

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İMALAT SANAYİNDE ALTI SİGMA,
BAĞLANTI ELEMANLARI ALANINDA BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet KARABEY

Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Mehmet ALTUĞ

OCAK/2025

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İMALAT SANAYİNDE ALTI SİGMA,
BAĞLANTI ELEMANLARI ALANINDA BİR UYGULAMA**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet KARABEY
(36213631003)

Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Mehmet ALTUĞ

OCAK/2025

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Doç.Dr.Mehmet ALTUĞ'a,

Tez dönemi boyunca beni ve çalışmalarımı destekleyen, olumlu ve yapıcı tutumları ile motive eden Tekno Bağlantı Elemanları çalışanları ve özellikle genel müdürümüz Mahmut BİLGİÇ bey'e

Çalışmalarında ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmalarım süresince de benden desteklerini esirgemeyen aileme,

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Doktora veya yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**İmalat Sanayinde Altı Sigma, Bağlantı Elemanları Alanında Bir Uygulama**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ahmet KARABEY



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLolar DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
1.GİRİŞ.....	1
2.ALTİ SİGMA.....	3
2.1 Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişim	4
2.2 Altı Sigma Yararları.....	7
2.3 Altı Sigmanın Temel İlkeleri	8
2.3.1 Müşteri odaklılık	8
2.3.2 Verilere dayalı yönetim	8
2.3.3 Başarısızlığa karşı hoşgörü, mükemmelle yöneliş	8
2.3.4 Süreç odaklılık.....	8
2.3.5 Organizasyonel işbirliği.....	9
2.3 Altı Sigma Göstergeleri	9
2.4 Altı Sigmada Değişkenlik.....	12
2.5 Altı Sigma Organizasyonundaki Roller	12
2.6.1 Altı sigma yönetim komitesi	13
2.6.2 Altı sigma koordinatör.....	13
2.6.3 Altı sigma danışmanı	14
2.6.4 Sponsor	14
2.6.5 Şampiyon.....	14
2.6.6 Proje lideri	14
2.6.7 Ekip üyesi	14
2.6.8 Uzman kara kuşak	14
2.6.9 Kara kuşak	15
2.6.10 Yeşil kuşak	15
2.6 Altı Sigma Aşamaları.....	15
2.7.1 Tanımlama aşaması	16
2.7.2 Ölçme.....	16
2.7.3 Analiz.....	17
2.7.4 İyileştirme aşaması	18
2.7.5 Kontrol.....	19
3. LİTERATÜRDE ALTI SİGMA.....	20
4. UYGULAMA	26
4.1 İşletme Tanıtımı	26
4.2 Fabrika Üretim Aşamaları.....	26
4.2.1 Tel çekme bölümü	27
4.2.2 Vida üretim bölümü.....	28
4.2.3 Cıvata bölümü	29
4.2.4 Somun bölümü.....	29
4.2.5 Isıl işlem bölümü	30
4.2.6 Kaplama bölümü	31

4.2.7 Paketleme ve Sevkiyat Bölümü.....	31
4.3 Uygulamanın Amacı, Hedefi	32
4.4 Uygulamanın Önemi	32
4.5 Tanımlama	33
4.6 Ölçme	39
4.7 Analiz.....	41
4.8 İyileştirme	49
4.9 Kontrol Aşaması	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
KAYNAKÇA.....	57
ÖZGEÇMİŞ	61



TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1 Farklı Sigma Seviyeleri	9
Tablo 2.2 Altı Sigma Dönüşüm Tablosu	10
Tablo 2.3 Ölçme aşamasında kullanılan yöntem ve araçlar	17
Tablo 2.4 Analiz aşamasında kullanılan yöntem/araçlar	17
Tablo 2.5 İyileştirme aşamasında kullanılan araç/yöntemler	18
Tablo 2.6 Kontrol aşamasında kullanılan yöntem/araçlar	19
Tablo 4.1 Proje Tanımlama Bildirgesi.....	34
Tablo 4.2 Hata Türü ve Sayısı	39
Tablo 4.3 Bölüm Sigma Seviyeleri.....	41
Tablo 4.4 Fiberli Somun Sigma Seviyesi	41
Tablo 4.5 Fiberli Somun Hata Türleri Analizi.....	47
Tablo 4.6 Fiber Girdi Kontrol Formu	49
Tablo 4.7 Fiberli Somun Hata Türleri ve Etkileri Analizi	52
Tablo 4.8 Öncesi ve Sonrası Sigma Seviyesi	55



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 6 Sigma Teorik Temel.....	3
Şekil 2.2 Altı Sigma Gelişimi [2].....	7
Şekil 2.3 Altı Sigma’da Yer Alan Roller ve Sorumluluklar	13
Şekil 4.1 Fosfat Tesisi	27
Şekil 4.2 Ters Kafa Çekim Makinesi-Ara Tav Fırını.....	28
Şekil 4.3 Vida Pres Bölümü	28
Şekil 4.4 Ovalama Makinesi-Dişi Açılmamış ve Dişi Açılmış Ürün.....	29
Şekil 4.5 Cıvata, Vida Kafa Şekilleri ve Cıvata Makinesi	29
Şekil 4.6 Somun Pres, Klavuz Bölümü ve Somun Görselleri	30
Şekil 4.7 Isıl İşlem Fırını.....	30
Şekil 4.8 Kaplama Makinesi	31
Şekil 4.9 Paketleme Makinesi	31
Şekil 4.10 Sevkiyat Bölümü.....	32
Şekil 4.11 Fabrika Hata Pareto Analizi	33
Şekil 4.12 Somun Üretim İş Akışı	37
Şekil 4.13 Fiber Pul-Fiberli Somun Kovan.....	38
Şekil 4.14 Fiber Çakma Makinesi	38
Şekil 4.15 Fiberli Somun.....	38
Şekil 4.16 Fiberli Somun için Pareto Analizi.....	42
Şekil 4.17 Balık Kılçığı Analizi	43
Şekil 4.18 Fiber Pulu Teknik Resim	50
Şekil 4.19 Kontrol Mastarı Görseli	50
Şekil 4.20 Kontrol Mastarı Teknik Resmi	51

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

y	: Toplam
σ	: Sigma
π	: pi sayısı
e	: Euler sayısı
μ	: Ortalama
DMPO	: Milyonda Hata Sayısı
DPO	: Fırsat Başına Düşen Hata Miktarı



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İMALAT SANAYİNDE ALTI SİGMA BAĞLANTI ELEMANLARI ALANINDA BİR UYGULAMA

Ahmet KARABEY

İnönü Üniversitesi

Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

60+ix sayfa

2025

Danışman: Doç.Dr.Mehmet ALTUĞ

Altı Sigma, işletmenin karlılığını arttırmak, fire, hurda ve kayıpları önlemek, maliyetleri azaltmak ve müşterilerin ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılamak ve aşmak amacıyla tüm faaliyetlerin etkinliğini iyileştirmek için kullanılan bir iyileştirme stratejisidir.

Bu çalışmada ele alınan bağlantı elemanlarının fiber çakmadaki olası hataları ürünlerin hurdaya ayrılmasına neden olmaktadır. Bu durum da işletmeye zaman kaybı ve fazla maliyet oluşturmaktadır.

Fiber Çakma işlemindeki her bir işlem adımı için bağlantı elemanlarını etkileyebilecek olası faktörler belirlenecektir. Daha sonra bir neden ve sonuç diyagramı, operatör, makine, malzeme ve yöntem unsurlarından kaynaklanan fiber çakmayı etkileyebilecek ana faktörleri bulmak için kullanılacaktır. Uygulanacak iyileştirme prosesleri ile optimum fiber çakma sonuçları elde edilmeye çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma,Bağlantı Elemanları,Fiberli Somun

ABSTRACT

Phd. or Master Thesis

İMALAT SANAYİNDE ALTI SİGMA BAĞLANTI ELEMANLARI ALANINDA BİR UYGULAMA

Ahmet KARABEY

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Applied Sciences and Technologies

60+ ix sayfa

2025

Supervisor: Assoc.Prof. Dr.Mehmet ALTUĞ

Six Sigma is an improvement strategy used to increase a company's profitability, prevent waste, scrap, and losses, reduce costs, and meet and exceed customer needs and expectations by improving the efficiency of all activities.

