



T.C.

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI

**YALIN ALTI SİGMA VE TALAŞLI İMALAT
SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMASI**

Cenk AKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR / 2020

T.C.



KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI

**YALIN ALTI SİGMA VE TALAŞLI İMALAT
SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMASI**

Cenk AKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Levent URTEKİN

KIRŞEHİR / 2020

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.

Cenk AKAN



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete 'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.



ÖNSÖZ

Bu çalışmayı gerçekleştirmemde bana her türlü desteği sağlayan ve tecrübeleri ile bana yol gösteren saygıdeğer danışmanım Sn. Doç. Dr. Levent URTEKİN' e, firmam adına çalışmalarımı destekleyip, beni teşvik eden Sn. Çemaş A.Ş. Genel Müdürü Kaan ÖZKAN ve Fabrika Müdürü Levent KINIK' a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca tez çalışmama akademik katkılarından dolayı jüri üyeleri Prof. Dr. Mehmet Duran TOKSARI ve Prof. Dr. Ali Osman Kurban'a teşekkür ederim. Bu günlere gelmemde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen kıymetli aileme bana duydukları güven, verdikleri destek, gösterdikleri anlayış ve sevgi için, teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın tamamlanmasında vermiş olduğu destekten ötürü Işıklar Holding Çemaş Döküm San. A.Ş şirketine teşekkür ederim.

Temmuz, 2020

Cenk AKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
TABLO LİSTESİ.....	V
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. SİGMA, YALIN ALTI SİGMA NEDİR? ALTI SİGMANIN TARİHÇESİ.....	5
2.1. SİGMA NEDİR?.....	5
2.2. YALIN ALTI SİGMA NEDİR.....	8
2.3. YALIN ALTI SİGMANIN TARİHÇESİ.....	10
3. YÖNTEM.....	14
3.1. YALIN ALTI SİGMA KAVRAMI.....	14
3.2. YALIN ALTI SİGMA FAZLARI.....	16
3.2.1. Tanımlama.....	18
3.2.2. Ölçme.....	23
3.2.3. Analiz.....	28
3.2.4. İyileştirme.....	33
3.2.5. Kontrol.....	35
4. TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜ İÇİN YALIN ALTI SİGMA UYGULAMASI.....	38
4.1. Tanımlama.....	39
4.2. Ölçme.....	40
4.3. Analiz.....	44
4.3.1. Gage-Run Chart.....	45
4.3.2. Bias.....	45
4.3.3. Gage R&R.....	46
4.3.4. Ø52 Cpk (Proses Yeterliliği).....	46
4.3.5. Ø62 Cpk (Proses Yeterliliği).....	47
4.3.5.1. Sertlik.....	48
4.3.5.2. Basınç.....	49
4.3.5.3. Ofset.....	50

4.4. İyileştirme	51
4.5. Kontrol	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	53
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	60



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	6 standart sapma (6σ) ortalama ve kabul limitleri arasındaki bölgeler	6
Şekil 2.2	Prosesteki çeşitli sigma seviyeleri.....	6
Şekil 3.1	Standart çan eğrisinin özellikleri.....	14
Şekil 3.2	Yemeklerin 15 dakikada hangi sıklıkta teslim edildiğini gösteren sürecin model	16
Şekil 3.3	Altı sigma projesinin gözden geçirilmesi.....	17
Şekil 3.4	SF Seafood servis prosesi	19
Şekil 3.5	SF Seafood Müşteri Memnuniyeti Projesinin CTQ' su	21
Şekil 4.1	Aylık Ret Paretosu	38
Şekil 4.2	Müşterinin sesi	40
Şekil 4.3	Ret hata modları paretosu	40
Şekil 4.4	CTQ diyagramı	41
Şekil 4.5	SIPOC analizi.....	42
Şekil 4.6	Süreç akış şeması	42
Şekil 4.7	Run Chart Diyagramı	45
Şekil 4.8	Bias Diyagramı	45
Şekil 4.9	Gage R&R analizi	46
Şekil 4.10	Ø52 Proses Yeterlilik Diyagramı	47
Şekil 4.11	Ø62 Proses Yeterlilik Diyagramı	47
Şekil 4.12	Döküm sertliği proses yeterlilik diyagramı.....	48
Şekil 4.13	Sertlik & Çap Regresyon Diyagramı	49
Şekil 4.14	Basınç & Çap regresyon diyagramı	50
Şekil 4.15	Ofset Analiz Diyagramı	50
Şekil 5.1	Ø 62 iyileştirme öncesi ve sonrası proses yeterlilik (Cpk) analizi	52

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Sigma derecesi- milyonda hata oranı ilişkisi.....	7
Tablo 2.2 Altı sigma ve milyonda hata oranı örnekleri	8
Tablo 2.3 U.S ve Japonya Otomobil Üretimi Kıyaslaması.....	10
Tablo 4.1 Yalın Altı Sigma Çalışması Beyan Tablosu	39
Tablo 4.2 Sebep Sonuç Matrisi.....	43
Tablo 4.3 Sebep Sonuç Matrisi Önceliklendirme	44



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler Açıklama

σ	: Sigma
%	: Yüzde
€	: Euro
Ø	: Çap

Kısaltmalar Açıklama

DMAIC	: Tanımla-Ölç-Analiz-Geliştir-Kontrol et
LSL	: Alt teknik spesifikasyon limiti
USL	: Üst teknik spesifikasyon limiti
DPMO	: Milyonda Hata Oranı
VW	: Volkswagen
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
GM	: General Motors
CEO	: İcra kurulu başkanı
GE	: General Electric
LSS	: Yalnız altı sigma
SF	: San Fransisco
DK	: Dakika
CM	: Santimetre
SIPOC	: Tedarikçi, giriş, süreç, çıktı, müşteri
PC	: Kişisel bilgisayar
CTQ	: Kritikten kaliteye
MSA	: Ölçüm sistemleri analizi
FMEA	: Hata türü ve etkileri analizi
FMEA	: Hata türü ve etkileri analizi
HTEA	: Hata türü ve etkileri analizi
CUSUM	: Birikimli Toplam
EWMA	: Üstsel ağırlıklı hareketli ortalama
VOB	: İç müşterinin sesi
VOC	: Dış müşterinin sesi
HB	: Brinell cinsinden sertlik değeri
SMED	: Tekli dakikalarda kalıp değişimi
TPM	: Toplam üretken bakım

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALIN ALTI SİGMA VE TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMASI

Cenk AKAN

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Levent URTEKİN

Yalın Altı Sigma şirketlerin, kârlılıklarını önemli ölçüde iyileştirmelerini sağlayan bir yönetim sistemidir. Bu sistemde fire ve kaynak kullanımı minimize edilirken, iş süreçlerinin gözden geçirilip, iyileştirilmesi esastır.

Global dünya şirketleri son yıllarda Yalın Altı Sigma metodunu süreçlerinde kullanarak faaliyet gelirlerinde önemli kazançlar elde etmektedir. Süreç mükemmelliğini hedefleyen Yalın Altı Sigma metodolojisi, uygulayan kuruluşlara karlılık, verimlilik ve pazar payı artışı sağlarken, sınıfının en iyisi olma fırsatını sunmaktadır.

Bu çalışmada yalın altı sigma stratejileri araçları ve teknikleri kullanılarak, DMAIC , [Define (Tanımla)- Measure (Ölç)- Analysis (Analiz et)- Improve (Geliştir)- Control (Kontrol et)] döküm sektöründe bir talaşlı imalat hattında, önerilen çözümlerin uygulanması ile katma değere sahip olmayan proseslerin üretimde hata oranının büyük ölçüde azalması sağlanmıştır.

Temmuz 2020, 60 Sayfa.

Anahtar Kelimeler: Yalın Altı Sigma, Yalın Üretim, Altı Sigma, Süreç İyileştirme, DMAIC.

ABSTRACT

MASTER of SCIENCE THESIS

Lean Six Sigma and Implementation in Machining Industry

**Kırşehir Ahi Evran University
Science and Engineering Institute
Department of Advanced Technologies**

Supervisor: Assoc. Doc. Dr. Levent URTEKİN

Lean Six Sigma is a management system that allows companies to significantly improve their profitability. While wastes and resource usage are minimized in this system, it is essential to review and improve business processes.

Global world companies have made significant gains in operating income by using the Lean Six Sigma method in their processes in recent years. The Lean Six Sigma methodology, aiming for process excellence, provides the opportunity to be the best in its class while providing profitability, efficiency and market share increase to the implementing organizations.

In this study, using lean six sigma strategies tools and techniques [DMAIC (Define-Measure-Analysis-Improve-Control)] in a machining line in the casting industry, the implementation of the recommended solutions and the defect rate of processes that do not have added value has been greatly reduced in production.

Keywords: Lean Six Sigma, Lean Manufacturing, Six Sigma, Process Improvement, DMAIC.

July 2020, 60 Pages.

1. GİRİŞ

İçinde yaşadığımız iş dünyasının kuralları baştan aşağı yeniden şekillenirken, endüstriyel çağın rekabet ortamı yerini bilgi çağının rekabet ortamına bırakmaktadır. Mevcut ekonomik kriz, kurumların rekabet gücü kazanmasını sağlayan karlı çözümlere yönelik sürekli talebi arttırmaktadır. Bu nedenle, gittikçe daha fazla şirket, ürünlerini ve/veya hizmet özellikleri, süreçlerini mükemmelleştirmekte, maliyetleri düşürmekte, sermayenin kârlılığını ve müşteri memnuniyetini iyileştirmektedir. [1]

Yalın Altı Sigma, Yalın üretim ve Altı Sigma araçlarının bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş çok güçlü bir araçlar topluluğudur. Bu sistemin gücü yalın yöntemler ile stabilize edilen süreçlerin, Altı Sigmanın istatistik ve proses disiplini ile proseslerin değişkenliklerinin azaltarak mükemmel bir hale getirmesinden gelmektedir. [2]

Kalite kontrol sistemleri ticari, sanayi ve tasarım hatalarını yakalamaya ve düzeltmeye odaklanırken, Yalın Altı Sigma daha çok geniş manada, hataların ve firelerin bir daha hiç olamaması için süreçlerin iyileştirilmesine yönelik spesifik bir metot sunar.

Müşteri odaklı çalışmak demek, aslında iş yapma tarzı ve müşteri ihtiyaçları arasındaki iletişim ve etkileşimin geliştirilmesidir. İşimizin geliştirilmesi ise süreçlerimizin geliştirilmesi ve karlılığına bağlıdır. Yalın Altı Sigma hedef odaklı yönetimi ile, önemli süreç girdileri ve çıktıları arasındaki ilişki bilimsel araçlarla analiz edilerek, süreçlerimizin iyileşmesi sağlanır. Süreçlerdeki hatalar ve katma değeri olmayan işlemler en aza indirilir.

Toplam Kalite Yönetimini bütünleyen Yalın Altı Sigma metodolojisi, süreç iyileştirme ve geliştirme faaliyetlerinin nasıl yapılacağına yöntemlerini ve tekniklerini tarif etmektedir. [3]

Altı Sigma ve Yalın Üretim farklı köklere sahiptir. Toyota'nın yalın yönetimi geliştirmesinin arkasındaki itici güç, hataların ortadan kaldırılması ve artan ürün akış hızıydı. Altı Sigma, Motorola tarafından, yüksek bileşen sayımlarının genellikle karşılık gelen yüksek hatalı nihai ürün olasılığına neden olduğu ürün kalitesini iyileştirmek için geliştirilmiştir [4].

Altı Sigma, varyasyon azaltma yoluyla üretkenliği artırır. Yalın, süreç tasarımı ve boşa giden faaliyetlerin ortadan kaldırılması yoluyla üretkenliği artırır. Her ikisi de sürece odaklanır, ancak

farklı bakış açıları vardır. Yalın İmalatın yaygınlaşmasına, 1990'ların başlarında kaliteden, 1990'ların sonlarında kalite, maliyet ve teslimata doğru odak noktası değişimi eşlik etti; sistem anlayışı büyüdükçe 2000 yılından itibaren müşteri değerine yükseldi [5].

Yalın üretim ve Altı Sigma yaygınlaştıkça, bu yöntemler entegre olmaya başladı. Ford, 1999'da başlayarak Altı Sigma'yı uygulamaya koydu. Bu füzyon, Yalın bir süreci istatistiksel kontrol altına alamadığı ve Altı Sigma'nın tek başına süreç hızını önemli ölçüde iyileştiremediği için gerçekleşti [6]

Araştırma alanımızda, Yalın ve Altı Sigma karmaşık bir üretim ortamında 2000'lerin ortalarından beri paralel olarak çalışmaktadır. Bu yöntemler kalite, hız ve maliyet azaltmada önemli gelişmeler sağlamıştır. Bununla birlikte, fabrika otomasyonu çoğaldıkça, tek tek çalışanların veya grupların değişimi sağlama yeteneği, birbirine bağlı sistemlerin diğer paydaşlarını dahil etme ihtiyacı ile yönetilir. Sistem müdahaleleri, değişimin etkinliğinin sürekli olarak yeniden değerlendirilmesini gerektiren temel çalışmayı da değiştirir [7].

Herhangi bir organizasyonda müşteri memnuniyeti bir numaralı önceliktir. Müşteri memnuniyeti aynı zamanda karlılık demektir. Herhangi bir şirketin başarısı, en düşük maliyetle en yüksek kaliteyi sağlama becerisine bağlıdır. Çoğu şirketin kaliteli ürün üretmenin çok maliyetli olduğuna inandığı 1980'lerde Motorola bunun tersine inanıyordu: "ne kadar iyi, o kadar daha ucuz". Daha kaliteli bir ürün üreterek üretim maliyetinin düştüğünü fark etti. Motorola, daha fazla müşteri memnuniyetinin daha yüksek karlılık getirdiğini biliyordu.

Günümüzde rekabetçi piyasa, hataya yer bırakmıyor. Artık Lean Six Sigma kavramlarını uygulamak gerekiyor. Yalın Altı Sigma, odak noktasının kar hanesini iyileştirmek ve müşteri memnuniyetini artırmak olduğu bir iş stratejisidir.

Altı Sigma felsefesi, istatistiksel proses kontrolü, stokastik kontrol (olasılıkla ilgili) ve mühendislik proses kontrolü ile ilgilidir. Ayrıca süreç ve veri analizi, optimizasyon yöntemleri, yalın üretim, deney tasarımı, varyans analizi, istatistiksel yöntemler, hata önleme, zamanında ve / veya zamanında nakliye, atık azaltma ve tutarlılık güvencesi. Ürün kalitesini sürekli iyileştiren ve verimliliği en üst düzeye çıkaran bir proses kabiliyetidir. Daha basit bir ifadeyle Lean Six Sigma şu şekildedir:

1. Kusurları ortadan kaldırarak (ortalama ve en yakın spesifikasyon sınırı arasında altı standart sapmaya doğru ilerleyerek) ve ürünü önemli ölçüde iyileştirerek üretim ve iş problemlerinin / süreçlerinin temel nedenlerini analiz etmek, veriye dayalı bir yaklaşım ve metodolojidir.

2. İŒi alt satırdan, mŒteri memnuniyetinden ve zamanında teslimattan ayırmak iin alıŒanın iŒ yönetimi bilgisini geliŒtirir. Dolayısıyla, Altı Sigma sadece sŒre iyileŒtirme teknikleri değil, aynı zamanda projeleri finansal hedeflere göre yönetmek iin bir yönetim stratejisidir.

3. Sağlam tasarım mŒhendislięi felsefesini ve tekniklerini dŒŒk risklerle birleŒtirir (Lean Six Sigma araları: lŒn, analiz edin, geliŒtirin ve doğrulayın).

Ekip alıŒması ve tŒm organizasyonun daha yŒksek bir yetkinlik dŒzeyine doğru eğitilmesi olmadan bu hedefe ulaŒmak ok zor olurdu. 1980'lerde Six Sigma, farklı bir Œretim disiplini haline geldi. Artık nakliye, idare, imalat, tıbbi ve eŒitli diğer iŒletme organizasyonları ve sŒreleri dahil olmak Œzere ok eŒitli disiplinleri kapsamaktadır (tanım gereği bir sŒre, bir girdiye sahip olan ve bir ıktı Œreten herhangi bir iŒlemdir).

Yalın hız, Œretim veya hizmette israfı ortadan kaldırarak, herhangi bir sŒrecin maliyetini hızlandırmak ve en aza indirmek iin kullanılan bir teknik ve sŒrekli bir abadır.

Örneğin, oğu durumda teslim sŒresinin% 95'i (bir sŒrecin baŒından sonuna kadar) bekleme sŒresidir. Ayrıca, iŒlem gecikmelerinin % 80'i, % 20'lik bir zaman tuzağından (iŒ istasyonundaki etkinlikler) kaynaklanır. % 20 zaman tuzağı geliŒtirerek, iŒlem gecikmelerinin% 80'ini ortadan kaldıracaktır. Bu nedenle, Yalın sŒrecin hızı, verimliliği ve hızlanması ile iliŒkilidir. Bu nedenle, ögeleri entegre ederek, Yalın kurumsal metodolojinin, teslim sŒresini kontrol eden ve azaltan aralardan yoksun olan Altı Sigma ile geri bildirim planlanandan daha hızlı olacaktır.

Bu iki gŒlŒ aracın, Yalın Œretim ve Altı Sigma stratejisinin birleŒimi, sŒre varyasyonunun azalmasına ve önemli iyileŒtirmeye neden olacaktır. TŒm Œirketler, özellikle hissedarları iin daha hızlı yatırım getirisi elde etme iŒinde olduğundan, Altı Sigma'da Yalın ilkelerini kullanmak son derece önemlidir. Altyapısında Altı Sigma felsefesini oluŒturan Œirket iin Yalın Œretim hızı, Œretim sŒrecinin uygulanmasını ve faydalarını hızlandırabilir.

Altı Sigma metodolojisi istatistiksel teori kullanır ve bu nedenle her iŒlem faktörünün istatistiksel bir dağılım eğrisi ile karakterize edilebileceğini varsayar. Ama, tŒm kusurları her sŒre, ŒrŒn ve iŒlemden kurtarmaktır. Maksimum karlılıkla neredeyse hatasız ŒrŒn ve hizmetler elde etmek iin aralar sağlayan bir sŒretir. 1960'larda ve 1970'lerde, istatistiksel sŒre kontrol sınırları ortalamadan artı veya eksi Œ sigmaya (+3 standart sapma) dayanıyordu. Bununla birlikte, bu konseptte iŒlem sınırları ortalamadan artı veya eksi Altı Sigma'dır. Œ sigma gibi, Altı Sigma da partiden partiye, ayrı ve sŒrekli uygulamalara uygulanabilir. Hedef, bir milyon iŒlemden dörtten az kusur Œretmektir. Altı Sigma, bir Œirketin rekabeti kŒresel pazarlarda önemli

pazar payı elde etmesini sağlayacaktır. Altı Sigma olmadan küresel rekabet gücü neredeyse imkânsız hale gelir. Her şirket Altı Sigma kavramlarını ve felsefesini benimseyerek fayda sağlayacaktır. Karlılık, kurumun her departmanındaki tüm işgücüne uygulandığında muazzam bir şekilde artar.

Altı Sigma başarısının bir örneği, Altı Sigma programını kullanarak net geliri 1978'de 2.3 milyar dolardan 1988'de 8.3 milyar dolara çıkaran Motorola Corporation'dır. Sonuç olarak Motorola, 1988 yılında Başkan Reagan tarafından Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü'nü aldı. Ödül, başkaları için kaliteli rol model olan endüstrilere takdim edildi. GE ayrıca, 1990'ların ortasında beş yıllık bir programda Altı Sigma'yı uyguladı ve karını önemli miktarda artırdı. 2002 yılı itibariyle GE, yılda 4 milyar dolar tasarruf sağlamıştı. Six Sigma'dan yararlanan diğer şirketler, Allied Signal, Inc.'dir; Polaroid Corporation; Asea Brown Boveri Güç Trafosu Şirketi; ve DuPont.

Üç sigmada kalite maliyeti, satış gelirinin% 25 ila 40'dır. Altı Sigma'da kalite maliyetini satış gelirinin% 1'inin altına düşürür. Aslında, Yalın Altı Sigma kalitenin özüdür ve işte kalabilmek için tüm imalat şirketleri tarafından benimsenmelidir. Bu nedenle, kalite ölçümünü yüzde parça (yüzde) olarak milyonda parça olarak değiştirmek gerekir. Bu, Yalın Altı Sigma'yı benimseyen endüstrilerin yapısını ve kültürünü değiştirmiştir. [8]

Bu çalışmada bir Talaşlı İmalat hattında Yalın Altı Sigma metodu kullanılarak, üretilen bir ürünün işleme kayıplarının en aza indirilmesi ve bu çalışmanın diğer ürünlere de yansıtılması konusu ele alınmıştır.

2. SİGMA, YALIN ALTI SİGMA NEDİR? ALTI SİGMANIN TARİHÇESİ

Bu bölümde Sigma ve Yalın Altı Sigma kavramlarını inceleyeceğiz. Bir varyasyon ölçü birimi olan sigmanın, ortalamaya göre dağılımını göreceğiz ve farklı örneklerle karşılaştırmalar yapacağız.

6 sigma kavramının anlamını, temelini araştırıp, 1800' lerde Henry Ford ile başlayıp, günümüze kadar gelen Altı Sigma tarihçesine göz atacağız.

2.1. SİGMA NEDİR?

Bu kelime, bir prosesin mükemmellikten ne oranda saptığını gösteren bir istatistiksel terimdir. Sigma (σ), sakatların ve değişkenliklerin ne kadar etkin olarak elimine edildiğini belirlemeye yarayan bir kalite ölçümüdür. Varyasyonun ölçü birimidir.

Başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaştırmak için kapsamlı ve esnek bir sistem gerekir. Altı sigmayı işleten benzersiz mekanizma, müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir. Burada bazı kavramları tanımlamak uygun olacaktır.

Ortalama; bir işlem veri kümesinin aritmetik ortalamasıdır.

