. Süreç

³³ Masaaki İmai, *Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı*, İstanbul: BRİSA Yayınları, 1986.s.48

iyileştirme çabaları bir sorunu, çalışma sürecinin temel yapısına el sürmeden çözmeyi hedefler. Bu nedenle, altı-sigma projelerinin büyük bölümü süreç iyileştirme girişimleridir.³⁴ Ancak altı-sigma'nın asıl başarısı girişimlerle sınırlı kalmamasıdır. Altı-sigma sürecin temel yapısını değiştirme gücüne de sahiptir. Altı-sigma iyileştirme faaliyetleri ile tasarım/yeniden tasarım faaliyetlerini birleştirebilen daha geniş bir yönetim sistemidir.

1.8. Altı-Sigma ile FMEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) Arasındaki İlişkiler

Firmalar piyasada rekabet edebilmeleri için, çeşitli operasyonlardaki hatalarını önlemek veya risklerini azaltmak mecburiyetindedirler. FMEA veya HTEA; sistem, tasarım, proses veya serviste oluşabilecek hataların değerlendirmesini ve bu tür hataların (problemler, yanlışlıklar, riskler vs..) sürekli azaltılmasını hedefleyen özel bir metodolojidir.³⁵

Hata türü ve etkileri analizi, potansiyel sorunları/hataları tanımlamak ve öncelik sırasına koymak için bir bilgi seti, bir süreç ve bir formdur. Faaliyetlerinde FMEA'yi temel alan bir yönetici, iyileştirme takımı ya da süreç sahibi, önlem almak, gözlem yapmak ve tepki planları için enerji ve kaynağı en çok işe yarayacağını düşündüğü yerlerde kullanabilir.³⁶

2. Altı-Sigma Süreçlerinin Başlıca Özellikleri ve Proses Sigma Seviyeleri

Altı-sigma herhangi bir hata oluşma riskinin bulunduğu her tür proseste uygulanabilir. Üretim veya üretilmiş ürünlerin satışı, tasarlama pek çok şirketin temel faaliyet alanlarını oluşturmaktadır. Globalleşme ile birlikte işletmeler hatasız ürün üretmenin önemini kavramıştır. Ancak iş hayatında rekabet gücünü etkileyen tek faaliyet üretim değildir. İşletme faaliyetlerini destekleyen hizmetlerin üstlendiği roller arttıkça, hizmetlerin başarı üzerindeki etkisi de artmaktadır.

Araştırmalar, hizmet esaslı işkollarındaki ve süreçlerdeki tekrarlanan işler, hatalar, vb. düşük kalite maliyetinin çok yaygın olarak toplam bütçenin %50'si gibi yüksek bir oranda olduğunu göstermektedir. Üretim işletmelerinde ise bu oranın %10 ila 20 kadar olduğu tahmin edilmektedir.³⁷

³⁴ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.62.

³⁵ TÜV Südwest, "FMEA Seminer Notları", İstanbul: 2002.

³⁶ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.432.

³⁷ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.84.

Bir ürün ya da hizmetin müşteri isteklerini karşılayamadığı her durum “hata” olarak adlandırılır. Seçilen süreçteki hataların adedi sayılarak, sürecin başarı oranı hesaplanabilir. Başka bir deyişle, süreçten çıkan hatalı ürün/hizmet adetlerinin tüm ürün/hizmet adedine oranı ile sürecin başarı oranı hesaplanmış olur. Bu oran yardımı ile “sigma düzeyi”ni saptamak için aşağıdaki tablo kullanılabilir.

Tablo 2: Proses Sigma Seviyeleri.³⁸

Uzun Vade Başarı Oranı	Proses Sigma	Milyonda Hata	Yüzde Hata
%99.99966	6	3.4	0.00034
%99.9970	5.5	30	0.003
%99.9770	5	230	0.023
%99.8650	4.5	1350	0.135
%99.3790	4	6210	0.621
%97.730	3.5	22700	2.27
%93.320	3	66800	6.68
%84.20	2.5	158000	15.8
%69.20	2	308000	30.8
%50	1.5	500000	50
%31	1	690000	69

Örneğin bu tablo yardımıyla basit bir proses sigma seviyesi aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir. Seyahat bileti kesim süreci ele alınırsa, öncelikle hata tanımı yapılmalıdır. Bu süreçte bilginin yanlış girilmesi, bilginin eksik girilmesi ya da bilginin girilmemesi olmak üzere 3 tip hata yapılabilir. Bir bilet üzerinde kalkış saati, kalkış tarihi, istikamet, oturma düzeni ve bilet tutarı haneleri olmak üzere 5 adet doldurulacak hane bulunduğu düşünülürse ve her hanede yukarıda tanımlanan şekilde 3 tip hata yapılabileceği ihtimali bulunuyorsa, toplam 10 adet bilet kesim işlemindeki proses hata oranı:

$$\frac{3hata}{10bilet \times 5doldurulacak hane} = \frac{3}{50} = \%6 = 0.06$$

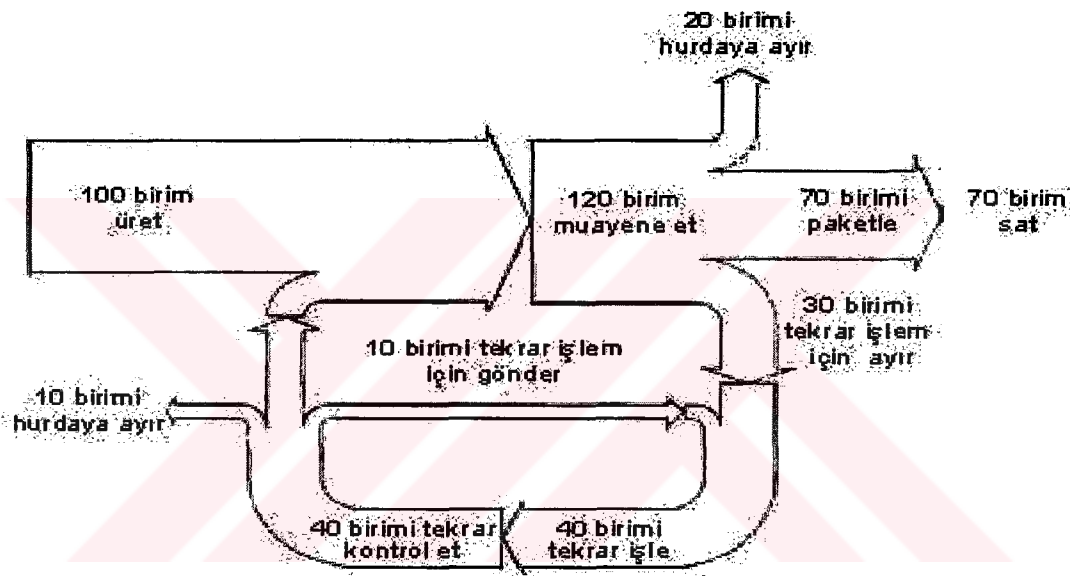
³⁸ ENERA Eğitim Danışmanlık, “Altı-Sigma Seminer Eğitim Notları”, İstanbul: 2003. <http://www.eneraconsulting.com>

Tablodan bakılacak olursa bunun yaklaşık olarak 3.05 sigma seviyesine denk geldiği görülmektedir.

II. ÜRETİM SÜREÇLERİNDE ALTI-SİGMA MODELİ UYGULAMASININ NEDENLERİ, YÖNTEMLERİ VE AMAÇLARI

1. Üretim Süreçlerinde Yapısal ve Sistematik Değişim Arayışının Nedenleri

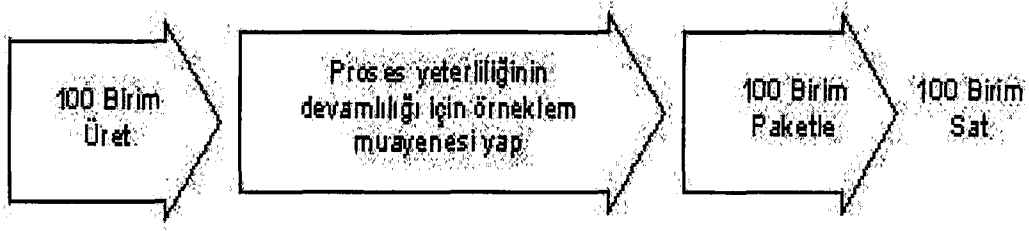
Geleneksel yaklaşımları başarıyla uygulayan işletmeler en fazla üç veya dört sigma seviyesine ulaşabilirler. Bu en az %1'lik hata oranı anlamına gelir. Sadece son ürüne –sonuca– odaklanmak yerine, istenmeyen çıktıların nedenlerini araştırmaya çalışmak iyi bir başlangıçtır.



Şekil 6: Geleneksel Yönetim³⁹

Altı-Sigma, tüm makineleri bir bütün olarak ele almamızı, sistem ve üründeki değişkenliğin sebeplerini bularak sorunu ortadan kaldırmamızı öngörür. Böylece, iyi parçaları kötülerden ayırmak için hattın sonunda kalite kontrol elemanları yerleştirmenize gerek kalmaz.

³⁹ <http://www.kaliteofisi.com>



Şekil 7: Altı-Sigma Yaklaşımı⁴⁰

Eğer mevcut problemleri doğru belirler ve çözebilerseniz müşteriler mutlu olur . Bu amaçla müşteriden alınacak geri besleme yararlı olacaktır. Çünkü problem olarak değerlendirdiğimiz bir husus müşteri için önem taşımayabilir.

Altı-Sigma'yı diğer müşteri odaklı yaklaşımlardan ayıran nokta ise kendisinden önceki pek çok yaklaşımın en başarılı yönlerini bünyesinde toplaması ve sahip olduğu çok güçlü araçlarla bu yaklaşımların vaat ettiklerini gerçeğe dönüştürebilmesidir.⁴¹

1.1. Hatasız-Kusursuz Olma Çabalarının Sebepleri

Bir ürün ya da hizmetin müşteri isteklerini karşılayamadığı her durum “hata” olarak adlandırılır. Denetimde “tepkisel kalite sistemi” esas alındığından; önce hata oluşur, sonra hata analizi yapılır ve gerçekleşen hataları düzeltmek için gerekli olanlar yapılmaya çalışılır. “Önleyici kalite sistemini” esas alan Altı-Sigma yaklaşımında ise; önce potansiyel hata çeşitleri belirlenir. Potansiyel hata çeşitlerinin analizi yapılır. Potansiyel etkiler ölçülür ve son olarak potansiyel hataları önleyici faaliyetler yapılır.⁴²

Altı-Sigma, kritik kalite parametrelerini (CTQ: critical to quality) “müşteri için en kritik olanlar” diye tanımlamaktadır. "Hata" da Altı-Sigma dilinde "müşteri isteklerinin karşılanamadığı durum" dur. Bu nedenle, müşterinin kim olduğu, neler bekleyebileceği ve neler istediği en baştan belirlenirse, iş hem daha kısa sürede, hem de en tatmin edici şekilde sonuçlanacaktır. Bu da ürün/hizmet ve onu sağlayacak süreçlerin müşteri odaklı olarak tasarlanmasını gerektirir.⁴³

⁴⁰ <http://www.kaliteofisi.com>

⁴¹ Akın Bahadır, “Altı Sigma Nedir? Türkiye Altı Sigma'nın Neresinde?” *Sistem Dergisi*, 2002. <http://www.kaliteofisi.com/konular/AltıSigma.htm>

⁴² Aziz AKGÜL, “Türkiye İsrافی Önleme ve Verimlilik Yılı Açılış Toplantısı Konuşma Metni”, İstanbul: 2004. ss.5-8.

⁴³ http://sistem.ie.metu.edu.tr/alti_sigma_nerede.htm

1.2. Süreçlerde Yaşanan Operasyonel Hatalar, Hata Oranları ve Standart Sapma Kaynakları

Bir firmanın performansı süreçlerindeki Sigma düzeyi ile ölçülür. Geleneksel firmalar 3 ila 4 sigma düzeyini yeterli olarak almaktadırlar. Fakat aşağıdaki tablolar incelendiğinde gerçek hayatta bu düzeylerin nelere mal olacağı görülmektedir.

Tablo 3: Hata Oranlarının Gerçek Hayata Yansıması.⁴⁴

Örnek	%99 İyi (3.8 Sigma)	%99.999966 (6 sigma)
10.000 çalışanda kayıp işçilik saati	100 adam-gün	49 dakika
Bir günde kirli su içme zamanı	14.4 dakika	0.3 saniye
Aylık elektrik kesintisi	7.2 saat	8.8 saniye
6 saatlik uçuşta ciddi hava boşluğu tehlikesi	3.6 dakika	0.1 saniye
1,000,000\$ Yatırımdaki kayıp	10,000 \$	3.4 \$

1.3. Süreç Hatalarının Sebep Oldukları Maliyetler

Globalleşme ile birlikte teknolojik gelişmelerin hızla yayıldığı ve uluslararası ticaretin arttığı bir ortamda şirketler arasındaki rekabet daha çetin şartlarda devam etmektedir. Pastanın boyutları aynı kalmakla beraber pastaya ortak olmak isteyenlerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Daha bilimsel olarak ifade etmek gerekirse işletmelerin amacı kendi talep edilebilirliklerini artırarak tüketicilerin satınalma gücünden daha fazla pay almaktır. Bu da yüksek kaliteyi düşük maliyetlerle üreterek ve güvenilirliğin sürekli hale getirilmesi ile mümkün olabilmektedir.

Kalite maliyeti, “oluşacak hataları önlemek amacıyla yürütülen faaliyetlerin planlı kalite gözlem ve kontrolleri ile mamul üretim sürecinde veya üretim sonrasında görülen hataların sonucunda ortaya çıkan maliyetler” olarak tanımlanabilmektedir.⁴⁵

Kalite maliyeti, kaliteye uygunluğun kapsamlı bir finansal ölçüsüdür. Kalite maliyetleri tek bir işletme birimi ya da tüm işletme için hesaplanabilir. Bununla birlikte her bir ürün için de hesaplanabilir.

⁴⁴ <http://www.spac.com.tr/tanitim.html>

⁴⁵ Münir Şakrak, **Maliyet Yönetimi**, İstanbul: Yasa Yayınları, 1997.s.22.

Kalite maliyetleme çalışmalarının amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:⁴⁶

- Çok önemli amaçlar öngörülerek girilen kalite ile ilgili faaliyetlerin işletmeye yüklediği maliyetin tespit edilmesi.
- Kalite yetersizliğinin veya kalite problemlerinin neden olduğu maliyeti ölçmek. İşletmede kalite faaliyetlerinin yürütülmesini sağlamak ve yöneticileri bu faaliyetlerin gerekliliğine ikna edebilmek için kalitesizliğin işletmeye yüklediği maliyeti tespit etmek gerekir. Bu çaba yöneticilerin dikkatlerini kötü kalitenin olumsuz etkileri üzerine çekmek ve yönetimi gerekli tedbirleri almaya yöneltmek açısından önemlidir. Bilindiği üzere kalite problemleri bir taraftan toplam maliyetleri arttırırken diğer taraftan da müşteri memnuniyetsizliğine yol açmakta böylece işletme gelirleri azaltmakta ve giderleri artmaktadır. Bu durum işletmenin rekabet gücünü azaltmaktadır. Bu olumsuz etkilerin, maliyetleme çabaları ile parasal ifadelerle açık ve net olarak ölçülmesi ve raporlanması, gerekli tedbirleri alınmasını sağlamaktadır. Bu açıdan maliyetleme çabaları kalite problemlerinin ve problem alanlarının ortaya çıkarılması ve söz konusu problemlerinin neden olduğu maliyetin saptanması amacını taşır.
- Maliyetleri kontrol altına alarak maliyet minimizasyonu sağlamak: Bilindiği gibi işletmelerin amaçlarına ulaşabilmelerinin bir yolu, maliyetleri minimize etmektedir. Etkin bir gider kontrolü aracılığı ile bu tür maliyetler önlenerek işletmenin toplam maliyetleri azaltılabilir. Kalite problemlerinin ortaya çıkarılması ve önleyici tedbirlerin alınması ile başlangıçta belli bir miktar maliyet artışına yol açan kalite faaliyetleri zamanla kalitesizliğin tüm olumsuz etkilerini önleyerek toplam maliyetlerde önemli azalmalara neden olur.
- Yönetimin bilgi ihtiyacını karşılamak: Yönetim, kalite faaliyetlerini planlama ve bu faaliyetlerin planlara uygunluğunu kontrol etme işlemlerini etkin bir şekilde yerine getirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca maliyetleme çalışmaları ile elde edilen maliyet bilgisi performans değerlendirilmesinde de kullanılabilir.

⁴⁶ Ülkü Dursun, “Kalite Maliyetleri”, (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 2000).

Phillip Crosby'nin çalışmalarında⁴⁷ kaliteli olmanın maliyeti, üretim aşamasında doğru ve kalite standartlarına uygun üretim yapmanın ortaya çıkardığı maliyetlerin tümünden oluşur. Kalitesizlik maliyeti ise, yapılan şeylerin yanlış yapılması ya da hassasiyetin artırılması ve hatalı şeylerin düzeltilmesi ile ilgili maliyetlerin tümünü kapsar. Crosby'e göre kaliteli olmanın maliyeti, başarılı bir işletmede genel satışların %2-3'ü düzeyindedir. Buna karşı kalitesiz olma maliyeti ise, çoğu firmada satışların %20-25'ine yakındır.⁴⁸

Feigenbaum dört çeşit kalite maliyetinin olduğunu belirtmektedir.⁴⁹

- Harici Hata Maliyetleri: Garanti talepleri, hizmet maliyetleri.
- Dahili Hata Maliyetleri: Iskarta ve yeniden düzeltme ile ilgili işçilik ve malzeme giderleri
- Değer Bıçme ve Tespit Maliyeti: Test donanımı ve örnekleme yapılı malzeme giderleri, tespit işçilik maliyeti, kalite denetimleri, vb.
- Kötü Kaliteyi İyileştirme Maliyeti: Kalite Planlaması, Süreç Planlaması, süreç kontrolleri ve eğitim.

Bir çok kalite anlayışı kalite seviyesi ile şirketin süreçleri arasındaki bağlantıyı açıklayamazken altı-sigma buna açıklık getirmektedir. Altı-sigma somut ve ölçülebilir sorular sorarak en sonunda kazanç getiren sonuçlara ulaştıran bir süreç olarak tanımlanmaktadır.⁵⁰

Tipik Amerikan şirketlerinin 3 sigma seviyesinde çalıştığı belirlenmiştir. Bir başka deyişle, %25-40 oranında yıllık gelir kalite maliyetlerine harcanmaktadır. Şirketin kalite düzeyini 1 sigma seviyesi artırması ile net gelir büyük oranda(yaklaşık %10) artacaktır. Buna ek olarak, süreçlerin karmaşıklığı arttıkça, kazanç ve kalite seviyesi düşecektir.⁵¹

⁴⁷ P.B.Crosby, **Let's Talk Quality**, New York: McGraw Hill Inc, 1989.p.10.

⁴⁸ Kıvanç Aydın, "**Kalite Maliyetleri**", (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2003). s.38.

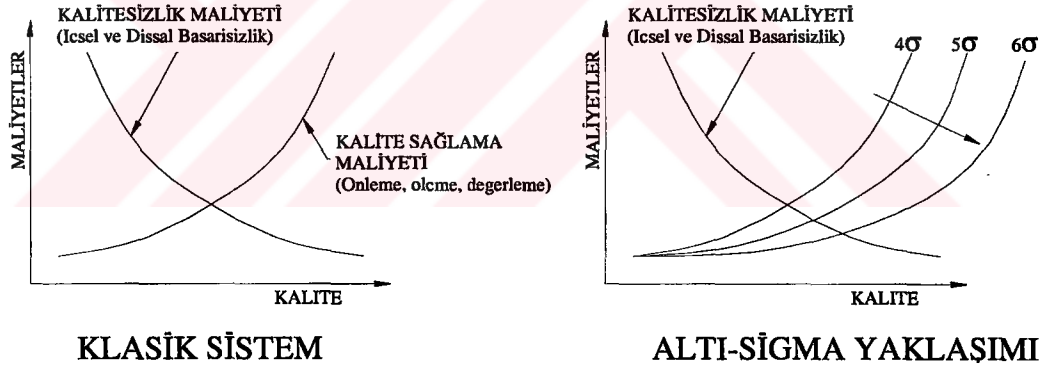
⁴⁹ Armand V. Feigenbaum, **Total Quality Control**, New York: McGraw Hill Inc, 1991.p.42.