In this study, potential defects in the connection elements in fiber splicing cause products to be scrapped. This leads to time loss and additional costs for the business.

For each step in the fiber splicing process, potential factors that could affect the connection elements will be identified. A cause and effect diagram will then be used to identify the main factors affecting fiber splicing, which may stem from operator, machine, material, and method elements. The goal is to achieve optimal fiber splicing results through the application of improvement processes.

Keywords: Six Sigma, Fasteners Connectors,Fiber Nuts

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ekonomide uygunsuz imalatın kontrol altına alınması var olan işletmenin organizasyonu, devamlılığı ve hayatı için büyük önem arz etmektedir. Uygunsuz imalatın kontrol altına alınması aynı zamanda verimlilik süreçlerine etki etmektedir. Verimlilik rekabet kavramı ile beraber düşünülmeli ve bu süreçleri kontrol altında tutan firmalar diğer firmalardan bir adım öne çıkarak rekabet avantajı sağlarlar. Bu rekabette öne çıkmak için firmalar hatlarında sürekli iyileştirmeler yaparak tek seferde doğru üretimi gerçekleştirerek maliyet avantajı sağlamaya çalışırlar. Bunun için firmalar genellikle süreç iyileştirme araçlarını kullanırlar.

Süreç, amaçlanan bir çıktıyı elde edebilmek için kullanılan, çeşitli girdiler üzerinde katma değer oluşturan faaliyetler dizisidir. Bir başka tanımda süreç; müşteri için bir değer oluşturmak üzere, bir grup girdiyi kullanarak bunlardan katma değer kazandırılmış çıktılar elde etmeyi amaçlayan işlemlerden oluşur [1].

Süreç iyileştirme araçları PDCA döngüsü, Kaizen, 5S Metodolojisi, Kanban, Toplam Kalite Yönetimi, Kök Neden Analizi, Pareto Analizi ve Altı Sigma dir.

Süreç iyileştirme araçlarına kısaca değinirsek;

PDCA Döngüsü; İngilizce olarak PDCA (Plan-Do-Check-Action) kelimelerinin baş harfleri alınarak oluşturulmuştur, türkçe olarakta planla, uygula, kontrol et, önlem al diye açıklanmaktadır.PUKÖ döngüsü olarakta bilinmektedir sistematik olarak çalışmayı ifade eder.

Kaizen; japonca birleşik sözcük olan kai(değişim), zen(daha iyi) den gelmektedir. Hedef israfın önlenmesi için kök neden analizinin yapılması işlemidir. Kaizendeki esas amaç sonuçların düzeltilmesinden çok sürecin düzeltilmesine yönelik çalışmalar yapmaktır.

5S Metodolojisi; Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke kelimelerinin baş harflerinden türetilmiştir. Sırasıyla ayıklama, düzen, temizlik, standartlaştırma ve disiplin anlamlarına gelmektedir.

Kanban; kan (görsel anlamında), ban (kart) kelimelerinin birleşiminden oluşturulmuştur.Üretim aşamasında ihtiyaç olan malzemelerin doğru zamanda ve miktarda

daha önceden belirtilen yerde bulunması işlemidir. Tam zamanında üretim için altyapıyı oluşturur. Sistematığı süreci görselleştirmek, devam eden çalışmayı sınırlamak, akışa odaklanmak, süreç politikalarını açık hale getirmek, geri bildirim döngülerini uygulamak, iş birliği içinde geliştirmek şeklindedir.

Toplam Kalite Yönetimi; sadece ürün ve hizmetin değil bütün olarak yönetimin kalitesini ve verimliliğini arttırmayı amaçlamaktadır. Üst yönetimin katılımı, müşteri odaklılık, takım çalışması, çalışanların eğitimi, tam katılım, önlemeye yönelik yaklaşım, sürekli gelişim felsefesi ile hareket eder.

Kök Neden Analizi; karşımıza çıkan bir sorunun altında yatan nedenlerini belirlemek için kullanılan yöntemlerden biridir. Sistematığı problem tanımlanır, probleme yol açan ilk akla gelen neden yazılır, söz konusu nedenin neden ortaya çıktığı cevaplanır, neden sorusu ard arda 5 defa sorulur, kök neden bulununca da nedeni ortadan kaldıracak öneri geliştirilir şeklindedir.

Pareto Analizi; bir problemin önemli nedenlerini nispeten daha az önemli nedenlerden ayırmak için kullanılır. 80 e 20 analizi olarakta bilinir.

Altı Sigma; katma değersiz işlemleri kaldıran, kalitesizlik maliyetini azaltan dolayısı ile işletme karlılığını arttıran, müşteri beklenti ve ihtiyaçlarını karşılayan karşılamakla kalmayıp yükselten bir stratejiler bütünüdür.

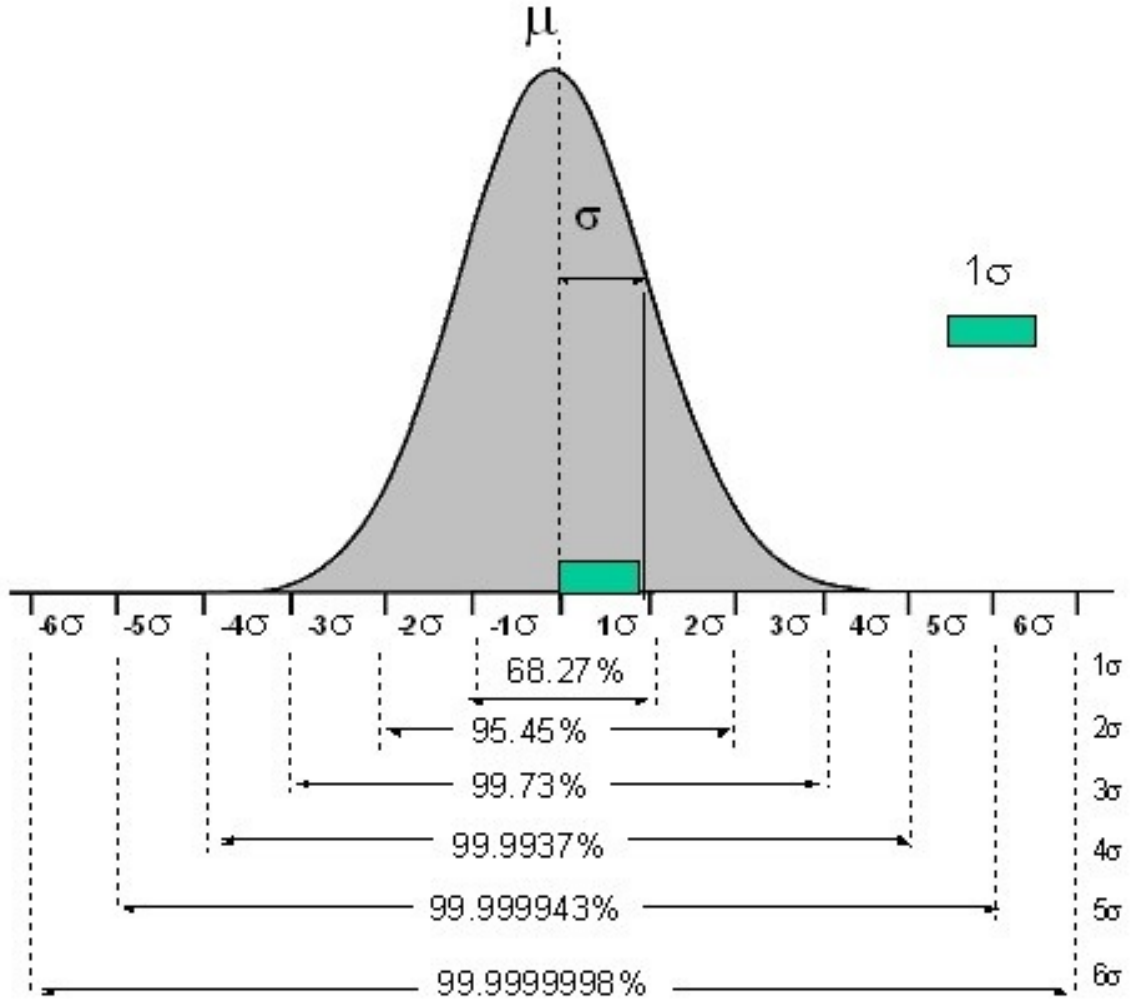
Bu çalışmada süreç iyileştirme yöntemlerinden biri olan altı sigma metodunu kullanarak kalitesizlik maliyetlerini düşürmek, fire hurda kayıpları azaltmak, işletme karlılığını arttırmak bunun ile beraber müşteri memnuniyetlerini arttırmak hedeflenmektedir.