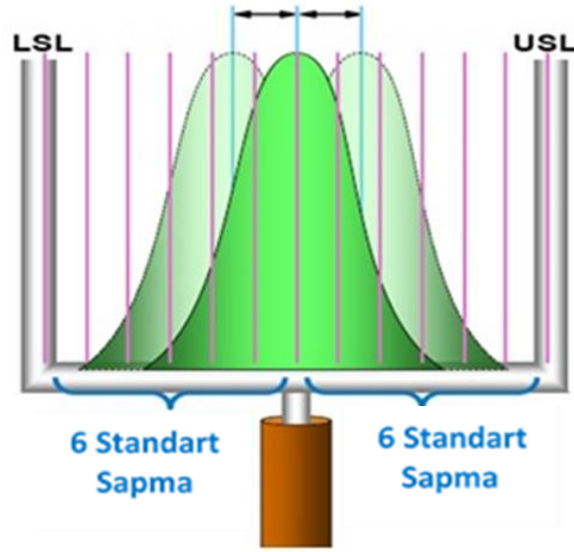
Merkezi eğilim; verilerin bu ortalamanın etrafında olma eğilimidir.

Standart Sapma (Sigma veya σ olarak da bilinir); bu ortalama / merkezi eğilim etrafındaki yayılımı belirler.

Proses ortalaması ve kabul edilebilir proses limitleri arasındaki standart sapma sayısı ne kadar fazlaysa, prosesin kabul edilebilir proses limitlerinin ötesinde performans göstermesi o kadar az olur ve bir hataya neden olur. 6 σ (Six Sigma) işleminin 1 σ , 2 σ , 3 σ , 4 σ , 5 σ işlemlerinden daha iyi performans göstermesinin nedeni budur.

Açıkçası 7 veya daha fazla σ süreci 6 σ (Altı Sigma) sürecinden bile daha iyidir ve yine de tarihi boyunca uygulayıcılar 6 σ sürecinin neredeyse tüm önemli durumlarda güvenilir olacak kadar iyi olduğu (kusurları tamir edilemeyen sonuçlara neden olabilen bazı sistemler hariç) inancını kazanmışlardır.

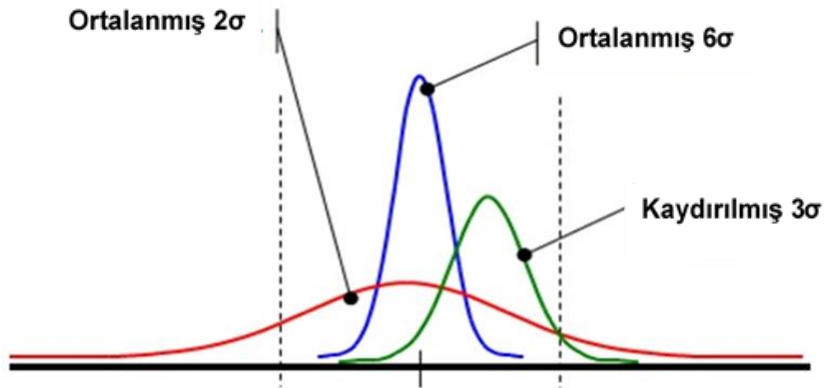
Şekil 2.1 de 6 standart sapma (6σ) ortalama ve kabul limitleri arasındaki bölgeler gösterilmiştir.



Şekil 2.1 6 standart sapma (6σ) ortalama ve kabul limitleri arasındaki bölgeler

LSL ve USL sırasıyla “Alt Teknik Özellik Limiti” ve “Üst Teknik Özellik Limiti” anlamına gelmektedir. Spesifikasyon Limitleri müşteri gereksinimlerinden türetilir ve bir prosesin minimum ve maksimum kabul edilebilir limitlerini belirler.

Örneğin bir otomobil üretim sisteminde, kabin kapısının istenen ortalama uzunluğu (Ortalama uzunluk) 1.37185 metre olabilir. Kapıyı arabaya sorunsuz bir şekilde monte etmek için LSL 1.37179 metre ve USL 1.37191 metre olabilir. Böyle bir işlemde 6σ kalite seviyesine ulaşmak için, kabin kapısı uzunluğunun standart sapması ortalama uzunluk etrafında en fazla 0.00001 metre olmalıdır. Sigma ayrıca sürecin hatasız çalışma ve üretme kabiliyetidir. Yetenek arttıkça kusurlar da azalır. Şekil 2.2 de prodesteki çeşitli sigma seviyeleri görülmektedir.



Şekil 2.2 Prodesteki çeşitli sigma seviyeleri

Şekil 2.2 de, kırmızı eğri, zirvesinin çok düşük olduğunu (daha az çıktı, istenen ortalamanın etrafındadır) ve varyasyonun şeklin aşırı solundan aşırı sağına doğru olduğunu gözlemlediğimiz bir 2σ performans seviyesini gösterir. İşlem 2σ 'dan 3σ 'ya yükselirse, (yeşil eğri), işlem varyasyonunun azaldığı ve işlemin daha büyük bir zirveye sahip olduğu gözlemlenir (daha fazla çıktı, istenen ortalama civarında, ancak kırmızı eğriden farklı bir ortalama).

Proses performansı 3σ 'dan 6σ 'ya (mavi eğri) yükseldikçe, proses üst ve alt spesifikasyon limitleri arasında ortalanır ve çok fazla değişiklik göstermez. Burada mavi eğri ile proses çıktılarının çoğu istenen ortalamanın üzerindedir. Bu istenilen bir durumdur ve alt ve üst spesifikasyon sınırlarının ötesinde daha az hataya neden olur.

Tablo 2.1 de sigma derecesi ile milyonda hata oranı ilişkisi görülmektedir.

Tablo 2.1 Sigma derecesi- milyonda hata oranı ilişkisi

Sigma Derecesi	<u>DPMO</u> Milyonda Hata Oranı
2σ	308.537
3σ	66.807
4σ	6.210
5σ	232
6σ	3,4

Tablo 2.1 sigma seviyesi arttıkça kusurların azaldığını göstermektedir. Örneğin, 2σ süreci için kusurlar bir milyon fırsatta 308.537 kadar yüksektir. Benzer şekilde, bir 6σ işlemi için, Kusurlar bir milyon fırsatta 3,4 kadar düşüktür. 2σ performans seviyesi, 6σ performans seviyesindeki bir sistemden daha fazla kusura sahip olacaktır, çünkü 2σ prosesi için standart sapma, 6σ prosesi için standart sapmadan çok daha büyüktür.

İlaç Şirketleri, Havayolu İmalat Organizasyonları, Otomobil Üreticileri vb. 6σ veya daha fazla olan bir sigma seviyesinde çalışmak zorundadır. Eğer bu verimlilikte performans gösteremezler ise, kurum var olamaz.

Tablo 2.2 de altı sigma ve milyonda hata oranı örnekleri sunulmuştur.

Tablo 2.2 Altı sigma ve milyonda hata oranı örnekleri

Sigma	İmla Yanlışı	Para	Zaman	Milyonda Hata Oranı
3 σ	Kitabın her sayfasında 1.5 yanlış yazılmış kelime	Her 1 milyar \$ alacakta 2.7 milyon \$ boçlanma	Yüzyılda 3 ½ ay	66.807
4 σ	Kitabın 30 sayfasında 1 yanlış yazılmış kelime	Her 1 milyar \$ alacakta 63.000 \$ boçlanma	Yüzyılda 2 ½ gün	6.210
5 σ	Bir Ansiklopedi setinde 1 yanlış yazılmış kelime	Her 1 milyar \$ alacakta 570 \$ boçlanma	Yüzyılda 30 dakika	233
6 σ	Küçük bir kütüphanedeki bütün kitapların içinden sadece birinde 1 hatalı yazılmış kelime	Her 1 milyar \$ alacakta 2 \$ boçlanma	Yüzyılda 6 saniye	3,4

Tablo 2.2deki örneklerde, Sigma, Sigma seviyesini gösterir. Yazım, toplam yazım hatalarını gösterir. Para, yazım hataları nedeniyle oluşabilecek para cezası / borç miktarını gösterir. Zaman, bu yazım hatalarını düzeltmek için geçen toplam süreyi gösterir. Milyona hata oranı, bir milyon fırsattaki toplam kusurları gösterir.

Sigma Seviyesi arttıkça, kusurların (yazım hataları) azaldığı, borçluluğun azaldığı, yeniden çalışma süresinin azaldığı ve dolayısıyla milyonda hata oranının azaldığı açıkça görülmektedir. [9]

2.2. YALIN ALTI SİGMA NEDİR?

Yalın Altı Sigma kalite, hız, memnuniyeti ve maliyetleri arttırarak hissedar değerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir iş geliştirme metodolojisidir. Bunları hem Yalın hem de Altı Sigma'dan araç ve prensipleri birleştirerek elde eder [10]. Yalın Altı Sigma, süreç performansını ve memnuniyeti arttıran ve alt satırda daha iyi sonuçlar elde eden bir iş stratejisi ve metodolojisidir. Ayrıca Yalın Altı Sigmanın etkili bir liderlik geliştirme aracı olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir [11]. Hem Altı Sigma hem de Yalın yönetimi kapsamlı bir yönetim sistemine dönüşmüştür. Her iki durumda da bunların etkin bir şekilde uygulanması,

organizasyonlarda kültürel değişimler, üretim ve hizmet müşterilerine yeni yaklaşımları ve üst yönetimden hat işçisine kadar çalışanların yüksek derecede eğitim ve öğretimini kapsamaktadır [12].

Yalın Altı Sigma, orta ve uzun vadeli stratejileri detaylandırmak için veri ve gerçekleri kullanarak müşteri gereksinimlerini dikkate alan bir kuruluşun daha akıllı bir yönetimini ifade eder. Bu metodolojiyi uygulamanın en önemli yönlerinden biri, tüm çalışanları bu metodolojinin uygulanmasına dâhil etmektir. Çalışanlar, katılımları sayesinde, gerçekleşecek ve hepsine tüm faydaları getirecek değişime katkıda bulunmaya teşvik edilirler, böylece hem kendi yeteneklerine ve iş kapasitelerine hem de faaliyet gösterdikleri organizasyonda yaratıcılıklarını ve yeniliklerini geliştirerek daha güvende hissederler.

Eğer Yalın Altı Sigma'nın uygulanması kuruluş içinde süreçlerin iyileştirilmesine yol açmışsa ve çalışanlar bu konuda bilgilendiriliyor ise, uygulama akışına doğrudan dâhil olup olmadıkları veya getirilen faydaları görmüş olabilecekleri konusunda bilgilendirilirler ise, bu durum olumlu bir ruh, işyerlerine ve faaliyet gösterdikleri kuruluşlara da güven verir. Buda, çalışanlarına yatırım yapan, maliyet tasarrufu yapmak için hiçbir amacı olmayan ve şirkete değer getirmeyen süreçleri ortadan kaldırmak amacıyla her çalışana bir hedef gösteren, şirketin üst yönetim hedefine maksimum verimlilik vermeye teşvik eden bir yönetim sistemi geliştirir [13].

Yalın Altı Sigma, ürün ve hizmetlerin kalitesi, bir felsefenin ve sürecin bir ölçüsüdür. Daha yüksek sigma sıralamaları, bir ürünün veya hizmetin daha iyi kalitesi anlamına gelir ve daha düşük sigma, daha düşük kalite anlamı taşır. Altı Sigma girişimi, metodoloji adımlarının yanı sıra ilgili yöntem ve araçları içerir. Temel hususlar; agresif hedef belirleme, hedeflere karşı performansın grafik gösterimi, etkin kalite yönetimi incelemeleri, üst yönetim beklentileri, standart ölçüm sistemleri ve ilham verici liderliktir. Bu kalite araçları artık Altı Sigma metodolojilerinin araçları olarak kabul edilmektedir. Motorola, Altı Sigma metodolojilerini ve araçlarını kullanmanın ilk beş yılı olan 1987-1992 arasında önemli ölçüde büyümüştür. Bu süre zarfında şirketin satışları ikiye katlanmış, kâr marjları iyileşmiştir ve Motorola'nın itibarı yükselmiştir. Motorola'da süreç iyileştirmede çalışanlar, bu dramatik gelişmeyi başarmak için Altı Sigma'ya hiçbir harcama yapmamıştır. Bunun yerine, metodolojinin etkili uygulanmasını daha geniş bir eğitim programıyla birleştirmişlerdir. Güçlü kurumsal liderlik, iyi proje yönetimi ve ekip çalışması gibi basit uygulamalar Motorola'da çarpıcı bir şekilde kalite iyileştirmelerine ulaşarak şirketin performansını genel olarak artırdığına inanılmaktadır [14].

2.3. YALIN ALTI SİĞMANIN TARİHÇESİ

Yalın üretimin ilk temelleri Henry Ford tarafından atılmıştır. Henry Ford, hareketli üretim hattını ve devrimci otomobil üretimini meydana getirmiş ve böylece diğer şirketlerin faaliyetlerini geliştirmelerine yol açmıştır. Bu çalışmalar çerçevesinde Ford Model T'i üretmiştir.. Bu model 1903 – 1927 arasında 16.5 milyon adet satmıştır ve 1972 de VW Beetle'a geçilene kadar dünyanın en çok satan otomobili olmuştur.

1900'lerde genç bir araştırmacı olan Frederik Taylor bu alanda, bu araştırmaların babası olarak bilinen çalışmalarıyla dikkat çekmiştir. Taylor 1911'de, Bilimsel Yönetim İlkeleri adlı kitabı yayınlamıştır. Taylor, her süreçteki her adımı ölçme ve daha sonra bir işlemi gerçekleştirmenin en hızlı yolunu bulana kadar varyasyonlarla deneme yapmıştır. Taylor'dan sonra en büyük Şirketler, operasyonları geliştirmeye odaklanmak için mühendisleri istihdam etmeye başlamıştır. Benzer şekilde, bazı çalışanlar da süreç çıktılarını inceleyerek hataları yakalama konusunda ihtisaslaşmıştır. Bu çalışanlar genellikle kalite güvence veya kalite kontrol olarak adlandırılmıştır. .

1980'lerde petrol ambargosundan sonra kalite kontrol hareketi büyük bir ivmelenme göstermiştir. ABD'li tüketiciler yakıt açısından daha verimli olan Japon otomobillerini almaya başlamıştır. ABD'li tüketiciler kısa sürede Japon otomobillerinin sadece yakıt açısından daha verimli olmadığını, Amerikalı muadillerine göre daha ucuz ve daha iyi yapılmış olduğunu fark etmiştir. Japon otomobilleri daha az kusurlu ve daha uzun ömürlü üretilmiştir.

Tablo 2.3 ABD'li otomobil üreticilerinin karşılaştıkları sorunla ilgili genel bir bakış sunmaktadır.

Tablo 2.3 U.S ve Japonya Otomobil Üretimi Kıyaslaması

	GM Framingham Fabrikası	Toyota Takaoka Fabrikası
Brüt montaj süresi (her bir araç için)	40,7	18,0
Ayarlanmış montaj süresi (her bir araç için)	31	16
Montaj hatası (her 100 araç için)	130	45
Montaj için kullanılan alan (her bir araç için m ²)	8,1	4,8
Bakımı yapılan parça envanteri (ortalama)	2 hafta	2 saat

Amerikalılar, ABD ve Japon üretimi arasındaki farkları incelemeye başlamış, Japon şirketlerinin daha hızlı (dolayısıyla daha ucuz) otomobiller ürettiğini ve ABD’li rakiplerinden daha iyi olduklarını belirlemiştir.

İronik olarak, ABD’li otomobil şirketleri Japon otomobil şirketlerinin çoğunun başarısını sağlayan ve Amerikan kalite kontrol uzmanı olan Edward Deming ile çalışmaya başlamıştır. Deming İkinci Dünya Savaşı sonrasında ABD hükümeti tarafından Japon firmalarının proseslerini geliştirmek için Japonya’ya gönderilmiştir.

Deming ABD pratiğinin ötesine geçmiş ve Japon üretim hatları dokusuna göre kalite kontrol programları yerleştirmek için Japon şirketleri ile birlikte çalışmıştır. ABD şirketleri geleneksel olarak, üretim hattının sonunda gelen ürünleri örnekleyerek, ürünlerin kalitesini ölçmüştür. Deming Japonları bunun ötesine geçmeye ve sürecin her adımında kaliteyi ölçmeye ikna etmiştir. Japon parça tedarikçileri, örneğin, programlarını imalat programları ile koordine ederek ve yalnızca gerektiğinde yeni parçalar üreterek, envanter depolamasını ve zamanlarını önemli ölçüde azaltmışlardır. Bu teknik ve diğerleri sonunda bir bütün olarak iyileşme ve gelişmelere izin vermiş, seri üretime yeni bir yaklaşım getirmiş ve Yalın Üretim olarak adlandırılmıştır. 1980’lerin sonlarında ABD şirketleri, en iyi Japon üreticileri kadar verimli ve etkili olmak için mücadele etmiştir.

Kalite kontrol yöntemleri ABD de popüler olmuştur. Yıllar geçtikçe şirketler İstatistiksel Proses Kontrolü, Toplam Kalite Yönetimini ve Tam Zamanında Üretim metotlarını uygulamıştır. Altı Sigma, ABD şirketlerini ileri götürmek için kullanılan bu kalite kontrol yöntemleri serisinin en sonucusu olmuştur [15].

Altı Sigma yaklaşımı 1980’lerin sonunda Motorola’da oluşturulmuştur. Yalın Altı Sigma Düşüncesi, Başlangıçta savaş sonrası sermaye ve kaynak kısıtlamalarında, Toyota şirketinin ayakta kalması için Taiichi Ono ve ortakları tarafından Toyota Üretim Sistemlerinde geliştirilmiştir. [16]. Bill Smith liderliğindeki Motorola mühendislerinden oluşan bir ekip üretim sürecinin performansını artırmak amacıyla 80’lerin ortalarında Altı Sigma metodolojisini geliştirmiştir. [17]. Motorola 1980’lerde Altı Sigmanın öncüsü olmuştur [18].

Motorola CEO’su Bob’un dikkatini çeken, Mikel Harry tarafından popüler hale getirilmiştir. Galvin, Altı Sigma yaklaşımını Motorola da geniş bir yelpazede farklı süreçlere yaymıştır. Altı Sigma, hat boyunca bir yerde bir süreç kontrol tekniğinden çok daha fazlası olmuş ve sistematik bir süreç iyileştirme yaklaşımı haline gelmiştir. 1990’ların başında Allied Signal ve Texas

Instruments gibi şirketler Altı Sigma yaklaşımını şirketlerine adapte etmiştir. Ardından, 1995 yılında GE' nin CEO' su Jack Welch, GE' de Altı Sigma kullanmaya karar vermiştir. Welch, “Altı Sigmayı GE'nin şimdiye kadar yapmış olduğu en önemli girişim... Bu bizim gelecekteki liderliğimizin genetik kodunun bir parçası.” şeklinde duyurmuştur. Daha da önemlisi, Welch, bundan böyle iş liderinin her birinin bonusunun % 40'ının, Altı Sigma uygulamasındaki başarısı ile belirlenmesine karar vermiştir. 1990'ların sonunda, Welch'in işletme baskısı ve dinamik stili ile popülerliği Altı Sigmanın 'nın sıcak yönetim tekniklerinden biri haline gelmesini sağlamıştır. Altı Sigma, süreç performansını ölçmek için yöneticilerin kullanabileceği bir dizi istatistiksel teknik olarak ortaya çıkmıştır. [19]

Son yıllarda birçok araştırmacı, Sheridan [20] tarafından Yalın Altı Sigma (YAS) olarak adlandırılan bu modelde, bu iki metodolojiyi tek bir uygulama oluşturmak için entegre etmeye çalışmıştır. Pepper ve Spedding [21], YAS' ı, istatistiksel analiz sonuçlarının iyileştirilmesi, nihai üründe hata oranını milyonda 3,4 kusurlu ürün seviyelerine çekilmesi ve üretim süreci etrafındaki israfın ortadan kaldırılması amacıyla yapılandırılmış ve sistematik bir yaklaşım haline getirmiştir. Başlangıçta atölye verimliliğini artırmak için geliştirilen metod, temel olarak kurumsal performansı iyileştirmek için etkili bir yol olması nedeniyle maliyet, verimlilik ve kalite süreçleri iyileştirilmesi için ihtiyaç duyulan bir metod haline gelmiştir [22]. YAS metodolojisi, bu metodun başka alanlarda ve organizasyonlarda kullanılması ile beraber sürekli olarak iyileşmeye devam etmektedir [23, 24, 25], Üretim ortamının kendisi, kullanılan araçların genişletilmesi [26, 27, 28] ve çoklu dağıtım modelleri [29, 30, 31] bu gelişmelere yön vermiştir.

Yalın, Altı Sigma ve sürdürülebilirliği arasındaki entegrasyon, temel olarak mantık ve sistematik bir yaklaşımın eşitlenmesi ve YAS metodolojisinde daha pratik bir modele ihtiyaç duyulması nedeniyle, organizasyonlardaki sürdürülebilirliği yönetmek ve kontrol etmek için son yıllarda yenilikçi bir çalışma alanı olarak öne çıkmıştır, Cherrafi' e göre [32], bu sistemi bir yönetim sistemi olarak kullanan firmaların, mücadelesinin başarılı olması için, YAS metodolojisinin potansiyelinin yüksek olması gerekir. Her ne kadar bu üç yöntem arasındaki entegrasyon kendini bir çalışma eğilimi olarak sunsa da, mevcut bibliyografik taban hala bu alana odaklanan az sayıda çalışmaya sahiptir. Literatürün sistematik olarak gözden geçirilmesi, Cherrafi ve diğerleri [33] tarafından yapılmıştır. Bu araştırma alanında 118 bilimsel çalışmanın sadece %5.6'sında üç kavram aynı anda entegre çalışmıştır. Bunlar Yalın, Altı Sigma ve Sürdürülebilirliktir.

YAS metodolojisiinde ngrldğ gibi, herhangi bir iyileştirme ve inovasyon trne başlamadan nce yaşanan mevcut duruma bakmak gerekir. Freitas ve Costa [34] tarafından YAS projelerini semek ve değerlendirmek iin bir model geliştirilmesi, kuruluşlar iin daha srdrlebilir bir ynetim sağlanması ve bu ikisi arasında neden-sonu ilişkisinin belirlenmesi iin araştırmalar yapılmıştır.