⁵⁰ Ahmet Koray Ergün, "**Altı Sigma Metodolojisi ve Türkiye'deki Uygulamaları**", (Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003).s.73.

Tablo 4: Sigma Seviyesi ve Kalite Maliyeti⁵²

Sigma Seviyesi (1.5 sigma taşınmış)	Doğruluk yüzdesi	Milyonda kusur sayısı	Kalite Maliyetlerinin Satışlara Oranı
2	69,13	308537	%40<
3	93,32	66810	%40-%25
4	99,379	6210	%25-%15
5	99,9767	233	%15-%5
6	99,99966	3,4	%1>

Klasik yönetim anlayışlarında kaliteyi yükseltmek maliyetleri arttırır. Üretimdeki hataları azaltmak maliyetleri arttıracak, sıfır hataya ulaşmak mümkün olmayacaktır. Buna göre maliyetleri minimize etmek için optimum kalitede üretim yapmak gerekmektedir. Altı-sigmadaki kalite maliyet arasındaki denge noktası geleneksel yaklaşımdan farklıdır. Altı-sigmada her kalite seviyesi arttıkça daha kararlı bir sürece geçildiği varsayılır. Sürecin kararlılığı arttıkça maliyetler düşmekte, denge noktası aşağı doğru çekilmektedir. Sonuç olarak daha yüksek kalite daha düşük maliyetlerde elde edilecektir.⁵³



MALİYET - KALİTE İLİŞKİSİ

Şekil 8: Maliyet Kalite İlişkisi-Klasik Sistem ve Altı-Sigma Yaklaşımı

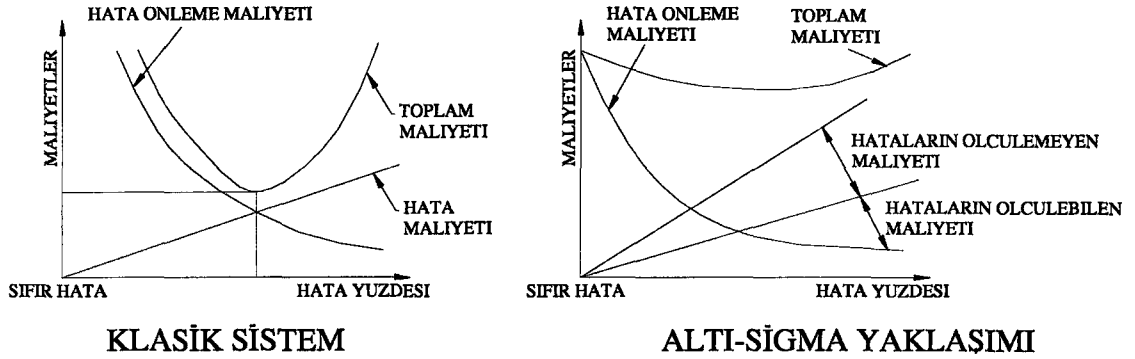
Klasik sistemde kalitesizlik maliyetleri hurda ve hatalı parçalardan oluşmaktadır. Kalite sağlama maliyetleri ise önleme, ölçme, değerlendirme ve kalite ekipmanlarından

⁵¹ M.J. Harry and R. Schroeder, **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**, New York: 2000.p.8.

⁵² Ahmet Koray Ergün, "Altı Sigma Metodolojisi ve Türkiye'deki Uygulamaları", (Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003).s.74.

⁵³ Kıvanç Aydın, "Kalite Maliyetleri", (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2003).s.39.

oluşmaktadır. Klasik anlayışta, hatalı parça sayısını ve hurdaların sayısını azaltmak için daha sıkı kontrol yapılması gerektiği sebebiyle maliyetlerin arttığı düşünülür, sıfır hataya ulaşmak ekonomik değildir. Bu sebeple uygunsuzluk maliyetleri ile kalite maliyetleri arasında bir denge noktasının bulunduğu kabul edilmiştir. Önemli olan bu noktayı bulmak ve kalite maliyetlerini bu seviyede tutmaktır.



MALİYET - HATA YÜZDESİ İLİŞKİSİ

Şekil 9: Maliyet Hata Yüzdesi İlişkisi-Klasik Sistem ve Altı-Sigma Yaklaşımı

Oysa altı-sigmada görünmeyen kalitesizlik maliyetleri de gözönüne alındığında hata oranının artmasıyla maliyetler de artacaktır. Bu, mümkün olduğu kadar az hatanın (milyonda 3.4 hata) en ekonomik hata oranı olması sonucunu doğurmaktadır.

Altı-sigma uygulamaları maliyeti arttıran faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını amaçlıyor olsa da altı-sigmanın kendisinin de bir maliyeti vardır. Çalışmalar için bir bütçe planlaması yapılmalıdır.

Aşağıda sayılanlar bir altı-sigma bütçesindeki en önemli kalemler arasında bulunmaktadır.⁵⁴

- Doğrudan Harcamalar: Çalışanların tam zamanlı (full-time) çaba göstermeyi kabul etmesi.
- Dolaylı Harcamalar: Üst düzey yöneticilerin, ekip üyelerinin, süreç sahiplerinin ve ilgili diğer kişilerin, ölçüm, "Müşterinin Sesi" verilerini toplama ve iyileştirme projelerine ayıracağı zaman.

⁵⁴ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.124.

- Eğitim ve Danışmanlık: Çalışanlara altı-sigma becerilerinin öğretilmesi ve çabaların nasıl başarıya ulaştırılabileceği konusunda tavsiyeler alınması da önemli bir yatırım olacaktır.
- İyileştirmeleri Uygulama Maliyeti: Yeni çözüm ya da süreç tasarımlarının uygulamaya sokulması için yapılacak harcamalar.

Her çalışmada olduğu gibi altı-sigmada da gerçekler tam olarak ortaya konulmalı, uygulamanın artı ve eksileri analiz edilerek gerçekleştirimin fizibilitesinin kontrolü yapılmalıdır.

2. Üretim Süreçlerinde Yapısal ve Sistemik Değişim Arayışının Amaçları

Üretim sektöründeki teknolojik gelişmelerin öncesinde üretimi gerçekleştiren ile üretilen malın kullanıcısı bizzat iletişim halinde bulunmaktaydı. Daha fazla miktarlarda, seri üretime olanak sağlayan gelişmelerin ardından üretime katkıda bulunan bireylerin tüm resmi görmesi ve tüm beklentileri anlayabilmesi zorlaşmıştır. Bu noktada seri üretimin maliyet avantajları göz önünde bulundurularak ürünlerin daha düşük maliyetlerle tüketiciye sunulması pazardaki talep edilebilirliği arttırmıştır. Ancak organizasyonların ölçeklerinin de üretim miktarları ile doğru orantılı olarak artması iletişim, koordinasyon gibi bir takım güçlükleri de beraberinde getirmiştir.

Bu güçlüklerin aşılması da yine teknolojik gelişmeler ile olmuştur. Yeni yazılımlar, organizasyonlarda oluşturulan yeni birimler ve iletişimdeki kolaylıklar üretimde geri dönüşü olmayan yapısal değişikliklere neden olmuştur. Ürünün uygun fiyatla arz edilmesi artık pazarda rekabet unsuru olmaktan çıkmıştır.

Günümüzde müşteri isteklerinin tam olarak karşılanmasını amaçlayan yaklaşımlar iş yapış süreçlerine kadar işletmeleri her alanda etkilemektedir. İşletmelerde farklılaşma büyük önem kazanmıştır, çünkü aynı kategorideki ürünler arasında fiyat ve bulunabilirlik gibi özellikler sıradanlaşmıştır. Bu da kuruluşları değiştirmeye zorlamaktadır.

III. ALTI-SİGMA UYGULAMA METODOLOJİSİ VE PROBLEM ALANLARI

1. Altı-Sigma Modeli Uygulama Metodolojisi DMAIC(Define-Measure-Analyze-Improve-Control)

Altı-Sigma'nın iş süreçlerine uygulanması "tanımlama, ölçüm, analiz, geliştirme ve kontrol (TÖAİK)" aşamaları ile gerçekleşmektedir. Altı-Sigma iş süreçlerinin gelişmesini müşteri ihtiyaçlarının doğru anlaşılması ve

- Temel iş süreçlerinin müşteri ve iş ihtiyaçları doğrultusunda yeniden yapılandırılması
- Mevcut iş süreçleri, ürünler ve hizmetlerdeki hata ve eksikliklerin sistematik olarak azaltılması
- Yeni ürün, süreç ve hizmetlerin iş ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak şekilde tasarlanması
- Kazançları ve gelişimi sürekli kılacak altyapının ve liderlik sisteminin kurulması ile sağlamaktadır.⁵⁵

1.1 Tanımlama (Define)

Temel süreçler ve kilit müşteriler belirlenerek, müşteri gereksinimleri tanımlanır. Bu sayede kimin ne talep ettiği, bu talebi karşılamak için nasıl işlemlere gereksinim duyulduğu irdelenir. Müşterinin hangi ürün/hizmeti hangi şartlarda (özellik, fiyat avantajları,vs) talep ettiği araştırılır. Süreç analizi yardımı ile temel süreçler belirlenir. Yardımcı süreçler ve herbir alt basamak açıklığa kavuşturulur. Böylece hammaddeden son ürüne kadar geçen basamaklar şematik olarak tespit edilir. Süreç analizi dışında HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) ve sebep sonuç matrisi de kullanılan araçlar arasındadır.⁵⁶

1.2 Ölçme (Measure)

"Varolan" durumu tespit etmeden "istenilen" değerini tanımlama doğru olarak yapılamaz. Ölçme aşamasının amacı, varolan proses durum ve problemlerinin gerçeklere dayanan bir anlayış içinde oluşturulması ile problemlerin kaynaklarının işaret

⁵⁵ http://www.borusan.com.tr/yatirim_sorular.aspx?SectionId=6104

edilmesidir. Bu safha sürecin temel performans değerlerini ortaya koymuştur.⁵⁷ Bu aşamada proje ve performans standartları tanımlanacak, ölçüm sistemi onaylanacak, veriler toplanıp özellikleri (ortalamalar, standart sapmaları, z değerleri) ortaya konacaktır. Eğitim haricinde ölçüm yapmak, her işletme için ayrılan işgücü, kurulacak düzene bakımından bir yatırımdır. Bu bakımdan ölçülecek değere karar verilmesi, ne kadar süre ile hangi miktarlarda ölçüm yapılacağına karar verilmesi çok önemlidir.

Örnekleme Büyüklüğü: Ölçme aşamasında dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri toplanan verilerin sürecin davranışını modellemeye yetecek oranda gerçekleştirilmesidir. Çok sayıda veri toplamak sürecin modellenmesinde faydalı olmasına karşın zaman ve maliyet gibi unsurlar üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır.

Örnekleme büyüklüğü ne olmalıdır sorusunun yanıtı üç faktöre bağlıdır:⁵⁸

- Güven aralığı hangi darlıkta olmalıdır?
- Güven aralığı ne kadar güvenle kitle parametresini içine almalıdır?
- Örneklemin seçileceği kitledeki değişkenlerin sayısı ne büyüklüktedir?

İstatistiki yöntemlerle örnekleme büyüklüğü tespit edildikten sonra ölçüm tekniği seçilmelidir.

Sürekli/Kesikli Veriler: Ölçüm açısından dikkat edilmesi gereken bir konu da ölçülecek değerlerin sürekli ya da kesikli verilere sahip olmasıdır. “Sürekli” ve “kesikli” ölçüler arasındaki fark önemlidir, çünkü sadece ölçülerin nasıl tanımlayacağını değil aynı zamanda verilerin nasıl toplanılacağını ve ondan ne öğrenileceğini de etkiler.⁵⁹

Sürekli ölçüler, sadece sonsuz derecede bölünebilir bir derece/cetvel veya sürekli dizi halinde dizi halinde ölçülebilen etkenlerdir. Zaman, ağırlık, yükseklik, sıcaklık, decibel (ses ölçümü), ohm (elektrik direnç ölçümü), para örnek olarak gösterilebilir.

Kesikli bir ölçü ise, “sürekli” kriterine uymayan diğer her şeydir. Kesikli elemanlar arasında şunlar bulunur:

⁵⁶ SPAC Eğitim Danışmanlık, “Yönetici Bilinçlendirme Eğitim Notları”, İstanbul: 2002.

⁵⁷ <http://www.geocities.com>

⁵⁸ Fikri Akdeniz, “Olasılık ve İstatistik Ders Notları”, (Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü, 1998).

⁵⁹ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.240.

- Eğitim düzeyi (lise, master derecesi, vs) ya da tip (araba tipi Peugeot 206, Peugeot 307, vs) gibi özellik veya nitelikler.
- Kişisel unsurların sayısı (kredi kartı sayısı, işleme konmuş sipariş sayısı)
- Hizmetten duyulan memnuniyet düzeyinin tanımlanabilmesi için düzenlenen yapay ölçekler (bir müzik parçasının 1'den 5'e dek puanlanması gibi)

Kesikli ölçüler, özellikle yüzdeye çevrilmiş hesap veya nitelikler, aldatıcı bir biçimde sürekli görünebilirler. Örneğin, cinsiyet kesikli bir ölçüdür: bir birey ya erkektir ya da kadındır. Cinsiyetle ilgili bir veri alınıp, bir grubun yüzde %62.8'inin kadın olduğu söylenirse bu oran bu ölçümü sürekli yapmaz.

Sürekli ölçüler de kesikli ölçülere çevrilebilir. Örneğin varış saatleri, gün ve dakika yerine "zamanında" veya "gecikmeli" olarak kaydedilir.

1.3 Analiz (Analysis)

Bu safhada problemin temel nedenleri hakkında teoriler geliştirilecek, bu teoriler verilerle doğrulanacak ve son olarak da nedenleri tanımlanacaktır. Doğruluğu kanıtlanan neden veya nedenler bir sonraki safhada tartışılacak çözümlerin oluşturulması için temel teşkil edecektir.⁶⁰ Analiz safhasında kullanılan bir takım istatistiki yöntemler aşağıda sıralanmıştır: Çok değişkenli analizler, korelasyon, hipotez testleri, güven aralıkları, T-testi, F-testi, Ki-kare testi, ANOVA.

1.4 İyileştirme (Improve)

İyileştirme safhasında nedenleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çözümler geliştirilir, uygulanır ve değerlendirilir. Amaç, verileri kullanarak ortaya koyduğunuz çözümün sorunları çözdüğünü ve gelişme için öncülük ettiğini göstermektir. İyileştirme değerlendirmesi yapılırken rassal bloklama, çoklu regresyon, deney tasarımı, tam faktöryel deneyler, 2k faktöryel deneyler, kesirli faktöryel deneyler, cevap yüzeyi metodu ve ANCOVA teknikleri kullanılabilir.⁶¹

1.5 Kontrol (Control)

Hata nedenlerini ortadan kaldıracak çözümlerin geliştirildiği iyileştirme safhasının ardından, kontrol safhasında bu uygulamaların kalıcı olması için yöntemler geliştirilir.

⁶⁰ <http://www.geocities.com>

Bu aşamada kullanılabilir belli başlı araçlar şunlardır: Lojistik regresyon, İPK, güvenilirlik, Shainin metodları, tolerans analizi, altı-sigma toleranslandırması, hızlandırılmış ömür deneyi.

Kullanılan grafik yöntemleri de üç ana grupta toplanabilir.⁶²

- Ölçülebilir Değişkenler için Kontrol Grafikleri: $\bar{X}-R$ Grafikleri, $\bar{X}-s$ Grafikleri, Ortanca Değer Diyagramları, vb.
- Sayılabilir Değişkenler için Kontrol Grafikleri: p diyagramları, np diyagramları, c diyagramları, u diyagramları, vb.
- Diğer Kontrol Grafikleri: CUSUM (yığımlı toplam) kontrol grafikleri, EWMA grafiği.

2. Altı-Sigma Uygulamalarında Kullanılan Temel Araçlar

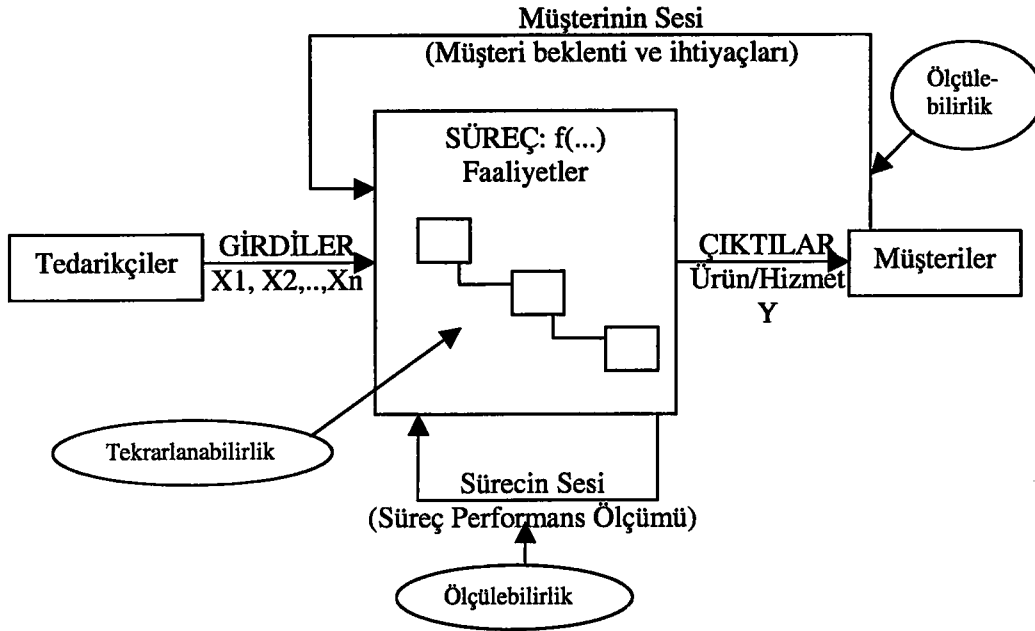
Üretim ve kalite yönetiminde kullanılan altı-sigma uygulamalarının temel araçlarından olan bazı teknikler aşağıda olduğu gibi sıralanmış, başlıcaları açıklanmaya çalışılmıştır.

2.1. Tanımlama Aşaması Araçları: Süreç Şeması, HTEA (FMEA-Failure Mode and Effect Analysis), Sebep-Sonuç Matrisi

Süreç Şeması (Process Mapping): Problemin tanımlanması ve projenin bir bütün olarak izlenmesi açısından son derece önemlidir. Süreç kavramı kısaca girdileri çıktılara dönüştüren faaliyetler zinciridir. Daha ayrıntılı bir ifade ile tanımlamak gerekirse süreç; belirli bir dizi girdiyi, müşteriler için belirli bir dizi faydalı çıktıya dönüştüren, tanımlanabilen, tekrarlanabilen, ölçülebilen ve birbirine bağlı değer yaratan faaliyetler dizisidir.

⁶¹ SPAC Eğitim Danışmanlık, "Yönetici Bilinlendirme Eğitim Notları", İstanbul: 2002.

⁶² <http://www.geocities.com/alti sigma/>



Şekil 10: Sürecin Temel Öğeleri.⁶³

Süreçler iki farklı şekilde gruplandırılabilirler. Birinci sınıflandırmaya göre süreçler Üretim Süreçleri ve İş Süreçleri olmak üzere iki tiptir. Üretim Süreçlerinde hammadde/yarımamulün bir dizi fiziksel işlemler yapılarak müşteriye sevk edilecek ürüne dönüştürüldüğü süreçlerdir. Çıktısı bir mamul ya da mal'dır. İş süreçleri ise hizmet ve üretim süreçlerini destekleyen diğer süreçlerdir. Örnek olarak üretim planlama, stratejik planlama, ürün geliştirme, müşteri ilişkileri süreçleri gösterilebilir. Çıktıları mamul niteliği taşımaz.