Tezimizin ikinci bölümünde altı sigma yöntemi, ilerlemesi, faydaları, temel esasları ve sigma organizasyonundaki roller hakkında bilgiler verilecektir. Altı sigma aşaması, kullanılan yöntem ve araçlar detaylı olarak anlatılacaktır. Üçüncü bölümümüzde literatür taraması yapılmış. Özellikle son beş yılın çalışmaları taranmış yapılan iyileştirme ve gelişmeler eklenmiştir. Dördüncü bölümde literatürde çok fazla çalışılmamış bağlantı elemanları sektöründe faaliyet gösteren vida fabrikasında altı sigma metodolojisi ışığında uygunsuz ürün, kalitesizlik maliyeti, fire azaltılması hedeflenmiş uygulama çalışması yapılmıştır. Beşinci bölümde ise değerlendirme, uygulanan çalışma sonuçları ve ilerleme düzeyi, firmaya sağladığı yararlar açık şekilde belirtilmiştir.

2. ALTI SİGMA

Altı sigmadaki sigma kavramı sürecin müşteri beklentisini karşılayacak mükemmellikten ne kadar sapma olduğunu gösteren istatistiksel terimdir. Altı sigma milyon olasılıkta 3,4 hataya denk gelen performans düzeyini ifade eder.

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Şekil 2.1 6 Sigma Teorik Temel

İstatistiksel kontrol araçlarını ve bunun ile beraber pek çok problem çözme tekniklerini kullanır.

Altı sigmanın ana fikri Deming'in "üretim süreçlerinde değişkenliklerin analiz edilerek minimize edilmesi" yaklaşımı ile oluşmaktadır [2]. Altı sigma tanımı bu yaklaşımdan yola çıkarak pek çok kişi tarafından farklı tanımlar ile anlatılmaktadır.

Mikel Harry ve Richard Schroeder'e göre Altı Sigma; "İş sonuçlarını önemli ölçüde iyileştiren ve bunu yaparken günlük iş aktivitelerini tasarlayıp takip eden, bunu da kaynak kullanımı ve israfı minimize ederek müşteri memnuniyetini arttırarak yapan bir prosestir [3].

Pande ye göre; işte başarıyı yakalayarak devamlılığı sağlamak ve maksimum seviyeye ulaştıracak sistemdir [3].

Altı sigmayı yönetimsel olarak tanımlarsak; işletmenin müşteri memnuniyetini arttırmasını buna bağlı olarakta işletme karlılığını ve rekabeti geliştirmesini sağlayan kültürel değişimdir.

Altı sigma üründen ziyade ürünü ortaya çıkaran süreçlerin iyileştirilmesi, kalitesizlik maliyetinin azaltılması, verimliliği arttırmayı hedeflemektedir. İlk defa da doğru üretimin yapılması ana felsefelerden biridir.

Goh'a göre Altı sigma firmalara sağladığı faydalar [3].

- Uzmanlık ve uygulama hiyerarşisi
- Müşteri odaklılık
- Geliştirilebilir kalite yolculuğu
- Gerçeklere dayalı karar verme yöntemleri
- Araçların yapılandırılmış yayılımı
- İstatistiğin kullanılması
- Sonuç odaklı karar verme
- İş odaklı olup sonucun matematiksel ifade edilmesi
- Her alanda kullanılması
- İstatistiksel yazılımların kullanılması

2.1 Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişim

1970'lerde bir japon şirketi olan Matsushita'ya Amerikan şirketi olan Motorola'nın Quasar adlı televizyon şirketini, çok fazla hata oranının getirdiği verimsizlikten dolayı satması ve bunun üzerine Matsushita'nın fabrikanın çalışmasında hızlı ve etkili değişikliklere gidip buradaki hata oranını %150'den %3'e düşürmesi ile başlamıştır.

Japonların bu başarısının nedenlerini inceleyen Motorola uzmanları, ürün kalitesinden daha çok ürünün süreç kalitesiyle ilgili olduğunu anladıktan sonra 1980'lerin başında Motorola yönetim kurulu olan Robert Galvin'in liderliğiyle Motorola'da performansta gelişme için mücadele başlamıştır.

Galvin'in amacı temelleri yeni atılan sistemi kullanarak çağrı cihazı ve telefonların kalitesini arttırmaktı. 1986 yılında motorola'da çalışan yetenekli, bilgili, eğitilmiş bir mühendis ve istatistikçi olan Mikel Harry, farklı süreçlerdeki değişkenlikler, sapmalar üzerinde çalışmaya başladı. Çalışma başladıktan kısa süre sonra süreçlerdeki sapmanın çok fazla olmasının müşteri memnuniyetsizliğine ve müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamada yetersizliğe neden olduğunu gördü. Harry daha sonra yüksek mühendis ve istatistikçi olan Bill Smith ile çalışmaya başladı. 1985'te Smith'in hazırladığı Galvin'in de dikkatini çeken kalite raporunda ürünün ömrü süresince kullanım alanındaki performansıyla, imalat sürecinde gerektirdiği yeniden işlemler arasında bir ilişki olduğunu keşfetti.

Rapor sonucunda, standartlarla daha az uyumsuzluk gösteren ürünlerin müşteriye ulaştıktan sonra daha yüksek performans elde ettiğini de varsaydı. Motorola yöneticileri Smith'in bu varsayımlarına sıcak yaklaşmakla beraber ısı sorunu hataların azaltılmasını sağlayacak pratik yollar bulmaktı.

Bunun üzerine Smith 4 aşamalı problem çözme yaklaşımı olan MAIC'i (Ölçme, Analiz Etme, Geliştirme, Kontrol Etme) geliştirdi. Daha sonra MAIC, Altı sigma seviyesine ulaşmak için kullanılan bir problem çözme yöntemi olmuştur.

15 Ocak 1987'de Galvin Motorola'da şirketin uzun vadeli politikasını belirleyen "Altı Sigma Kalite Programı" adlı yeni kalite içeriğini devreye aldı. Kabul edilen kalite programında 6 sigma ürün, hizmet, süreç ve yönetim olmak üzere her alanda kullanılabilen gerekli yeterlik standartları olarak kabul edildi.

Altı sigma kalite programı uygulamaya başladıktan sonra 1988 yılında Motorola Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü'nü kazandı ve bu olaydan sonra altı sigma pek çok şirketin ilgisini çekmeye başladı.

Altı sigma anlayış ve tekniklerini kullanan bazı firmalar; Pirelli, Nokia, Jaguar, Volvo, Ford, Honeywell/Allied Signal, Citibank, General Electric'dir.

Motorola Altı Sigma tekniklerini uyguladıktan sonra karı %20 ,verimliliği üç kat, satışları ise beş kat artmıştır. 1980 yılından beri uygulayan Motorola'nın 19 yılda elde ettiği getiri 11 milyar dolardır.

General Electric'de altı sigma uygulaması Welch tarafından başlatılmış, kendisi tarafından şirketin hedef ve stratejilerine entegre edilmiştir. Altı sigma eğitimlerine 1997 yılında 400 milyon dolar harcanmış, 600 milyon dolar gelir elde etmiştir. 1995 yılında sigma seviyeleri 3 kalite düzeyi iken, 22 ayda 3,5 sigma seviyesine çıkmıştır. Bu günkü sigma seviyesi 5,6 dır.