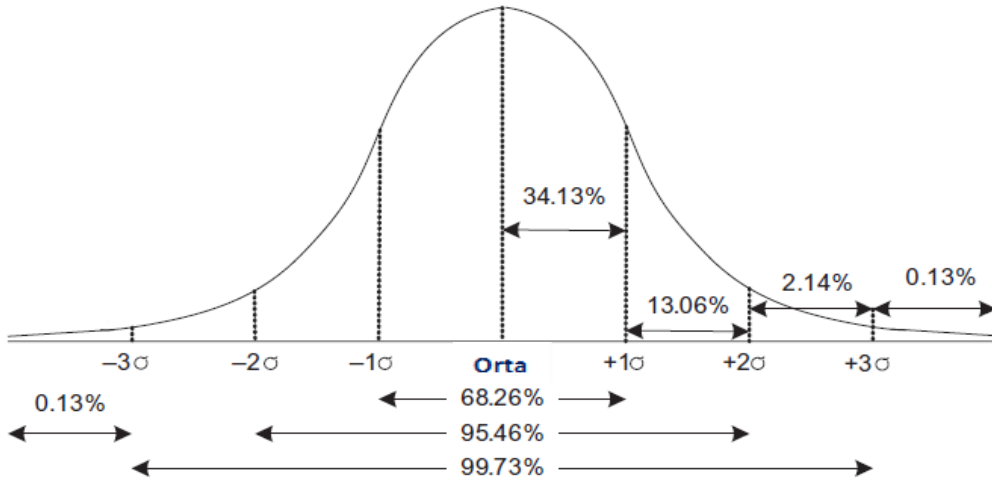


3. YÖNTEM

3.1. YALIN ALTI SİGMA KAVRAMI

Kalite kontrol mühendisleri süreçleri analiz etmek için her zaman çeşitli istatistiksel araçlar kullanmışlardır. Altı Sigma standart çan şeklinde eğri ile ilişkili kavramlardan türetilen bir addır. Eğer yeterli hassasiyetle ölçerseniz hemen hemen her şey değişir. Teknik özellikler, 1 m (100 cm) yüksekliğinde bir araba kapısının olmasını gerektirebilir. Standart bir sayaç sopa kullanarak tüm kapılar tam olarak 1 m yüksekliğinde görünebilir. Ancak daha kesin bir lazer ölçüm cihazı kullanarak bazı kapıların 99,70 cm, diğerlerinin ise 100,30 cm yüksekliğinde olduğunu görebilirsiniz. Ortalama 100.00 cm'dir, ama her kapı biraz değişir.

Şekil 3.1 standart çan eğrisinin özelliklerini belirtmektedir.



Şekil 3.1 Standart çan eğrisinin özellikleri

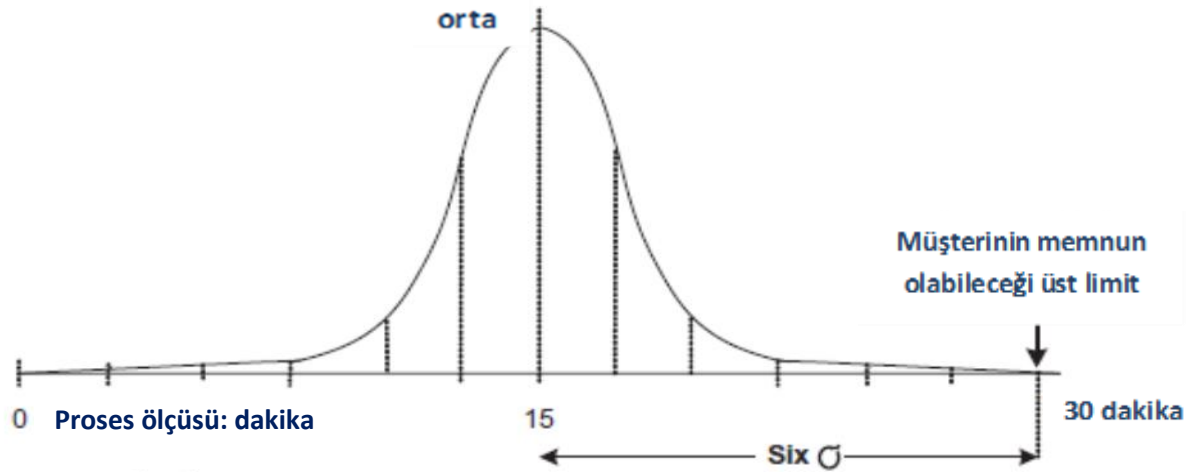
İstatistikçiler, çan şekilli veya Gauss eğrisine sahip varyasyon modellerini tanımlar.

Ölçülmekte olan maddeler sürekli olarak değişiyorsa, genellikle çan şeklindeki eğri tarafından tanımlanan modeli izler: varyasyon iki standart sapma içine girer. İstatistiklerde Yunanca harf sigma (σ) bir standart sapmayı belirtmek için kullanılır, tüm sapmaların %73'ü altı standart sapma içindedir. Şekil 3.1'de ortalamanın sağında üç sigma gösterilir. Altı Sigma eğrinin sağaki %0.13'ünün bölünmesi ve üç sigma daha eklenmesidir. Başka bir deyişle, ortalamanın sağında altı sigma ve bunun ilerisinde de küçük bir miktar oluşur. Aslında sapmanın 99.99966% 'sını kapsayacak ve sadece bir milyonda 3,4 örneği hariç tutacağız. Altı Sigma projeleri, sigmaları belirlemek için formüller ve tablolara güvenir. Hatırlanması gereken tek nokta, bir kusurla ne

demek istenildiğini tanımlamak ve sonra sürecin bir milyon örneğinde yalnızca 3,4 hatanın oluşacağı kadar tutarlı bir süreç oluşma isteğidir. Kapılara dönülür ve standart dağılımlar hakkındaki bilgiler uygulanırsa, en kısa kapı 99,70 cm, en yüksek kapı ise 100,30 cm olan kapı varyasyonlarının çoğunun 99,70 ile 100,30 arasında düşeceği beklenir. Ancak, çeşitli nedenlerle bu yapılamayabilir. Altı Sigma süreci, Standart dağılımın nasıl bir değişim göstereceğini uygulayıcısına gösterecektir. Örneğin, bir eğri yerine iki farklı yol ve iki eğri varsa, bu iki bağımsız değişkenin çıkışı etkilediğini düşündürmektedir. Her durumda bir kapının ortalamasının sağındaki altı standart sapmadan daha fazla olma ihtimali, bir işlem eğrisi kullanarak, milyonda 3,4'tür. Amaç, açıkça kabul edilemez çıktıyı bir milyonda 3,4'ün altında hataya düşürmektir. İlk başta, birçok yönetici hedefe şüpheyle yaklaşır. Büyük üretim süreçleri için, daha az sıklıkta yapılan daha karmaşık süreçlere göre daha uygun görünür. Milyon uçuş başına kaç uçak kazası kabul edilir? Milyon başına kaç banka çeki yanlış hesaptan düşülmek istenir? Haftada kaç yanlış cerrahi operasyona tahammül edilebilir? Tüm bu durumlarda, bir hafta, bir ay veya bir yıl içinde, milyonlarca olay vardır. Çoğu durumda milyon başına bile 3,4 başarısızlıklar kabul edilemez. Amaç müşterinin beklentisinin altında olmaktır.

Başka bir örnek olarak San Francisco da (SF) bir deniz ürünleri restoranı ele alınsın. Bu restoran bir Altı Sigma proje üstlenmeye karar vermiş olsun ve yemeklerin teslimine odaklansın. Ekip, müşterilere yemeklerini ne kadar çabuk almayı sevdiklerini ve kabul edilemez bir bekleme olarak gördükleri süreleri sorarak veri toplansın. Veriler, müşterilerin yarısının yemeklerini 15 dakika veya daha kısa sürede tercih ettiğini gösterebilir. Ancak tüm müşteriler yemeklerin 30 dakika içinde gelmesi gerektiği konusunda anlaşmış olsunlar. Bir yemek 30 dakika sonra teslim edildiğinde, tüm müşteriler mutsuz olacaktır.

Bu verileri kullanarak SF Deniz Ürünleri Altı Sigma ekibi Şekil 3.2'de gösterilen çan şeklindeki eğriyi hazırlayacaktır.



Şekil 3.2 Yemeklerin 15 dakikada hangi sıklıkta teslim edildiğini gösteren sürecin model

Bu şekile göre SF Deniz Ürünleri Altı Sigma Ekibi ortalamayı 15 dakikaya çekeceklerini ve 30 dakikanın üzerindeki hiçbir şeyi tolere etmeyeceklerini varsaymışlardır.

Altı Sigma, siparişin alındığı andan teslim edildiği zamana kadar belirli bir işlem ölçüsünün varyasyonunu ifade eder. Takımın benimsediği amaç, tüm yemekleri mümkün olduğunca 15 dakikaya yakın teslim etmektir. Altı Sigma'ya ulaşmak ve bir milyonda 3,4 hariç tüm yemeklerin 30 dakika veya daha kısa sürede teslim edilmesini sağlamak istenmiştir. Çoğu Altı Sigma projesinin amacı ortalama sapmayı azaltmaktır. Bazı projeler daha titiz bir ortalama belirlemeye odaklanır. Tüm yemeklerin yarısını 10 dakika içinde, tüm yemekleri ise 20 dakika veya daha kısa sürede teslim etmeye karar verildiğini varsayalım. Bu durumda ortalama için hedef olarak 10 dk, ortalamanın sağına altı standart sapma (sigma) 20 dk. olarak belirlenir. Çan şeklindeki eğri Şekil 3.2'de gösterilenden daha dar olur ve ortalamadan sapma daha az olacaktır. [35]

3.2. YALIN ALTI SİGMA FAZLARI

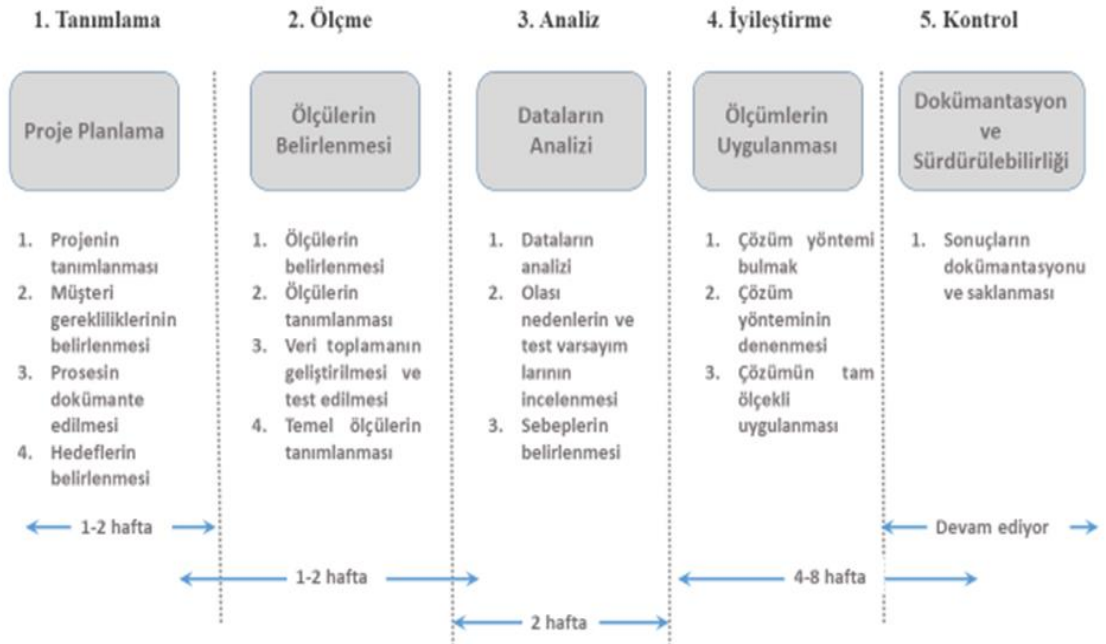
Altı sigma projelerinin büyük çoğunluğu, DMAIC süreci olarak adlandırılan bir süreç iyileştirme yaklaşımı etrafında organize edilir. DMAIC ın kısaltılmış şekli şudur,

- Süreç veya hizmet için müşteri gereksinimlerini tanımlayın
- Mevcut performansı ölçün ve müşteri gereksinimleriyle karşılaştırın

- Var olan işlemi analiz edin
- Proses tasarımını geliştirin ve uygulayın
- Sonuçları kontrol edin ve yeni performansı koruyun

Şekil 3.3, bu önemli adımlara veya aşamalara ve her adımda gerçekleşen etkinliklere genel bir bakış sağlar. Ayrıca her adım için gerekli zamanı önerir. Bazı aşamalar genellikle örtüşebilir. Açıkçası, adımların sırası ve süreleri büyük ölçüde, projenin boyutu ve karmaşıklığına bağlı olarak değişecektir. En iyi durumda bir hedef tanımlama, önlemler oluşturma, ölçme, bazı belirgin iyileştirmeler belirleme, süreç değişiklikleri uygulama ve tekrar ölçme işlemleri adımları uygulanacaktır.

En kötü durumda birden çok hedef belirleyecek, önlemler oluşturacak, ölçecek, birden çok olası iyileştirmeyi tanımlayacak, bazılarını deneyecek ve yeterli sonuç almayacak, yeniden deneyecek, farklı önlemlere ihtiyacınız olduğuna karar verecek, yeniden deneyecek, analiz edecek, başka bir süreç iyileştirmesini deneyecek, biraz daha ölçecek ve nihayet gözden geçirilmiş hedefe ulaşılabilecektir. Şekil 3.3 Altı Sigma projesi gözden geçirilmesini tanımlamaktadır.



Şekil 3.3 Altı sigma projesinin gözden geçirilmesi

Başka bir deyişle, basit projeler daha önce gösterildiği gibi düz çalışır. Karmaşık projeler, sonuçlar elde edene kadar adımları birden çok kez geri dönüştürür. Altı Sigma projesini hızlı bir şekilde gerçekleştirmenin bir anahtarı deneyimli bir siyah kuşak (tam zamanlı proje lideri) veya usta siyah kuşak (şampiyon) olmasıdır. Her projenin bazı öğelerinin, işlem adımları veya müşteriler gibi, kendine özgü bir şekilde proje ekibi tarafından tartışılması ve analiz edilmesi gerekir. Hangi önlemlerin ne zaman uygulanacağı ve belirli türde önlemlerin nasıl ayarlanacağı gibi diğer unsurlar, Altı Sigma sürecinde deneyimli ve nasıl kullanılacağını bildikleri uygun bir yazılım aracıyla donanmış bir kişi tarafından hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Deneyimli bir danışman ekibi hareketli tutar ve projenin ilerleyen aşamalarındaki zaman kayıplarını önceden görerek azaltır.

Bütün projeler altı sigma projesi olamaz. En iyi altı sigma uygulayıcılarının dediği gibi, Altı Sigma bir amaçtır, hedefdir. Nihai fikir sürecini iyileştirmek ve süreçteki değişimi mümkün olduğunca azaltmaktır. Bu bir tutum değil, en önemli hedefdir.

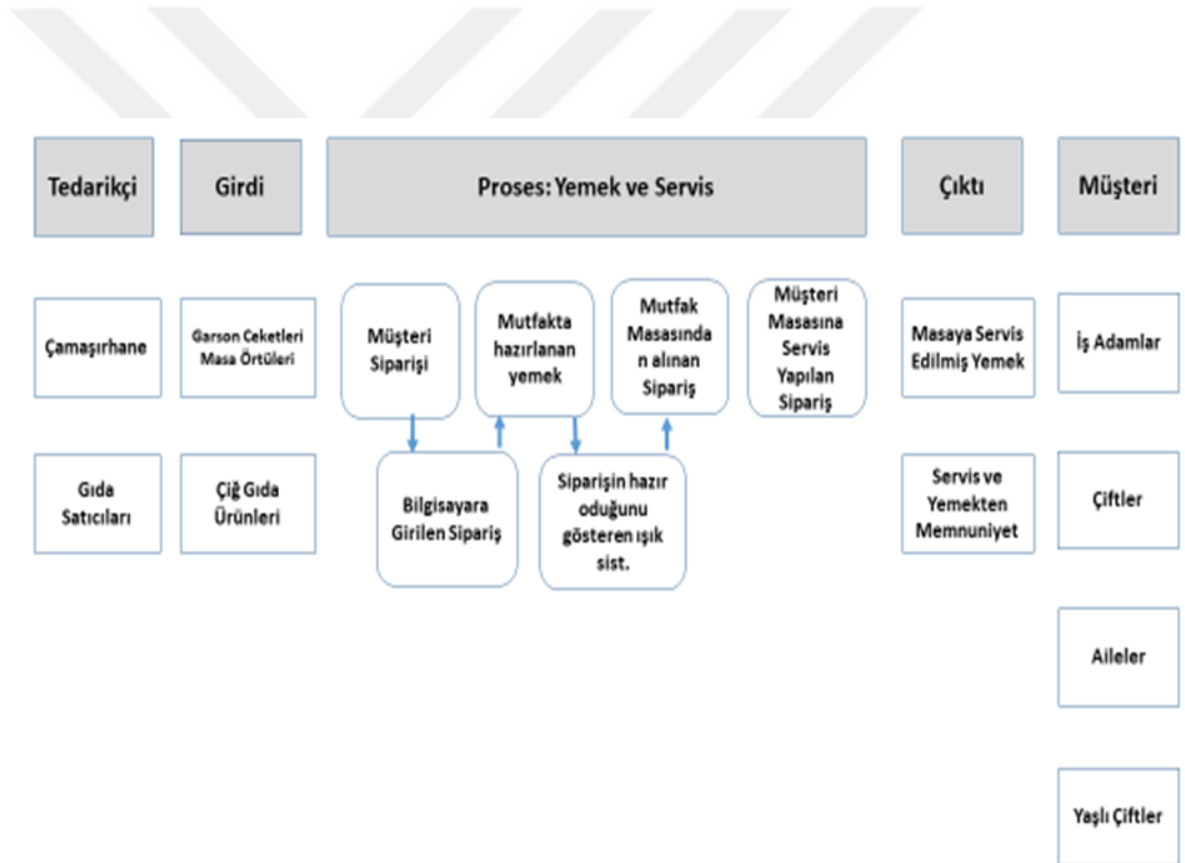
Aşağıda Altı Sigma projesinin her aşamasını daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

3.2.1. Tanımlama

İlk aşamada bir proje beyanı genellikle proje sponsoru veya takım şampiyonu tarafından hazırlanır. Beyan, takımın ne başarması gerektiğinin açık bir ifadesidir. Bu geliştirilecek sürecin kısa bir açıklamasını ve bunu geliştirmek için iş planını içermelidir. Ayrıca bazı kilometre taşlarını içermeli ve takım üyelerinin rollerini ve sorumluluklarını tanımlamalıdır. Yönetim kurulu iyi bir süreç mimarisi tanımlamış ve projenin kapsamını ve hedeflerini zaten tanımlamışsa, bu görev daha kolaydır.

Eğer yönetim kurulu bunu yapmadıysa, Altı Sigma ekibi bazı tahminlerde bulunmalıdır, sorunu biraz araştırmalı ve sonra beyana geri dönmeli ve tanımlama aşamasının sonuna doğru sűzmelidir. İyi bir beyanın anahtarlarından biri, geliştirilecek sürecin net bir şekilde anlaşılmasıdır. İyi hazırlanmış bir sözleşme gibi beyan kimin ne yapacağını ve ne zaman yapacağını belirtmelidir. Tarihler, maliyetler ve beklenen sonuçların net bir açıklaması önemlidir. Ancak takım, yapacakları değişiklikleri veya Altı Sigma'ya ulaşmanın tam olarak ne kadar süreceğini tahmin etmeye çalışmakta kendini zorlamamalıdır. Bunun yerine, beyan, geliştirilecek süreci ve takımın başarılı olup olmadığını değerlendirmek için kullanılacak ilk önlemleri tanımlamaya odaklanmalıdır.

Altı Sigma takımları genellikle müşterinin kim olduğu ve onları nasıl memnun edeceği üzerinde durur. Elbette, söz konusu müşteri, ekibin odaklandığı işlem tarafından üretilen ürünü veya hizmeti alan kişi veya gruptur. Kuruluşlardaki çoğu grup diğer dâhili gruplar için ürünler üretir. Örneğin üretimin envanteri müşteridir. Yeni ürün tasarımının müşterisi pazarlama ve ürün mühendisliğidir. Yine de, bir proje ekibinin, tatmin etmeleri gereken bir müşteri olarak işlev gösteren bir kişi veya grup için ürün veya hizmet ürettikleri gerçeğine odaklanarak başlaması her zaman iyidir. Ve bir ekip dâhili bir müşteriye odaklansa bile, bu müşterinin bazı dış müşterilerle nasıl bağlantılı olduğunun, sadece gayri resmi olarak da tanımlanması her zaman iyidir. Şekil 3.4 SF Seafood gıda servis sürecinin SIPOC (Supplier (Tedarikçi), Input (Girdi), Process (Proses), Output (Çıktı), Customer (Müşteri)) diyagramıdır.



Şekil 3.4 SF Seafood servis prosesi

İşlem tanımında Altı Sigma yaklaşımı, Tedarikçi, Giriş, Süreç, Çıktı ve Müşteri'yi vurgulayan SIPOC kısaltmasında özetlenmiştir. SF Seafood sadece akşam yemekleri sunmaktadır, bu nedenle tüm veriler öğle yemeklerine değil, akşam yemeklerine dayanmaktadır. Üzerinde durduğumuz yemek servisi sürecinin çıktısı masadaki yemektir. Aslında, ekip çıktı, müşteri

memnuniyeti ve yemeğin daha geniş bir tanımını üzerinde çalışıyordu ve zamanında teslim bu genel çıktının sadece bir parçasıydı. Bu çalışmada Çıktı daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Şekil 3.4, çoğu Altı Sigma uygulayıcısının kullandığı standart SIPOC yaklaşımını göstermektedir. Genel bir bakış olarak, hizmet işleminde uygulamak biraz daha zor olsa da somut bir süreçte daha iyi çalışmaktadır. SF Seafood yapılan önceki değerlendirmeden de hatırladığımız bir değer zinciri olarak yemek alanı ve mutfağı düşünmektedir.

SF Deniz Ürünleri yemek müşterileri, tatmine odaklanmak için gitmekte; bu nedenle, gösterilen SIPOC diyagramında gıda hizmeti sürecinde dört ana adımı sıralamaktadır. Ayrıca, garsonları mutfağı bağlayan iki adım daha sıralanmıştır. Bu durumda hem gıda hem de hizmet süreçlerine odaklanılmaktadır. Odaklanılmış ana proses için 2 girdi şu şekilde listelenir.