İkinci gruplandırmaya göre ise süreçler, Operasyonel Süreçler, Destek Süreçleri ve Yönetim Süreçleri olmak üzere üç tiptir. Operasyonel süreçler üretim, ürün geliştirme gibi şirketin ana faaliyet alanı ile ilgili süreçlerdir. Destek süreçleri, operasyonel süreçlerin gerçekleşmesine yardımcı olur. Bilgi kaynakları yönetimi, insan kaynakları yönetim süreçleri bu tipe örnek olarak gösterilebilir. Operasyonel ve destek süreçlerinin belirli bir çatı altında sistematik yönetilmesini sağlayan süreçler de Yönetim Süreçleri olarak adlandırılır. Stratejik planlama, Kalite yönetim süreçleri, Yönetim süreçlerindedir.

Süreç şeması genel olarak altı ana adımdan oluşur.⁶⁴

⁶³ GEMBA Yönetim Danışmanlığı, "İş Süreçleri Analizi Eğitim Notları", İstanbul: 2003.

⁶⁴ SPAC Eğitim Danışmanlık, "Yönetici Bilinçlendirme Eğitim Notları", İstanbul: 2002.

1. Adım: Genel “girdi”leri ve “Müşteri beklentileri”ni gözönüne alarak önemli “çıktı”ların belirlenmesi.

2. Adım: Süreç adımlarının belirlenmesi.

3. Adım: “Çıktı” kalitesine etki etmeyen (katma değeri olmayan) adımların belirlenmesi.




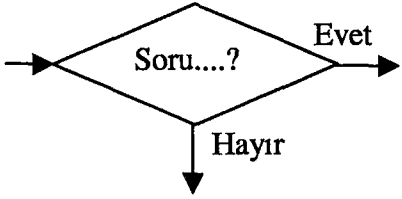
4. Adım: Her süreç adımında “temel çıktı”ların belirlenmesi.

5. Adım: Her süreç adımında “temel girdi”lerin belirlenmesi ve sınıflandırılması.



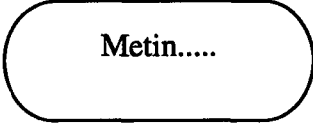
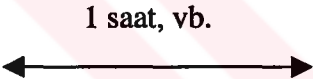
6. Adım: Temel girdiler için “kontrol edilebilir özellikler”in tanımlanması.

Süreç haritaları çizilirken şirket içinde herkes tarafından anlaşılabilir/kabul gören bir takım ortak semboller kullanılmalıdır. Aşağıda alışlagelmiş süreç harita sembolleri verilmiştir.

Tablo 5: Süreç Haritası Sembolleri.⁶⁵

	Süreç Adımı	Süreç akışı içinde yerine getirilen bir süreç adımını veya bir faaliyeti gösterir.
	Süreç Akışı	İki süreç adımını/faaliyeti arasındaki akışı gösterir.
	Akan Malzeme/Bilgi (Girdi, çıktı, vb.)	İki süreç adımı/faaliyeti arasında akan bilgi/malzemeyi, yani girdi/çıktıyı gösterir.
	Karar/ Dönüm Noktası	Karar aşamasını veya süreç üstünde duruma göre akışın farklılaştığı yerleri gösterir.

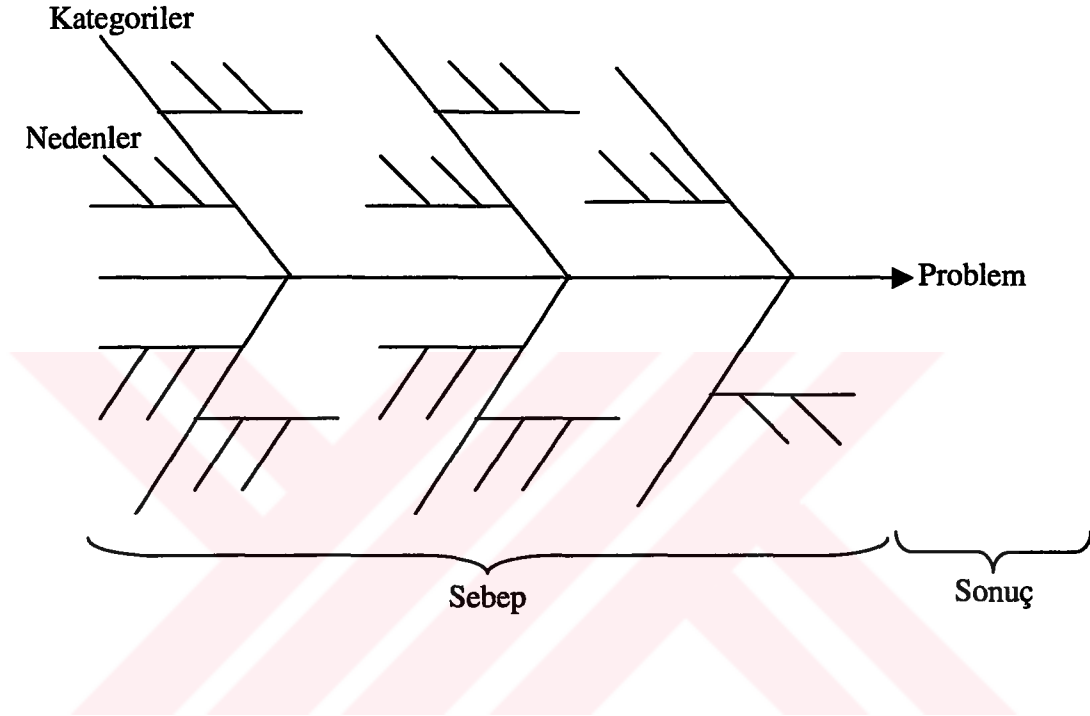
⁶⁵ GEMBA Yönetim Danışmanlığı, “İş Süreçleri Analizi Eğitim Notları”, İstanbul: 2003.

	Bağlantı Noktası	Eğer süreç haritası bir sayfaya sığmıyorsa haritanın bir başka sayfada devam ettiğini göstermek amacıyla kullanılır.
	Başlangıç ve Bitiş Adımı	Süreç haritasında, süreci tetikleyen girdinin geldiği başlangıç adımlarını ve sürecin asıl çıktılarının yaratıldığı sürecin son adımlarını gösterir.
	Sürecin Tetiklediği Diğer Süreçler	Bu kutularda süreç çıktılarının gönderildiği süreçler belirtilir.
	Süre Çizgisi	Süreç/süreç adımının çevrim/akış süresini göstermek amacıyla kullanılır.

Yukarıda belirtilen ilkeler doğrultusunda teknik modelleme ve dizayn konusunda oluşturulan süreç şeması aşağıda sunulmuştur:

SebeP-Sonuç (Cause& Effect) diyagramı: SebeP sonuç diyagramı ya da diğer adıyla Balıkkılıçığı Yöntemi, bir sonuç ve buna sebeP olabilecek değişik etkenler arasındaki ilişkilerin grafik açıklamasıdır. Daha ayrıntılı bir ifade ile bir grubun, bir sorun ya da bazı durumlarda istenen etki veya sonuç olabilecek bir “sonuç” ile başlayıp, bunun için olası sebeplerin bir listesini yapmalarına imkân tanır.⁶⁷

Bu yöntemde sorunda etkili olduğu düşünölen olası tüm nedenlerin sıralanması ile balık kılıçığını andıran aşağıdaki gibi bir şema oluşturulur.



şekil 12: SebeP-Sonuç Diagramı (Balık Kılıçığı Gösterimi)⁶⁸.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi-HTEA (FMEA-Failure Mode and Effect Analysis): HTEA, tablolaşmış bir yöntem kullanılarak, üründe veya süreçte oluşabilecek potansiyel hataları ve onların yaratacağı etkilerin saptanmasına yardımcı olan sistematik bir yöntemdir.⁶⁹

Hata Türleri ve Etkileri Analizinde 4 temel bölüm vardır:

Önem (Ö): Hata türünün müşteride yapacağı etkinin büyüklüğüdür. Burada müşteri, son kullanıcı, iç müşteri veya devam eden operasyonlarla ilgilidir.

⁶⁷ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.308.

⁶⁸ GE Power Systems, “DMAIC Training Guide”, Section 8.18, Version 3, 1999.

⁶⁹ Kıvanç Aydın, a.g.e., s.52.

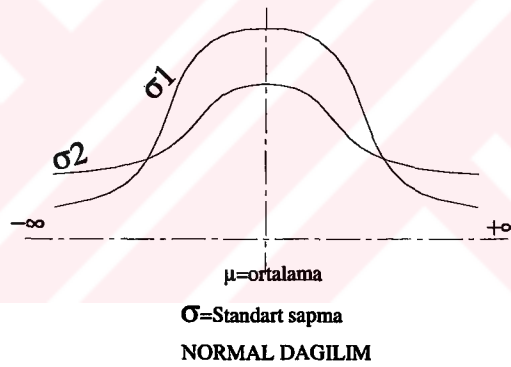
Oluşum (O): Hata türleriyle sonuçlanabilecek bir sebebin oluşma olasılığıdır.

Yakalanabilirlik (Y): Kontroller ilgilidir. Hata türleriyle sonuçlanabilecek bir sebebin müşteriye ulaşmadan mevcut kontrollerle bulunabilme olasılığını gösterir.

Risk Öncelik Numarası (RÖN): Bir hatanın relatif riskinin sayısal hesaplanmasıdır. Önem, Oluşum ve Yakalanabilirlik indekslerinin matematiksel çarpımıdır.

2.2. Ölçme Aşaması Araçları: Proje Yönetimi, Normal Dağılım, z-tahminleri, dpu/RTY, Tanımlayıcı İstatistik, Grafiksiz Analizler (histogramlar, nokta gösterimi-dotplot, kutu gösterimi-boxplot, zaman serileri-time series, kontrol grafiği-control chart, pareto diyagramı, sebep sonuç diyagramı), Gage R&R, Proses kapasiteleri(Cp, Cpk)

Normal Dağılım: Normal Dağılım (çan eğrisi) istatistikte yoğun olarak kullanılan, sürekli verilerin incelenmesine ve süreçler hakkında tahminler yapılmasına yarayan bir dağılımdır.



Şekil 13: Normal Dağılım.

Ölçüm aşamasında toplanan verilerin ortalaması ve standart sapması hesaplanır. Bu dağılımdaki asıl amaç, Alt ve Üst Spesifikasyonu dışında kalan hatalı ürünlerin olasılığının tahmin edilmesidir. Bu nedenle Z-dönüşümü ile ortalaması "0" ve standart sapması "1" olan standart normal dağılımın Z değeri elde edilir. Elde edilen değer standart sapma cinsinden herhangi bir X değerinin ortalamadan ne kadar uzakta olduğunu gösterir. Örneğin Z=1.5 olması X değerinin ortalamadan 1.5 standart sapma uzakta olduğu anlamındadır. Süreç çıktısının tahmin edilmesi için X yerine Alt Spesifikasyon Limiti (ASL) ve Üst Spesifikasyon Limiti (ÜSL) değerleri koyulur. Bu

yöntemin kullanımıyla, spesifikasyon dışı üretim oranını ürünlerin çıktı ortalaması ve standart sapma değerlerine bağlı olarak hesaplanabilir.⁷⁰

Z-Tahminleri: Z dönüşümü ile ortalaması “0” ve standart sapması “1” olan standart normal dağılımın Z değeri elde edilir.

$$Z = \frac{(x - \bar{x})}{\sigma}$$

Elde edilen değer standart sapma cinsinden herhangi bir x değerinin ortalamadan ne kadar uzakta olduğunu gösterir. Örneğin, Z=1.5 olması ilgilenilen x değerinin ortalamadan 1.5 standart sapma uzakta olduğu anlamındadır.

Süreç çıktısının tahmin edilmesi için, X yerine alt spesifikasyon limiti(ASL) ve üst spesifikasyon limiti (ÜSL) değerleri konulur. Bu yöntemin kullanımı ile spesifikasyon dışı üretim oranının ürünlerin çıktı ortalaması ve σ değerlerine bağlı olarak hesaplanması mümkün olur.

SPAC Eğitim ve Danışmanlık tarafından hazırlanan Z-Dönüşümü örneği fabrikada üretilen parçalarla ilgilidir. Parçalar için müşterinin talep ettiği ölçü 9.97mm'dir. Kabul edilebilir toleransı da ± 0.02 mm'dir. Mevcut üretimdeki hata oranlarını tahmin etmek için bu bilgiler ışığında ölçümler yapılır. Aşağıda ölçüm değerleri verilmiştir.

Tablo 6: Z-Dönüşümü Örnek Verileri.

1	9,965	21	9,954	41	9,948	61	9,974	81	9,948
2	9,967	22	9,972	42	9,970	62	9,949	82	9,956
3	9,937	23	9,931	43	9,958	63	9,948	83	9,950
4	9,982	24	9,954	44	9,936	64	9,961	84	9,970
5	9,983	25	9,956	45	9,956	65	9,951	85	9,978
6	9,954	26	9,963	46	9,972	66	9,987	86	9,941
7	9,965	27	9,957	47	9,980	67	9,955	87	9,969
8	9,955	28	9,973	48	9,964	68	9,963	88	9,963
9	9,945	29	9,954	49	9,935	69	9,959	89	9,980
10	9,957	30	9,982	50	9,958	70	9,956	90	9,968
11	9,964	31	9,952	51	9,959	71	9,987	91	9,946

⁷⁰ SPAC Eğitim Danışmanlık, a.g.e.

12	9,970	32	9,963	52	9,974	72	9,958	92	9,973
13	9,948	33	9,975	53	9,966	73	9,962	93	9,959
14	9,975	34	9,964	54	9,951	74	9,962	94	9,955
15	9,966	35	9,966	55	9,976	75	9,963	95	9,991
16	9,955	36	9,967	56	9,951	76	9,951	96	9,981
17	9,960	37	9,954	57	9,953	77	9,957	97	9,961
18	9,936	38	9,984	58	9,960	78	9,959	98	9,985
19	9,946	39	9,952	59	9,968	79	9,960	99	9,959
20	9,932	40	9,958	60	9,966	80	9,952	100	9,943

Verilerin ortalaması ve standart sapması aşağıdaki gibi hesaplandıktan sonra normal dağılım testi uygulanır.

$$\text{Ortalama} = \frac{\sum_{n=1}^{100} X_n}{n} = 9.961$$

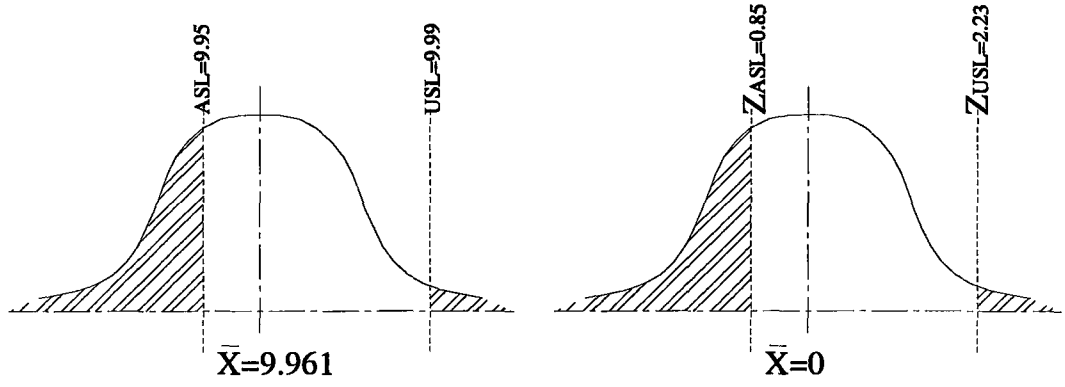
$$\text{Standart Sapma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.013$$

Amaç normal eğrinin alt ve üst spesifikasyon sınırları dışında kalan oranını tahmin etmektir. Bu işlem, her bir spesifikasyon sınırı için Z-değerini hesaplayarak yapılır.

$$Z_{ASL} = \frac{(ASL - \bar{x})}{S} = \frac{9.95 - 9.961}{0.013} = -0.85$$

$$Z_{USL} = \frac{(USL - \bar{x})}{S} = \frac{9.9 - 9.961}{0.013} = 2.23$$

Normal Dağılımdaki gösterimi ve yeni hesaplanan Z-dönüşümü ile gösterim aşağıda olduğu gibidir.



Şekil 14: Normal Dağılım ve Z-Dönüşümü.

Z-Dönüşümlü istatistik normal dağılım tabloları kullanılarak taralı alanlar bulunur. Tablodaki z için yazılı olan ilk satır birinci ondalık kısmı ifade eder. Diğer kolonlar z sayısındaki ikinci ondalık kısmı ifade eder. 0.85 değeri için Z=0.8 kolonundan 0.05 kolonuna yatay ilerlenirse 1.98E-01 değeri bulunur. Bu alt limitin dışında kalan hatalı parça oranıdır. Aynı işlem üst limit için tekrar edilirse 1.29E-02 değeri bulunur. Buna göre toplam alan içinde kalan:

$$P(Z \leq -0.85) + P(Z \geq 2.23) = (1.98E-01) + (1.29E-02) = 19.8\% + 1.29\% = 21\%$$

(Gage R&R): Ölçülen verilerin doğru olup olmadığını kontrol etmenin ve doğru kalmalarını sağlamanın çeşitli yolları vardır. Üretim alanında, bir ölçünün ne kadar etkili olduğunu denemek için en sık kullanılan yöntem "R&R göstergesi" olarak bilinir. Bu yöntem, bir ölçüyü çeşitli ortamlarda denemek için dört önemli kritere göre tekrarlamayı içerir:⁷¹

- Doğruluk. Ölçüm veya inceleme ne kadar kesindir?
- Tekrarlanabilirlik. Ölçüm ekibindeki bir kişi veya bir alet, aynı kalemi tekrar ölçtüğünde veya incelediğinde her seferinde aynı sonuçları almakta mıdır?
- Aynılık. İki veya daha fazla sayıda kişi ya da makine, aynı şeyi ölçtüklerinde, aynı sonucu elde ediyorlar mı?
- Kararlılık. Zaman içinde doğruluk veya tekrarlanma durumu bozuluyor veya değişiyor mu?

Pareto Çizelgesi: Pareto analizi, veriyi en büyükten en küçüğe gruplar halinde katmanlara ayırmak için kullanılan görsel araçlardandır. Çubuk grafiğin özel bir formu

olan Pareto, bir sorunun en yaygın olma nedenlerini tanımlamaya yarar. Pareto grafiğinin kullanılabilmesi için, verilerin kesikli veya kategorik olması gerekir. Sürekli ölçülerle pareto analizi yapılamaz.

Histogramlar: Bir veri grubundaki değişkenliğin aralığını ve derinliğini göstermek için kullanılır. Bir histogram, teknik olarak sadece sürekli veriyi gösterir.

Proses Kapasiteleri (Cp,Cpk): Proses Yeterlilik Analizi prodesteki doğal varyasyonun ölçümünü içerir. Proses yeterlilik prodesteki varyasyonun bir fonksiyonudur ve prodesteki altı standart sapma yayılımı olarak tanımlanabilir. Proses varyasyonu ve spesifikasyonları karşılaştırmak için kullanılan iki indeks, Cp ve Cpk değerleridir.

Önemli karakteristiklerin veya prosesin spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığını değerlendirirken, verinin toplandığı ve mühendislik spesifikasyonunun olduğu proses veya karakteristiği ölçerken, kontrol limitlerinin hesaplandığı veya yeniden hesaplandığı, Cpk tahmin edicisinin güvenilirliğini arttırmak için ek veri varken veya mühendislik toleransını kurarken kullanılır.

Değişkenliğin toleransları karşılaması hakkında bilgi verir. Proses kapasiteleri prosesin standart sapmasıyla ters orantılıdır.

$$C_p = |USL - ASL| / 6\sigma$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - ASL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}\right)$$

Standart dışı düşme oranlarını tahmin etmek için, bireysel ölçümlerin normal dağılması gerekir. Eğer nominal değer spesifikasyon limitlerinin tam ortadaysa ve veri normal olarak dağılmıyorsa, verileri normal olarak dağılmasını sağlayacak matematiksel bir transformasyon uygulanabilir.⁷²

Yüksek Cp ve Cpk değerleri daha az spesifikasyon limitlerinin dışına düşümü gösterir, dolayısıyla tercih sebebidir. Yukardaki tablo örnektir ve proses merkezi olduğu tahmin edilmiştir ve sonuç olarak Cp = Cpk.