Wyper ve Harrison altı sigmayı insan kaynakları departmanının amacı olan doğru insanı, doğru ücretle, doğru pozisyonda istihdam etmek ile ilgili kullanmışlardır. 18 ayda personel maliyeti %34 azaltılmış, genel giderlerde ise 250.000 paundluk azalma sağlanmıştır.

Ford Otosan Türkiye tüm yeşil kuşakların en az bir proje yapmalarını veya projede aktif görev almalarını istiyor. Altı sigmayı yaşam tarzı haline getirmeye çalışıyorlar.

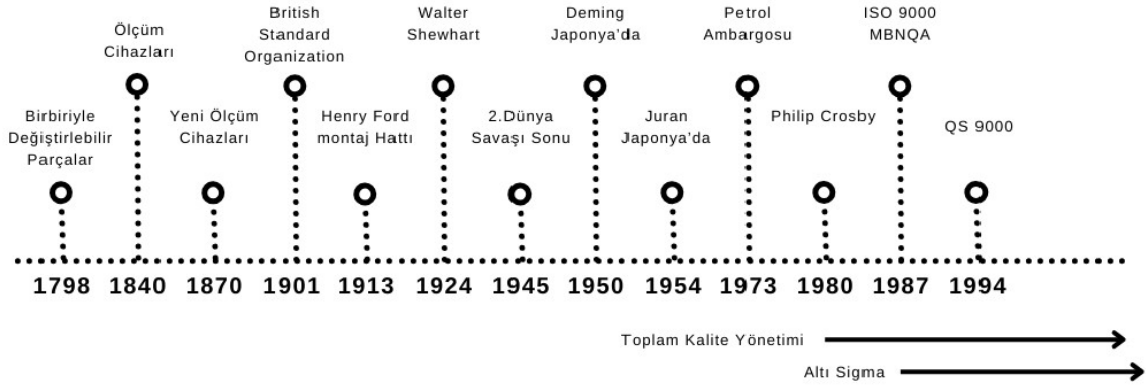
Borusan; 2002-2006 yılları arasında toplam 2043 Borusanlının katıldığı 715 proje tamamlamış, 66 milyon USD tutarında değer sağlamıştır.

Demirdöküm; Altı sigma uygulamalarına 11 karakuşak projesi ile başlamışlardır. Üst kademedan başlayarak tüm çalışanlarına altı sigma eğitimi vermişlerdir.

Arçelik;Altı sigma yaklaşımını 1998 yılından beri kullanmaktadır.Arçelik çalışanları kara kuşak eğitimleri olarak Altı Sigma projelerinde aktif rol almaktadır.Bu güne kadar 100 den fazla projede 15 milyon dolardan fazla gelir elde etmiştir.

Vodafone; altı sigma ismini süreç tasarım, süreç güvence, süreç yönetim ve süreç iyileştirme çalışmalarında marka ismi olarak kullanmışlardır.

Vitra; 1999 yılında Avrupa Kalite Ödülü finalisti olup Altı Sigma çalışmalarına 2000 yılında başlamıştır.Vitra bugüne kadar tamamlanmış olan 11 yeşil kuşak, 18 kara kuşak projelerinden 1,44 milyon dolarlık kazanç elde etmiştir.



Şekil 2.2 Altı Sigma Gelişimi [2].

Şekil 2.2’de Altı Sigmanın yıllar içerisindeki gelişmeler ve önceki önemli olayları ifade eder.

2.2 Altı Sigma Yararları

Altı sigma üründen çok süreçler ile ilgilenir. Süreç girdilerin çıktılara dönüşmesini sağlayan eylemler bütünüdür. Sürecin verimliliğinden bahsederek önceki verimlilik tanımından yola çıkarak çıktı/girdi formülünden yararlanılır. Buna göre verimlilik sağlamak için girdileri oluşturan değerlerin azaltılması veya çıktıları oluşturan değerlerin artırılması ile süreç verimliliği artar.

Süreci doğru ve sistematik şekilde tanımlamak altı sigma çalışmalarının temelini ve başlangıcını oluşturur. Altı sigma sisteme bütünsel açıdan bakarak girdilerin (hammadde, malzeme, makine, işgücü) azaltılması, çıktıların (mal, hizmet, müşteri tatmini) artırılması için istatistiksel analiz, problem çözme tekniklerini kullanır süreçlerde iyileşme ve gelişmeyi sağlar.

- Pazar artışı sağlar
- Müşteri isteklerini karşılamayı garanti altına alır
- Hata oranlarında düşüş gerçekleştirir
- Proses sürelerini azaltır
- Kültürel değişimi sağlar
- Maliyetlerde azaltma meydana gelir

- İstatistiksel yöntemler ile bilginin yayılımı sağlanır.
- Dağıtım ve Kalite performansı artar.
- Üretim kalitesi ve ürün kalitesi artar.
- Kayıplarda ciddi azalma görülür.
- Proses tasarımları doğru yapılır

2.3 Altı Sigmannın Temel İlkeleri

Altı Sigma metodolojisi beş temel ilke üzerine kuruludur; tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol süreçlerinde istatistiksel ölçümler kullanılarak milyonda 3,4 hata seviyesi hedefine ulaşmak, firmayı istenen sigma seviyesine yükseltmektir. Bu ilkelerin yanı sıra aşağıdaki ilkelerden de söz edilmelidir.

2.3.1 Müşteri odaklılık

Altı sigma çalışmalarındaki etki müşteri istek ve memnuniyeti dikkate alınarak kontrol edilir. Müşteri istekleri dinamik yapıdadır. En önemli parametrelerden biri müşteridir.

2.3.2 Verilere dayalı yönetim

Mevcut durum sayısal veriler ile analiz edilerek iyileştirilecek noktalar belirlenir. Optimizasyon işlemleri uygulanır. Verilerden maksimum fayda sağlamak için veriler bütünü kullanılır.

2.3.3 Başarısızlığa karşı hoşgörü, mükemmele yöneliş

Bu iki kelime ile birbiri arasında çelişki var gibi görülmesine rağmen mükemmele yönelişte radikal çalışmalar, süreç düzeltmeleri her zaman istediğimiz sonucu vermeyebilir bazende istenilenin aksine bir sonuç çıkabilir. Fakat istatistiksel yöntemler, denemeler ve sürekli iyileştirme adımları kullanılarak başarı ve karı garanti altına alır.

2.3.4 Süreç odaklılık

Ürün yada hizmete odaklanmaktan çok süreç ile ilgili veri analizleri yapılır ve sürecin mükemmel bir şekilde ilerlemesi garanti altına alınmaya çalışılır. Üretilen ve geliştirilen sürecin sonunda nihai üründe hata oranı azaltılmış olur.

2.3.5 Organizasyonel işbirliği

Altı sigma yaklaşımı bir takım çalışması sonucu ortaya çıkar. Farklı operasyonel beceriye ve yetiye sahip personel ile farklı pozisyonlarda yer alan kişiler ortak hedef bütünü içinde hareket ederek işbirliği içinde çalışırlar.

2.3 Altı Sigma Göstergeleri

Sigma, Yunan alfabesindeki 18. harf sigmadır. İstatistiksel olarak süreç ortalaması etrafındaki değişkenliği belirtir. Standart sapma olarak ifade edilebilir. Sigma değeri, yapılan hatanın ne kadar sıklıkla yaşandığını ifade eder. Hesaplanan hatanın altı sigma seviyesine doğru yükselmesi, hatanın azaldığı manasına gelir. Ters orantılı şekilde hata sayısı ve sigma seviyesi çalışır. Eğer sigma seviyesi düşük ise hata oranı yüksektir. Aşağıdaki tabloda değerler verilmiştir.