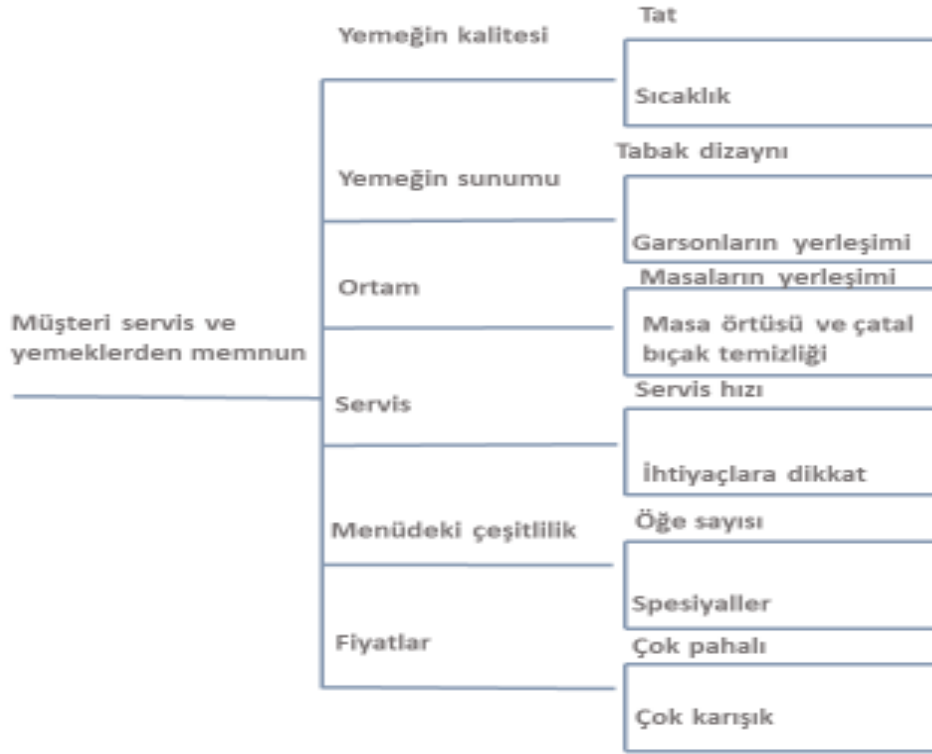
Çamaşırhane, Garsonların ceketleri ve Masa örtüleri için ihtiyacı karşılar ve satıcılar mutfakta kullanılan çiğ gıdayı sağlamaktadır. Daha fazla tedarikçi ve girdi kolayca listelenebilir.

Altı Sigma politikasına uygun olarak, süreç -gıda ve hizmet- üç ila yedi alt işlem veya adıma böldülmüştür. Neyse ki, karmaşık dalları vardır. Bu durumda, temel hizmet süreci kesinlikle müşteri memnuniyetinde bir faktör olacak mutfakta, gıda hazırlanmasını vurgulamak değildir.

Gıda hazırlama sürecinin farklı bir Altı Sigma projenin odak noktası olduğu varsayalım. Ekip, yiyeceklere hızlı bir şekilde ihtiyaç duyulduğunu ve lezzetli ve sıcak olması gerektiğini belirlensin. Siparişi PC de aldıktan sonra yemekleri 9 dakika içinde teslim edebileceklerini keşfettiler. Altı Sigma çalışması 6 ve 12 dakika varyasyonları arasında sonuçlanmıştır (Yemekleri önceden hazırlamak ve bazen onları ısıtmak için bir mikrodalga kullanmışlardır). Böylece mutfakta hazırlanan gıda aktivitesinin özellikleri bilindiğinden, siparişi almaya ve teslim etmeye odaklanılmıştır. Bu durumda yemek dağıtım süreci haricinde mutfağı teslim edilen çiğ gıdalar içinde endişelenmeye gerek yoktur. Bu örnekteki özel çıktı masaya teslim edilen bir yemektir. Ancak bu çıktı, ekibin yemeklerinden ve yemek hizmetlerinden memnun olan müşterilere yönelik olarak çalıştığı daha geniş bir hedefin bir parçasıdır. Bu durumda farklı fikirleri olan müşterileri (veya pazar segmentlerini) çabalarının çoğunu ortaya koymak ve tatmin edici bir yemek yapmak için dört gruba ayırmışlardır. Çocuklu müşteriler daha hızlı yemekleri tercih etmişlerdir. Çiftler ve yaşlı müşteriler daha uzun süre bekleyebilmektedir. İş adamlarının tercihi-her ne kadar biraz değişse de, duruma bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Ekibin süreci ve müşterileri analiz ettikten sonra, dikkatlerini müşterileri tatmin edebilecek bir akşam yemeğiyle ilgili şeylere çevirmiştir. Bir anlamda bu müşterilerin ne tür ihtiyaçları olduğunu sormuşlardır.

Takımlar genellikle şekil 3.5'te gösterilen gibi CTQ (kritikten kaliteye) ağacı adı verilen bir grafikte potansiyel gereksinimleri listeler.



Şekil 3.5 SF Seafood Müşteri Memnuniyeti Projesinin CTQ' su

Burada en solda genel bir çıktı vardır. Sonraki bölümde, bu çıktıya neden olabilecek hipotezler yer alır. Daha spesifik ve farklı hipotezler için üçüncü ve dördüncü seviyelere de taşınabilir.

SF Seafood Altı Sigma ekibi tarafından hazırlanan ilk liste Şekil 12.5'te gösterilmiştir. Takım böyle bir listeye ulaştıktan sonra, bu olası gereksinimlerin her birinin müşteri memnuniyetinde oynadığı rolü nasıl belirleyeceğini bulmalıdır. Her zaman test etmek ve gözden geçirmek için hazırlıklı olmak gerekir. Takımın düşünmediği ama yaşlı çiftlerle yapılan görüşmelerde ortaya çıkan bir şeyi göstermek için son öğeler (Yemek Fiyatı-Çok Kafa Karıştırıcı) eklenmiştir. Bunun nedeni SF Deniz Ürünlerinde bağımsız olarak tüm öğelerin fiyatlarının olmasına karşın, bazı yaşlı çiftlerin hem bir ana öğe ve bir yan sipariş verdiğinde kafalarının karışmasıdır. SF Seafood, popüler olan politikasını ve fiyat indirim fırsatlarını değiştirerek, yaşlıların akşam yemeklerini tek kişilik yemekler olarak değiştirmeye karar vermiştir.

Ancak önemli olan, takımın bir listeye başlaması ve ardından listeyi onaylamak veya değiştirmek için bilgi toplamasıdır. Altı Sigma kitaplarının çoğu, müşterilerden bilgi toplama yolları hakkında ayrıntılı tartışmalar sağlar. Altı Sigma kitabı müşterilerden bilgi toplama yolları hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir. Bunun içinde anketler, bire bir görüşmeler ve odak grupları önerilir. Diğer teknikler arasında müşteri şikâyetlerini kaydetme ve inceleme veya ekip üyelerinin müşteri gibi davranmaları ve izlenimlerini kaydetmeleri yer almaktadır. Açıkçası, takımın tüm farklı grup veya müşteri segmentlerinin gereksinimleri hakkında veri toplaması gerekir. Farklı türde veri toplama yaklaşımları farklı gruplarla daha iyi çalışabilir. Örneğin, SF Seafood, yaşlı müşterilerin oturup sevdiği ve sevmediği yemekler hakkında konuşmaktan mutlu olduğunu keşfetmiştir. Öte yandan iş adamları ve aileler oturup konuşmak istememekte, ancak anket formlarını almışlar ve postalayacaklarını belirtmişlerdir. Toplanan verilere dayanarak ekip genellikle müşteri memnuniyetinin en önemli gereksinimlerini tanımlamıştır.

Altı Sigma uygulayıcıları Pareto analizi çok önem vermişlerdir. Pareto Analizi 80/20 kuralı olarak bilinmektedir. Genelleme olarak, müşteri memnuniyetinin %80'ine olası gereksinimlerin %20'si ile ulaşılabilir. Başka bir deyişle, genellikle gereksinimler listesi, müşteriye tatmin edecek iki veya üç ögeye kadar daraltılabilir. İş adamı müşteriler için, yemek sırasında tat, sıcaklık, teslimat hızı ve özen CTQ gereksinimleri ağacındaki diğer öğelerden çok daha önemlidir. Öte yandan, yaşlı müşteriler için, tat, sıcaklık ve spesiyaller en önemlisidir. Ekip tadı görmezden gelebilir, çünkü bu mutfağın kontrolü altındadır, ancak yemek odası servisini geliştirmeye odaklanırken veri toplayıp şefe aktarmaya karar vermiştir. Ekip, projenin kapsamı, müşteriler ve en belirgin gereksinimleri ve bir dizi kilometre taşı hakkında net bir fikir olan rafine bir tüzükle ilk aşamayı tamamlamıştır.

6 Sigma Tanımlama aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlar:

- Proje Uyum Planı,
- Paydaş Analizi,
- SIPOC, Tedarikçiler, Girdiler, Prosesler, Çıktılar, ve Müşteriler,
- Ürün Analizi, Müşterinin Sesi,
- Yakınlık (affinity) Diyagramı,
- Kano Modeli,

- Kritik Kalite Faktörleri Ağacı şeklindedir.

Amaçları:

- Beklenen iyileştirmenin açık tanımı ve nasıl ölçüleceğinin net bir şekilde belirlenmesi
- Sürecin haritasının oluşturulması ve problemin sınırlarının belirlenmesi
- Müşteri ve iş için önemli kriterlerin belirlenmesi
- Problemi oluşturan muhtemel girdilerin belirlenmesi iken

Tanımlama aşamasının sonunda;

- Beklenen iyileştirmenin açık tanımı ve nasıl ölçüleceği net bir şekilde belirlenmelidir.
- Süreç Şeması oluşturulmalı ve problemin sınırları çizilmelidir.
- Müşteri ve iş için önemli gereksinimlerin ölçülebilir kriterlere çevrilmesi gereklidir.
- Problemi oluşturan muhtemel girdiler belirlenmelidir.

3.2.2. Ölçme

Projenin ikinci aşamasında ekip, her temel gereksinimin ne kadar iyi karşılandığını bildirecek önlemler geliştirir. Altı Sigma kitaplarının çoğu, istatistik ve ölçümün altında yatan kavramları açıklamak için zaman harcar ve bir kişinin toplayabileceği farklı veri türlerini işlemek için uygun formüllerin açıklamalarını sağlar. Farklı veri türleri farklı eğri türlerine yol açtığından, birinin bunları anlaması ve bu nedenle verileri nasıl analiz edebildiğini ve sonuçları nasıl değerlendireceklerini bilmesi önemlidir. Çoğu durumda bu uzmanlık bir usta siyah kuşak veya danışman tarafından sağlanmaktadır. Çoğu Altı Sigma projeleri aslında verileri analiz etmek için yazılım araçlarına güvenir (Örneğin, MiniTab, verileri daraltmak ve eğrileri oluşturmak için yaygın olarak kullanılan popüler bir istatistik analiz aracıdır). Altı Sigma yazarı olan George Eckes, üç ölçüm prensibi önerir:

- Sadece müşteri için önemli olan şeyi ölçün
- Yalnızca geliştirebileceğiniz işlem çıktılarını ölçün
- Müşteri memnuniyetsizliği geçmişiniz olmayan bir çıktıyı ölçmeyin

Bu kısıtlamalar içinde her Altı Sigma ekibi süreç etkinliğini ve verimliliğini nasıl ölçeceklerini belirlemeye odaklanmalıdır. Temelde ölçülebilecek üç şey vardır:

- Girdiler: Sorunların işlemdeki girişlerle ilgili olmadığından emin olmak için tedarikçi tarafından nelerin teslim edildiği kontrol edilebilir. SF Seafood örneğinde keten masa örtüleri ve garson ceketleri vardır. Şefe teslim edilen çiğ gıdanın zaten tedarikçiler tarafından kalite kontrolünün yapıldığı varsayılın.
- Süreç ölçüleri: Bu önlemler genellikle maliyet, çevrim süresi, değer ve işçilik içerir.
- Müşteri memnuniyetinin çıktıları veya ölçüleri: SF Seafood örneğinde müşterilere restorandan ayrılırken bir anket formu verildiği düşünülün. Daha dramatik bir çıktı ölçüsü biçimi de olabilir. Bazı müşterilerin restoranlara derecelendirme yapan dergiler için hakem veya değerlendirici olduğu varsayılın. Fransa'da her lüks restoran, yeni Michelin Kırmızı Rehberi'nin yayınlanması için her baharı heyecanla bekler, böylece kaç yıldızla ödüllendirildiklerini görebilirler (Fransa'da bir restoran 2 yıldızdan 3 yıldızla geçerse fiyatlar iki katına çıkar ve her gece tam dolar. Böylece bir fazla Michelin derecelendirme restoranın yıllık gelirini 2 katına çıkarır). Karmaşık üretim süreçlerinde en iyi çıktı verileri genellikle alıcı grup tarafından oluşturulur ve grup “ püf noktası olarak bunları kullanabilirsiniz” şeklinde yönlendirilir. Örneğin yemek ekibimiz, yemeklerinin tadından memnun olmayan müşteriler hakkında veri toplayacak ve bu bilgiyi mutfağa yönlendirecektir. Önlemler hakkında düşünmenin bir diğer yolu da süreç önlemleri ile sonuç ölçülerini birbirinden ayırmaktır. Çıkış önlemleri ile başlamak genellikle en iyisidir.

Her durumda müşteri memnuniyetini ölçüt olarak kabul etmek idealdir. Bu, herkesin kendi iyiliği için değil, müşteriyi tatmin edecek ve müşteriyi memnun edecek bir ürün veya hizmet sağlamak için çalıştığı temel kavramı üzerinde durulmasını sağlar. Müşteriler ürün satın alır ve genellikle seçenekleri vardır. Eğer memnun değilseniz, sonuçta nasıl iş yapıldığı fark etmez. Son yıllarda şirketler daha iyi bir fiyata daha tatmin edici hizmet elde etmek için IT (Information Technologies) işlevleri, uygulamaları veya tüm IT departmanlarını dış kaynaklı hale getirmişlerdir. Şirketler sanal süreçlere doğru ilerledikçe ve daha ayrıntılı dış kaynak düzenlemeleri yaptıkça, şirketin derinliklerindeki grupların bile bir sürecin değer sağladığı ve müşterileri memnun ettiği veya müşterilerin alternatif arayışına gireceği açıkça görülecektir.

Bazı Altı Sigma uygulayıcıları çıkış önlemleri ve hizmet önlemleri arasında ayırım önerir. Bu anlamda "çıkış", teslim ettiğiniz ürün veya hizmetin özelliklerini ifade eder ve "hizmet", müşterinin nasıl muamele görmek istediği ve müşteriye memnun eden daha öznel şeyler anlamına gelir. Hamburgerin hızlı bir şekilde yapılması bir çıkış ölçüsüdür. Hamburgerle gülümsemek ya da garsonun adınızı hatırlayıp kullanmasını bir hizmet ölçüsüdür. Bir şirket olarak, başarılı olmak istiyorlarsa çıkış önlemleri doğru olarak alınmalıdır. Eğer gerçekten başarılı olmak ve sadık müşterilere sahip olmak isteniyorsa, siz de doğru hizmet önlemleri alınmalıdır.

Bu konuda yorum yapmanın başka bir yolu da Japon kalite kontrol uzmanı Noriaki Kano tarafından oluşturulan kategorilerdir. Kano, müşteri memnuniyeti ile ilgili verileri nitelikle için kullanılabilir bazı önlemler geliştirilmiştir. Müşteri gereksinimlerini üç kategoriye ayırmıştır:

- Temel gereksinimler: Bu, müşterinin beklentisinin en azıdır. Eğer bunu alamazsa, üzüldüğü gidecektir.
- Memnun edenler: Müşteriye memnun eden ek çıkış veya hizmet önlemleridir, bunlardan ne kadar çok alınır, müşteri o kadar mutlu olur.
- Sürprizler: Bunlar müşterinin beklemediği şeylerdir. Bunlar genellikle müşterinin anket formuna asla koyamayacağı şeylerdir, çünkü bu şeyleri istemesi gerektiğini bile bilmemektedir. Örneğin, her restoran masasında telefon bulunması bazı iş yemeklerini memnun edebilir. Arabaya kadar müşteriye eşlik etmek veya yağmurlu bir günde şemsiyesini tutmak ayrı örnekler olabilir.

Eğer belirsiz bir nokta varsa müşteri ile konuşmak ve ürün veya hizmeti nasıl değerlendirdiğini öğrenmekten kaçmamak gerekir. Her bölüm veya fonksiyonel birim, ölçtüğü ve aradığı bazı iç kriterlere sahiptir. Ancak bazı durumlarda, departmanlar müşteriler için önemli olmayan hedefleri en üst düzeye çıkarır. Birçok satışın hızlı bir şekilde kapanmasına önem veren bir satış organizasyonu düşünülün. Normalde, makul bir satış hedefi gibi görünüyor, eğer üretim yeni bir ürün çalışmasında hızlı bir şekilde satış sadece ürünlerini zamanında almayan müşterileri mutsuz edecektir. Doğru ölçü seçiminde bilim yoktur, ancak işin püf noktası kaliteyi, verimliliği ve müşteri memnuniyetini en verimli şekilde takip eden bir ila üç ölçü seçmektir. Çok fazla ölçüm zaman kaybıdır. Müşteri memnuniyetine açıkça bağlı olmayan önlemler,

müşteri için gerçekten önemli sonuçlar üretmeyen bir sürecin bir yönünü en üst düzeye çıkarma riski taşımaktadır

Herkesin nasıl belirleneceğini tam olarak anlaması için her ölçüm dikkatle belirtilmelidir. Bu durumda, SF Seafood için, bir ölçü bir yemek almak için gereken zaman olacaktır. Bu durumda, garsonun siparişi almayı bitirdiği zamanı birinin belirlemesini ve daha sonra yemeğin masaya ne zaman yerleştirileceğini birinin belirlemesini istenmektedir. SF Seafood da bilgisayar tabanlı sipariş sistemi garsonlar kullanır ve içki siparişlerini bara, yemek siparişlerini de mutfağa gönderir. Siparişler mutfakta sıraya sokulur. Garsonlar siparişi hızlandırmak için istek girebilir, ama ölçümlerde bunun kontrol edilmesi gerekir. Mutfak sipariş hazır olduğunda bir kod girer ve garsonlar yemek alanında bir pano üzerinde yeşil ışık görür. Açıkçası, bir PC kod girildiğinde siparişi ivedi ve mutfak çıkışında hazır halde olduğunu izlemek açısından kolay olacaktır. Ancak, PC girişi ile mutfak girişi arasındaki süre sadece mutfağın yemeği hazırlamasının ne kadar sürdüğünü söyleyecektir (örnek. 9 ± 3 dk.). PC sipariş vermek için, garsonun doğrudan masadan bilgisayara gidip gitmediğini veya sipariş vermek için bilgisayara gitmeden önce başka bir masaya gidip gitmediğini söylemeyecektir.

Takımın çabasının odak noktası teslimatın kendisi olduğundan, siparişler alınıp teslim edildiğinde kaydetmek için bir gözlemci atamak zorunda kalacaklarına karar verilir. Bu kişinin dikkatle birkaç tablo izlemek ve doğru kayıtları tutmak için, başka yemek faaliyetlerine dahil olmayan biri olması gerekir. Toplam teslimat süresi, garsonun siparişi aldığı ve bilgisayara girdiği zaman arasındaki zaman olarak tanımlanır, ayrıca mutfağın bilgisayarında hazır olduğunu gösterdiği zaman ile siparişin masaya teslim edildiği zamanın toplamıdır. Aynı zamanda, ekip tüm yemek yiyen müşterilere dağıtmaya karar verdikleri ve bunu tamamlayıp postayla iade etmelerini istedikleri yeni ve basit bir anket formu oluşturur. Anket formu ön ödemeli bir kartpostal üzerindedir.

Ekibin çeşitli ölçü türlerini veya verileri özetlemek için kullanılan formülleri nasıl sınıflandırdığıyla ilgili ayrıntılara girmeden, deneyimli bir uygulayıcının verileri hassaslaştırmak ve kavramak için kullanabileceği birçok teknik olduğunu söylemek yeterlidir.

Ekip, verilere baktıktan sonra çeşitli sonuçlara varmıştır. Birincisi, müşterilerin yarısı 15 dakika içinde yemeklerini almayı tercih etmektedir ve hepsi de 30 dakikadan uzun süre beklemek zorunda kalmaktan rahatsız olmaktadır. Bu da daha önce sunulan çan şeklindeki eğriyle sonuçlanmıştır (Şekil 3.2). Takım pişirme sürecine odaklanmadığı için 9 ± 3 dk. gıda hazırlama süresini hesaba katmaktadır. Kalan 18-24 dakika garsonlar tarafından kontrol edilmiştir (Başka

bir deyişle, 0-30 dakika dan gıda hazırlama süresi 6-12 dakika çıkarılır ve gıda hazırlama ve gerçek teslimat arasında kalan süreyi yansıtan yeni bir eğri oluşur). Yeni eğri, 18 dakikadan ötedeki her şeyin kabul edilemez olduğunu göstermektedir.

Yemek 6 dakika içinde hazırlanır ve garsonun göndermesi ve siparişi teslim etmesi 18 dk. alır ise müşteri 24 dakika içinde yemeğini alacaktır. Yemek 12 dakika içinde hazırlanır ve garsonun göndermesi ve siparişi teslim etmesi 18 dk. alır ise müşteri 30 dakika içinde yemeğini alacaktır. Teorik olarak, garson yemeğin 6 dakika içinde hazır olacağını bilmektedir ve yemeği teslim etmesi için 24 dakika vakti kalmaktadır. Ama garsonlar yemeğin ne kadar sürede hazır olacağını bilmeseydi, yemeğin hazırlanmasının 12 dakika alacağını varsaymak zorunda kalacaklardır. Eğer Mutfak Altı Sigma ekibi prosesi geliştirebilir ve daha dar bir varyasyon garanti edebilirse, o zaman teslim süreci daha fazla zaman kazanabilir. Ama amaç yaklaşık 15 dakikalık bir teslimat süresine ulaşmak olduğu için, bu çokta anlamlı olmayacaktır.

Bu nedenle, garsonlar için yeni çan eğrisi 21 dakika ortalaması ile 12 ila 30 dakika arasında oluşmuştur. Başka bir deyişle, bir garson 18 dakikaya kadar süreyi kullanabilir ve her zaman sınır 30 dk olacaktır. Ancak takımın belirlediği hedef mümkün olduğunca 9 dakikaya yaklaşmaktır. Veriler, siparişin hazır halde mutfaktan müşteriye taşınmasının ortalama olarak uzun sürdüğünü ileri sürmüştür. Böylece bir yan hedef 9 dk. içinde sipariş vermek, mümkün olduğunca 4,5 dakikaya yaklaştırmak, , 9 dk. içinde müşteriye mutfaktan yemek teslim etmek ve mümkün olduğunca 4,5 dakikaya yaklaştırmak olmuştur.