⁷¹ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.240, s.317.

⁷² <http://www.uytes.com.tr/ipk/proses.html>

Tablo 7: Cp Değerleri ve Standart Dışa Düşme Oranları

Cp	
0.50	133,614
0.75	24,449
1.00	2,700
1.10	967
1.20	318
1.30	96
1.40	27
1.50	7
1.60	2
1.70	0.34
1.80	0.067
1.90	0.012
2.00	0.0018

2.3. Analiz Aşaması Araçları: Çok Değişkenli Analizler, Korelasyon, Hipotez testleri, Güven aralıkları, F-Testi, İstatistiksel anlam testleri (T-Testi, Chi-kare testi., ANOVA, MANOVA)

Hipotez Testleri: İşletme sorunlarının giderilmesi için alınan kararlarda her zaman yanlış seçim yapma riski vardır. İstatistiğin kullanılma nedeni de yanlış karar verme olasılığını en aza indirecek bir kriter sağlayıp olası riski değerlendirmektir. Hipotez testleri, karar vericiye böyle bir kriter sunmaktadır.

Hipotez, bilinmeyen kütle parametreleriyle ilgili olarak bu kütleden seçilen bir örnek grubu aracılığıyla yapılan varsayım olarak tanımlanır. Örneklem sonucunda elde edilen değerler kullanılarak, ana kütle kabulü ya da reddi yapılır. Genel olarak iki tip hipotez kurulması söz konusudur.⁷³

1. Ana kütle belirli bir frekans fonksiyonu olduğu varsayılır.
2. Ana kütle karakterize eden belirli bir değerin olduğu varsayılır ki, kalite kontrolünde kullanılan hipotezler bu türdendir.

Hipotez kurulduktan sonra rasgele bir örneklem yapılır. Bu örneklemeden elde edilen değerlerden yararlanılarak red (sıfır) hipotezi kabul ya da reddedilir. Bu işleme test işlemi adı verilir. Hipotez testi sıfır hipotezinin kabulü veya reddi için ortaya konulan bir karar kuralıdır.

⁷³ Şevkinaz Gümüšoğlu, "İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları", <http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=7>

Test işleminde karşıt nitelikte iki hipotez vardır.

H0 =Sıfır Hipotezi

H1 =Alternatif Hipotez

İstatistiksel Belirginlik Testleri (Chi-kare, t-testi, ANOVA, MANOVA): İstatistikçiler tarafından bazı model ya da eğilimlere bakmak ya da veri hakkında kuşkularını gidermek için kullanılan en önemli tekniklerden bazılarıdır. Performanstaki bir sorunu ya da anlamlı bir değişikliği onaylamak, verilerin değerli olup olmadığını kontrol etmek, bir grup sürekli verideki dağılımı belirlemek, dağılım ve farklılıkları temel alan bir temel neden hipotezi geliştirmek, temeldeki neden hipotezlerini değerlendirmek ya da tersini ispatlamak gibi altı-sigmada bu araçların uygulandığı çeşitli durumlar vardır.⁷⁴

- Chi-kare testi: Genellikle kesikli veriyle, kimi durumlarda da sürekli veriyle kullanılan bir yöntemdir. Elde edilen verilerin frekansa dayalı olması gerekir. Bu frekanslar iki ya da daha çok kategoriye yerleştirilir. Erkek-kız, geçti-kaldı, kısa-orta-uzun gibi veriler bu gruba girer. Örneğin: Uygulanan iki öğretim metodunun başarı durumuna etkisi; kişilerin eğitim düzeyleri ile belli konulardaki görüşleri (tutumları) arasındaki ilişkiler vb. ki-kare ile test edilir.⁷⁵
- T-testi: İki adet sürekli veri grubu ya da örneği varsa, bu yöntem anlam testi için kullanılabilir. Gerek t testi, gerekse F testleri eşit aralıklı ya da oranlı ölçeklerle elde edilmiş verilere uygulanır. Kısaca, verilerin sayısal türden olması gerekir. Örneğin: Cinsiyet ve başarı arasındaki ilişki belirlenirken, kızlar ve erkeklerin iki grup halinde düşünülmesi ve başarı puanlarının karşılaştırılması t testi çözümlemesini gerektirir.
- ANOVA Değişkenlik Testi: Sürekli veri için kullanılan bir başka anlam testidir. T-testinden farklı olarak iki ya da daha fazla sayıdaki grup veya örneği kıyaslamak için kullanılır.

⁷⁴ Peter Pande, R.P.Neuman, R.R. Cavanagh, a.g.e, s.421.

⁷⁵ Mustafa Akdağ, "Eğitimde Program Değerlendirme ve İstatistiksel Yöntemler", <http://web.inonu.edu.tr/~makdag/egitimde%20program%20degerlendirme.htm>

- MANOVA Çoklu Değişkenlik Analizi: İlk üç yöntemden farklı olarak tek bir değişken ya da etken yerine çeşitli etkenlerin belirginliğini tanımlamak için kullanılır.

Parametrik testlerin uygulanabilmesi için örneklemin normal bir dağılım göstermesi ve varyansların eşitliği varsayımının sağlanması gerekir. Eğer bu varsayımlar karşılanmıyorsa; istatistiksel analizlerde parametrik olmayan testler kullanılır. Örneğin: Bağımsız t testi yerine Mann-Whitney U Testi; bağımlı t testi yerine Wilcoxon-İşaretli-Sıralama Testi; F testi yerine Kruskal-Wallis testi uygulanır. T testi ve F testi; fark-ilişki vardır/yoktur şeklinde bir sonuç verir. Ancak, ilişki varsa bunun miktarını vermez.

Korelasyon: iki ya da daha fazla etken arasındaki ilişkileri analiz eden araçları kapsar. İki etken arasında korelasyon varsa bu, birindeki değişikliği diğerindeki değişikliğin izleyeceği anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısının (r) -1 ile +1 arasında olması etkenler arasında ilişki olduğunu gösterir. Ancak genellikle -0.7'den küçük ve +0.7'den büyük değerler daha fazla araştırma yapılması gerektiğini gösterir.

2.4. İyileştirme Aşaması Araçları: Deneysel Tasarım, Çoklu regresyon, ANCOVA, Rassal bloklama, tam faktöriyel deneyler, 2k faktöriyel deneyler, kesirli faktöriyel deneyler.

Deneysel Tasarım (DOE-Design of Experiments): Deneysel tasarım daha önce geliştirilmiş olmasına rağmen, bu kavramı ürün performansındaki varyansın azaltılması için ilk uygulayan kişi Taguchi olmuştur. Taguchi deneysel tasarımının kullanımının şu noktalarda önemli olduğunu belirtmiştir:⁷⁶

- Ortalama ya da hedef değerden olacak varyansın minimize edilmesi.
- Çevre koşullarına karşı robüst ürün üretilmesi.
- Parçalardaki varyansa karşı duyarlı olmayan ürünlerin üretilmesi.
- Ürünlerin ömür uzunluğu konusunda yapılan testler.

Bunlardan ilk üç tanesi Taguchi'nin parametre tasarımı adımı verdiği kategorilerdir. Taguchi deneysel tasarımında, ürün ya da sürecin performans karakteristiğini etkileyen faktörleri şu şekilde belirlemektedir:

⁷⁶ Meliha Saat, "Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı", Gazi Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Dergisi, Ankara: Cilt 2 Sayı 3.

1. Kontrol edilebilen faktörler (tasarım faktörleri) : Bunlar değerleri tasarım ya da süreç mühendisi tarafından kolayca belirlenebilen faktörlerdir.
2. Kontrol edilemeyen faktörler (gürültü faktörleri) : Bunlar çoğu kez üretim ortamı ile ilişkili olan varyansın kaynaklarını oluştururlar. Genel performansı, ideal olarak, bunlardaki varyansa duyarlı olmamalıdır.

Kontrol edilebilen faktörler kendi içinde üçe ayrılmaktadır:

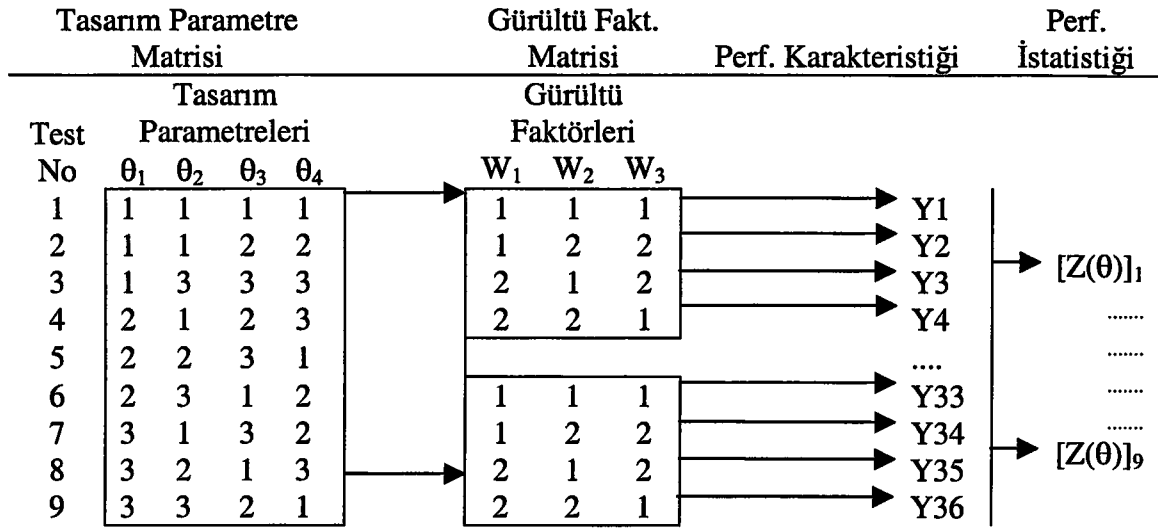
1. Sinyal faktörleri (hedef kontrol faktörleri): Bunlar sözkonusu olan ortalama tepki düzeyini etkileyen faktörlerdir.
2. Varyans kontrol faktörleri: Bunlar tepkideki varyansı etkileyen faktörlerdir.
3. Maliyet faktörleri: Bunlar ortalama tepkiyi ya da varyansı etkilemeyen ve ekonomik koşullara göre belirlenen faktörlerdir.

Taguchi yaklaşımıyla geleneksel tolerans yöntemleri ya da muayeneye dayalı kalite denetimi arasındaki fark, Taguchi yaklaşımında varyansa verilen bu önemdir. Burada amaç, bir yandan hedef kontrol faktörlerinde yapılan ayarlamalar yoluyla gerekli ortalama performans sürdürülürken, diğer yandan varyans kontrol faktörlerinde değişikliğe gidilerek varyansın azaltılmasıdır.

Tasarım parametrelerinin belirlenmesi için yapılan deneyin amacı gürültü faktörlerinin performans karakteristiği üzerindeki etkisini minimize eden tasarım parametreleri değerlerini belirlemektir. Bu işlem,

1. Deneyde tasarım parametreleri değerlerini sistematik olarak değiştirme yoluyla.
2. Her bir deney için gürültü faktörlerinin etkisini karşılaştırarak gerçekleştirilir.

Parametre tasarımı deneyi iki bölümden oluşur: Tasarım parametre matrisi ve gürültü faktörleri matrisi. Taguchi'nin parametre tasarımı deneyi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:



Şekil 15: Taguchi'nin Parametre Tasarımı Deney Örneği

Parametre matrisi ürün ya da süreçten sorumlu mühendisin seçtiği değerlerden oluşur. Bu değerler ürünün ya da sürecin tasarım spesifikasyonlarını belirler. Tasarım parametre matrisinin sütunları tasarım parametrelerini, satırları ise test değerlerinin farklı bileşimlerini ifade eder. Gürültü faktörleri ürünün performans karakteristiklerinin hedef değerlerden sapmasına neden olan değişkenlerdir. Gürültü faktörleri matrisi gürültü faktörlerinin test değerlerini belirler. Bu matrisin sütunu ise gürültü faktörlerini, satırları ise gürültü düzeylerinin değişik bileşimlerini ifade eder. Deneyin tamamı tasarım parametreleri ile gürültü faktörleri matrisinin bileşiminden oluşur. Her deneyde tasarım parametreleri matrisi gürültü faktörleri matrisinin tüm satırlarıyla çakıştırılır. Böylece yukarıdaki örneği ele alırsak her deneyde dört deneme bulunmaktadır ve bunların herbiriyle gürültü faktörleri matrisindeki gürültü düzeylerinin bir bileşimi oluşturulur. Performans karakteristikleri dokuz deneyin her bir dört denemesi için tek tek değerlendirilir.

Taguchi tasarım parametreleri ve gürültü faktörleri matrisini oluşturmak için ortogonal dizinin (orthogonal arrays) kullanılmasını önermektedir. Ortogonal dizin tasarım parametrelerinin değişik sayıdaki değerlerinin belirlenmesini sağlar. Ayrıca karşılıklı olarak çift dengeleme özelliği nedeniyle deneme sayılarını minimize eder. Örneğin otomobil direksiyonunun geliştirilmesinde mühendisler bu ürünün performansını etkileyen 13 adet kritik tasarım değişkenini belirlemişlerdir. Bu örnekte mühendislerin herbir değişken için karşılaştırma amacıyla standart, düşük ve yüksek değer belirlemeleri durumunda, 1.594.323 adet deney alternatifi sözkonusu olacaktı. Ancak Taguchi her seferinde tek bir değişken yerine, ortogonal dizini kullanarak bu deney sayısını 27'ye düşürülmüştür. Böylece deneyleri yaparken bazı faktörleri aynı

anda değiştirme yoluna gitmiştir. Bylece faktörlerin ortalama etkilerini belirlemede az sayıda deney yeterli olmaktadır. Direksiyon rneğinde yaklaşık 1,5 milyon deney yerine sadece 27 deney yeterli olmuştur.⁷⁷

Performans karakteristiklerinin yukarıdaki şekildeki gibi sürekli olması durumunda performans istatistiği adı verilen bir ölçütü hesaplamak için tasarım parametreleri matrisinin her bir deneyinden elde edilen çoklu gözlemler kullanılır. Hesaplanan performans istatistik değerleri tasarım parametrelerinin değerlerine ilişkin daha iyi tahminlerin elde edilmesinde kullanılır. Taguchi performans istatistiği ölçütü olarak sinyal-gürültü oranının kullanmasının gerekliliğini de ileri srmştir.

Tam Faktöriyel Deneyler: Bir deneyden en az kaynakla en fazla bilginin alınmasının en güzel yollarından birisi, bilimsel bir araç olan faktöriyel deneyleri kullanmaktır. Faktöriyel deneylerin bir türü olan tam faktöriyel deneylerde, tüm etkileşimler ve bir sonraki deneyin nerede yapılabilineceği ile ilgili bilgilerin çoğu incelenebilmektedir.⁷⁸

Faktöriyel deneylerde, çıktı üzerinde etkisi olabilecek ve deneyde incelenen girdilere faktör, bu faktörlerin yine deneyde incelenen değerlerine de faktörlerin düzeyleri denilmektedir. Tam faktöriyel deneylerde, bu faktörlerin incelenen seviyelerinin tüm kombinasyonlarında deneyler yapılır.

Tam faktöriyel deneyler bize en fazla bilgiyi vermesine karşın, faktör ve düzey sayısı arttıķa, deney sayıları da artmakta ve bazı durumlarda tam faktöriyel deney yapmak olanaksız hale gelmektedir.

Tam faktöriyel deneyler en fazla bilgiyi vermesine karşın, faktör ve düzey sayısı arttıķa, deney sayıları da artmakta ve bazı durumlarda tam faktöriyel deney yapmak olanaksız hale gelmektedir.

Tablo 8: Deney Sayısı Tespiti

Faktör Sayısı	Düzey Sayısı	$=(Düzey)^{Faktör} =$	Deney Sayısı
2	2		4
3	2		8

⁷⁷ Meliha Saat, "Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı", Gazi Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Dergisi, Ankara: Cilt 2 Sayı 3.

⁷⁸ SPAC Eğitim Danışmanlık, Altı Sigma Mükemmellik Modeli, Ankara: SPAC Yayınları, 2003.

4	2		16
8	2		256
12	2		4096
5	3		243
8	3		6561

Tablodan da anlaşılacağı üzere herbirinin 3 düzeyi olan 8 faktörün olduğu bir durumda tam faktöriyel yapmak için en az 6561 kombinasyon gerekmektedir. Böyle durumlarda da kesirli faktöriyel deneylerden yararlanılmaktadır.⁷⁹

Kesirli Faktöriyel Deneyler: Bu tür deneyler tam faktöriyel deneylerdeki kombinasyon sayıları belirli bir kesire ($1/2$, $1/4$, $1/8$ vb.) bölünerek, deneyin bazı kombinasyonları yapılır. Kesirli faktöriyel deneylerde, tam faktöriyel deneylerde alınan bilginin bir bölümü kaybedilir. Bu nedenle bazı etkileşimler hakkında bilgi sahibi olmak mümkün değildir ancak bu kaybedilen bilgi, deneyde seçilen kombinasyonlara göre minimum seviyede olmaktadır.

1.5. Kontrol Aşaması Araçları: Lojistik regresyon, İPK, Güvenilirlik, Tolerans Analizi, Altı-Sigma toleranslandırması, Shainin Metodları.

İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK): Bir süreç içerisindeki değişkenliğin ölçümü ve değerlendirmesi ile bu tür bir değişkenliği sınırlamak ve “kontrol etmek” için harcanan çabaları içerir. İstatistiksel Proses Kontrolü ve Kontrol tablolarının kullanımı, kullanılan sürecin performansını gözlemek, gelecekte hedeflenen performansı ve düzeltmek için uygulanacak faaliyetin gerekliliğini göstermek için ideal bir yoldur.

Regresyon Analizi: Regresyon analizi değişkenler arasında ilişki araştırmak ve modellemek amacı ile mühendislik, ekonomi, işletme, fizik, kimya, biyoloji ve sosyal bilimlerde yaygın uygulamalar bulan istatistiksel bir yöntemdir.⁸⁰

Bu yöntemde ilgilenilen değişken (yanıt) ile bir grup faktör (bağımsız değişkenler) arasındaki ilişki genel olarak

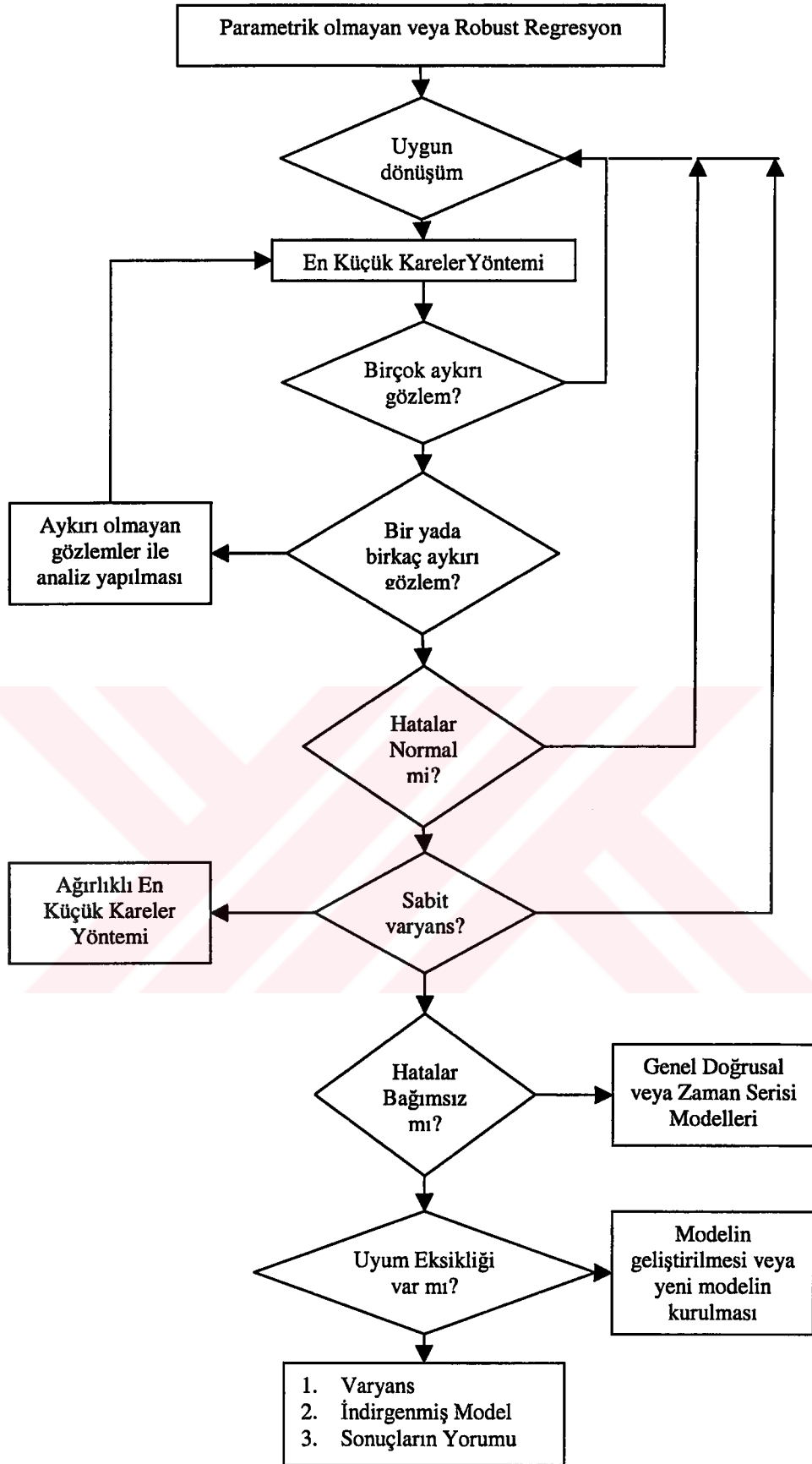
⁷⁹ SPAC Eğitim Danışmanlık, **Altı Sigma Mükemmellik Modeli**, Ankara: SPAC Yayınları, 2003.