Tablo 2.1 Farklı Sigma Seviyeleri

Sigma Seviyesi	Milyonda Hata Sayısı(DMPO)	Verim / Başarı Oranı(%)	Hata Oranı(%)
1σ	691.462	30,8538	69,1462
2σ	308.538	69,1462	30,8538
3σ	66.807	93,3193	6,6807
4σ	6.210	99,379	0,621
5σ	233	99,9667	0,0233
6σ	3.4	99,99966	0,00034

Tablo 2.2 Altı Sigma Dönüşüm Tablosu

ALTI SİGMA DÖNÜŞÜM TABLOSU				
Uzun Vade Başarı	Proses	Milyonda	Onbinde	Yüzde
99,99966%	6,0	3,4	0,034	0,00034
99,99950%	5,9	5	0,05	0,0005
99,99920%	5,8	8	0,08	0,0008
99,99900%	5,7	10	0,1	0,001
99,99800%	5,6	20	0,2	0,002
99,99700%	5,5	30	0,3	0,003
99,99600%	5,4	40	0,4	0,004
99,99300%	5,3	70	0,7	0,007
99,99000%	5,2	100	1	0,01
99,98500%	5,1	150	1,5	0,015
99,97700%	5,0	230	2,3	0,023
99,96700%	4,9	330	3,3	0,033
99,95200%	4,8	480	4,8	0,048
99,93200%	4,7	680	6,8	0,068
99,90400%	4,6	960	9,6	0,096
99,86500%	4,5	1.350	13,5	0,135
99,81400%	4,4	1.860	18,6	0,186
99,74500%	4,3	2.550	25,5	0,255
99,65400%	4,2	3.460	34,6	0,346
99,53400%	4,1	4.660	46,6	0,466
99,37900%	4,0	6.210	62,1	0,621
99,18100%	3,9	8.190	81,9	0,819
98,93000%	3,8	10.700	107	1,07
98,61000%	3,7	13.900	139	1,39
98,22000%	3,6	17.800	178	1,78
97,73000%	3,5	22.700	227	2,27
97,13000%	3,4	28.700	287	2,87
96,41000%	3,3	35.900	359	3,59
95,54000%	3,2	44.600	446	4,46
94,52000%	3,1	54.800	548	5,48
93,32000%	3,0	66.800	668	6,68

91,92000%	2,9	80.800	808	8,08
90,32000%	2,8	96.800	968	9,68
88,50000%	2,7	115.000	1.150	11,5
86,50000%	2,6	135.000	1.350	13,5
84,20000%	2,5	158.000	1.580	15,8
81,60000%	2,4	184.000	1.840	18,4
78,80000%	2,3	212.000	2.120	21,2
75,80000%	2,2	242.000	2.420	24,2
72,60000%	2,1	274.000	2.740	27,4
69,20000%	2,0	308.000	3.080	30,8
65,60000%	1,9	344.000	3.440	34,4
61,80000%	1,8	382.000	3.820	38,2
58,00000%	1,7	420.000	4.200	42
54,00000%	1,6	460.000	4.600	46
50,00000%	1,5	500.000	5.000	50
46,00000%	1,4	540.000	5.400	54
43,00000%	1,3	570.000	5.700	57
39,00000%	1,2	610.000	6.100	61
35,00000%	1,1	650.000	6.500	65
31,00000%	1,0	690.000	6.900	69

Altı sigmada önemli unsurlardan biride 1,5 sigma kaymasıdır. Süreçler kısa vadede doğru sonuçlar sağlayabilir, ancak daha fazla verinin girildiği, uzun vadede, kısa vadeli bir süreç ile karşılaştırıldığında, ortalama ve spesifikasyon limiti arasına sığacak sigma sayısı zamanla düşecektir. Süreçteki bu varyasyon artışın üstesinden gelmek için hesaplamaya 1,5 sigma kayması eklenir. Bir çeşit düzeltme faktörü olarak kullanılır. Formüle eder isek;

Ürün Miktarı: Dönem içinde üretilen mal ve hizmetler toplamı

Hatalı Ürün Miktarı: Dönemde üretilen mal veya hizmetten reddedilen veya ihtiyacı karşılamayan

Ürün Başına Düşen Hata Miktarı=Belirlenen Sürede Hatalı Ürün Miktarı/Belirlenen Sürede Üretilen Ürün Miktarı

Birimdeki Hata Fırsatları:Müşteri tarafından bir birim mal veya hizmetin hatalı olduğu sonucuna varmasına neden olacak özellikler toplamı.

Fırsat Başına Düşen Hata Miktarı(Defects per Oppurtunities(DPO));

$DPO = (\text{Hatalı Ürün Miktarı}) / (\text{Toplam Ürün Miktarı} \times \text{Fırsat Sayısı})$

$DPMO = DPO \times 1.000.000$

Başarı yüzdesi:Müşterinin ihtiyaçlarını karşılayan başarılı üretim yüzdesidir;

Başarı Yüzdesi= $1 - DPO$

Sigma Seviyesi: Başarı Yüzdesi değerinin birikimli standart normal dağılımındaki alanına karşılık gelen “Z” değeridir;

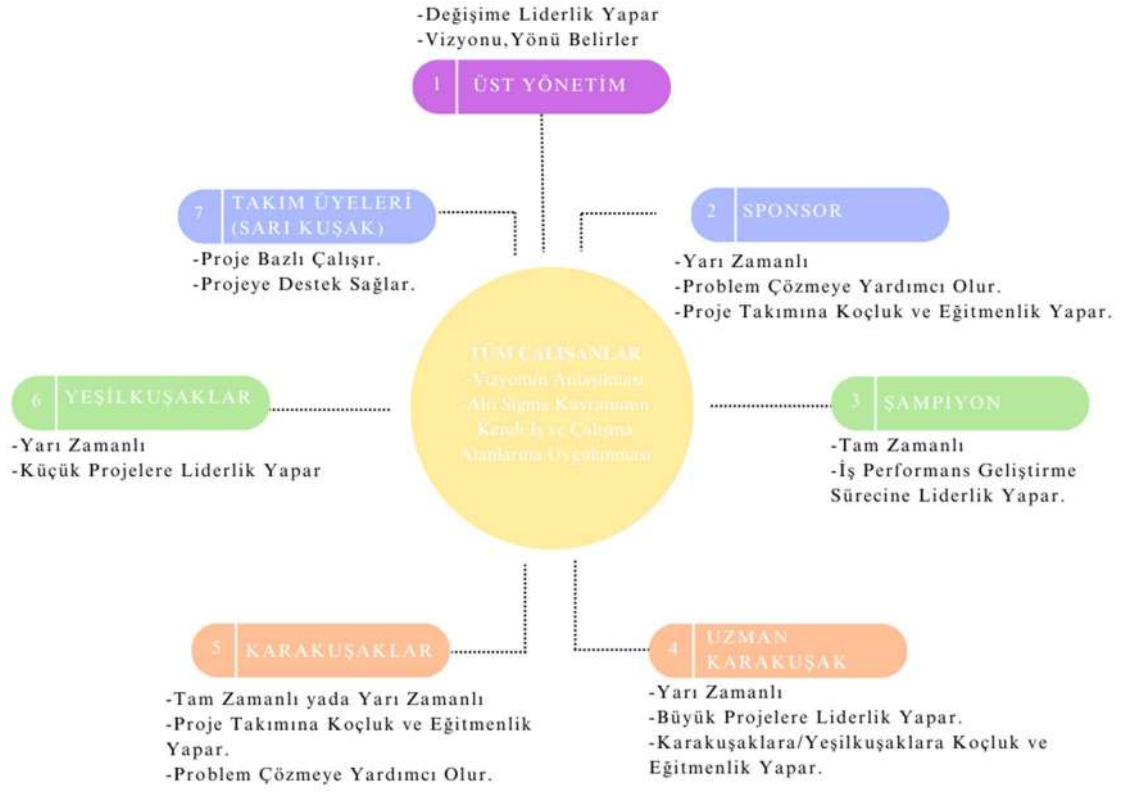
$\text{Sigma Seviyesi} = \text{Norm.S.Inverse} \times (\text{Başarı Yüzdesi}) + 1,5$

2.4 Altı Sigmada Değişkenlik

İki sorun iş hayatında firmaların karşısına çıkmaktadır birincisi ortalamadan sapma ikincisi ise değişkenliktir. Ortalama sapma, verilerin istenen değerden istikrarlı şekilde aşağıda veya yukarıda kalması durumudur. Değişkenlik ise, kısa dönemde proseslerde meydana gelen anormalliklerdir. Bu anormallikler kontrol edilmediği takdirde ürün ve hizmetlerde uzun sürede daha büyük değişikliklere neden olur.