Ekip, garsonların siparişlerini verme ve teslim etme sürelerine ilişkin veri toplamaya devam etmiştir. Veriler birikmeye başladığında bunu anlamak için analiz aşamasına geçilmektedir.

6 Sigma Ölçme aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlar:

- Veri Toplama Planı,
- Çetele Diyagramı,
- Frekans Poligonları,
- Pareto Şeması,
- Öncelik Matrisleri,
- Örneklemeye,

- Koşu Şemaları,
- Kontrol Şemaları
- Veri toplama formları,
- Kontrol kartları,
- MSA (Ölçüm sistemi analizi),
- FMEA,
- Proses yeteneği,
- Proses sigma,
- Zaman serisi diyagramları şeklindedir.

Amaçları;

- Potansiyel girdilerin belirlenmesi ve veri toplama planının oluşturulması
- Çıktılar ve girdiler için Ölçüm Sistemi Yeterliliklerinin sağlanması
- Örneklemeler üzerinden veri toplanması ve grafiksel analizlerle modellerin yakalanması
- Sürecin Mevcut Yeterliliğinin hesaplanması iken

Bu aşamanın sonunda;

- Potansiyel girdilerin belirlenmeli ve veri toplama planı oluşturulmalıdır
- Çıktılar ve girdiler için Ölçüm Sistemi Yeterlilikleri sağlanmalıdır
- Örneklemeler üzerinden veri toplanmalı ve grafiksel analizlerle modeller yakalanmalıdır
- Sürecin mevcut yeterliliği hesaplanmalıdır.

3.2.3. Analiz

Çoğu durumda, ekip üyeleri analiz ettikleri süreçteki sorunların nedeni hakkında iyi bir fikre sahiptir. Taban çizgileri oluşturmak için veri toplarlar ve ardından bir çözümü uygulamaya

geçmek isterler. Bazı durumlarda bu makuldür. Daha karmaşık durumlarda, ancak, o kadar açık değildir.

Bazı ölçüm verilerine sahip olduktan sonra, bir soruna neyin neden olabileceğini çözümlenmenin birçok yolu vardır. Bazıları süreci daha ayrıntılı olarak tanımlamayı içerir. Diğerleri verilere istatistiksel araçlar uygulanmasını içerir.

Ayrıntılı bir işlem diyagramı geliştirildiği varsayılınsın, diyagramdaki her etkinlik için ölçüler oluşturulabilir. Her etkinliğin tüm işleme nasıl değer kattığını da göz önünde bulundurmak yararlıdır. Özünde, herhangi bir görev üç kategoriden birine sınıflandırılabilir:

1. Etkinlik, ister dâhili ister nihai müşteri olsun, müşterinin ödemeye istekli olduğu değeri ekler.
2. Faaliyet bir katma değerli faaliyet üretmek için gereklidir.
3. Etkinlik değer katmaz.

Hangi etkinliklerin değer katabileceğini belirlemek için müşteriye her zaman danışılabilir. Normalde müşteriden etkinlikleri bu şekilde düşünmesini değil, nihai ürün veya hizmete eklemelerini isteriz. Bu düşünce bizi tedbirleri nasıl seçeceğimiz konusuna götürür. Örneğin, müşteriye “garsonların giydiği beyaz ceketleri ve çiçekleri beğendiniz mi” diye sorulabilir. Müşteri size garsonların nasıl giyindiğine kayıtsız kaldığını söylerse, ceketlerin satın alınması ve temizlenmesinin müşterinin faturasına ne eklediğini ve servis paketinin bu yönünü düşürmeye değip değmeyebileceğini düşünülebilir.

Genellikle müşterilerin belirleyebileceği ve değer verdiği özellikler ekleyen etkinlikleri tanımlamak kolaydır. Bu kategoriye düşmeyenler genellikle Kategori 2'ye yerleştirilir. Aslında, diğer Kategori 1 etkinliklerinin yapılabilmesi için bazı etkinliklerin yapılması gerekir. Çoğu zaman, bir süredir yapılan artık gerçekten gerekli olmayan etkinlikleri desteklemeye son verilir. SF Seafood'daki tüm anketlerde müşteriler peçete halkalarının kendileri için bir değeri olmadığını belirttiler. Açıkçası, masa ayarı yapılırken halkaları peçeteye yerleştirmek ortadan kaldırılabilir bir faaliyet olmuştur. Bu zaman almış, maliyet, para ve müşterinin yemek deneyimi için herhangi bir değer katmamıştır.

Satış yapanların sonuçlarını her gün çevrimiçi olarak bildirmesine izin veren bir e-posta sistemi yükleyen bir şirketi düşünölsün. Bilinmeyen bir nedenle şirket e-posta sistemini kurmuş ancak satış yapanların Form 2B'yi doldurmaları ve her ayın 30' unda göndermeleri gereksinimini hiçbir zaman ortadan kaldırmamıştır. Aslında, Form 2B satış yöneticileri zaten günlük e-

postalar aracılığıyla elde ettiği bilgileri sağlamaktadır. Form 2B'yi tamamlamak değer düşürücü bir etkinliktir. Daha da kötüsü, satış yöneticileri, her satış temsilcisinin formları zamanında teslim etmesini sağlamak için formları kaydetmeye devam etmektedir. Değer katmayan etkinlikleri ortadan kaldırmayı düşünmek her zaman akıllıca olur. Ayrıca, bir etkinlik değer azaltıyorsa, kimsenin bu etkinliği ölçüp ölçmediğinden emin olmak için kontrol eilmelidir.

SF Seafood' da garson sorunlarının analizi basit görünmektedir. Aslında, küçük bir öğle yemeği restoranına aşına olanlar, bu yemeğin SF Seafood'da olduğu kadar zaman almasına şaşırabilirler. Garsonun, sipariş aldıktan ve girdikten sonra doğrudan PC'ye gitmesinin, en fazla bir dakika alacağı açık görünebilir. Benzer şekilde, garsonun yanan bir ışık gördüğü anda mutfaktaki servis masasına bir dakika içinde gidip gitmediği görülebilir. Yine aynı şekilde garsonun servisi 1 dk içerisinde teslim edip etmediği görülebilir. Bu 3 dakika toplam teslimat süresini belirler. Ne yazık ki, SF Seafood da her garsonun saatte 5 ila 7 masaya bakması beklenmektedir. Bazı garsonlar restoran açıldığında çalışmaya başlarlar ve bu saatlerde sadece birkaç müşteri vardır. Daha sonra daha fazla sayıda, akşam 7:30 ve 9:30 arasında da maksimum sayı da müşteri gelmektedir. Aynı derecede önemli olan bir diğer husus, garsonlar sadece içki servis siparişleri almakla kalmaz ve şarap veya diğer içecekler, kahve veya tatlıların seçiminde müşterilere yardımcı olmaktadır. Ayrıca, her garson bilir ki her zaman sadece bir görev yaparsanız yapılması gereken her şeyi asla yapamazsınız. Zaten bir yemek almak için mutfığa gidiyorsanız, ikinciyi de almak daha iyidir. Bir sipariş alıyorsanız, her iki siparişi vermeden önce birbiri ardına iki masadan sipariş almak zamandan tasarruf sağlar.

İşlemi analiz etmenin bariz bir yolu, bir garsonun yapması gereken görevlerin her birine zaman atamak ve garsonun sunmaya çalıştığı masa sayısı ile çarpmaaktır. Bir garsonun 5 yerine sadece 4 masa servis ederek aşırı gerilmekten kaçınması gerektiği aşikâr olabilir. Ya da, belki de, garsonlar müşteri masalarına servis masasından yemek taşımak için yardımcı olacak personelle zamandan tasarruf edilebilir. Eğer bu bir olasılıksa, o zaman bu personelin tam olarak ne yaptığını ve garsonlara yardım etmek için daha fazla çaba yapmaya başlaması durumunda nelerin geri kalabileceğini belirlemek gerekir.

Mutfağın analizlere dâhil edildiği ve bir yemeğin hazırlanmasına giden tüm adımları analiz edilmek istendiği ve salata şefinin daha verimli olup olmadığı ya da fırının 2° daha yükseğe ayarlanıp ayarlanmayacağı kararlarının verildiği düşünülün. Ya da, bir üretim hattını koordine edilmesi gereken yüzlerce aktiviteyle analiz ettiğimizi hayal edin, bazıları yeniden düzenlenebilir. Süreç ne kadar büyük ve karmaşık olursa o kadar çok problem göz önünde

bulundurulmalıdır. Bazı durumlarda istatistiksel araçlar, hangi faaliyetlerin nihai sonuç olarak gerçekten en fazla fark yarattığı konusunda ezici bir karmaşayı sıralamanın paha biçilmez bir yolu haline gelir.

Altı Sigma proje yöneticisi genellikle sistematik bir analiz süreci önerir. Olası nedenler için kapsamlı bir görünüm ile başlar. Ardından olası nedenleri daha ayrıntılı olarak inceler, uygun şekilde veri toplar ve regresyon çözümlemesi ve dağılım diyagramları gibi istatistiksel araçlar uygular. En karmaşık durumlarda, veri toplarken denemeler tasarlamak ve sorunun bir veya başka bir yönünü değiştirmek veya denetlemek zorunda kalınır. Sonunda genellikle 80/20 kuralına geri gelinir. Birçok nedeni olabilir, ama bir veya iki neden (% 20) genellikle sorunun %80'ini oluşturur. Bunlar, başlangıçta süreci daha verimli hale getirmek için odaklanılan nedenlerdir. Bazı Altı Sigma uygulayıcıları üç aşamalı bir süreç olarak sorunun analizini sunar:

1. Açık: Mümkün olduğunca çok olası nedeni belirlemek için beyin fırtınası yapın.
2. Dar: Olası neden sayısını makul bir sayıya indirmek için araçlar veya oy kullanın.
3. Kapalı: Ölçüm tasarımları yapın, veri toplayın ve aslında ortalama sapmanın en fazla neden olduğunu belirlemek için bunları analiz edin. Tüm olası nedenleri belirlemeye çalışırken birçok Altı Sigma ekipleri tarafından kullanılan popüler araçlar neden-sonuç veya balık kılıcı diyagramlarıdır.

Sonunda SF Seafood ekibi çeşitli nedenlerle ilgili veri toplamıştır. Takım gerçekten en çok zaman maliyeti olan nedenleri oylamıştır. Her ekip üyesinin hangi sorunun zaman gecikmelerinin en kötü nedeni olduğunu, bir sonraki en kötü ve üçüncü en kötü olduğunu belirttiği bir yöntem kullanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Çocuklu aileler	10
Masa sayısı	8
Şarapla ilgili yardım isteyen masalar	5
Birden fazla içecekli masalar	3
Yardımcı personel eksikliği	2
Sohbet etmek isteyen yaşlılar	2
Masadaki kazalar ve dökülmeler	0

Bu analizin gündeme getirdiği konulardan biri de ailelerin kontrolü ve yerleştirilmesidir. Bu normalde Şef tarafından yapılır. Bir deney geliştirilmiş ve 2 hafta sonra, kendi bölgelerinde aileleri olmayan garsonların kesinlikle daha hızlı ortalama hizmet verdiği belirlenmiştir. Ayrıca, her biri ikiden fazla çocuklu iki grup olan altı masalı bir garsonun 18 dk. üst sınırı aşmasının muhtemel olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak takım işlemin tanımını değiştirmeye karar vermiştir.

Bu noktada altı Sigma ekibi genellikle takım tarafından tanımlanan farklı nedenlerin etkisini doğrulamak ve mümkünse göreceli belirginliğini belirlemek için çok fazla veri toplamıştır. SF Seafood ekibinin durumunda veriler, takımın daha önce oluşturduğu listeyi doğrulamaktadır.

6 Sigma Analiz aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlar:

- Yakınlık Diyagramları,
- Beyin Fırtınası,
- Sebep-Sonuç Diyagramları,
- Veri Toplama Planı,
- Çetele Diyagramı,
- Kontrol Grafikleri,
- Deney Tasarımı,
- Akış Şeması,
- Frekans Poligonları,
- Hipotez Testleri,
- Güven Aralıkları,
- Regresyon Analizi,
- Serpme Diyagramı,

- Örnekleme,
- Pareto Şemaları, şeklindedir.

Amaçları

- Süreç ve Veri Analizi ile kök sebeplerin bulunması
- Katma değersiz adımların bulunması
- Grafikselle analizlerle farklılıkların yakalanması
- Bulunan önemli az girdilerin hipotez testleri ile doğrulanması
- Mümkün olan hızlı iyileştirmelerin yapılması ve test edilmesidir.

Bu aşamanın sonunda;

- Süreç ve Veri Analizi ile kök sebepler bulunmalıdır.
- Muhtemel katma değersiz adımlar yakalanmalıdır.
- Grafikselle analizlerle farklılıklar yakalanmalıdır.
- Bulunan önemli az girdiler hipotez testleri ile doğrulanmalı ve iyileştirme bölümüne girdi olacak aşamalar tamamlanmalıdır.
- Mümkün olan hızlı iyileştirmeler yapılmalı ve sonuçları test edilmelidir.

3.2.4. İyileştirme

Veriler toplandıkça ve sonuçlar biriktikçe takım süreci iyileştirmenin yollarını düşünmeye başlar. Bu durum, en büyük değişiklikle sonuçlanması muhtemel iyileştirmeleri vurgulayan öncelik sıraları tarafından yönlendirilir. SF Seafood söz konusu olduğunda, şefin müşterileri bekleme alanlarına nasıl daha etkin bir şekilde tahsis edebileceğini belirlemek için çok çaba sarf etmiştir. Örneğin, çocuklu iki aile grubu asla aynı bölgeye konmama kararı alınmıştır. Ayrıca, ikiden fazla çocuğu olan aileler bir alana yerleştirildiğinde, o bölgedeki garsonun ele aldığı masa sayısının azaltılmasına ve ekstra masanın başka bir garsona tahsis edilmesine karar verilmiştir. Bu ek garsonun hafta sonları, çok çocuklu ailelerden oluşan 5 ya da 4 masaya bakmasına karar verilmiştir.

Buna ek olarak, restoranın bir şarap kâhyası kiralayıp yoğun dönemlerde onu kullanmasına karar verilmiştir. Müşteriler, şaraplar için yardım istediklerinde, garsonların çoğundan çok daha fazla restoran şarapları bildiği için popüler olan kâhyaya teslim edilmiştir. Bu dönemde değişiklikler değerlendirilmiş ve bazıları yürürlüğe konulmuştur. Değişikliklerin daha tutarlı bir işlemle sonuçlanıp sonuçlanmamasını görmek için ek veriler toplanmıştır.

SF Seafood'in müşteri yerleşiminde değişmesi sonrası, masa başına sınırlar, garsonlar ve şarap görevlisinin belirlenmesiyle, 2 aylık süreçte hiçbir müşteri yemek için 15 dk. dan daha fazla beklemek durumunda kalmamıştır. Sürecin sipariş ve teslimat yönleri için ortalama 8 dk. azalmıştır.

6 Sigma İyileştirme aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlar:

- Beyin Fırtınası,
- Veri Toplama,
- Deney Tasarımı,
- Akış Şemaları,
- HTEA (FMEA),
- Planlama Araçları (Ağaç Diyagramı, Gantt Şemaları),
- Hipotez Testleri
- Kaizen
- 5S
- Çekme Sistemleri
- SMED
- TPM
- Standart İş
- Poka Yoke şeklindedir.

Bu aşamada deney tasarımına ihtiyaç duyulur, bunun nedeni;

- Y (bağımlı değişken) 'leri en fazla etkileyen önemli az bağımsız değişkenleri bulmak ve bunları optimize etmek,
- X' lerin Y üzerindeki etkilerini sayısallaştırabilmek,
- Tecrübeyle beraber gelen önemli sayılan girdilerin gerçekten önemli olup olmadığını ispat etmek,
- Gerekli ve gereksiz girdileri bularak kaynakları etkin kullanmak,
- Minimum kaynakla maksimum bilgiyi elde etmek,
- Üretilebilirlik için tasarım yapmaktır.

Bu aşamanın sonunda;

- Önemli azların birbirleriyle etkileşimleri incelenmelidir.
- Önemli az girdilerin değişik düzeylerdeki çıktı üzerinde yaptığı etkiler bulunmalıdır.
- Stok ve tedarik süresi problemleri için olası çekme sistemleri kurulmalıdır.
- İyileştirme önerileri ve etkileri belirlenmelidir.
- İyileştirme Planı hazırlanmalıdır.
- Pilot denemeler yapılmalıdır.

3.2.5. Kontrol

Son aşama genellikle kazanımları korumak ve bazen yeni girişimlerde süreci daha da iyileştirmek için bir planla sonuçlanır. Üretim hatlarına sahip büyük üretim şirketleri üretimlerini sürekli olarak örneklemeyle değerlendirerek yapmaktadır. Gelişmiş tedarik zinciri sistemlerindeki parçaların tedarikçileri, sürekli tetikte oldukları için parçalarının %99,73'ünün hatasız olduğunu garanti edebilirler. Bu tür bir kalite kontrol maliyeti, para ve sürecin gerekli bir parçasıdır. Bu tür bir denetimi daha verimli hale getiren istatistiksel araçlar vardır. Günümüzde birçok işlem, sensörlerden veri elde eden, istatistiksel testleri kullanarak verileri otomatik olarak analiz eden ve kabul edilemez sapmaları bir insan monitörüne bildiren bilgisayar sistemleri tarafından izlenmektedir.

Diğer kuruluşlarda, bir süreç belirlendikten ve bir dizi işlem hedefine ulaştıktan sonra, aksi takdirde ürünün maliyetini artıracakları için bazı önlemler düşürülür. Ancak bazı önlemlerin sürdürülmesi önemlidir. Önerdiğimiz gibi, ölçüm ve kontrol her yöneticinin işinin önemli bir parçasıdır ve rutin olarak yapılmalıdır. Süreç yöneticileri, sürecin hedeflerine ulaşmasını sağlamak için müşteri memnuniyetini düzenli olarak ölçmelidir. Alt süreçlerden sorumlu yöneticiler, süreçlerin verimli ve etkili kalmasını sağlamak için aşırı ölçüm ve yeterli ölçüm arasında makul bir uzlaşma belirlemelidir.

Genellikle, sorunlar algılanırsa daha sık hale gelebilir periyodik denetimler ile sonuçlanır. Bazı durumlarda Altı Sigma uygulayıcısı yöneticilerin bir yanıt planı geliştirmesini önerir, bir süreç içindeki belirli etkinlikler belirlenmiş önlemlerden önemli ölçüde sapmaya başlarsa, yöneticinin alabilecekleri belirli faaliyetlere bağlı eylemlerin bir listesi oluşur. Örneğin, yemek servisi için süreç yöneticisi olan şef, garsonlar zaman kazanmak için taşıyıcı personel kullanmanın yollarını keşfetmeye başlanması. Ancak genel olarak, herkes projeden elde edilen sonuçlardan memnundur. Şef zaman zaman sadece bu 8 dakikalık ortalama korumak için bir garsonun 1-2 saat erken gelmesini istenmiştir. Ayrıca, haftada bir kez bir gün seçilmiş ve değerlendirme kartları müşterilerin memnuniyetlerini izlemeye devam etmek için tüm müşterilere dağıtılmıştır. Şef yerel restoran web sitelerini tarayarak orada herhangi bir şikayet olup olmadığını görmeye devam etmiştir. [36]

6 Sigma Kontrol aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlar:

Kontrol Grafikleri

- Ölçülebilir Değişkenler için Kontrol Grafikleri (X-R Grafikleri, X-S Grafikleri, Ortanca Değer Diyagramları),
- Sayılabilir Değişkenler için Kontrol Diyagramları (p Diyagramları, np Diyagramları, c Diyagramları, u Diyagramları),
- Diğer Kontrol Grafikleri (CUSUM (Birikimli Toplam) Kontrol Grafiği, EWMA Grafiği)),
- Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması şeklindedir.

Amaçları,

- Önce - sonra analizinin yapılması ve iyileştirmenin değerlendirilmesi

- İyileştirmenin Standart hale getirilerek kalıcı olmasının sağlanması
- Dokümantasyonun yapılması
- İPK (İstatistiksel Proses Kontrol) ile süreci monitörize ederek sürecin iyileştirmeden sonraki halinin kontrol edilmesi

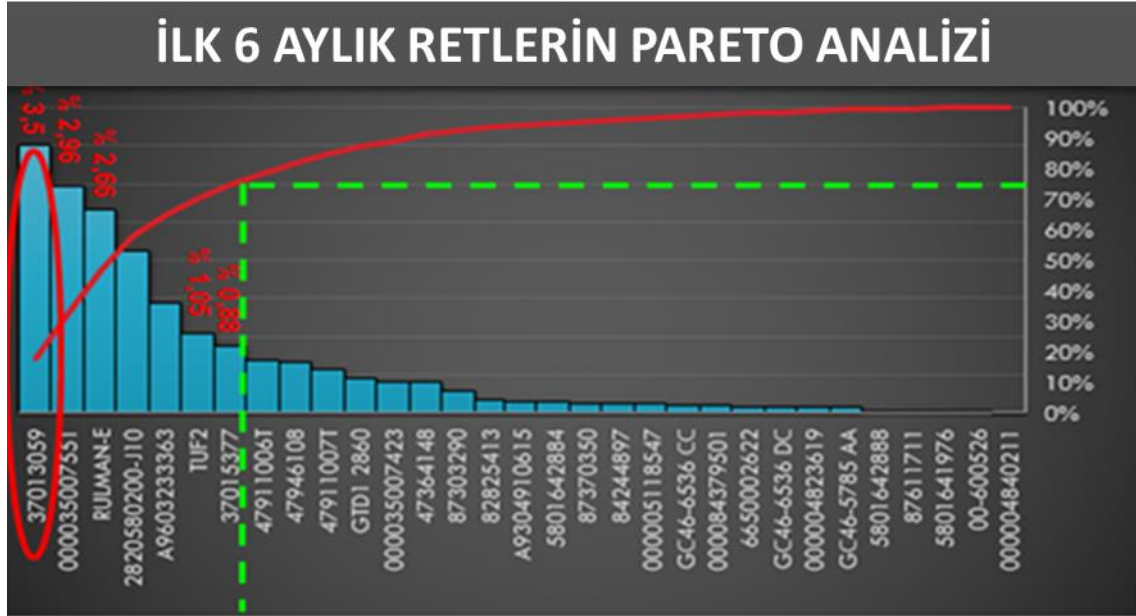
Bu aşamanın sonunda;

- Önce - Sonra Analizi Yapılmalı ve İyileştirme değerlendirilmelidir
- İyileştirmenin Standart hale getirilerek kalıcı olması sağlanmalıdır
- Dokümantasyon yapılmalıdır
- İPK ile süreç monitörize edilerek sürecin iyileştirmeden sonraki hali kontrol edilmelidir.
- İyileştirme istenen şekilde devam ediyorsa yeni projeye geçilmelidir.

4. TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜ İÇİN YALIN ALTI SİGMA UYGULAMASI

Bu çalışmada Döküm Sektöründeki bir Talaşlı İmalat hattında üretilen B2 Rulman yuvalarının işleme kaynaklı RET oranlarının düşürülmesi hedeflenmiştir.

Çalışmaya konu olan parçanın seçilme nedeni ise geriye dönük olarak yapılan 6 aylık pareto analizinde B2 rulman yuvası ret oranının ilk sırada yer alması ve takip eden diğer parçaların da yine aynı proses şartları ile üretilen benzer rulman yuvası parçalarının olmasıdır. Şekil 4.1 de rulman yuvalarının 6 aylık pareto analizi bulunmaktadır.



Şekil 4.1 Aylık Ret Paretosu

Şekil 4.1'e göre parçaların 6 aylık kayıplarının finansal analizi yapıldığında zararın 7.000 € olduğu görülmüştür.

Finansal Analiz:

İlk 6 aylık üretim : 145.000 ADET

İlk 6 aylık ret adedi : 5061

Toplam ret oranı : % 3,5

Bunun % 60'i çap ile ilgili;

Çap ret oranı : % 2,2

Hedef çap ret oranı : % 0,4

Çap kazanç hedefi : % 1,8

Yıllık üretim adedi : 250.000 olarak alınırsa, % 1,8'si 4500 adet olacaktır.

KAZANÇ = 1,54 € x 4500 = 7000 Euro olarak hesaplanır.

4.1. Tanımlama

Bu aşamada Yalın Altı Sigma Çalışmasının Beyanı yapılarak çalışmanın başlangıcı, bitişi ve hedefler yayınlanmıştır. Tablo 4.1 de Yalın Altı Sigma Çalışmasının Beyan Tablosu yer almaktadır.

Tablo 4.1 Yalın Altı Sigma Çalışması Beyan Tablosu

YALIN ALTI SİGMA ÇALIŞMASI BEYANI				
KONU	B2 Rulman İşleme Yuvası Ret azaltma			
KAPSAM	Çap			
BAŞLANGIÇ	10.7.2017			
BİTİŞ	10.11.2017			
GÖSTERGELER	BİRİM	BAŞLANGIÇ	HEDEF	ŞU ANDA
Çap Ret Oranı	% Çap / Toplam	2,2 / 3,5	0,4 / 1,7	3,8 / 7,5
CpK	-	Ø52 → 1,57	Ø52 → >1,67	Ø52 → 1,57
Gage R&R	%	31	<30	31
PARASAL KAZANÇ	€/YIL	7000 Euro		

Şekil 4.2 de iç ve dış müşterinin sesi ve yorumları bulunmaktadır.

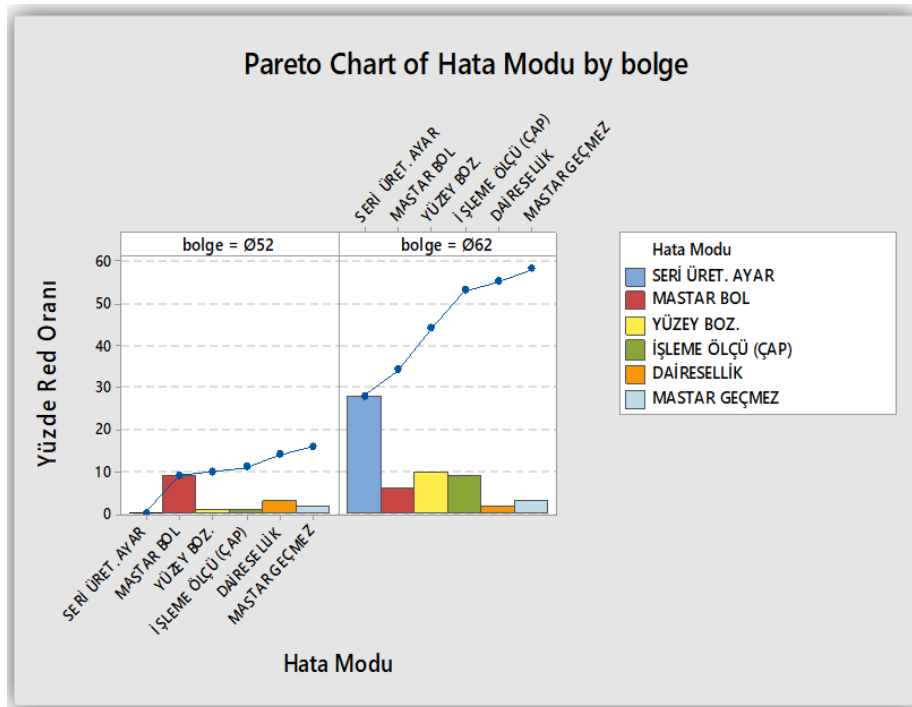
Beklentiler	Odak Nokta	Endişeler
<p>Proje olumlu sonuçlandığında benzer parçalara da uygulanmalı (S.KÖKLÜ-TİM ÜRETİM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Yapılan iyileştirmenin kalıcı olması (S.TANRIKURT-PLANLAMA) İyileştirme sonrası ham parçaların döküm özelliklerinin stabil gelmesi (H.ÜLKER-MÜHENDİSLİK) İyileştirme sonrası CNC program ile ve sıkma basınçlarının sabit tutulması (H.ÜLKER-MÜHENDİSLİK) Parçalardaki KABA-FINISH payları iyileştirme sonrası sabit tutulması (H.ÜLKER-MÜHENDİSLİK) Proje olumlu sonuçlandığında benzer parçalara da uygulanmalı (C.AKAN-KALİTE) Teknik resim standartlarını karşılaması (ÖLÇÜ KONTROL-O.AKBUDAK) 	<ul style="list-style-type: none"> Dökümhaneden gelen ham PARÇALARIN ÖZELLİKLERİ de (sertlik, mikroyapı v.b) bu projede değerlendirmeye alınmalı. (S.KÖKLÜ-TİM ÜRETİM) İyileştirmenin tüm aşamalarında TEZGAH BAZLI değerlendirme yapılmalı (S.KÖKLÜ-TİM ÜRETİM) Parçalardaki KABA-FINISH payları 	<ul style="list-style-type: none"> Ham parçaların döküm özelliklerinin sürekli değişkenlik göstermesi nedeniyle iyileştirmenin sürekli devam etmeyeceği (S.TANRIKURT-PLANLAMA) Sürekliliğin olmaması (ÖLÇÜ KONTROL-O.AKBUDAK)

Şekil 4.2 Müşterinin sesi

Şekil 4.2’de belirtilen müşterinin sesine kulak verilerek İç Müşteri (VOB (Voice of Business)) ve Dış Müşterinin (VOC (Voice of Customer)) istekleri doğrultusunda, beklentiler, endişeler ve odak noktaları belirlenmiştir.

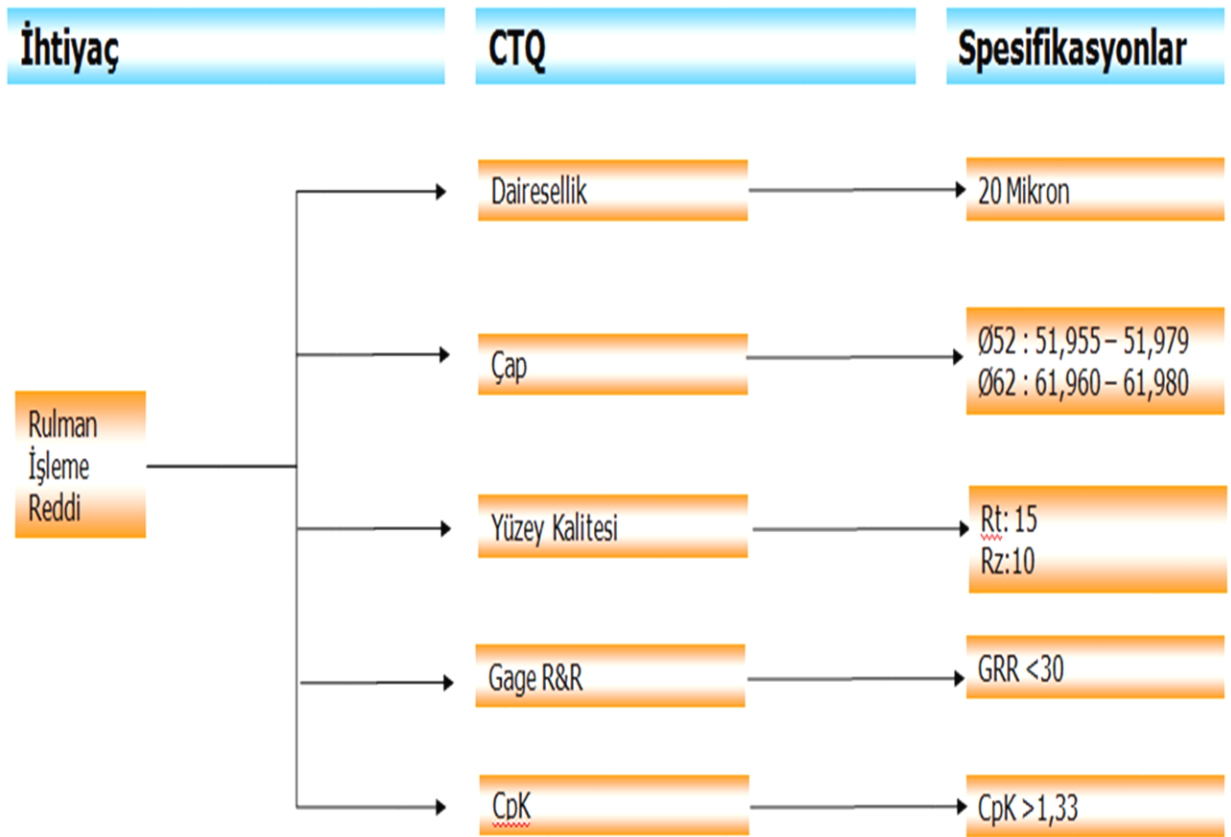
4.2. Ölçme

Ölçme aşamasında hata modlarının pareto analizi yapılarak, hangi hata modlarının etkilerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.3’de ret hata modlarının paretosu görülmektedir.



Şekil 4.3 Ret hata modları paretosu

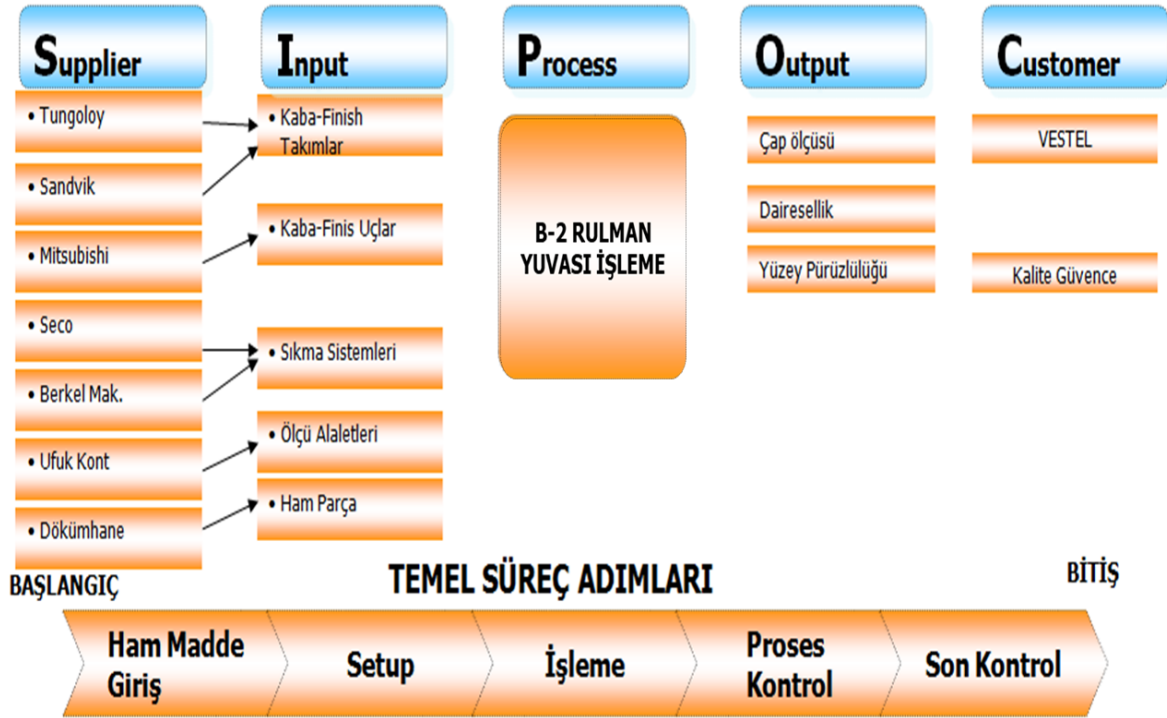
Şekil 4.3’de verilen pareto analizinde Çap 52 ve Çap 62 hata modları incelenmiştir. İnceleme sonucunda hataların yaklaşık %70’ i Çap 62 kaynaklı olduğu tespit edilmiş olup, bununda %28 sinin SERİ ÜRETİM AYARI reddi olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak 62 çapında meydana gelen seri üretim ayar hata moduna odaklanmaya karar verilmiştir. Bunun sonrasında Kritik Kalite Karakteristikleri Ağacı (CTQ) oluşturulmuştur. Şekil 4.4’de CTQ diyagramı bulunmaktadır.



Şekil 4.4 CTQ diyagramı

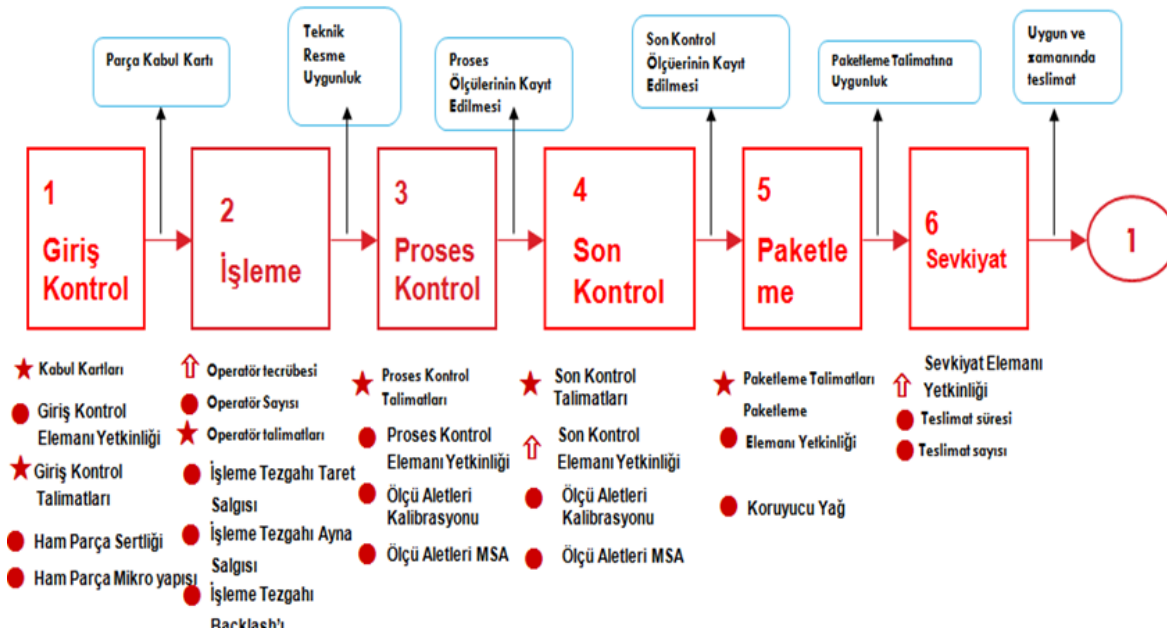
Şekil 4.4’e göre CTQ ağacında oluşturulan CTQ kriterleri, müşteri memnuniyeti ile buluşan, ilgilenilen ürün veya sürecin performans standartlarını ve spesifikasyon sınırlarını belirlememize yardımcı olacak olan ölçülebilir karakteristikleri bulmamızı sağlamaktadır.

SIPOC analizi proses geliştirme ve projeye başlamadan önce ilgili proses ile ilgili tüm ilişkili elementlerin tanımlanması sağlanmıştır. Şekil 4.5 te bu araştırmanın SIPOC analizi bulunmaktadır.



Şekil 4.5 SIPOC analizi

SIPOC analizinden (Şekil 4.5) çıkan sonuçlar neticesinde Detaylı Süreç Akış Şeması oluşturulmuş ve Beyin Fırtınası yöntemi ile Sebep-Sonuç matrisi oluşturulmuştur. Şekil 4.6 da SIPOC analizi sonucu oluşturulan Süreç Akış Şeması görülmektedir.



Şekil 4.6 Süreç akış şeması

Tablo 4.2 tüm sebep ve sonuçların puanlandırıldığı Sebep-Sonuç matrisini göstermektedir.

Tablo 4.2 Sebep Sonuç Matrisi

		MÜŞTERİ İÇİN ÖNEM DERECESESİ	9	10	8	6	
		ÇIKTILAR	Çap Hatası	Dairesellik	Gage R&R	Yüzey Kalitesi	
SÜREÇ ADIMI	GİRDİLER						TOPLAM
1	Giriş Kontrol	Kabul Kartları	1	1	1	1	33
2	Giriş Kontrol	Giriş Kontrol Elemanı Yetkinliği	3	3	3	3	99
3	Giriş Kontrol	Giriş Kontrol Talimatları	3	3	3	3	99
4	İşleme	Operatör Tecrübesi	5	3	8	5	169
5	İşleme	Operatör Sayısı	5	3	3	3	117
6	İşleme	Operatör Talimatları	5	5	3	5	149
7	İşleme	İşleme Tezgaha Taret Salgısı	8	8	3	5	206
8	İşleme	İşleme Tezgaha Ayna Salgısı	8	8	3	5	206
9	İşleme	İşleme Tezgahı Backlash'ı	8	5	3	3	164
10	İşleme	Tezgah Sıkma Basıncı	8	8	5	5	222
11	İşleme	Tezgah Sıkma Sistemi	9	9	5	5	241
12	İşleme	Tezgah Bakımı (Periyodik Bakımlar)	8	5	3	3	164
13	İşleme	Kesme Sıvısı Konsantrasyonu	5	3	3	8	147
14	İşleme	Kesme Sıvısı Ph'ı	5	3	3	8	147
15	İşleme	Tezgah Tutucu Tipleri	8	5	3	5	176
16	İşleme	Tezgah Tutucu Salgısı	8	8	3	5	206
17	İşleme	İşleme Cnc Programı	8	5	3	5	176
18	İşleme	Tezgah Devri	5	3	3	8	147
19	İşleme	Tezgah İlerlemesi	5	3	3	8	147
20	İşleme	Tezgah Kesme Hızı	5	3	3	8	147
21	Proses Kontrol	Proses Kontrol Talimatları	5	3	3	5	129
22	Proses Kontrol	Proses Kontrol Elemanı Yetkinliği	3	3	3	3	99
23	Proses Kontrol	Ölçü Aletleri Kalibrasyonu	8	8	8	8	264
24	Proses Kontrol	Ölçü Aletleri MSA	8	8	8	8	264
25	Son Kontrol	Son Kontrol Talimatları	5	5	3	3	137
26	Son Kontrol	Son Kontrol Elemanı Yetkinliği	5	5	3	3	137
27	Son Kontrol	Ölçü Aletleri Kalibrasyonu	5	5	3	5	149
28	Son Kontrol	Ölçü Aletleri MSA	5	5	3	5	149
29	Paketleme	Paketleme Talimatları	1	1	1	1	33
30	Paketleme	Paketleme Elemanı Yetkinliği	1	1	1	1	33
31	Paketleme	Koruyucu Yağ	3	3	3	5	111
32	Sevkiyat	Sevkiyat Elemanı Yetkinliği	1	1	1	1	33
33	Sevkiyat	Teslimat Süresi	1	1	1	1	33
34	Sevkiyat	Teslimat Sayısı	1	1	1	1	33
		Çıktılar için Toplam	172	144	109	151	

Süreç akış şemasındaki tüm faktörler listelenerek, Sebep Sonuç Matrisi oluşturulmuştur. Bu matristeki tüm maddeler Beyin Fırtınası yöntemi ile Ekip tarafından puanlanmıştır. Tablo 4.3 te Sebep Sonuç Matrisinin önceliklendirilmiş durumu bulunmaktadır.

Tablo 4.3 Sebep Sonuç Matrisi Önceliklendirme

SIRA NO	SÜREÇ ADIMI	Müşteri için önem derecesi	9	10	8	6	TOPLAM
		Çıktılar GİRDİLER	Çap Hatası	Dairesellik	Gage R&R	Yüzey Kalitesi	
1	Giriş Kontrol	Ham Parça Sertliği	8	8	3	8	224
2	Proses Kontrol	Ölçü Aletleri Kalibrasyonu	8	8	8	8	264
3	Proses Kontrol	Ölçü Aletleri MSA	8	8	8	8	264
4	İşleme	Tezgâh Sıkma Sistemi	9	9	5	5	241
5	Giriş Kontrol	Ham Parça Mikroyapısı	8	8	3	8	224
6	İşleme	Tezgâh Sıkma Basıncı	8	8	5	5	222
7	İşleme	İşleme Tezgâhı Taret Salgısı	8	8	3	5	206
8	İşleme	İşleme Tezgâhı Ayna Salgısı	8	8	3	5	206
9	İşleme	Tezgâh Tutucu Salgısı	8	8	3	5	206
		Çıktılar için Toplam	188	160	115	167	

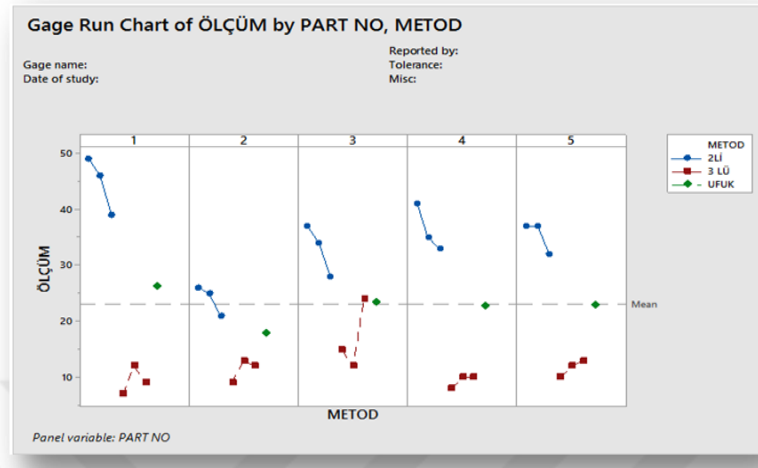
Sebep-Sonuç Matrisindeki faktörlerin değerlendirilmesi sonucu, yüksek puanlı faktörden, düşük puanlı faktöre doğru önceliklendirilmiş bir Sebep-Sonuç Matrisi elde edilmiştir.