⁸⁰ İnci Batmaz, “Regresyon Analizinde Varsayımların Denetimi ve İyileştirici Önlemler”, **Altı Sigma Forum Dergisi**, ODTÜ İstatistik Bölümü Sayı:1, Kasım 2004.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

şeklinde çoklu doğrusal regresyon modeli ile ifade edilebilir. Burada y yanıt değişkeni, β_i ler ($0 \leq i \leq k$) model parametreleri, x_i ler ($1 \leq i \leq k$) bağımsız değişkenleri ve ε ise rasgele hatadır. Regresyon modelleri bir veri kümesini özetlemek, ilgilenilen değişkeni tahminlemek ve kontrol altında tutmak gibi çok değişik amaçlarla kullanılabilir.

Regresyon analizinin ilk adımı “modelin veriye uydurulması” olarak bilinen yukarıdaki formüldeki parametrelerin tahminlenmesidir. Bu amaçla genel olarak en küçük kareler yöntemi kullanılır. Analizin ikinci adımı ise model yeterliliğinin denetimidir. Bu adım araştırılan modelin uygunluğu ve uyumun kalitesinden emin olma aşamasıdır. Bu aşamada ise varyans analizi yöntemine başvurulur. Denetimler sonucunda model yeterli bulunmazsa süreç yeni bağımsız değişkenler ve/veya mevcut bağımsız değişkenlerin değişik matematiksel formları ile tekrarlanır.



Şekil 16: Regresyon Analizi Aşamaları⁸¹

⁸¹ İnci Batmaz, a.g.e.

Bu anlamda regresyon modeli geliştirmek birçok analizin yeraldığı yinelemeli bir süreçtir denilebilir. Ancak aşamaları yukarıda sıralanan regresyon analizinden istatistiksel olarak geçerli sonuçların elde edilmesi birtakım varsayımların sağlanmasına bağlıdır. Temel olarak bu varsayımlar:

- Hataların yaklaşık olarak normal dağılması,
- Hata varyansının sabit olması,
- Hataların istatistiksel olarak bağımsızlığı,
- Yukarıdaki formül ile ifade edilen modelin yapısal olarak yeterliliğidir.

3. Altı-Sigma Modeli Organizasyonu

Altı-Sigma'dan elde edilecek yararlar ve uygulama sonunda ulaşılması beklenen başarı düzeyi işletme içinde tüm çalışanların rollerinin çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Başarıya ulaşılmasında görev tanımlarının rolü büyüktür. Bu nedenle Altı-Sigma yaklaşımıyla işletmelerde, tüm çalışanlara almış oldukları eğitimin türüne farklı ünvanlar, yetki ve sorunmululuklar verilmektedir. Bu nvanlar, işletmenin yapısına, uygulamanın kapsamına ve projelerin türüne bağlı olarak farklılıklar gösterebilmektedir.⁸²

Altı-sigma hareketinin en tanınan yönlerinden biri, karakuşak, yeşilkuşak gibi farklı isimlerle bilinen, ölüm ve iyileştirme uzmanlarından oluşan bir ekibin oluşturulmasıdır.

Altı-sigma yönetim sistemindeki görev dağılımı hiyerarşiktir. İyileştirme projeleri, Karakuşak denilen takım liderlerinin önderliğinde iyileştirme takımları tarafından gerçekleştirilir. Karakuşaklar problem zme ve veriye dayalı karar verme uzmanı olarak yetiştirilmektedir. İyileştirme takımı üyelerine ise Yeşilkuşak adı verilmektedir.⁸³

⁸² <http://www.kaliteofisi.com/makale/makaleler.asp?makale=90&ad=Altı%20Sigma&id=12>

⁸³ Şampiyonlar ve Karakuşaklar Şirketleri 'sıfır hata'ya taşıyor, **Hürriyet İnsan Kaynakları**, 28 Kasım 2004.

Aşağıdaki tablo görev dağılımlarını daha sistematik olarak göstermektedir.

Tablo 9: Altı-Sigma'da Roller

Uygulama Lideri	Sponsorlara, ekiplere destek olurlar. İlgili birimlere verilecek harici eğitimler ile ilgili kararlar alırlar.
Şampiyon ya da Sponsor	Altı-Sigma görevlendirme planından ve uygulama stratejisinden sorumludur. 12-15 yıl tecrübeye sahip, şirkette en az dört yıl çalışmış üst düzey yönetici olması gerekmektedir. Proje fikirlerinin tespit edilip, önceliklendirilmesine liderlik eder. Kara kuşakların gelişimine destek olur. Gerekli taktirde, bir projenin yönü ya da kapsamı konusunda yol gösterirler ve yapılacak değişiklikleri onaylarlar. Aynı konu üzerinde birden fazla çalışmanın yapılmasının ortadan kaldırılmasına çalışırlar. Ekipdışı kişiler ile ekipler arasında oluşan sorunların çözümüne yardımcı olurlar.
Yerel Şampiyonlar	Kendi bölümleri için bir six sigma görevlendirme planı hazırlar, proje tanımı ve sıralaması yapar. Karakuşakların tespit edilmesinden ve geliştirilmesinden sorumludurlar.
Süreç Sahipleri	Şampiyonlar dışında kalan üst düzey yöneticiler ve şirket içindeki kilit süreçlerin yöneticilerinden oluşur. Six sigma görevlendirme planını desteklerler. Projelerin başarılı olup süreçlerin iyileştirileceği bir ortam hazırlarlar.
Master Karakuşak	Teknik liderlik yapmaktadırlar. Karakuşaklara projelerde danışmanlık yaparlar. Eğitimler sonunda sertifika verirler. Uzman Kara Kuşağın başlıca görevleri; <ul style="list-style-type: none">• iyileştirme takımlarına başta istatistik yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her konuda teknik destek sağlamak,• Kalite Şampiyonlarına projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak,• iyileştirme projelerinden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için bir araya getirmek ve özetlemek,

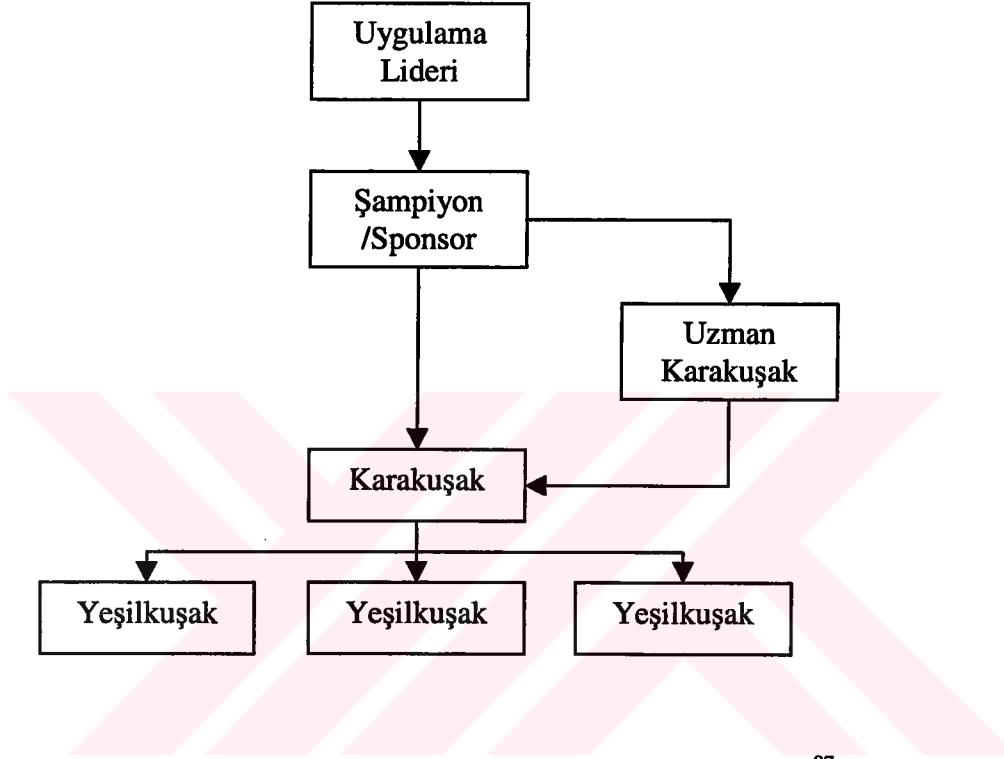
	<ul style="list-style-type: none"> • Altı-Sigma konusunda eğitim vermek, • çalışanları bilgilendirmek suretiyle Altı-Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkı sağlamak, <p>şeklinde özetlenebilir.⁸⁴</p>
Karakuşaklar	<p>Şirkette en az iki-üç yıl tecrübeli, fonksiyonel veya teknik uzmanlar arasından seçilirler. Görevleri six sigma projelerini yönetmek ve her sene yönetimin karar vereceği oranda bir kazancın elde edilmesini sağlamaktır. Aynı zamanda şirket içinde six sigmayı tanıtmaktan sorumludurlar.</p> <p>Kara Kuşakların başlıca görevleri;</p> <ul style="list-style-type: none"> • iyileştirme projesini belirleyerek kalite şampiyonuna teklif etmek, • iyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini kalite şampiyonuna teklif etmek, • takım üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde kalite şampiyonuna yardımcı olmak, • takım üyeleri arasında iş/görev dağılımını yapmak, • iyileştirme projesini yönetmek ve projenin miadında tamamlanmasını sağlamak, • bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirlemek ve bu talepleri kalite şampiyonuna bildirmek, • takım üyelerine Altı-Sigma araçlarını kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamak, <p>şeklinde özetlenebilir.⁸⁵</p>
Yeşilkuşaklar	<p>İyileştirme takımı üyeleridir. İyileştirme faaliyetlerini bizzat yürüten icracı personelden oluşurlar. Temel ölçüm ve analiz yöntemlerini iyi</p>

⁸⁴ <http://www.altisigma.com/forum>

⁸⁵ <http://www.altisigma.com/forum>

	derecede bilmeleri, bilgisayar yazılımları yardımı ile analizleri yapabilecek yeterlilikte olmaları gerekmektedir. Karakuşak projelerinde takım elemanı olarak çalışan kişilerdir. ⁸⁶
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Yukarıda tarif edilen görevler hiyerarşik açıdan konumlandırılırsa aşağıdaki gibi bir şema düzenlenebilir:



Şekil 17: Altı-Sigma'da Organizasyonlar⁸⁷

4. Altı-Sigma Modeli Uygulamasının Sağladığı Başlıca Avantajlar

Altı-sigma ile işletmede elde edilebilecek yararlar çeşitlidir. Ancak başlıcalarını sıralamak gerekirse: Maliyet düşürme, verimin artırılması, Pazar payının büyümesi, müşteri sürekliliği, çevrim zamanının kısalması, hata oranının azalması, kültür değişimi, ürün/hizmet geliştirme sayılabilir.

⁸⁶ Lütfi Uslu, "Altı Sigma ve Sanayi Uygulamaları", (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Uluslararası Kalite Yönetim Bilim Dalı, 2002).s.13

⁸⁷ Cathy Hiatt, "Six Sigma", Boise State University, 2001.p.25.

5. Altı-Sigma Modeli Uygulamasında Yaşanan Başlıca Problem Alanları

Uygulamalarda yaşanacak ilk problemlerden biri sorunları anlayan ve önlem alınması gerektiğini farkedene üst yönetim grubunun var olup olmadığıdır. Yönetim desteği olmadan altı-sigma faaliyetlerinin uygulanması mümkün değildir.

Eğitim faktörü altı-sigma uygulamalarında karşılaşılabilecek önemli etkenlerden biridir. Altı-sigma uygulamaları gelişmiş istatistiksel araçların kullanılmasını ve yorumlanmasını gerektirebilir. Bu aşamada uygulayıcıların mevcut durumu modellemek için seçtikleri yöntemler başarıda önemli rol oynamaktadır. Altı-sigma eğitimi uygulamaların doğru şekilde yürütülmesini sağlar.

Bilginin toplanması ve yönetilmesi altı-sigma uygulamalarına yol gösterir. Kimi işletmelerde mevcut durumu modellemek için gerekli veriler uygulama başlangıcına kadar geçen sürede hiç toplanmamış olabilir ya da ilgili süreçlerin çıktısının ölçülmesi çok zor olabilir. Bu gibi veriler o güne kadar hiç istatistiksel olarak incelenmemiş olabilir. Altı-sigma'nın yararlanacağı bilgi kaynaklarındaki eksikler işlemleri yavaşlatır.

Tüm bu güçlükler altı-sigma çalışmalarından önce tespit edilerek uygulama programına alınmalıdır.

IV. ALTI-SİGMA MODELİ UYGULAMIŞ OLAN FİRMALARIN ELDE ETTİKLERİ BULGULAR

Altı-Sigma felsefesi Motorola, IBM ve GE gibi çok sayıda şirkette uygulanmış ve kârlılıkta gözle görülür bir artış sağlamıştır. 1990'lı yılların başında uygulanmaya başlanan çalışmalar sonrasında Motorola 16 milyar dolar kazanç elde ederken GE ise sadece 5 yılda 12 milyar dolar tasarruf etmiştir.⁸⁸ Daha sonra Ford, DuPont, ABB, Dow Chemical, American Express, Chase JP Morgan, Johnson&Johnson, BMW, Samsung gibi çok uluslu şirketlerin yanısıra birçok yerel firma tarafından da kullanılmıştır.⁸⁹

Türkiye'de altı-sigma sistemi ilk kez bir GE iştiraki olan Tusaş Aerospace Industries (TAI) bünyesinde uygulanmıştır. Sistemi uygulayan ilk yerel şirket Arçelik olmuştur.⁹⁰ Onları Çanakkale Seramik Grubu şirketleri, Eczacıbaşı Vitra, Borusan, Teba, Petrol

⁸⁸ Arcelik Dergisi, Mayıs 2004.

⁸⁹ Kerem Bikmen, O2K Danışmanlık Hizmetleri. <http://www.o-2k.com>

⁹⁰ Şampiyonlar ve Karakuşaklar şirketleri 'sıfır hata'ya taşıyor, **Hürriyet İnsan Kaynakları**, 28 Kasım 2004.

Ofisi, Çimtaş ve Aselsan izlemiştir. 2003 yılı içinde de Koç Sistem ve Koç.net gibi firmalarda, hizmet sektöründeki ilk Altı-sigma uygulamaları hayata geçirilmiştir.

Arçelik AŞ'de üretim aşamasında uygulanan Six Sigma çalışmalarıyla bugüne kadar 15 milyon dolar tasarruf elde edilmiştir. Üretim dışındaki departmanlarında da uygulanması için bir süre önce Arçelik'te Six Sigma yöneticiliği oluşturulmuştur.⁹¹

Borusan'da 2002 yılı Mayıs ayında başlatılan birinci dalga sonunda Siyah Kuşaklar 13 adet 6 Sigma projesini tamamlayarak süreç sahiplerine teslim etmişlerdir. Teslim edilen projelerin 12 aylık beklenen getirisi 4.2 milyon ABD Doları'dır. 31 Ocak 2003 tarihi itibarıyla Borusan Grubu'nda 13'ü süreç sahiplerine devredilen, 34'ü devam etmekte olan toplam 47 adet 6 Sigma projesi mevcuttur. 47 adet 6 Sigma projesinin beklenen getirisi 10.4 milyon ABD Doları'dır. Borusan Boru'da üretimin fabrikalar arası optimizasyonu, iç pazarda dağıtım kanallarının etkin kullanımı ve temin süresinin kısaltılması olmak üzere 36 Sigma projesi yürütülmektedir. Projelerin şirket kârlılıklarına etkisi 2003 yılında gözlenmeye başlayacaktır.⁹²

Aselsan'da öncelikle, altı-sigma istatistiksel manası ve ürünlerin kalitesini ölçebilmek için bir standart olarak düşünülmüştür. Bu amaca yönelik olarak hata olasılıkları hesaplama prosedürleri oluşturulmuş ve birbirinden farklı ve değişik zorluk seviyelerindeki süreçlerin kalite göstergesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hataların belirlenmesi ve düzenlenen deneyler sonrasındaki değişimlerin izlenmesinde bu metod kullanılmıştır. Bu yolla süreçlerde oluşan hataların sayısında iki yıl içinde 5-6 kat azalma izlenmiş ve sigma seviyelerinin 5 sigma ortalamasına geldiği görülmüştür. Bu noktadan sonraki ilerlemelerin daha zor olduğu ve tasarımla eş zamanlı mühendislik metodlarının ve istatistiksel yöntemlerin daha verimli kullanılması gerektiği bilinmektedir. Bunun kolaylaşması için verilerin otomatik toplanması ve raporlanması amacıyla yazılımlar geliştirilmiştir. Hedefimiz iki yıl içinde belirli süreç ve ürünlerde altı-sigma hedefine ulaşmaktır.⁹³

6 sigma yönetim sistemlerinden faydalanan kuruluşlardan biri olan Alcatel'de 1998 yılında gerçekleştirilen müşteri memnuniyeti araştırma bulgularından hareketle, müşteri memnuniyet ve bağlılığını geliştirmeyi amaçlayan yoğun programlar tüm çalışanların katkılarıyla sürdürülmeye başlanmıştır. 1999 yılında, profesyonel kuruluşlara yaptırılan

⁹¹ Arcelik Dergisi, Mayıs 2004.

⁹² http://www.borusan.com.tr/yatirim_sorular.aspx?SectionId=6104

⁹³ Erkan Dora, "Aselsan'da Altı-Sigma Uygulamaları", Mart 2004,

benzer araştırmalar ile Alcatel kurumsal iletişim sistemlerini kullanan yaygın müşteri kesiminin de beklenti ve memnuniyet düzeyleri saptanmıştır. Ayrıca bölümler arası iletişimi ve işbirliğini güçlendirerek organizasyonel etkinliği artırmak amacıyla, i hizmet kalitesi ölçülmüş ve gelişmeye açık alanlar saptanmıştır. Hata önleyici bir kültürel dönüşüm için "6 Sigma Kalitesi" ve "Sağlam Tasarım Felsefesi" ile ilgili yoğun eğitimler düzenlenmiştir.⁹⁴

Tablo 10: şirketlerin 6 Sigma Uygulamaları ile Sağladıkları Kazanlar⁹⁵

şirket Kazançları (US \$)		
Motorola	2.2 Milyar	2.6 yıl
ABB	900 Milyon	1 yıl
TI	600 Milyon	1.8 yıl
AlliedSignal	1.2 Milyar	2 yıl
GE	2.2 Milyar	4 yıl
Nokia	300 Milyon	2 yıl
Siebe PLC	100 Milyon	9 ay
Sony	100 Milyon	1 yıl

2002 yılı başından itibaren Six Sigma Yönetim sistemini uygulayan KaleKalıp ve Kalekim'de bu programla ilgili roller ve sorumluluklar belirlendikten sonra projeler uygulandı. KaleKalıp ve Kalekim'de birer şampiyon, projelerin sorumluluğunu alan 6 kara kuşak ve onlara destek veren 12 yeşil kuşak görev aldı. Altı aylık süre içerisinde gerçekleştirilen 6 proje sonunda finansal kazanım 1,200,000 doları buldu. Kale Grubu Six Sigma uyguladığı projelerde hedefleri yüzde elli aşarak , bu alandaki başarısını da kanıtlanmıştır.