2.5 Altı Sigma Organizasyonundaki Roller

Altı sigma çalışmalarındaki amaç ekip kurarak organizasyondaki kişilerin gelişimin ve değişimin bir parçası olmasını sağlayarak motivasyon sağlamaktır. Organizasyondaki kişiler uzmanlık alanlarına göre seçilirler. Uzmanlık alanları bilgi ve deneyimlerine göre çeşitli yetki, unvan ve sorumluluklar verilir.



Şekil 2.3 Altı Sigma’da Yer Alan Roller ve Sorumluluklar

2.6.1 Altı sigma yönetim komitesi

Firmadaki en etkili yöneticilerin oluşturduğu ekiptir. Amaçları altı sigma projelerinin planlamalarını yapmak ve planları uygulamaktır. Görevleri

- Altı sigma organizasyonunu oluşturmak, görev, yetki ve sorumluluklarını belirlemek
- Proje içeriklerini belirlemek
- Projeler için gerekli kaynak ve imkanları sağlamak
- Proje ihtiyaçlarına bağlı olarak gerekli düzenlemeleri ve organizasyonu ayarlamak
- Proje takiplerini yaparak gerekli düzeltmeler ile beraber ortaya çıkan doğru ve etkili sonuçları tüm kademelerde uygulanmasını sağlamak

2.6.2 Altı sigma koordinatör

Altı sigma ile ilgili yönetim komitesine raporlama yapan kişidir. Departmanlar arası birleştirici etkisi vardır.

2.6.3 Altı sigma danışmanı

Yönetimsel ve istatistiki anlamda tavsiyelerde bulunarak ekip üyelerine yardımcı olur.

2.6.4 Sponsor

Üst düzey yöneticidir iyileştirme çalışmalarını izler. İyileştirme çalışmaları ve projelerde ekipler özgürce fikir ve düşüncelerini sunabilmelidirler. Alınacak kararlarda sponsor üyenin yardımlarına ihtiyaç duyarlar.

2.6.5 Şampiyon

İyileştirme sürecinin yöneticiliğini yapmak için yönetimin atadığı kişidir. Çalışmanın başarılı olması, zamanında bitirilmesi, beklentileri karşılaması için gerekli çalışmaları yapar. Başlıca görevleri;

- Yönetime kaynak ihtiyaçları bildirir
- Takımlar arası işbirliğini sağlar
- Gerektiği yerlerde yeni görevlendirme
- Projenin işletme amaçları ile uyumluluğunu sağlar.

2.6.6 Proje lideri

Çalışma sonuçlarından birinci derecede sorumlu olan kişidir. Çalışmanın bir bütün halinde ilerlemesini sağlar tasarım, ölçüm, süreçler ile ilgili alanlarda liderlik eder.

2.6.7 Ekip üyesi

Ölçüm, analiz, iyileştirme, sonuçların özetlenip anlaşılır hale getirilmesi için birebir aktif çalışan kişilerdir.

Altı sigma uzakdoğu savaş sanatlarından esinlenerek bilgi, beceri, disiplin, tecrübeyi ifade etmek için kullanılan “Kara Kuşak” ünvanları ile ekip üyeleri oluşturur. İlk defa Motorola’da 1990 larda ortaya çıkmış ve kullanılmıştır. Ürün, istatistiksel bilgi, süreç uzmanlığı, prodesteki ustalık alanında özel uzmanlığa sahip kişileri ifade etmek için kullanılır.

2.6.8 Uzman kara kuşak

Uzman karakuşaklar altı sigmanın nasıl ortaya çıktığını, gaye, felsefe ve uygulamalarını bilen gerektiğinde eğitim ve danışmanlık veren kişilerdir. Firmalar ihtiyaç

duymaları halinde dışarıdan bu hizmeti temin edebilmektedirler. Fakat sürekli gelişmeyi kurum kültürü haline getiren firmalar ilgili kişileri kendi içlerinden yetiştirerek (istatistiksel araçlar ve proses iyileştirme) kalıcı hale getirebilirler. Bu ünvana sahip olabilmek için 34 başarılı kara kuşak projesini tamamlamalı, kara kuşak eğitimi ve danışmanlıklarında görev alarak eğitimini tamamlaması gereklidir.

2.6.9 Kara kuşak

Altı sigma çalışmaları için tam zamanlı çalışan kişilerdir. Altı sigma metod ve araçlarını hiçbir eksik olmadan uygulayan uzmanlardır. Süreç ve proses çözümlemelerini yaparak en zorlu ve kompleks problemleri anlaşılır hale getirebilecek bilgi ve beceriye sahip kişilerdir.

Başlıca görevleri;

- İyileştirme yapılacak projeyi belirlemek
- Projede yapılacak değişiklikleri yönetim komitesine sunmak
- Takımdaki görev dağılımını yapmak
- İyileştirme projelerini zamanında tamamlamak için çalışmaları yapmak
- Proje ihtiyaç kaynaklarını belirlemek ve revize olması halinde revizyonu onaya sunmak
- Takım üyelerine teknik destek sağlamak dır.

2.6.10 Yeşil kuşak

Genellikle yarı zamanlı çalışır. Kara kuşak projelerine rağmen daha küçük projelerde çalışır. Uzmanı olduğu proseslerde iyileştirme çalışması yapmaları istenir. Ekibin belirlediği hedeflerin gerçekleşmesi için çalışır.

2.6 Altı Sigma Aşamaları

Altı sigma metodolojisi beş aşamadan meydana gelmektedir. Altı sigma projeleri çoğunlukla DMAIC olarak kısaltılan (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) Tanımla, Ölçme, Analiz et, iyileştir ve kontrol et döngüsünü kullanır. Bu yöntem PUKÖ döngüsü ile benzerlik gösterir fakat altı sigma döngüsünde ölçme ve iyileştirme aşamaları eklenmiştir. DMAIC ile problem çözümü için;

-İyi bir süreç ve hizmet için müşteri ihtiyaçlarını doğru tanımlayın

-Mevcut durum analizi yapın, müşteri ihtiyaçları ile karşılaştırın

-Prosesle uygun tasarımı geliştirin, uygulayın

-Sonuçları kontrol edin, yeni veya gerekli düzeltmeleri yapın

DMAIC yaklaşımı birbirini takip eden süreç odaklı beş aşamadan oluşur ve döngü şeklinde ilerler.

2.7.1 Tanımlama aşaması

Altı sigma iyileştirme sürecinin ilk adımıdır. Sürecin en önemli kısımlarından bir tanesidir. Problemin anlaşılır şekilde anlatılması, tanımlanması doğru ve hızlı çözüm için anahtar rollerden biridir.

Bu aşamada ilk olarak proje ekibi kurulur, program belirlenir. Müşteri, tüketici istek ve beklentileri belirlenir, doğrulanır. Bu aşamada;

-Yönetmelik oluşturulur ve proje bildirisi hazırlanır

-Proses kapsamlı bir şekilde planlanır

-Tüketici istekleri dikkate alınır ve öncelenir

Kullanılan teknikler şu şekildedir; sebep sonuç diyagramı, pareto diyagramı, müşteri sesi, süreç akış şeması, kalite faktör ağacı vb. dir.

2.7.2 Ölçme

Altı sigma istatistiksel bir yönetim biçimi ve karar verme tekniği olduğu için ölçme problemin en önemli adımlarından bir tanesidir. Öncelikli olarak nicel ölçümler yapılarak mevcut durum ortaya konur. Bu süreçte problem başlangıçta nasıl bir performans gösterir, veriler toplanarak süreç daha anlaşılır hale getirilir.

De Koning&De Mast'a göre; "Bu aşamada asıl amaç, sorunu ölçülebilir bir forma dönüştürmek, mevcut durumu ölçmek ve hedeflerin tanımını güncellemektir [2].