4.3. Analiz

Mevcut durumdaki ölçüm sistemi ve proses yeteneğini tespit etmek adına yeterlilik çalışmaları yapılmıştır. Şekil 4.7 de ölçüm cihazlarının Minitab programında yapılmış Gage Run Chart analizi yer almaktadır.

4.3.1. Gage-Run Chart

Şekil 4.7’ de Gage Run Chart diyagramı verilmiştir. Bu diyagram bize hangi ölçüm yönteminin daha sağlıklı olduğu hakkında bilgi vermektedir.

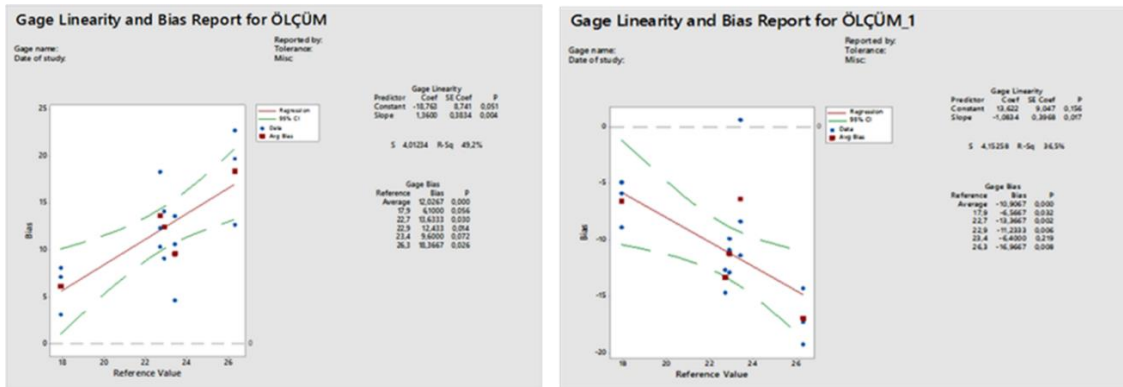


Şekil 4.7 Run Chart Diyagramı

Gage Run Chart çalışması ile mevcutta kullanılan 2 farklı ölçüm cihazının (2 hava çıkışlı ve 3 hava çıkışlı havalı mastar) doğruluk dereceleri ve birbirlerine göre farklılıkları ortaya koyulmuştur. Bu çalışmada görülmüştür ki, 2 çıkışlı ölçüm cihazı ölçü değişkenliğini 3 çıkışlıya göre daha hassas göstermektedir. Bu sebeple ölçümlerin bu cihazla yapılmasının daha sağlıklı olacağı kararına varılmıştır.

4.3.2. Bias

3 hava çıkışlı ve 2 hava çıkışlı tampon mastarların hangisini ideal ölçüm yaptığını tespit etmek amacı ile her 2 mastarla da ölçülen parçalar, tarafsız bir ölçüm firmasına gönderilmiştir. Gelen sonuçlar analiz edilerek bu 3 ölçüm karşılaştırılmıştır. Analiz yöntemi olarak Şekil 4.8 de görülen Bias analizi kullanılmıştır.

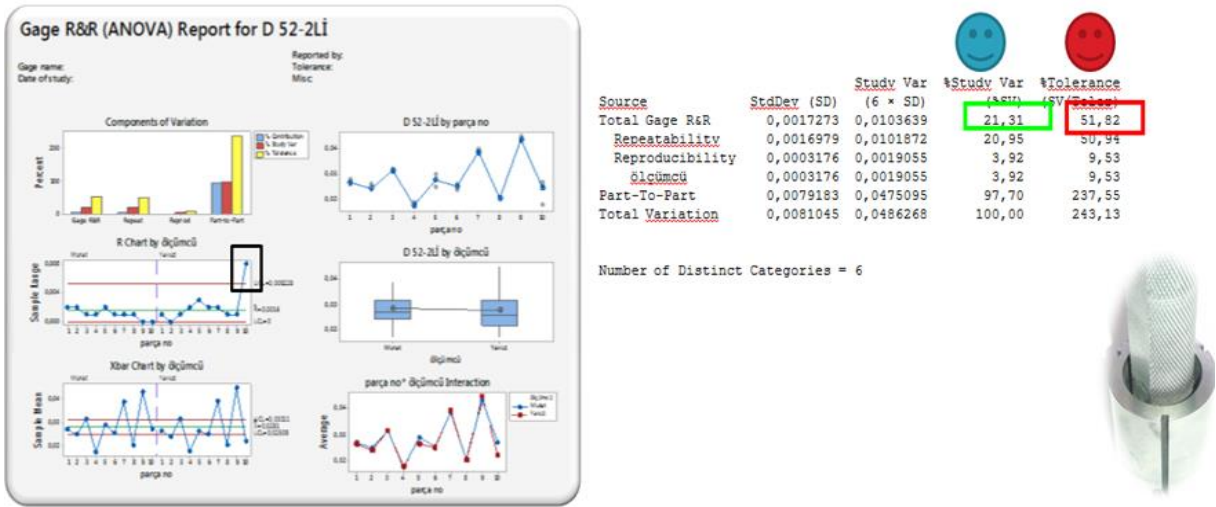


Şekil 4.8 Bias Diyagramı

Sonuç olarak 2 hava çıkışlı mastarın dış firmada yapılan ölçüme göre ortalama 12 mikron büyük, 3 hava çıkışlı mastarın dış firmada yapılan ölçüme göre ortalama 11 mikron daha küçük ölçtüğü gözlemlenmiştir. Fakat her iki ölçümde de dairesellik değerinin artmasıyla, bu oran da artmaktadır.

4.3.3. Gage R&R

Şekil 4.9 da ölçüm cihazlarının R&R analizi görülmektedir.

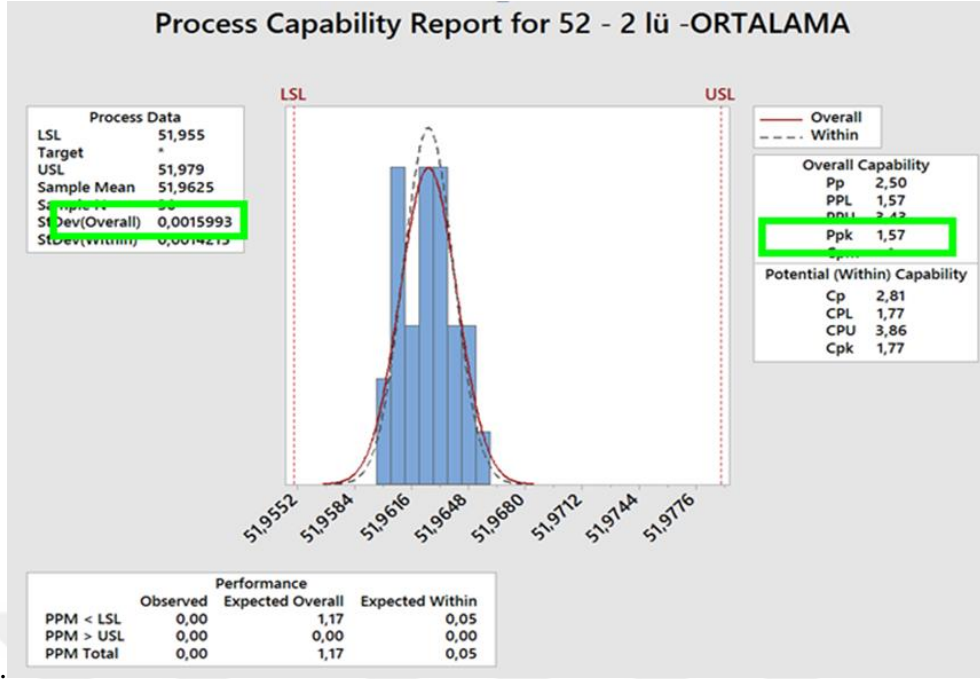


Şekil 4.9 Gage R&R analizi

2 hava çıkışlı ölçüm cihazının yeterliliğini operatör etkeni ile birlikte ölçmek amacıyla, Ø52 ölçüsünde, farklı ölçüdeki 10 adet parça 2 farklı ölçümcüye 2'şer defa ölçtürülerek Gage R&R (ölçüm sistemleri yeterliliği) çalışması yapılmıştır ve Minitab programında analiz edilmiştir. Sonuç olarak 2 hava çıkışlı ölçüm cihazının uygunluğu tespit edilmiştir.

4.3.4. Ø52 Cpk (Proses Yeterliliği)

Parçayı oluşturan ikinci çap olan Ø52 için de proses yeterlilik çalışması yapılmıştır. Şekil 4.10 da Ø 52 ölçüsünün proses yeterlilik diyagramı görülmektedir.

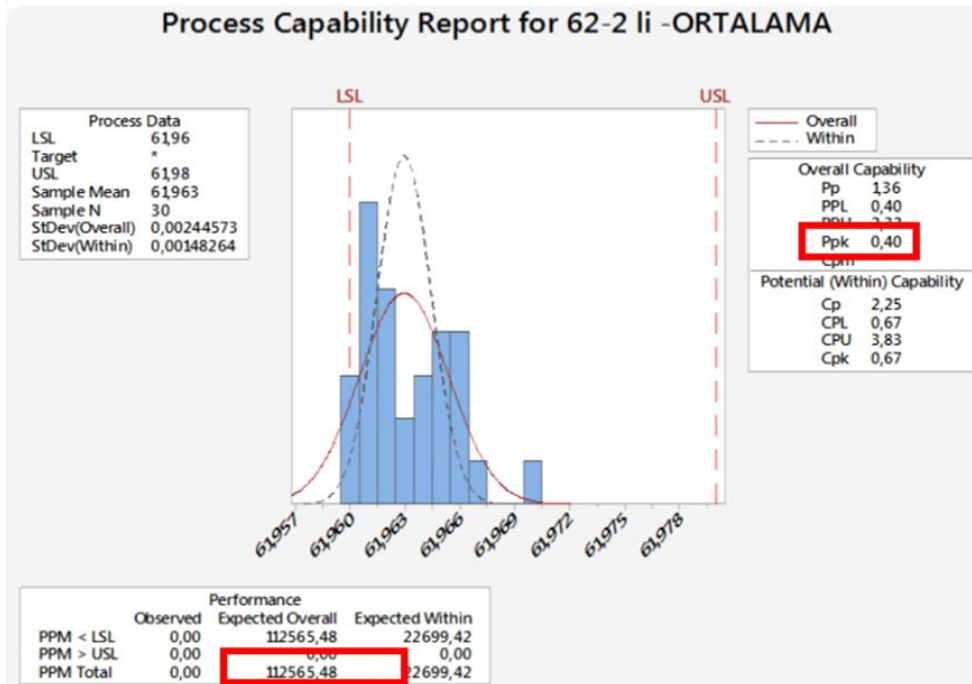


Şekil 4.10 Ø52 Proses Yeterlilik Diyagramı

Ø52 mm ölçüsünün prosesinin yeterli olduğu ve hata potansiyelin %0,000117 olduğu tespit edilmiştir.

4.3.5. Ø62 Cpk (Proses Yeterliliği)

Parçayı oluşturan çaplardan, Ø62 için yapılan proses yeterlilik çalışması Şekil 4.11'de görülmektedir.

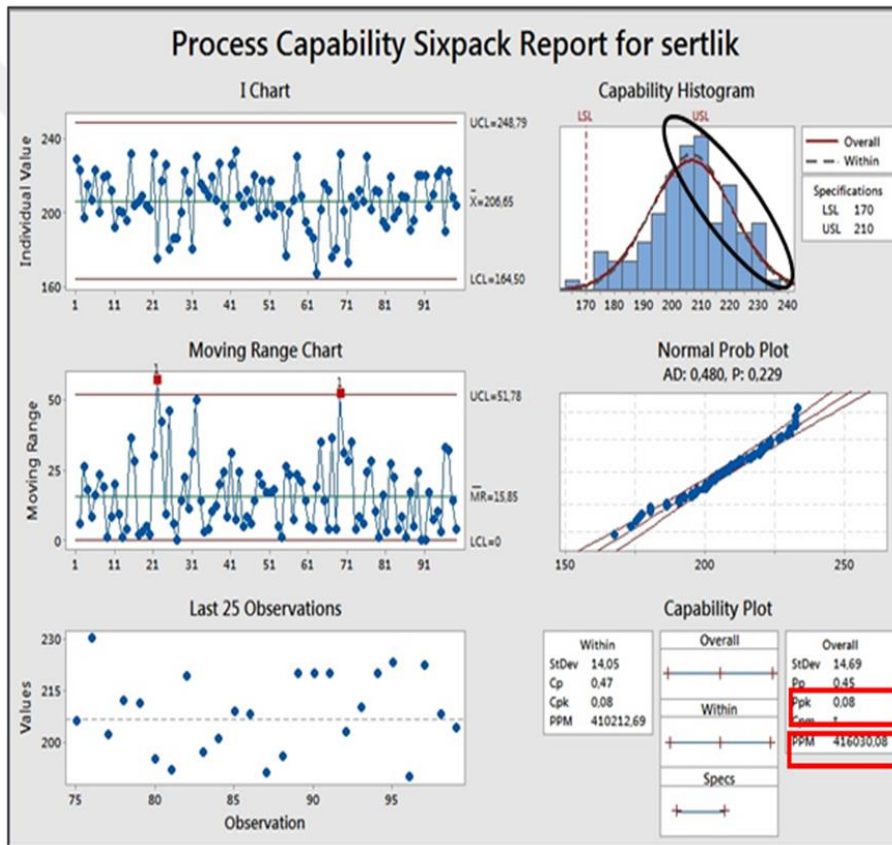


Şekil 4.11 Ø62 Proses Yeterlilik Diyagramı

Yapılan yeterlilik çalışması sonucunda, Ø62 mm ölçüsünün prosesinin yeterli olmadığı ve hata potansiyelinin %11 olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda çap 62 mm ölçüsünün yetersiz çıkmasını oluşturabilecek faktörler analiz edilecektir. Bunlar Döküm sertliği, Kaba Sıkma Basıncı, Finiş Sıkma Basıncı ve Tezgâh Ofset değerleridir.

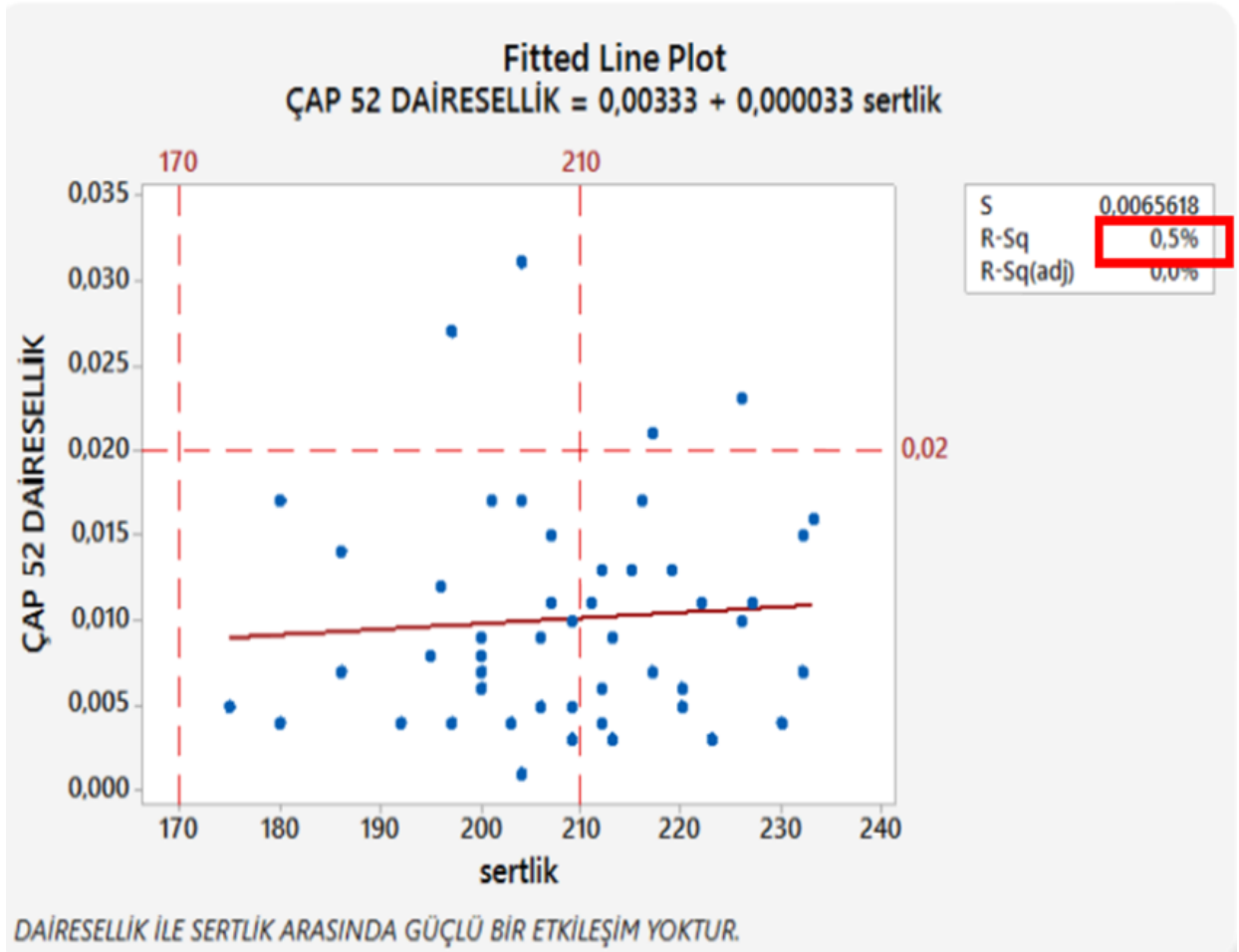
4.3.5.1. Sertlik

Döküm sertliğinin, parçalarda işlenecek olan bölgedeki ölçüsel değişkenliğe etkisini ölçmek için 100 adet döküm parçanın sertliği HB olarak ölçülmüştür. Olması gereken değerler 170-210 HB arasındadır. Şekil 4.12 de döküm sertliği ile ilgili yapılan proses yeterlilik çalışması diyagramı bulunmaktadır.



Şekil 4.12 Döküm sertliği proses yeterlilik diyagramı

Ölçüm sonuçları incelendiğinde sertliği ölçülen parçaların %40'ı limit dışında ve %97,5' inin ise üst limit dışında olduğu görülmüştür. Bu 100 adet parça için Cpk 0,08 (proses yeterlilik endeksi) olarak bulunmuştur. Sertlik ile işleme çapı arasında bir ilişki olup olmadığını anlamak için sertlik-çap regresyon analizi yapılmıştır. Şekil 4.13 te Sertlik & Çap Regresyon Diyagramı yer almaktadır.

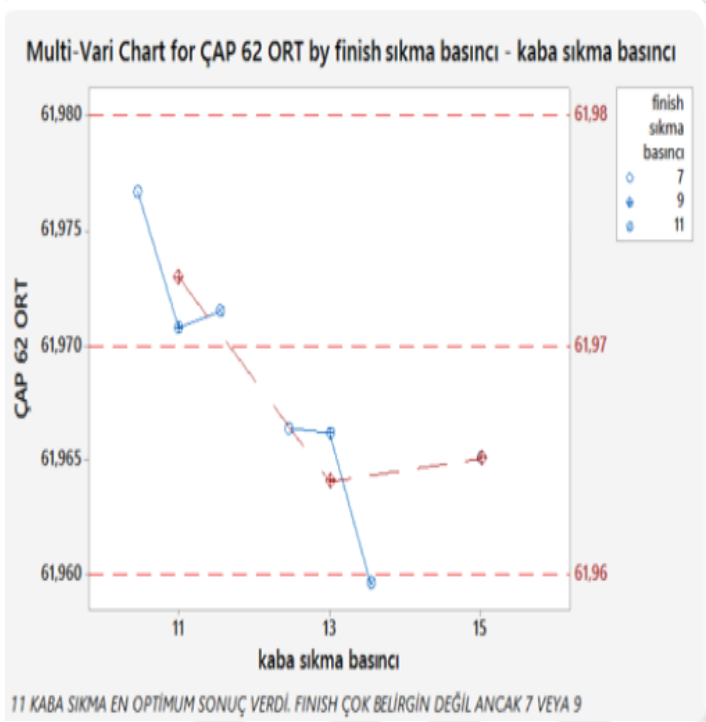


Şekil 4.13 Sertlik & Çap Regresyon Diyagramı

Yapılan Sertlik & Çap regresyon analizinde mevcut aralıktaki (170-240 HB) sertliğin çapa etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.3.5.2. Basınç

Tezgâh kaba ve finiş sıkma basınçlarının çap değerlerine etkisini görmek için, farklı kaba ve finiş sıkma basınçlarında parçalar işlenerek çap değerleri ölçülmüştür. Ölçülen değerler incelenerek basınç ve çap ilişkisi regresyon değerleri analiz edilmiştir. Şekil 4.14' de Basınç & Çap regresyon diyagramı görülebilir.



Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
kaba sıkma basıncı	2	0,000633	0,000316	14,38	0,000
finish sıkma basıncı	2	0,000177	0,000089	4,03	0,028
Error	30	0,000660	0,000022		
Lack-of-Fit	2	0,000072	0,000036	1,72	0,198
Pure Error	28	0,000588	0,000021		
Total	34	0,001482			

Model Summary

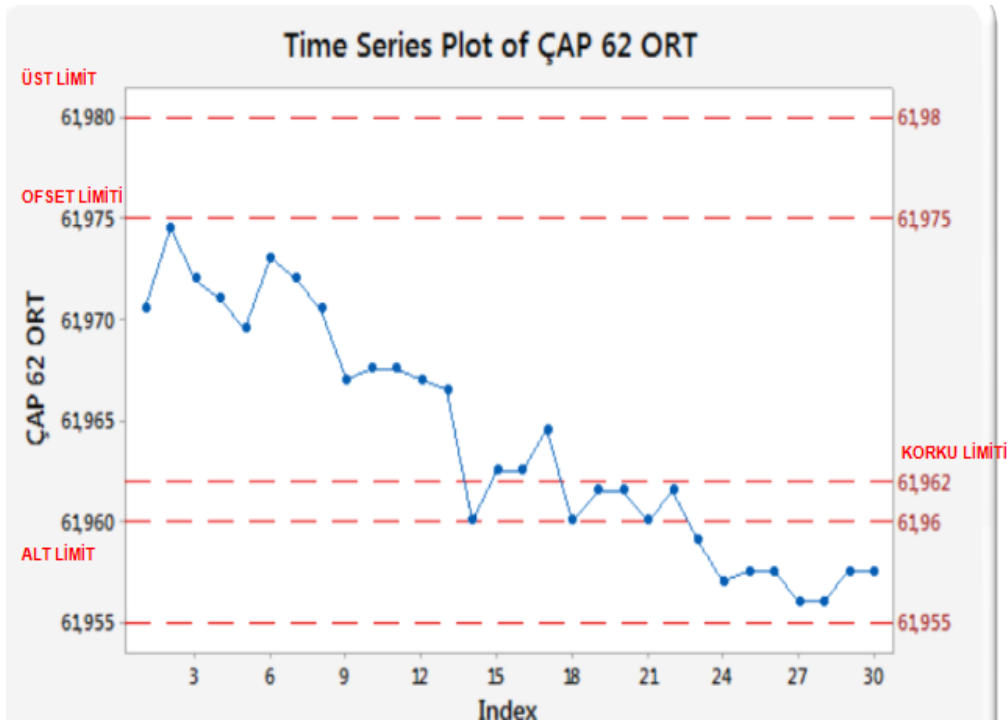
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0046895	55,48%	49,54%	40,60%

Şekil 4.14 Basınç & Çap regresyon diyagramı

Yapılan Basınç & Çap analizinde basınç değerlerinin çapa etkisi %40 olarak tespit edilmiştir.

4.3.5.3. Ofset

Şekil 4.15 te ofset değişiminin gözlemlendiği Ofset Analiz Diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4.15 Ofset Analiz Diyagramı

İşleme esnasında parçaların ardışık olarak değişkenlikleri gözlemlendiğinde (time series pilot) ,belli bir süre sonunda, çaplarda parçadan parçaya ofset değerlerinde düşme olduğu görülmüştür. Çaplardaki bu ölçüsel düşüşleri kontrol altına almak için, kontrol limitleri belirlenmiş ve prosese dâhil edilmiştir.

4.4. İyileştirme

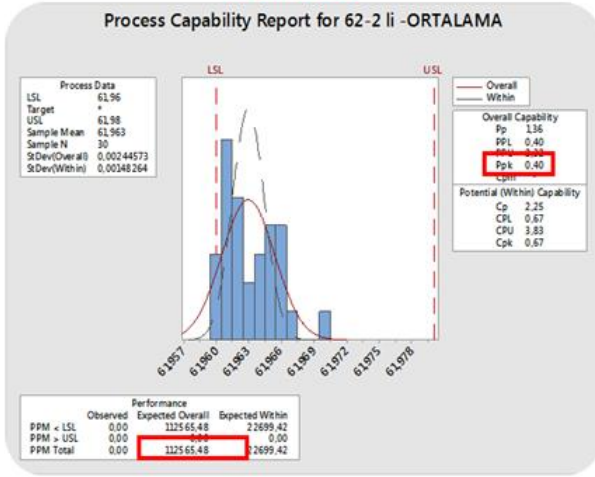
Analiz sonrası aşağıdaki iyileştirmeler yapılmıştır.

- Optimum Kaba Sıkma Basıncı yapılmıştır.
- Optimum Finiş Sıkma Basıncı belirlenmiştir.
- Ofset verme işleminde, Minimum ve Maksimum Limit Ölçü Değerleri eklenmiştir.
- Operatörlerin ret olarak ayırdıkları parçalar, Kalite Kontrol tarafından kontrol edilmeye başlanmıştır.
- İdeal Ölçü Aleti belirlenmiştir.
- İşleme ve Ölçme Talimatları oluşturulmuştur.

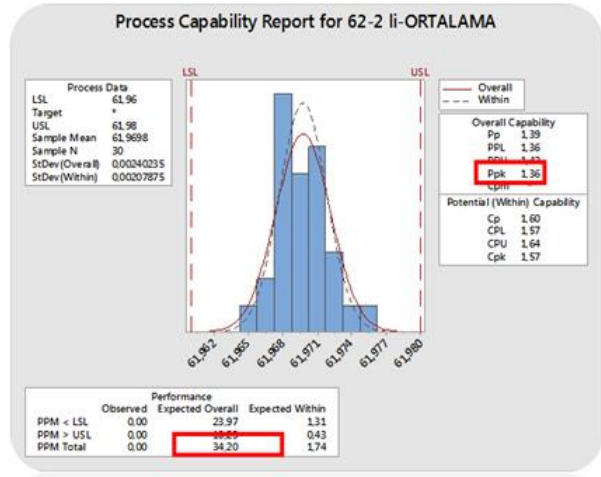
4.5. Kontrol

Kontrol talimatları hazırlanmış, periyodik olarak yeterlilik çalışmalarının güncellenmesine karar verilmiştir. Sonuç olarak, çap 62 ölçüsüne proses yeterlilik çalışması yapılarak önceki ve sonraki durum karşılaştırılmıştır. Şekil 5.1 de Ø62 iyileştirme öncesi ve sonrası proses yeterlilik (Cpk) analizi görülmektedir.

ÖNCE



SONRA



Şekil 5.1 Ø 62 iyileştirme öncesi ve sonrası proses yeterlilik (Cpk) analizi

Çalışma sonucunda çap 62 de yapılan iyileştirmeler neticesinde, başlangıçta 0,40 olan Proses Yeterlilik Endeksi, 1,36'a çıkarılarak, hata oranı %11'den,% 0,003 değerinin altına çekilmiştir.

Bu durum aylık 145.000 olan üretim adedinin %2,2 si olan ret parça oranının, %0,2'nin altına düşmesini sağlamıştır. Böylece hedeflenen %0,4 hata oranının da altına inilerek iyileştirme çalışması neticelendirilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan bu tez çalışmasında, Döküm sektöründeki üretim yapan bir Talaşlı İmalat hattında üretilen B2 Rulman yuvası işleme hatalı RET adetlerinin, Altı Sigma tekniği kullanılarak hedeflenen Sigma değerlerine ulaşması hedeflenmiştir.

Tez çalışmasında ilk olarak, ilk 6 ayda üretilen tüm parçaların, üretim retlerinin pareto analizi yapılarak % 80'lik dilime karşılık gelen parçalar belirlenmiştir. Bu belirlenen parçalar arasında en yüksek ret oranına sahip olan B2 Rulman Yuvası çalışmanın konusu olarak hedeflenmiştir.

Parçanın yıllık üretim adetlerine karşılık gelecek olan ret parçaların maliyetleri hesaplanmış ve iyileştirme için konulan hedefe karşılık gelen kazanç hesaplanarak Finansal Analiz belirlenmiştir.

Yalın Altı sigma çalışmasının tanımlama aşamasında, Yalın Altı Sigma Çalışmasının Beyanı yapılarak çalışmanın başlangıç, bitiş tarihleri ve hedefleri belirlenmiştir.

Belirlenen hedefler iç ve dış müşterilere aktarılmış, hedeflere karşılık olarak gelen Müşterinin sesine kulak vererek, İç Müşteri (VOB (Voice of Business) ve Dış Müşterinin (VOC (Voice of Customer)) istekleri doğrultusunda, beklentiler, endişeler ve odak noktaları belirlenmiştir.

Ölçme aşamasında hata modlarının pareto analizi yapılarak, hangi hata modlarının etkilerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Pareto analizinde çap 52 ve çap 62 hata modları incelenmiştir. İnceleme sonucunda hataların yaklaşık %70 i çap 62 kaynaklı olduğu tespit edilmiş olup, bunun da %28 sinin SERİ ÜRETİM AYARI reddi olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak 62 çapında meydana gelen seri üretim ayar hata moduna odaklanmaya karar verilmiştir.

Bunun sonrasında Kritik Kalite Karakteristikleri Ağacı (CTQ) oluşturulmuştur. CTQ ağacında oluşturulan CTQ kriterleri belirlenerek, müşteri memnuniyeti ile buluşan, ilgilenilen ürün veya sürecin performans standartlarını ve spesifikasyon sınırlarını belirlememize yardımcı olacak olan ölçülebilir karakteristikler bulunmuştur.

SIPOC analizi yapılarak proses geliştirme ve projeye başlamadan önce ilgili proses ile ilgili tüm ilişkili elementler tanımlanmıştır.

SIPOC analizinden çıkan sonuçlar neticesinde Detaylı Süreç Akış Şeması oluşturulmuş, Beyin Fırtınası yöntemi ile Sebep-Sonuç matrisi oluşturulmuş ve bu tablodan çıkan sonuçlar önceliklendirilmiştir.

Çalışmanın Analiz aşamasında mevcut durumdaki ölçüm sistemi ve proses yeteneğini tespit etmek adına yeterlilik çalışmaları yapılmıştır.

Gage Run Chart çalışması ile mevcutta kullanılan 2 farklı ölçüm cihazının (2 hava çıkışlı ve 3 hava çıkışlı havalı mastar) doğruluk dereceleri ve birbirlerine göre farklılıkları ortaya koyulmuştur. Bu çalışmada görülmüştür ki, 2 çıkışlı ölçüm cihazı ölçü değişkenliğini 3 çıkışlıya

göre daha hassas göstermektedir. Bu sebeple ölçümlerin bu cihazla yapılmasının daha sağlıklı olacağı kararına varılmıştır.

BİAS Analizi için, 3 hava çıkışlı ve 2 hava çıkışlı tampon masterların hangisinin ideal ölçüm yaptığını tespit etmek amacı ile her 2 masterla da ölçülen parçalar, tarafsız bir ölçüm firmasına gönderilmiştir. Sonuç olarak 2 hava çıkışlı masterın dış firmada yapılan ölçüme göre ortalama 12 mikron büyük, 3 hava çıkışlı masterın dış firmada yapılan ölçüme göre ortalama 11 mikron daha küçük ölçtüğü gözlemlenmiştir. Fakat her iki ölçümde de dairesellik değerinin artmasıyla, bu oran da artmaktadır.

2 hava çıkışlı ölçüm cihazının yeterliliğini operatör etkeni ile birlikte ölçmek amacıyla, Ø52 ölçüsünde, farklı ölçüdeki 10 adet parça 2 farklı ölçümcüye 2'şer defa ölçtürülerek Gage R&R (ölçüm sistemleri yeterliliği) çalışması yapılmıştır ve Minitab programında analiz edilmiştir. Sonuç olarak 2 hava çıkışlı ölçüm cihazının uygunluğu tespit edilmiştir.

Parçayı oluşturan Ø52 ve Ø 62 için Proses Yeterlilik Analizi yapılmıştır. Ø52 mm ölçüsünün prosesinin yeterli olduğu ve hata potansiyelinin %0,000117 olduğu tespit edilmiştir. Ø62 mm ölçüsünün prosesinin yeterli olmadığı ve hata potansiyelinin %11 olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda çap 62 mm ölçüsünün yetersiz çıkmasını oluşturabilecek faktörler analiz edilmiştir. Bunlar Döküm Sertliği, Kaba Sıkma Basıncı, Finiş Sıkma Basıncı ve Tezgâh Ofset değerleridir.

Döküm sertliğinin, parçalarda işlenecek olan bölgedeki ölçüsel değişkenliğe etkisini ölçmek için 100 adet döküm parçanın sertliği HB olarak ölçülmüştür. Olması gereken değerler 170-210 HB arasındadır. Ölçüm sonuçları incelendiğinde sertliği ölçülen parçaların %40'ı limit dışında ve %97,5' inin ise üst limit dışında olduğu görülmüştür. Bu 100 adet parça için Cpk 0,08 (proses yeterlilik endeksi) olarak bulunmuştur. Sertlik ile işleme çapı arasında bir ilişki olup olmadığını anlamak için sertlik-çap regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan Sertlik & Çap regresyon analizinde mevcut aralıktaki (170-240 HB) sertliğin çapa etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tezgah kaba ve finiş sıkma basınçlarının çap değerlerine etkisini görmek için, farklı kaba ve finiş sıkma basınçlarında parçalar işlenerek çap değerleri ölçülmüştür. Ölçülen değerler incelenerek basınç ve çap ilişkisi regresyon değerleri analiz edilmiştir. Yapılan Basınç & Çap analizinde basınç değerlerinin çapa etkisi %40 olarak tespit edilmiştir.

İşleme esnasında parçaların ardışık olarak değişkenlikleri gözlemlendiğinde (Time series pilot), belli bir süre sonunda, çaplarda parçadan parçaya ofset değerlerinde düşme olduğu görülmüştür. Çaplardaki bu ölçüsel düşüşleri kontrol altına almak için, kontrol limitleri belirlenmiş ve prosese dâhil edilmiştir.

İyileştirme aşamasında analiz edilen şartların iyileştirme çalışmaları başlatılmış, bu kapsamda:

- Optimum Kaba Sıkma Basıncı yapılmıştır.
- Optimum Finiş Sıkma Basıncı belirlenmiştir.
- Ofset verme işleminde, Minimum ve Maksimum Limit Ölçü Değerleri eklenmiştir.

- Operatörlerin ret olarak ayırdıkları parçalar, Kalite Kontrol tarafından kontrol edilmeye başlanmıştır.
- İdeal Ölçü Aleti belirlenmiştir.
- İşleme ve Ölçme Talimatları oluşturulmuştur.

Çalışmanın sürekliliğini kontrol altına almak için kontrol talimatları hazırlanmış, periyodik olarak yeterlilik çalışmalarının güncellenmesine karar verilmiştir.

Çalışmasının nihai sonucu olarak, Altı sigma metodu ile yıllık 14.000 € kazanç sağlamış ve hedeflenen ret oranı yakalanmıştır. Bu hedef benzer ürünlere de uygulanarak bu kazancın 130.000 € civarlarına ulaşması beklenmektedir.

Yalın Altı sigma kültürü firma çalışanları tarafından benimsenmiş ve önemsenmiştir. Bu da işletmede kültür değişimine yol açmıştır. Bununla beraber 6 farklı Yalın altı Sigma çalışması başlatılarak, toplamda 500.000 € iyileştirme hedefi konulmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Teneraa, A., Pinto, L.C., A,2014, Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model, 27th IPMA World Congress, 30 September-03 October 2013Dubrovnik, Croatia, Elsevier, 912-920
- [2] George, M.L. (2003). Lean Six Sigma for Services, McGraw-Hill, New York, NY.
- [3] Snee, R.D. (2010). Lean Six Sigma getting better all the time, International Journal of Lean Six Sigma, 1(1), pp. 9-29.
- [4] Arnheiter ED, Maleyeff J. The integration of lean management and Six Sigma. The TQM magazine. 2005 Feb 1;17(1):5-18.
- [5] Hines P, Holweg M, Rich N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. International journal of operations & production management. 2004 Oct 1;24(10):994-1011.
- [6] George ML. Lean six sigma for service. McGraw-Hill; 2003.
- [7] Woods DD, Hollnagel E. Joint cognitive systems: Patterns in cognitive systems engineering. CRC Press; 2006 Mar 27.
- [8] Taghizadegan, S., Essentials of Lean Six Sigma, Butterworth-Heinemann,Oxford,UK, ISBN-13: 978-0123705020
- [9] https://www.sixsigma-institute.org/What_Is_Sigma_And_Why_Is_It_Six_Sigma.php
- [10] George, M.L. (2003). Lean Six Sigma for Services, McGraw-Hill, New York, NY.
- [11] Snee, R.D. (2010). Lean Six Sigma getting better all the time, International Journal of Lean Six Sigma, 1(1), pp. 9-29.
- [12] Arnhneiter, E.D. & Maleyeff, J., (2005). The integration of Lean management and Six Sigma, The TQM Magazine, 17(1),pp. 5-18.
- [13] Petcu, A.J., Draghici, M. & Anagnoste, S., (2010), Using Lean Six Sigma as a motivational tool for processes improvement, The Annals of the University of Oradea, 6(2), pp.442-446.

- [14] Cary, W. Adams, Praveen, G., Gupta and Charles E. Wilson, Jr, , 2002, The History Of Six Sigma, Six Sigma Deployment, In: Butterworth-Heinemann; (ed.), Appendix A, Butterworth-Heinemann, USA, ISBN-13: 978-0750675239, 226-227.
- [15] Harmon,P.,2019, Incremental improvement with Lean and Six Sigma, Business Process Change, Kaufmann M., Chapter 12, Enterprise Alignment, San Francisco, CA, USA, ISBN-10: 0128158476, 283-285
- [16] Kurdve, M., Zackrisson, M., Wiktorsson, M., Harlin, U., 2014. Lean and green integration into production system modelsexperiences from Swedish industry. *J. Clean. Prod.* 85, 180e190. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.013>.
- [17] Shah, R., Chandrasekaran, A., Linderman, K., 2008. In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma. *Int. J. Prod. Res.* 46 (23), 6679e6699. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540802230504>.
- [18] J.G. de Freitas, 2017, Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: A survey Study, *Journal of Cleaner Production*, 1, 262-263.
- [19] Harmon, P., 2019, Business Process Change, In: Morgan Kaufmann (ed.), Chapter 12, Enterprise Alignment, San Francisco, CA, USA, ISBN: 9780128158470, 285-286
- [20] Sheridan, J.H., 2000. Lean sigma synergy. *Ind. Week* 249 (17), 81e82.
- [21] Pepper, M.P.J., Spedding, T.A., 2010. The evolution of lean Six Sigma. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 27 (2), 138e155. <http://dx.doi.org/10.1108/02656711011014276>.
- [22] Salah, S., Rahim, A., Carretero, J.A., 2010. The integration of Six Sigma and lean management. *Int. J. Lean Six Sigma* 1 (3), 249e274. <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011075035>.
- [23] Antony, J., et al., 2012. Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs) Challenges, barriers, success factors, tools/techniques. *Int. J. Prod. Perform. Manag.* 61 (8), 940e948. <http://dx.doi.org/10.1108/17410401211277165>.
- [24] Fischman, D., 2010. Applying lean six sigma methodologies to improve efficiency, timeliness of care, and quality of care in an internal medicine residency clinic. *Qual. Manag. Healthc.* 19 (3), 201e210. <http://dx.doi.org/10.1097/QMH.0b013e3181eece6e>.

- [25] Hsieh, Y.J., Huang, L.Y., Wang, C.T., 2012. A framework for the selection of Six Sigma projects in services: case studies of banking and health care services in Taiwan. *Serv. Bus.* 6 (2), 243e264. <http://dx.doi.org/10.1007/s11628-012-0134-1>.
- [26] Kornfeld, B., Kara, S., 2013. Selection of Lean and Six Sigma projects in industry. *Int. J. Lean Six Sigma* 4 (1), 4e16. <http://dx.doi.org/10.1108/20401461311310472>.
- [27] Lertwattanapongchai, S., William Swierczek, F., 2014. Assessing the change process of Lean Six Sigma: a case analysis. *Int. J. Lean Six Sigma* 5 (4), 423e443. <http://dx.doi.org/10.1108/IJLSS-07-2013-0040>.
- [28] Meza, D., Jeong, K.Y., 2013. Measuring efficiency of lean six sigma project implementation using data envelopment analysis at NASA. *J. Ind. Eng. Manag.* 6 (2), 401. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.582>.
- [29] Arnheiter, E.D., Maleyeff, J., 2005. The integration of lean management and Six Sigma. *TQM Mag.* 17 (1), 5e18. <http://dx.doi.org/10.1108/09544780510573020>.
- [30] Campos, L., 2013. Lean manufacturing and Six Sigma based on Brazilian model "PNQ" an integrated management tool. *Int. J. Lean Six Sigma* 4 (4), 355e369. <http://dx.doi.org/10.1108/IJLSS-08-2012-0007>.
- [31] Salah, S., Rahim, A., Carretero, J.A., 2010. The integration of Six Sigma and lean management. *Int. J. Lean Six Sigma* 1 (3), 249e274. <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011075035>.
- [32] Cherrafi, A., et al., 2016a. The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: a literature review and future research directions for developing a specific model. *J. Clean. Prod.* 139, 828e846. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- [33] Cherrafi, A., et al., 2016a. The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: a literature review and future research directions for developing a specific model. *J. Clean. Prod.* 139, 828e846. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- [34] Freitas, J.G., Costa, H.G., 2017. Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: a systematic literature review on Scopus base. *Int. J. Lean Six Sigma* 8 (1).

[35] Harmon,P.,2019, Incremental improvement with Lean and Six Sigma, Business Process Change, Kaufmann M., Chapter 12, Enterprise Alignment, San Francisco, CA, USA, ISBN-10: 0128158476, 286-289

[36] Harmon,P.,2019, Incremental improvement with Lean and Six Sigma, Business Process Change, Kaufmann M., Chapter 12, Enterprise Alignment, San Francisco, CA, USA, ISBN-10: 0128158476, 290-304



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Cenk AKAN
Doğum Yeri	İzmir
Doğum Tarihi	10.08.1975
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0090 535 246 53 61
E-Posta Adresi	cakan@cemas.com.tr

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ege Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Tarım Makinaları Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	1998

Yüksek Lisans	
Üniversite	Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	İleri Teknolojiler Anabilim Dalı
Programı	Makine Mühendisliği

Makale ve Bildiriler	
<i>Uluslararası Konferans ve Sempozyumlar</i> AKAN,C., URTEKİN, L., Yalin Altı Sigma Tekniği Ve Sektörel Uygulaması, 3. International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology (IMSMATEC'20), 24-26 June 2020, Nevşehir, Türkiye.	