Kamu Yönetim Reform Tasarısı ve Yerel Yönetimler Yasası ile devletin yeniden yapılandırılmasını amaçlayan mevcut hükümet, daha sonra da bürokrasideki yerleşmiş alişkanlıkları kırmaya yönelik bir proje hazırlamaktadır. Proje bürokrasiyi,

http://www.aselsan.com.tr/DERGI/mayis2000/sig_fr.htm

⁹⁴ <http://www.alcatel.com.tr/yatirimcibilgileri/1999/kalite.jhtml>

⁹⁵ <http://www.spac.com.tr/tanitim.html>

vatandaşa tepeden bakan değil, onun hizmetinde ve sorun çözen bir yapıya dönüştürmeyi hedeflemektedir. Bu amaçla kamu kuruluşlarına, problem çözme, maliyet düşürme, hata azaltma sistemi olarak tanımlanan '6 Sigma' eğitimi verilmesi planlanmaktadır.⁹⁶



⁹⁶ <http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2003/10/13/ekonomi/ekonomi1.html>

İKİNCİ BÖLÜM

ÇİMTAŞ FİRMASINDA ALTI-SİGMA UYGULAMASI VE UYGULAMA BULGULARI

Bu bölümde Çimtaş firmasının yapısal özellikleri, süregelen uygulamalar ve altı-sigma sistemi, deney tasarımı yöntemi ile iyileştirilen Gietart kumlama ve boya ünitesinde yürütülmekte olan çalışmalar ve elde edilen bulgular üzerinde durulmaktadır.

I. UYGULAMA METODOLOJİSİ

1. Uygulama Evreni

Çimtaş'ta uygulanan altı-sigma çalışmaları kapsamında Ön imalât (Gietart) Kumlama ve Boya Ünitelerinin Maliyetinin Düşürülmesi amaçlı proje, İmalât Müdürü Nedim ÖZKAN'ın şampiyonluğunda, İmalât Şefi ve Karakuşak Kürşad Selim KARGI tarafından gerçekleştirilmiştir.

Uygulamada izlenen amaçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Boya maliyetinin %15 düşürülmesi
- Kumlama maliyetinin %10 düşürülmesi
- Kumlama ünitesinde, çalışma ile eksilen granül ilavesi için bir sistem tanımlanması

2. Uygulama Yapılan Örgütün Künyesi

1973 yılında ENKA Grubuna bağlı olarak Gemlik'te kurulan Çimtaş Çelik İmalat Montaj ve Tesisat A.Ş., yapısal çelik, köprüler, mimari çelik binalar ve yüksek binaların yanısıra basınçlı kaplar, boru sistemleri, yakıt tankları, rüzgar kuleleri mühendislik, imalât ve montajını da yapmaktadır.

Konusunda dünya lideri olan kuruluşların tercih edilen tedarikçisi konumunda olan şirket, Türkiye'de de belli başlı projelerin mimarıdır. Afşin Elbistan Termik santrali mühendislik imalât ve montajı, Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy santrallerinin çelik konstrüksiyon imalât ve montajı, Gebze ve Adapazarı santrallerinin komple mekanik montajı, Toyota Fabrikası imalât ve montajı ve Haliç'teki Atatürk Köprüsü'nün ek iki şeridinin imalât ve montajı, Çimtaş imzalı projelerin sadece bir kaçıdır.

Çimtaş'ın başarısı Türkiye pazarı ile de sınırlı olmayıp, şirket, dünya üzerinde 15.000 kùsur tedarikçisi olan dünya devi General Electric Power Systems'in 2002 senesi yılın Tedarikçisi ödülünü, ABD'de Atlanta'da "2003 Tedarikçi Konferansı"nda alarak, uluslararası platformda önemli bir başarıya imza atmıştır.

Çimtaş imalâtı, Gemlik Fabrikası, Gemlik Boru Fabrikası ve Çin'de Ningbo Fabrikalarında gerçekleştirmektedir.

Çimtaş Gemlik fabrikası İstanbul'dan 200 km uzaklıkta olup, limana sadece 2 km yakınındadır. 150.000 m² lik alanın 41.000 m² si kapalı alandır. 25.000 ton yıllık üretim kapasitesi vardır. Fabrikada, yüksek kapasiteli CNC makinaları, otomatik yüzey iyileştirme ve boyama ve son teknoloji ürünü otomatik ve robotik kaynak makinaları mevcuttur.

Çimtaş Boru Fabrikası, Gemlik fabrikasına yürüme mesafesi kadar yakınlıkta 25.000 m² lik çevrili alanda kurulmuş, 10.000 m² lik kapalı alanda pickling, passivation and painting facilities yapmaktadır. 6.000 ton yıllık üretim kapasitesi mevcuttur. Fabrikada teknolojik otomatik ve robotik kaynak ekipmanları kullanılmaktadır.

Çimtaş Ningbo fabrikası: Çin'in ikinci büyük limanı Ningbo'da da bir fabrika kurmuştur. Fabrikanın faaliyet konusu, ihracata yönelik teknolojik borulama sistemleri mühendisliği ve imalâttır. 5.200 m² lik alanda faaliyet göstermektedir.

Çimtaş aynı zamanda enerji sektörü, kimya sanayi, yakıt tankı, köprü ve yapısal çelik bina, mekanik ve elektrik montajını en yüksek kalite, zamanında ve güvenlik koşullarına uygun olarak Türkiye ve yurtdışında toplam 650.000 tonluk montaj gerçekleştirmiştir. Yurtdışı montaj ve satış sonrası hizmetleri Hollanda'dan koordine edilmektedir.

Yapısal çelik, basınçlı kaplar, depolama tankları, borulama projeleri mühendislik çalışmalarında SAP 2000, Xsteel, AutoCAD, PDMS, Review, Reality, IsoDraw, SpoolGen, Compress, CadWorks Winshell, Caesar programlarının son versiyonları kullanılmaktadır. İmalat CNC, NC, PLC, DNC, On-line Machines, Otomatik ve robotik kaynak, High-Tech Test Ekipmanları ile gerçekleştirilmektedir. Fabrikalar son teknoloji ürünü bilgi ve haberleşme teknolojisiyle donatılmıştır.

Tasarım ve mühendislik bilgi paylaşımı, mühendislik ofisleri, fabrika ve şantiyeler arası kurulmuş bilgi akış ve iletişim sistemleriyle yapılmaktadır. Mühendislik ayrı bir

birim olarak değil, aynı zamanda imalât ve montaja destek vermek için de çalışmaktadır.

Çimtaş Kalite güvence sistemini yeni tüm etmen süreç ve fonksiyonları denetim altına alan Kalite Yönetim Sistemi ile değiştirmiştir. Yeni sistem Uluslararası ISO 9001 kalite standartlarının 2000 baskısını temel alarak geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Çimtaş iş kazalarını önlemek amaçlı “Sıfır Kaza” adlı iş güvenliği programını sürdürmektedir. Bu bağlamda başta can güvenliğinde olmak üzere iş güvenliğinde hedef “sıfır iş kazası”dır. Çimtaş’ın kısa vadede iş planı OHSAS 18001 ve ISO 14001 sertifikalarını tamamlamaktır.

Çimtaş’ın sahip olduğu sertifikalar: ISO 9001:2000, ASME (U,U2,PP,S), NBPV (NB) (R), Bureau Veritas (CE-PED-H), TÜV DIN 8563, German Lloyd, Turkish Lloyd, TUCSA.

Çimtaş firmasının altı-sigma ile ilk tanışması 2001 yılında birlikte projeler yürütülen GE firması ile gerçekleşmiştir. 2002 yılının ilk aylarındaki GE Global Supply Chain Management toplantısı ardından ENKA Yönetim Kurulu Başkanı ve Genel Müdür Sayın Vedat Mimaroğlu öncülüğünde altı-sigmanın Çimtaş bünyesinde uygulanmasına karar verilmiştir. Bu çerçevede öncelikli olarak iki kişi gerekli eğitimlerin alınması için GE’ye gönderilmiş, ardından şirket içinde eğitimlere başlanmıştır. Şu an Boru, Çelik ve Merkez dahil olmak üzere Çimtaş’ta 6 Karakuşak, 10 Yeşilkuşak ve 6 Şampiyon bulunmaktadır. Uygulamalara katılımı arttırmak amacıyla karakuşak adayları proje hedefleri ve proje hedeflerinin tutturulma başarılarına göre ödüllendirilmişlerdir.

Çimtaş’taki hedefler altı-sigma’dan Altı Sigma+3H (Her zaman, Her yapıları, Her yaparı irdele/sorgula)’a doğru gelişmektedir. Sorunlara Kaizen yaklaşımıyla çok kısa sürelerde yanıt bulunmaya çalışılmakta, Sıfır Kaza gibi önleyici faaliyetlere ağırlık verilmektedir. Kaizenin yetersiz kaldığı noktalarda ise altı-sigma araçları ile çözüme ulaşılmaktadır.

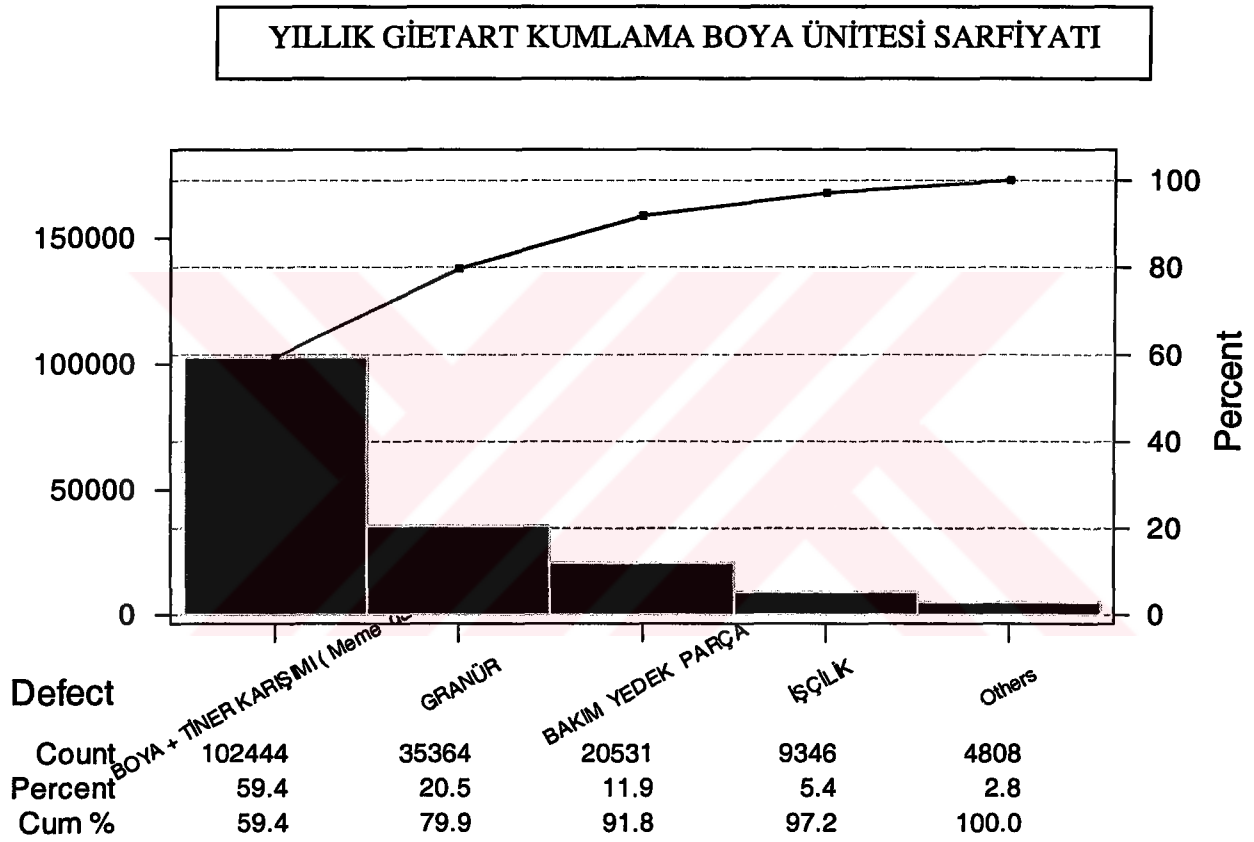
3. Uygulama Yöntemi

Optimal boya parametrelerini belirlemek için deney tasarımı yapılmıştır. Granül tane büyüklüğünün homojen hale getirilmesi için de ayrı bir sistem tanımlanmıştır.

Boya ünitesinde 2 tam faktöryel (boya tabanca hızı, bant hızı, boya pompası emiş basıncı ve boya-tiner karışımı), 8 bloklu, 12 tekrarlı 2 centerpointli deney tasarımı yapılmıştır. Diğer ayrıntılar ve analizler devam eden bölümlerde incelenmiştir.

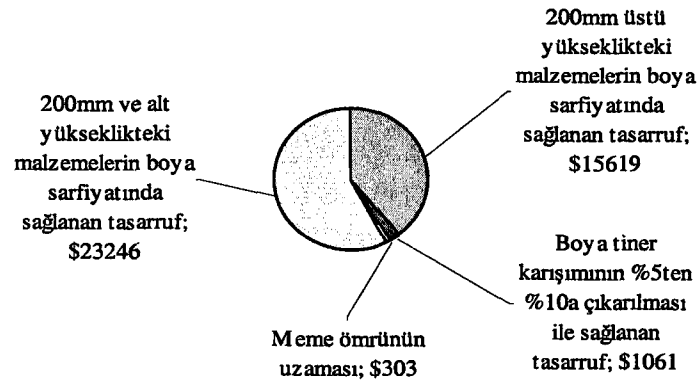
II. UYGULAMADAN SAĞLANAN BAŞLICA BULGULAR

Kumlama ve Boya ünitelerinin maliyetlerinin azaltılması amacıyla yapılan çalışmalar, mevcut durumun modellenmesi ile başlamaktadır. Maliyetlerin ağırlıklı olarak hangi kalemden kaynaklandığı tespit edilirse öncelikli iyileştirilmesi gereken bileşenin seçimi de nispeten kolaylaşır. Aşağıda yıllık maliyet kalemleri incelenmiştir.



Şekil 18: Kumlama Boya Ünitesi Sarfiyatı Yüzde Dağılımı

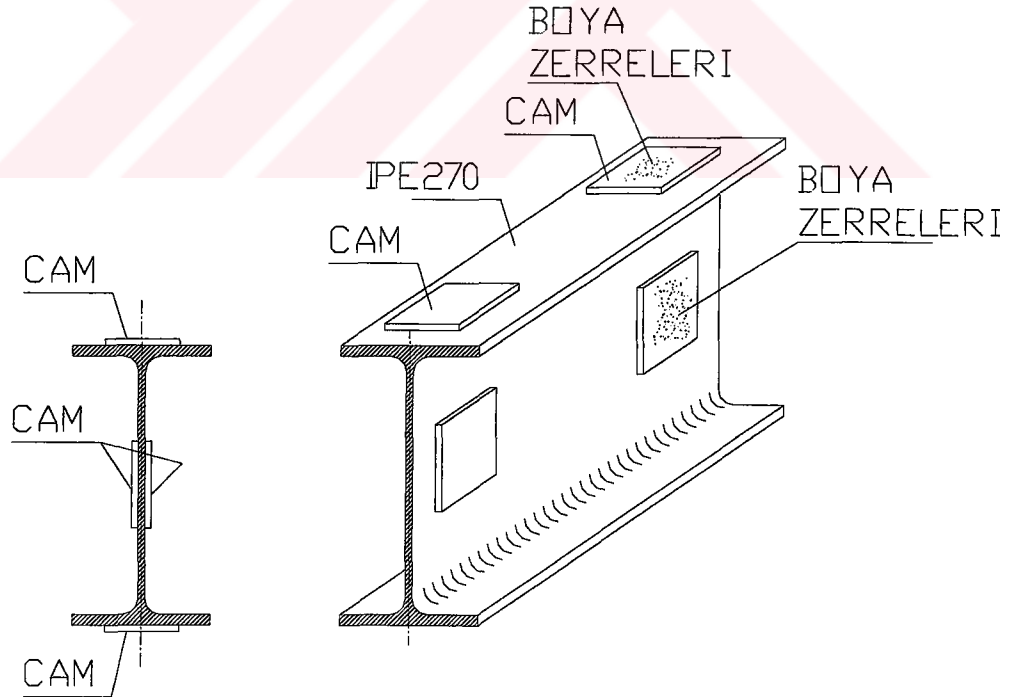
2002 yılı ilk altı aylık döneme ait ilgili üniteye ait boya sarfiyatı baz alınarak hazırlanan ve yapılan iyileştirmeler ile sağlanan yıllık kazancı gösteren grafik aşağıda olduğu gibidir:



Şekil 19: Yapılan İyileştirmeler ile Sağlanan Kazançların Dağılımı

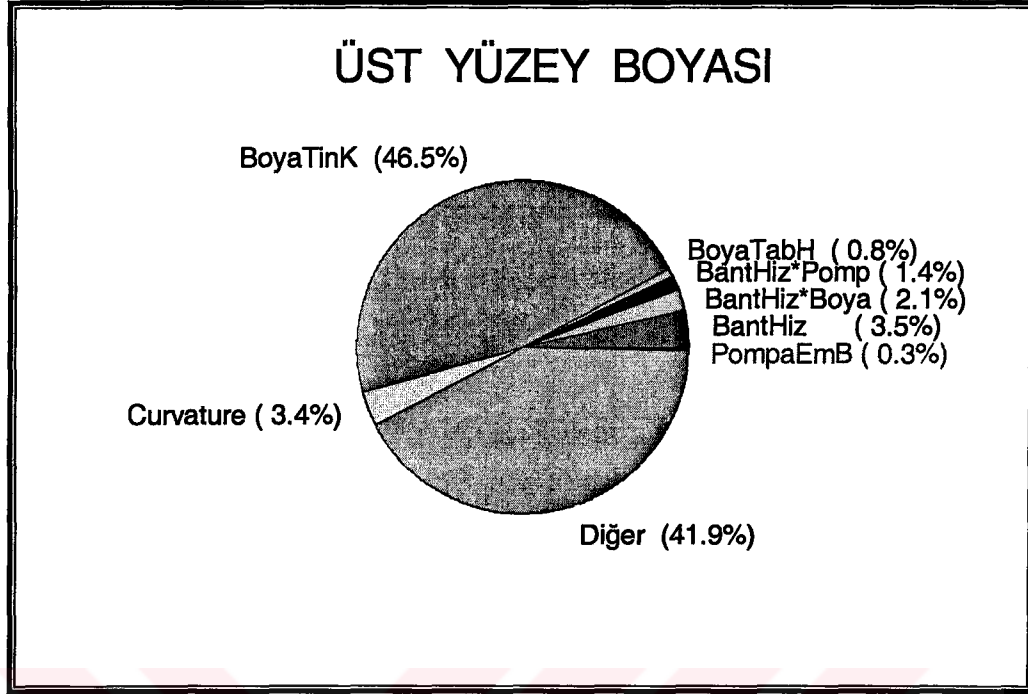
1. Optimal Boya Parametrelerinin Belirlenmesi

Boya ünitesinde 2 tam faktöryel (boya tabanca hızı, bant hızı, boya pompası emiş basıncı ve boya-tiner karışımı), 8 bloklı, 12 tekrarlı 2 centerpointli deney tasarımı yapılmıştır. Toplam 6912 (Üst, Alt, Sağ ve Sol yan) boya mikron ölçümü yapılmıştır. Deney Tasarımı, üniteden geçirilen IPE 270 profilin Üst, Alt, Sağ ve Sol konumlarına ardışık yapıştırılan 100*200 ebatlarında 8 cam üzerinden alınan boya mikron ölçümü ile (her camdan 12 ölçüm alınmıştır) gerçekleştirilmiştir.