Tablo 2.3 Ölçme aşamasında kullanılan yöntem ve araçlar

Yöntemin Adı	Yöntemin İşlevi
Ölçüm Sistemi Analizi (Measurement System Analysis)	Ölçüm sistemlerinin yeterlilik tespitinin yapıldığı yöntemdir.
Kontrol Grafiği (Control Chart)	Ölçüm boyutlarının süreli kayıtlanması yöntemidir.
Süreç Haritası (Process Mapping)	Girdi ve çıktı ilişkisinin tarif edildiği grafiksel gösterimdir
HTEA (FMEA)	Süreç ile ilgili etki ve ağırlıkları belirleyen yöntemdir.

2.7.3 Analiz

Bu aşamada süreç haritaları tanımlanır, verilerin önem sırası ve değişkenlikler belirtilir. Önem dereceleri düşük değişkenler göz arda edilir. Bu aşamada doğru analiz yöntemleri kullanılmalıdır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıdaki tablodadır.

Tablo 2.4 Analiz aşamasında kullanılan yöntem/araçlar

Yöntemin Adı	Yöntemin İşlevi
Sebep Sonuç Analizi/ Balık Kılçığı Modeli (Ishikawa Diyagramı)	Var olan sorunların sebeplerini bulma
Çok Değişkenli Analizler (Multi Variable Analyse)	Sürecin temel unsurlarının dağılımlarını incelemek. Benzer olan süreçleri birbiri ile kıyaslamak
Histogram	Belirli sıklıkların ve özelliklerin süreç içinde ortaya çıkışını göstermek
Regresyon Analizi	İki özelliğin birbiri ile olan bağlantısının fonksiyonel betimlenmesi
Hipotez Testi	Belirlenen hipotezlerin gerçekliğini sorgulamak
Box Plot Grafiği	Veri çeyreklerinin değişkenliklerinin görsel olarak dağılımını gösterir.
Akış Şeması	Araştırılması yapılan sürecin görsel hale getirilmesi

(Flowchart)	
Kutu Diyagramı (Box-Plot Diagram)	Süreci karakteristik değerler ile tanımlamak. Sürecin temel unsurlarını aramak ve tanımlanan tolerans aralığını takip etmek
Dağılım Grafiği (Scatterplot)	İki süreç özelliğinin birbiri ile bağlantısını bulmak
Deney Tasarımı (Design of Experiment)	En iyi ayarı bulmak
Pareto Analizi	80/20 Kuralı olarak bilinir. Herhangi bir olayda sonuçların %80 i nedenlerin %20 sinden kaynaklanır.

2.7.4 İyileştirme aşaması

Bu aşamada ekip probleme yönelik nedenleri bertaraf etmek için yeni çözümler getirdiği ve geliştirdiği bölümdür. Bu bölümde süreçten büyük kazançlar elde etmek ve temel nedeni ortadan kaldırmak için çalışılır. Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al (PDCA) döngüsü kullanılır. Bu aşamada kullanılan diğer yöntemler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 2.5 İyileştirme aşamasında kullanılan araç/yöntemler

Yöntemin Adı	Yöntemin İşlevi
Beyin Fırtınası	Yaratıcı düşüncelerin hızlı bir şekilde toplanması
6-3-5 Yöntemi	Yaratıcı düşüncelerin hızlı bir şekilde toplanması
6 Düşünen Şapka (Six thinking hats)	Tartışmayı ileri boyuta taşımak ve üretilen çözümlere farklı bakış açıları ile bakmak
Scamper Yöntemi	Fikirlerin yapılandırılmış şekilde toplanması
Poka Yoke Yöntemi	Süreçte oluşma ihtimali olan hataların önüne geçmek
Maliyet Fayda Analizi (Cost Benefit Analysis)	Seçilen çözüm yöntemlerinin ekonomik kontrolünün yapılması
Morfolojik Kutusu (Morphological Box)	Çözüm yöntemlerinin kararı

Hata Türleri, Etkileri Analizi (FMEA/Failure Mode and Effects Analysis)	Çözümü uygulamaya geçirmek için riskin belirlenmesi ve Altı Sigma yönteminin belgelenmesi
---	---

2.7.5 Kontrol

Bu aşama sorunun bütününe çözüldüğü veya iyileştirmenin devam ettiği aşamadır. Ekibin, yenilenen sürecin performansını ölçmeye devam etmek için “izleme planı” oluşturması ve olası bir başarı düşüşü durumunda “müdahale planı” geliştirmesi gerekir. İyileştirmenin ve sigma seviyesinin kalıcı olmasını sağlamak için standardizasyonun garanti altına alınması kontrol ile sağlanır.

Tablo 2.6 Kontrol aşamasında kullanılan yöntem/araçlar

Yöntemin Adı	Yöntemin İşlevi
İstatistiksel Süreç Kontrolü (Statistical Process Control)	İstatistiksel Proje Yönlendirmesi
Süreç Haritası	Girdi ve çıktı boyutu ile ilgili bağlamın grafiksel olarak tanımlanması
Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)	Proses içindeki en önemli etkenlerin araştırılması
Ölçüm Sistemi Analizi (Measurement System Analysis)	Kullanılan ölçüm sistemlerinin yeterlilik seviyesi
Kontrol Grafiği	Ölçüm boyutlarının uzun sürekliliği kayıtlanması

3. LİTERATÜRDE ALTI SİGMA

Yapılan literatür çalışmasında bütün sektörlerde bu yaklaşımın uygulanabildiğini ve nihayi olarak ciddi şekilde süreç iyileştirmeleri ve maliyet avantajları getirdiği görülmüştür.

Banuelas et al., çalışmalarında sürekli bir üretim hattındaki atıkları azaltmak için six sigma araçlarını kullanmışlardır. Proje sonucunda atık azaltma, çalışma süresinin artırıldığı, kalitenin geliştirildiği ve denetimin azaltıldığı bir zincirleme reaksiyon ortaya çıkmıştır. Bunun yanında kayda değer parasal kazanç da elde edilmiştir [4].

Tok ve Özkaya, soğutma sektöründe altı sigma proje uygulaması yapmış, ticari tip soğutucu dolaplar üretilen bir fabrikada bazı modellerde görülen gövde poliüretan boşluğu problemi ele alınmış çözüm yolları araştırılmıştır. Problemin giderilmesi durumunda proje getirisi olarak direkt kazanç 17.412 euro dur [5].

Six Sigma, istatistiksel ve yönetsel araçların kapsamlı şekilde yeniden hızlıca gözden geçirilmesini sağladı [6]–[10].

Aksoy ve Orbak, çalışmalarında robotik ark kaynağı işleminde yeniden işleme parçalarının miktarını azaltmak için altı sigma metodolojisi uygulamıştır. Sonuç olarak, işlem yetenekleri ve sigma seviyeleri önemli ölçüde artırmış ve yeniden işlenen parçaların miktarı azalmıştır [11].

Chakravorty, çalışmasında bir Network Technology şirketinde altı adımdan oluşan başarılı bir Altı Sigma projesi geliştirmiştir. Bu proje, 29 RMA türleri için iyileştirmeler uygulayarak, Toplam Kalite maliyetini 318.635 \$ olarak belirlemiştir [12].

Yang and Hsieh, çalışmalarında Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method kullanarak six sigma proje seçimi yapmıştır. Bu çalışma ile şirketlerin stratejik hedefleri ve finansal yapısı güçlenmiştir [13].

Jou vd. çalışmalarında, six sigma'yı yarı iletken ekipmanlar üreten bir firmada yeni ürün geliştirme sürecinde uygulamışlardır. Ürün geliştirme performans değerlendirmesi ve iyileştirmesi için yeni bir model oluşturmak amacıyla Altı Sigma'nın sistematik çerçevesi altında performans matrisi, faktör analizi ve kısıtlama teorisi getirmiştir [14].

Motorola, 1980'lerde üretim sürecindeki hata oranlarını azaltmak amacıyla Six Sigma metodolojisini uygulayan ilk üretim şirketi oldu. Bu metodoloji, Sony, Texas Instruments, Kodak, Honeywell, Allied Signal ve DuPont'un yanı sıra General Electric ve Boeing gibi birçok diğer üretim şirketi tarafından da başarıyla kullanılmıştır [15].