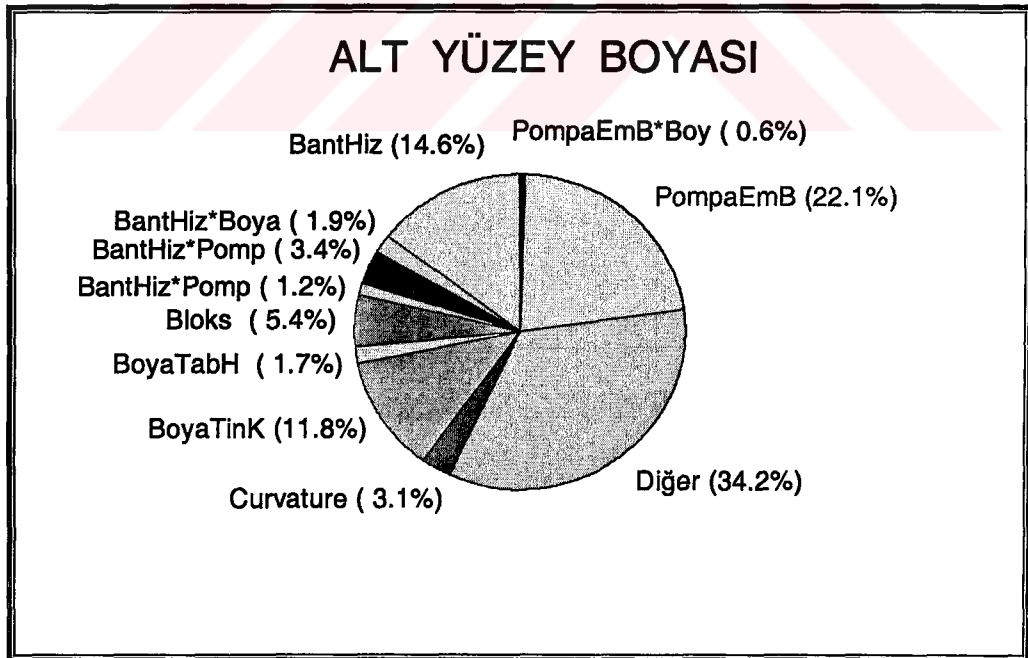


Şekil 20: Boya Mikron Ölçümü Düzeneği.

Sonuçların grafiksel olarak ifade edilmiş halleri aşağıdaki gibidir:

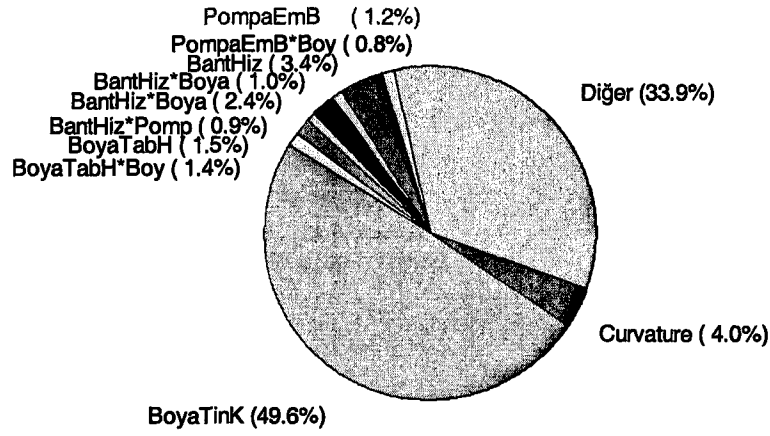


Şekil 21: Üst Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları



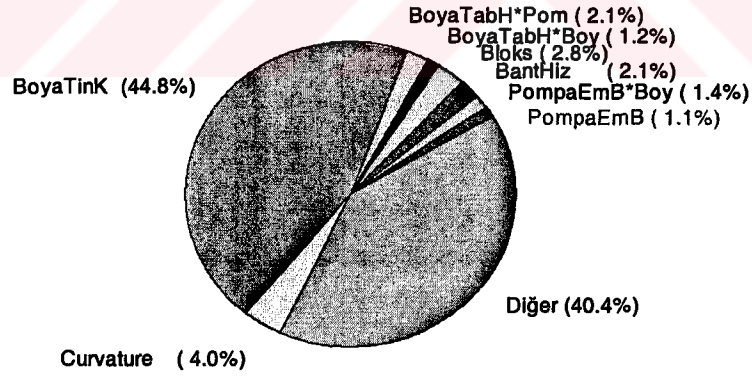
Şekil 22: Alt Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları

SAĞ YAN YÜZEY BOYASI



Şekil 23: Sağ Yan Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları

SOL YAN YÜZEY BOYASI



Şekil 24: Sol Yan Yüzey Boyası Ölçüm Sonuçları

Tablo 11: Eski Parametreler

New D	Hi Cur Lo	BantHız	BoyaTabH	PompaEmB	BoyaTınK
0.00000		3.0	3.60	5.80	30.0
		2.60	3.20	5.80	10.0
		2.60	3.20	2.60	10.0
Ust_Boya					
Targ: 25.0					
y = 50.6931					
d = 0.00000					
Alt_Boya					
Targ: 25.0					
y = 37.5710					
d = 0.00000					
Sag_Boya					
Targ: 25.0					
y = 27.1371					
d = 0.57258					
Sol_Boya					
Targ: 25.0					
y = 24.7513					
d = 0.95025					

Tablo 12: Yeni Parametreler

New D	Hi Cur Lo	BantHız	BoyaTabH	PompaEmB	BoyaTınK
0.00000		3.0	3.60	5.80	30.0
		2.60	3.20	2.60	10.0
		2.60	3.20	2.60	10.0
Ust_Boya					
Targ: 25.0					
y = 49.9584					
d = 0.00000					
Alt_Boya					
Targ: 25.0					
y = 22.6413					
d = 0.52827					
Sag_Boya					
Targ: 25.0					
y = 21.7202					
d = 0.34403					
Sol_Boya					
Targ: 25.0					
y = 21.8529					
d = 0.37058					

Sonuç olarak bütün parametreler aynı kalıp, sadece boya pompası emiş basıncının 5.8 bar'dan 2.6 bar'a düşürülmesiyle istenen boya kalitesi (15-20 mikron) yakalanabilmektedir.

Deney tasarımı neticesinde ayarlanan yeni boya parametreleri aşağıda olduğu gibidir:

Tablo 13: 200mm Yüksekliğe Kadar Olan Malzemeler İçin Durum Değerlendirmesi

200mm yüksekliğe kadar olan malzemeler için (200mm dahil)		
	Eski Durum	Yeni Durum
Üst meme ile malzeme üst düz yüzeyi arası mesafe (profil için düz ifadesi kullanılmıştır, diğerleri için üst yüzey ifadesi kullanılmıştır)	Göz kararı ayar (malzemeye tabancanın çarpıp çarpmaması, vs)	300mm
Alt meme ile hat rulo tekerleri arası mesafe	250 mm	193 mm
Alt memeler	8.17 mm	8.17 meme
Üst memeler	8.17 mm	8.17 meme
Pompa Emiş Basıncı	5.8 bar	2.6 bar
Bant Hızı	2.6 m/dak	2.6 m/dak
Boya Tabanca Hızı	3.2 m/dak	3.2 m/dak
Alt memelerin Açısı	32 derece	32 derece
Üst memelerin Açısı	39 derece	39 derece
Boya+Tiner Karışımı	%5	%10

Tablo 14: 200mm'den Yüksek Malzemeler İçin Durum Değerlendirmesi

200mm'den yüksek malzemeler için		
	Eski Durum	Yeni Durum
Üst meme ile malzeme üst düz yüzeyi arası mesafe (profil için düz ifadesi kullanılmıştır, diğerleri için üst yüzey ifadesi kullanılmıştır)	Göz kararı ayar (malzemeye tabancanın çarpıp	300mm

	çarpmaması, vs)	
Alt meme ile hat rulo tekerleri arası mesafe	250 mm	193 mm
Alt memeler	8.19 mm	8.19 meme
Üst memeler	8.21 mm	8.21 meme
Pompa Emiş Basıncı	5.8 bar	3 bar
Bant Hızı	2.2 m/dak	2.2 m/dak
Boya Tabanca Hızı	3.2 m/dak	3.2 m/dak
Alt memelerin Açısı	32 derece	32 derece
Üst memelerin Açısı	39 derece	39 derece
Boya+Tiner Karışımı	%5	%10

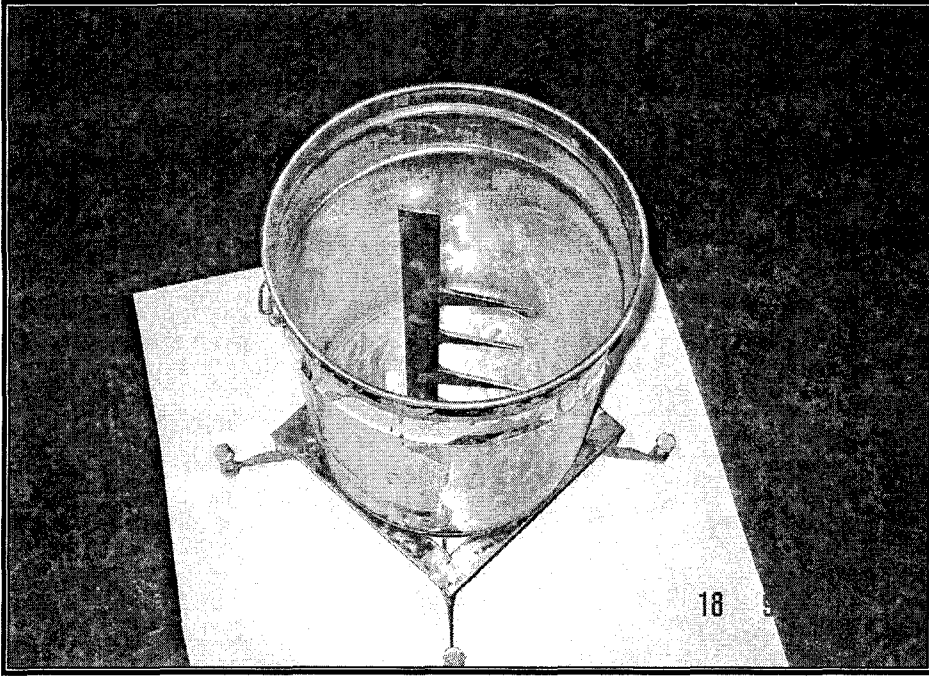
1.1. Boya Kontrol Diyagramları

Üniteden geçirilen HEB 600, IPE 500, HEB 500, UNP 160 ve IPE 240 profillerin üst, alt, sağ ve sol yanlarına yapıştırılan 100*200 ebatlarında camların üzerinden alınan boya mikron ölçümleriyle kontrol diyagramları çizilmiştir. (her camdan 12 ölçüm alınmıştır)

Hazırlanan özel düzenek ile boya yapılırken, alt ve üst boya tabancalarında 8.17 meme kullanılan 200 mm ve <200 yükseklikteki malzemelerde (üniteden geçen malzemelerin % 56 oranı) boya pompası emiş basıncının 5.8 bar'dan 2.6 bar'a düşürülmesiyle aynı boya kalitesini elde ederek sağlanan tasarrufun %40.7 olduğu, üniteye boya yapılırken, alt tabancada 8.19, üst tabancada 8.21 meme kullanılan 200mm üstü yükseklikteki malzemelerde (üniteden geçen malzemeleri % 44 oranı) boya pompası emiş basıncının 5.8 bar'dan 3 bar'a düşürülmesiyle aynı boya kalitesini elde ederek sağlanan tasarrufun %34.805 olduğu, yapılan ölçümlerle tespit edilmiştir.

Ölçümlerde 713 iş numarası ile belirtilen proje kapsamında ilgili ünite ile boyanan yüzeyler (toplam 86.196 m³) dikkate alınmıştır. Boyadan geçen malzemelerin yüksekliği 200 mm'e kadar (200 m dahil) olanların oranının %56, 200 mm üstü

olanların oranının %44 olduğu hesaplanmış, 6 sigma projesi kapsamında sağlanan yıllık tasarruf bu oran dikkate alınarak hesaplanmıştır.

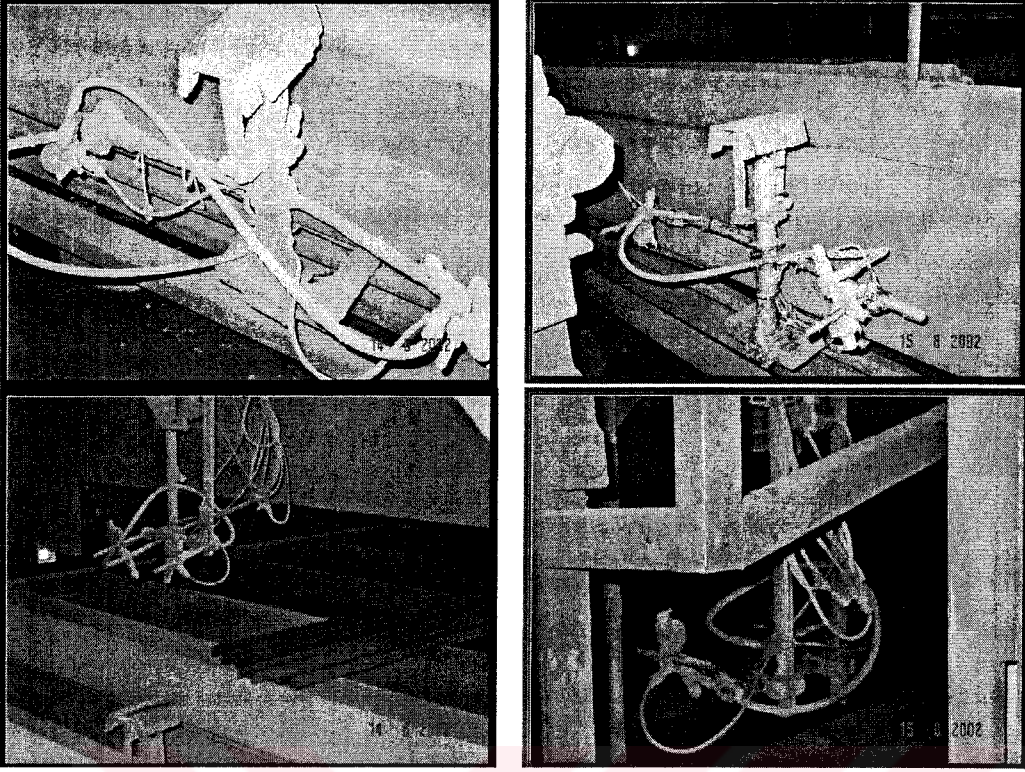


Şekil 25: Değişik basınçlarda, birim zamanda harcanan boya sarfiyatını ölçmek için hazırlanan düzenek.

Şekil 25'te görüldüğü gibi değişik basınçlarda sarfedilen boya sarfiyatları; düzenekte iki çatal arası boyanın (5 lt) 8.17, 8.19 ve 8.21 meme kullanılarak istenen basınçlarda ne kadar zamanda boşaldığı ölçülerek kıyaslanmıştır.

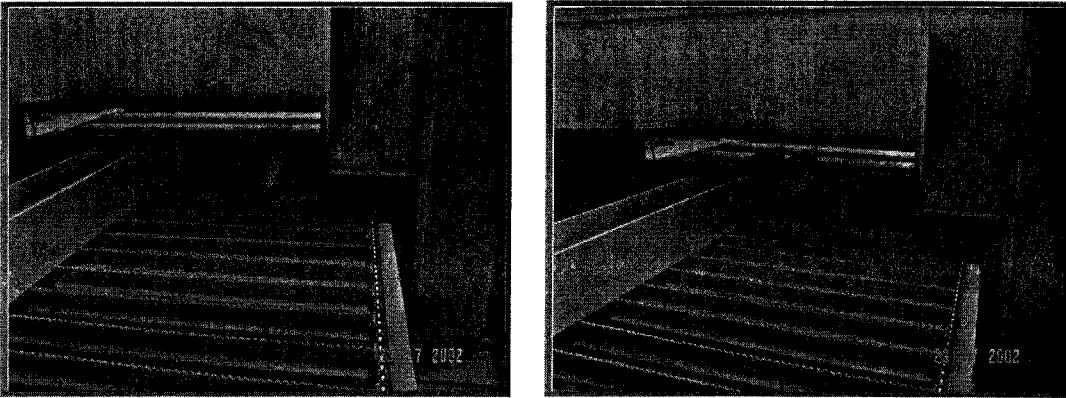
1.2. Rakamsal İfade Edilemeyen İyileştirmeler

Eski alt ve üst tabanca bağlantı konstrüksiyonu zaman içinde deforme olduğundan, memeler arasında aksel ve radyal kaçıklıklar vardır. Ayrıca, alt tabanca bağlantı konstrüksiyonu yükseklik ayarı strok mesafesinin çok kısıtlı olması (fotoğraflarda görüleceği üzere) alt meme ile boyanacak malzeme alt yüzeyi arasındaki mesafenin boya spesifikasyonlarında öngörülen ideal mesafe olan 300 mm'nin ayarlanmasını engellemekteydi. İyileştirmeler sonrasında tabanca bağlantı konstrüksiyonları yenilenmiş, yeni konstrüksiyonda alt tabanca yükseklik ayar strok mesafesi artırılmıştır.



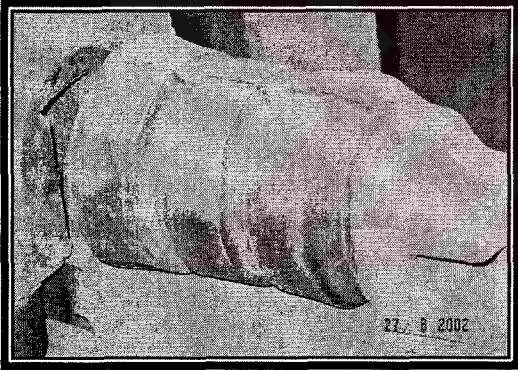
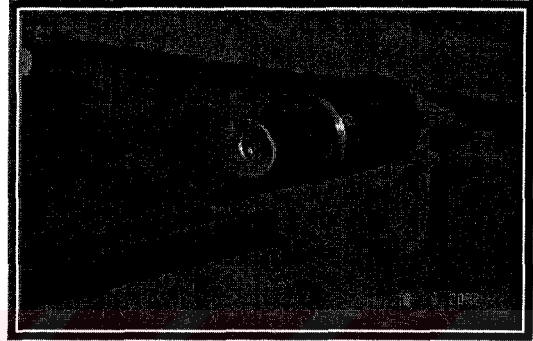
Şekil 26: Boya Tabancası Konstrüksiyonu Eski ve Yeni Durum

Boya tabancası, boyanacak malzemeyi geçtikten sonra fotoğraflarda gördüğü üzere zaman zaman havaya boya püskürtme arızası yapmaktaydı. Arızanın sistemde kullanılan tahliye valfinin yeterince amaca hizmet etmemesinden kaynaklandığı tespit edilmiş, bakım departmanı ile birlikte yeniden araştırma yapılarak amaca uygun hava tahliyeli valf seçilmiş, sisteme montajıyla problem giderilmiştir. Bu yolla sağlanan kazanç ölçülememektedir.



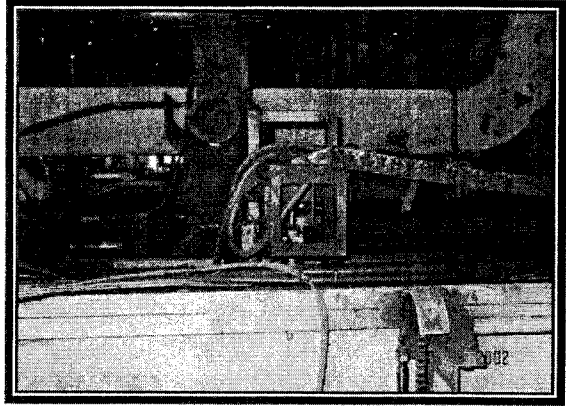
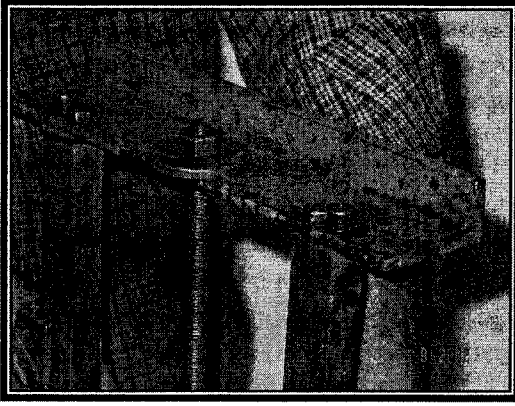
Şekil 27: Boya Tabancası Strok Sonu Boya Atımı

Boya tabancası hareket ederken (3.2 m/dak) strok sonlarına geldiğinde plastik tampona çarparak geri dönmekteydi. Tampon plastik olduğu için çarpmalarda oluşan sarsıntıdan dolayı boyanacak yüzey olmadığı halde tabanca zaman zaman havaya boya atmaktaydı. Fotoğraflarda görülen yaylı tampon düzenek sisteme yerleştirilerek sarsıntı ortadan kaldırılmış, böylece havaya atılan bu boya kazanılmıştır. Bu yolla kazanılan boya sarfiyatını ölçmek, eskiden sistemde boya püskürtme zamanını gösteren makina çalışma saati olmadığı için mümkün değildir.



Şekil 28: Boya Tabancası Strok Sonu Boya Atımı

Eski üst boya tabancalarını taşıyan konstrüksiyonun rijit olmaması (fotoğraflarda görüldüğü üzere), hareket halinde boya atan üst boya tabancalarının titreşimine neden olmaktaydı. Bağlantı konstrüksiyonu (yatak dahil) rijit olarak yeniden imal edilip sisteme monte edilerek boyanan malzeme üzerinde oluşan (bu etkenden kaynaklanan) boya dalgalanmaları ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 29: Üst Boya Tabancalarını Taşıyan Konstrüksiyon

2. Granül Tane Büyüklüğünün Homojen Hale Getirilerek Yüzey Pürüzlüğünün Homojen Hale Getirilmesi

2.1. Kumlama Ünitesinde Eski Durum

Kumlama ünitesinden toplam 59 çalışma günü, günde 2 defa granül numunesi (118 numune) alınarak yapılan elek analizleriyle eski durumda üniteye sirküle edilen granülün tane büyüklük değişimi izlenmiştir. Sistemde eksilen granülün belli bir sistemle eklenmeyişi değişken malzeme yüzey pürüzlülük kalitesine, dolayısıyla değişken boya kalitesine neden olmaktadır. İdeal granül ilave sistemi tanımlayabilmek için kumlama türbinlerinin granül püskürtme süresini gösteren makina çalışma saati yerleştirilmiştir.

2.2. Kumlama Ünitesinde Yeni Durum

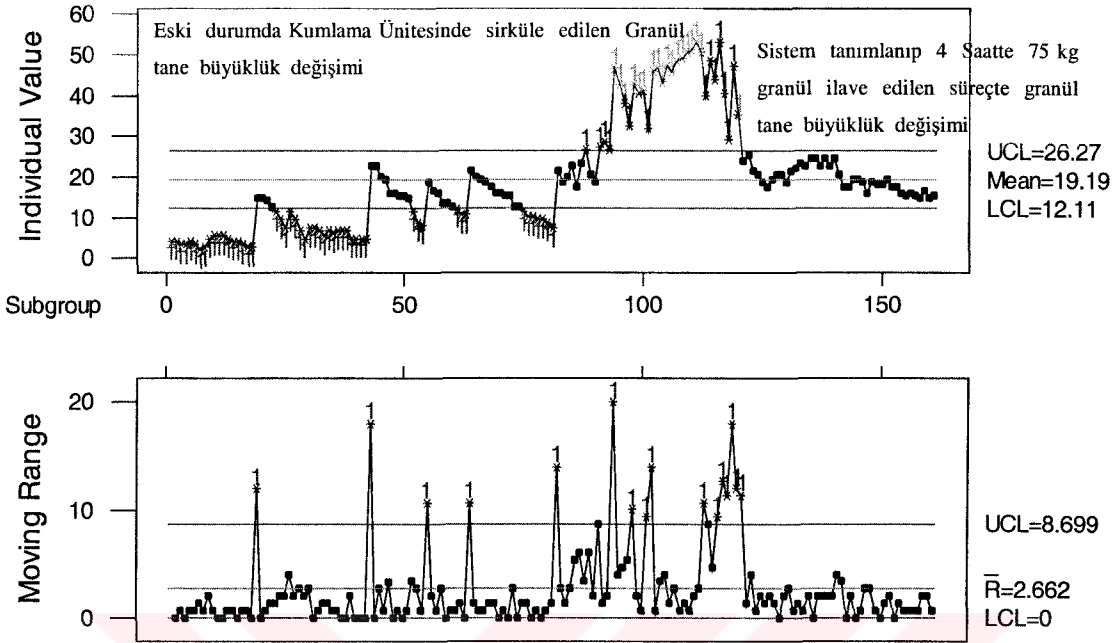
Kumlama yetkililerinin ifade ettiği, 4 saatte 75 kg granül ilavesi ile sistem 21 çalışma günü çalıştırılmış (yine sabah saat 11:00 ve akşam 17:00'da olmak üzere günde 2 defa granül numunesi alınarak ölçülmüştür), tane büyüklük değişimi I-MR kontrol diyagramlarına taşınarak izlenmiş, grafiklerden görüleceği gibi ideal granül ilave sistemi tanımlanmıştır.

2.3. Kumlama Ünitesinde Yeni Değerler

Aynı miktarda granül sarfiyatı ile homojen yüzey pürüzlülüğü ve dolayısıyla boya kalitesi sağlanmıştır.

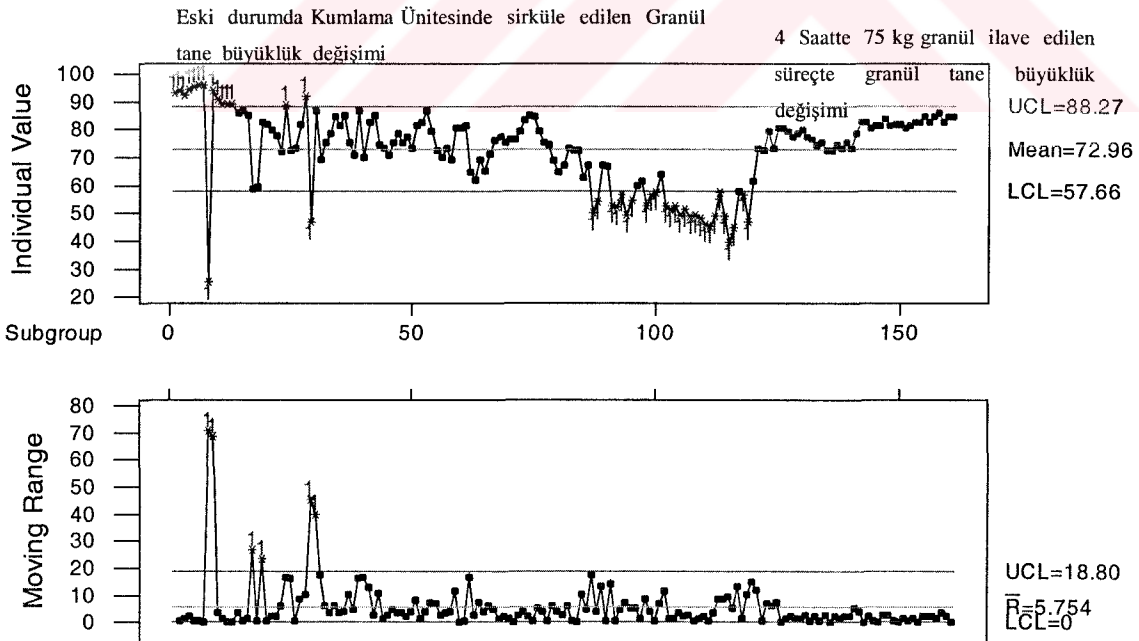
Tablo 15: I and MR Chart for Elek 1.6

I and MR Chart for Elek 1.6



Tablo 16: I and MR Chart for Elek 0.7

I and MR Chart for Elek 0.7



Sonuç olarak aynı miktarda granül sarfiyatı ile homojen yüzey pürüzlülüğü (dolayısıyla boya kalitesi) sağlanmıştır.

SONUÇ

Dünya ekonomisindeki değişimler, artan rekabet, globalleşme ve fazla miktarlarda üretimi olanaklı kılan teknolojik gelişmeler, arz-talep dengesinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Bilgi paylaşımındaki artışla birlikte rakip firmaların iş yapış teknikleri arasındaki farklılıklar azalmıştır. Uluslararası standartlar ürün/hizmetlerin temel özelliklerinin birbirlerine giderek daha fazla benzemesine neden olmuştur. Teknolojik yenilikler de benzer ürünleri büyük miktarlarda imal etmeyi olanaklı kılmıştır.

Tüm bu gelişmeler, sistemi ürün/hizmet-merkezli üretimden müşteri-merkezli bir üretime doğru itmektedir, çünkü müşteriler artık aynı özelliklere sahip ürün/hizmetleri sağlayacak birçok firmaya ulaşabilmektedirler. Tercihlerini etkileyen uygun fiyat, uygun adet, zamanında teslimat gibi nitelikler hemen hemen her üretici tarafından sağlanmaktadır.

Bu tanımları günlük yaşamla bağdaştırmak gerekirse terzi mesleği örnek olarak verilebilir. İnsanların giyinme ihtiyacı ile doğan terzi mesleği, geçmiş yıllarda birebir müşteri ve terzi arasındaki ilişkiler ile yürütülmekteydi. Zamanla dikiş makinaları ve dikim atölyeleri işlemlere hız katmıştır. En çok rastlanan boy ve kilo ölçüleri ile tespit edilen kalıplara göre de prova aşaması ortadan kaldırılmıştır. Günümüzde iletişim teknikleri ile dünyanın herhangi bir yerinde üretilen bir giysinin prova yapılmadan siparişi mümkün olabilmektedir. Ancak uygun beden ölçüsüne göre alınan ürün bile müşterinin taleplerini tam olarak karşılayamayabilmektedir.

Talep edenler tarafından arz edenler tarafına dönecek olunursa, üreticiler için de önemli değişikliklerin yaşandığı görülmektedir. Yeni koşullarda önemli olan sadece üretmek değil, istenilen ürünü en düşük maliyetle en geniş kitleye sunabilmektir. Üreticiler, en fazla ürünü en yüksek fiyattan satmak ister, ancak rekabet koşulları ve tekellerin ortadan kalkması üreticileri istenilen ürünü en düşük fiyat ile sunmaya mecbur bırakır. Esas olan, işletme yapısında bu değişimlere cevap verecek gerekli uyarlamalar yapmaktır. Bu aşamada neyin nasıl yapıldığı işletmeler için büyük önem kazanmaktadır.

Yeni yönetim sistemleri, iş süreçlerinde koordinasyonu kolaylaştıran uygulamalar geliştirmiştir. Altı-sigma bu sistemlerin en etkili olanlarından biridir. İstatistiksel araçlardan en iyi şekilde faydalanma olanağı sunmaktadır. Her türlü sürecin ortak kavramlarla (sigma seviyeleri) değerlendirilmesini olanaklı kılar, bu sayede süreç sigma

seviyeleri ile tüm şirket kültürünün yarattığı değer sigma seviyesinin hesaplanması mümkün olmaktadır. Organizasyon açısından diğer tüm sistemlerden farklıdır. Toplam Kalite sistemlerindeki gibi kalite konusunda uzmanlaşan kadronun, değer yaratan süreçlerden uzaklaşmasını önlemek amacıyla, altı-sigma organizasyonu sınırlı süreli kadrolardan oluşur. Sadece satış ya da sadece üretim odaklı değildir. Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesinden başlayarak ürün/hizmetin müşteriye ulaşmasına kadar olan süreçlerin değerlendirilmesinde ve gerekli yerlerin iyileştirilmesinde, istenilen her noktada uygulanabilir. Altı-sigma en iyi malzeme, en yüksek müşteri memnuniyeti gibi sulandırılmış kavramlardan ziyade herkes tarafından kabul görece net bir hedef (2 sigma seviyesinden 5 sigma seviyesine çıkılması gibi) belirler. CRM, re-engineering, TQM gibi birçok tüketici odaklı yöntemle sürekli etkileşim halindedir.

Şüphesiz uygulanan her yöntem, müşteriye memnun eden en iyi (kaliteli) ürünü en uygun kâr ile üretmeyi hedeflemektedir. Altı-sigma uygulamaları, müşterileri ürün/hizmetin kalitesi ile memnun etmeyi amaçlarken, üreticileri de sahip oldukları süreçleri tekrar gözden geçirerek, daha fazla kâr elde edebilecekleri tekniklerle tanıştırmaktadır. Tam rekabet koşullarında fark yaratan ve her koşulda kâr elde edebilen işletmeler ayakta kalabilmektedir. Altı-sigma, bu farkı yaratmada işletmeler için en kullanışlı araçlardan biridir.

Bu çalışmamızın uygulama aşamasında elde etmiş olduğumuz en önemli bulguları şu şekilde belirtebiliriz. 200mm üstü yükseklikteki malzemelerin boya sarfiyatında 15619 Amerikan Doları, 200mm ve alt yükseklikteki malzemelerin boya sarfiyatında 23249 Amerikan Doları ve diğer kalemlerle birlikte 40229 Dolar tasarruf sağlanmıştır. Gietart kumlama ve boya ünitesinde rakamsal ifade edile kazançlar dışında rakamsal olarak ifade edilemeyen tasarruflar da sağlanmıştır. Altı-sigma çalışmalarından sağlanan bu faydalar, doğru uygulandığı takdirde tüm şirketlerde etkili sonuçlar sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

1. Kitap, Makale ve Tezler

Akdeniz, Fikri. “**Olasılık ve İstatistik Ders Notları**”, Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü, 1998.

Akgül, Aziz. “**Türkiye İsrarı Önleme ve Verimlilik Yılı Açılış Toplantısı Konuşma Metni**”, İstanbul: 2004. ss. 5-8.

Aydın, Kıvanç. “**Kalite Maliyetleri**”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2003.

Batmaz, İnci. “Regresyon Analizinde Varsayımların Denetimi ve İyileştirici Önlemler”, **Altı Sigma Forum Dergisi**, ODTÜ İstatistik Bölümü Sayı:1, Kasım 2004.

Crosby, P.B., **Let’s Talk Quality**, New York: McGraw Hill Inc, 1989.

Diğer, Ömer. **Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası**, İstanbul: İz Yayıncılık, 1994.

Dursun, Ülkü. “**Kalite Maliyetleri**”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 2000.

Ergün, Ahmet Koray. “**Altı Sigma Metodolojisi ve Türkiye’deki Uygulamaları**”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.

GE Power Systems, “**DMAIC Training Guide**”, Section 8.18, Version 3, 1999.

GEMBA Yönetim Danışmanlığı, “**İş Süreçleri Analizi Eğitim Notları**”, İstanbul: 2003.

Harry M.J. and R. Schroeder, **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World’s Top Corporations**, New York: 2000.

Hiatt, Cathy. “**Six Sigma**”, Boise State University, 2001.

İmai, Masaaki. **Japonya’nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı**, İstanbul: BRİSA Yayınları, 1986.

Kantarıcı, Hazım. **Toplam Kalite Yönetimi ve Toplum Kalitesi**, İstanbul: Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 1999.

Kasa, Halit. “Vizyoner Açılımlar Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma Buluşması”, **İş Yaşamı Dergisi**, Temmuz 2002.

Kırım, Arman. **Strateji ve Birebir Pazarlama CRM**, İstanbul: Sistem Yayıncılık, 2001.

Little, B. **Six Sigma Techniques Improve The Quality of e-Learning, Industrial and Commercial Training**, 2003.

Mucuk, İsmet. **Temel İşletme Bilgileri**, İstanbul: Türkmen Kitabevi, 2001.

Pande, Peter, R.P. Neuman, R.R. Cavanagh, **Six Sigma Yolu**, İstanbul: Klan Yayınları, 2003.

Saat, Meliha. “Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı”, **Gazi Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Dergisi**, Ankara: Cilt 2 Sayı 3.

SPAC Eğitim Danışmanlık, **Altı Sigma Mükemmellik Modeli**, Ankara: SPAC Yayınları, 2003.

SPAC Eğitim Danışmanlık, **“Yönetici Bilinçlendirme Eğitim Notları”**, İstanbul: 2002.

Şakrak, Münir. **Maliyet Yönetimi**, İstanbul: Yasa Yayınları, 1997.

Şampiyonlar ve Karakuşaklar şirketleri ‘sıfır hata’ya taşıyor, **Hürriyet İnsan Kaynakları**, 28 Kasım 2004.

Türkoğlu, Demet ve Duygu Kandemir, “ME431 Mechanical System Design Dersi ‘Quality House’ Proje Notları”, İstanbul: Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2000.

TÜV Südwest, **“FMEA Seminer Notları”**, İstanbul: 2002.

Von Feigenbaum, Armand. **Total Quality Control**, New York: McGraw Hill Inc, 1991.

2. İnternet Kaynakları

Ada, Erhan ve Burcu Aracıoğlu, Yiğit Kazanoğlu, **“Türk İşletmelerinde Verimlilik Artışı İçin Altı Sigma Yönetim Sistemi Modeli”**, Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü Yayınları.
<http://yaem2004.cukurova.edu.tr/bildiriler/230%20-%20CD.pdf>

Akdağ, Mustafa. “Eğitimde Program Değerlendirme ve İstatistiksel Yöntemler”,
<http://web.inonu.edu.tr/~makdag/egitimde%20program%20degerlendirme.htm>

Arcelik Dergisi, Mayıs 2004. <http://www.arcelik.com.tr>

Bahadır, Akın. “Altı Sigma Nedir? Türkiye Altı Sigma’nın Neresinde?” **Sistem Dergisi**,
2002. <http://www.kaliteofisi.com/konular/AltıSigma.htm>

Bikman, Kerem. O2K Danışmanlık Hizmetleri. <http://www.o-2k.com>

Dora, Erkan. “Aselsan’da Altı-Sigma Uygulamaları”, Mart 2004,
http://www.aselsan.com.tr/DERGI/mayis2000/sig_fr.htm

ENERA Eğitim Danışmanlık, “**Altı-Sigma Seminer Eğitim Notları**”, İstanbul: 2003.
<http://www.eneraconsulting.com>

Gümüsoğlu, Şevkinaz. “**İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları**”,
<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=7>

Pyzdek, Thomas. “The 1.5 Sigma Shift”, **Six Sigma and Beyond**, Kasım 1999.
<http://www.pyzdek.com>

Pyzdek, Thomas. “Why Six Sigma is not TQM?”, **Six Sigma and Beyond**, Kasım
1999. <http://www.pyzdek.com>

<http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2003/10/13/ekonomi/ekonomi1.html>

<http://www.alcatel.com.tr/yatirimcibilgileri/1999/kalite.jhtml>

http://www.borusan.com.tr/yatirim_sorular.aspx?SectionId=6104

<http://www.danismend.com/konular/stratejiyon/YALIN%20URETIM%20UZERINE-2.htm>

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

<http://iktisat.uludag.edu.tr/dergi/7/baki/baki.htm>

<http://www.kaliteofisi.com/makale/makaleler.asp?makale=90&ad=Altı%20Sigma&id=12>

http://www.sahinlerholding.com.tr/EI/yonetim/URETKENLIK_YALIN_YAKLASIM.doc

http://sistem.ie.metu.edu.tr/alti_sigma_nerede.htm

<http://www.spac.com.tr/tanitim.html>

<http://www.symphonytech.com/articles/sixsigma.htm>

http://www.ugurzel.com/Makaleler/Makaleler/6_sigma.htm

<http://www.uytes.com.tr/ipk/proses.html>

**T.C. YÖRSEKÖRETİM KURULU
NORMLANTASYON MERKEZİ**