Gijo vd. çalışmalarında bir otomotiv ürünü üreten firmada yüksek hassasiyetli öğütme işleminin verimini iyileştirmişlerdir. Burada bir dizi six sigma araçları kullanarak ince öğütme işlemindeki kusurların %16,6 dan %1,19 a düşürmüş ve sonuç olarak kaydadeğer miktarlarda parasal kazanç elde etmişlerdir [16].

Bilgen ve Şen, çalışmalarında bir otomotiv tedarikçi endüstrisinde ısı kaybını optimize ederek enerji maliyetini düşürmek için six sigma metodolojisini uygulamıştır. Sonuç olarak da önemli ölçüde maddi kazanç elde etmiştir [17].

Distilasyon ünitesindeki bir nafta üretim tesisinin enerji verimliliğini artırmak amacıyla, Falcón ve meslektaşları Six Sigma metodolojisinin uygulanmasını önerdi. Bu metodolojinin uygulanması, reaksiyon ünitesindeki enerji tüketiminin optimize edilmesini sağlayarak önemli mali faydaların elde edilmesine olanak tanıdı [18].

Antony vd. six sigma metodolojisini otomotiv ürünleri üreten bir işletmede uygulamıştır. Regresyon analizi, hipotez testleri ve taguchi yönteminin kullanıldığı çalışmada kalite seviyesi %85 den %99,4 e çıkmış ve kayda değer ölçüde bir maddi kazanım elde etmişlerdir [19].

Tanık ve Şen çalışmalarında aks ve aks yatağı üreten büyük ölçekli bir otomotiv tedarikçi şirketinde toplam 20 altı sigma projesinden oluşan altı sigma programının üç fazının analizini yapmıştır. Six sigmanın, sürece olan pozitif ve negatif etkilerini ortaya koymuştur [20].

Sarkar ve ekibi, elektrikli parça üreten bir şirket için yeni bir ürün üretirken hataları tahmin etmenin yollarını araştırdı. Ürünü ve ölçüm sistemini geliştirirken eşzamanlı olarak bir DFSS yöntemi oluşturulmasını önerdiler [21].

Erdinç ve Sipahi altı sigma yaklaşımı ile enerji sektöründe iyileşme odaklı bir uygulama yapmış teknolojik yatırımların uygulanacağı alanların seçiminde insan faktöründen bağımsız, sistematik bir metod geliştirilmiş. Sonucunda bütün montajlar gerçekleştiğinde yılda 285.000 tl maddi kazanç beklemektedirler [22].

Yalçın ve Günday yalın altı sigma metodu bankacılık sektöründe bir uygulama yapmış kart teslim sürelerinin iyileştirilmesi sağlanarak müşteri memnuniyetini sağlamak amaçlanmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda kart teslim süreleri 9 güne düşürülmüştür [23].

Zhang ve diğerkleri, sac metal üretiminde uzmanlaşmış bir işletmede sac kalınlığındaki değışkenliği iyileştirmeyi amaçladı. Bu doğrultuda yedi temel faktör belirleyerek iyileştirmeleri uygulamak için Six Sigma metodolojisini kullandılar. Çalışmaları sonucunda, hatalı ürün sayısında önemli bir azalma ve kayda değerk mali kazançlar elde edildi [24].

Deste ve Karabulut altı sigma tekniğı kullanarak tekstil sektöründe çevrim sürelerinin iyileştirilmesine yönelik çalışma yapmış.İyileştirmeler sonucunda yıllık bazda malzeme sarfiyatından 79.671,59 dolar, iplik üretim miktarı kazancından 31.118,88 dolar olmak üzere toplamda 110.790,47 dolar kazanç elde etmişlerdir [25].

Maged ve diğerkleri, plastik enjeksiyon kalıplamada Six Sigma'nın nihai ürünün kalitesi ve maliyeti üzerindeki etkilerini inceleyen bir vaka çalışması gerçekleştirdi. Çalışmada, istatistiksel süreç kontrolü (SPC) grafikleri, Pareto grafikleri, histogramlar, Ishikawa diyagramları ve ölçüm sistemi analizi gibi araçlar kullanıldı. Hipotez testleri ve kontrol listeleri gibi nicel ve nitel araçlar da etkili bir şekilde uygulandı. Bu metodolojilerin uygulanmasının, sigma seviyelerinin 4.06'dan 4.5'e yükselmesiyle kanıtlanan önemli bir kalite artışı sağladığı ve buna paralel olarak kalite maliyetinde azalma meydana getirdiğı tespit edildi [26].

Hazır ve Toktaş elektronik kart üreten bir firmada altı sigma uygulaması yapmış müşteri memnuniyeti ve karlılık oranını arttırmak amacı ile kartlarda oluşabilecek hataları azaltmak için alınacak önlemler incelenmiştir.Deney tasarımı sonucunda DPMO değeri 10560 tan 5797'ye düşürölmüş ve sigma değeri 3.8'den 4.025'e yükseltilmiştir [27].

Vijay, hasta taburcu sürelerini azaltmak amacıyla çok disiplinli bir hastane sürecinde Six Sigma DMAIC modelini uygulamıştır [28].

Karabulut, Kumru ve Onursal Altı Sigma Yaklaşımı ile tekstil sektöründe bir uygulama yapmış işletmenin müşteriye sevk ettiğı ürünlerin zamanında üretim oranlarının istenen seviyedeki değerklere ulaşılması hedeflenmiştir.Problem başarı ile çözümlenerek %87,12 olan zamanında üretim oranı %94,8 seviyesine çıkarılmıştır [29].

Uçan ve Savaş işletmelerde iş sağlığı ve güvenliği amacıyla altı sigma kalite yönetim sistemi ile model oluşturulması amaçlanmış çalışmada bir işin yürütölmesi esnasında ortaya çıkabilecek risk ve tehlikeleri en aza indirerek çalışan ve toplum sağlığı korunması

amaçlanmıştır.İyileştirmeler ile yıl içindeki toplam kaza sayısı %20 civarında azalmış, çalışan başına kaybedilen gün %26,6'lık bir iyileşme sağlanmıştır [30].

Ünal A.S. termoform makinaları üreten bir firmada yalın altı sigma uygulaması yapmış iyileştirmeler sonucunda üretim hızını %20 arttırmış, sigma seviyesini 3,4 sigmadan 4 sigma değerine çıkarmış, servis süresi 239 adam.saat değerinden 178 adam.saat değerine düşürülmüştür [31].

Gutierrez-Gutierrez ve diğerleri, bir şirketin lojistik hizmetlerinde sürekli iyileşmeyi (CI) desteklemek amacıyla Six Sigma çerçevesinin uygulanmasını inceledi. Çalışmanın sonuçları, bu yaklaşımın şirketin yıllık gelirine olumlu bir etkisi olduğunu ve ilgili lojistik hizmetlerde önemli iyileştirmeler yapıldığını göstermiştir [32].

Bayhan, Demirel ve Yacan hizmet kalitesinin iyileştirilmesinde Altı Sigma yaklaşımını bir eğitim kurumunda uygulamış meslek yüksek okulunda SERVQUAL modeline dayanan anket verileri kullanılmıştır.İş süreçleri ve kalite seviyelerinde iyileştirmeler yapılmış hatalar ise önemli ölçüde azaltılmıştır [33].

Karaca E. Lojistik sektöründe altı sigma bir araç yükleme işletmesinde uygulama yapmış değer katmayan adımların ve israf türlerinin ortadan kaldırılması, hataların önlenmesi, boştaki bekleme sürelerinin değerlendirilmesi ile araç yükleme süresi 300 dakikadan 255 dakikaya düşürmüş, 142 dakika olan işlem süresi 36 dakikaya düşürmüş, bekleme süresi 267 dakikadan 149 dakikaya düşürmüştür [34].

Swarnakar ve diğerleri, bir üretim organizasyonunda Sürdürülebilir Lean Six Sigma (SLSS) çerçevesinin uygulanmasını etkileyen kritik hata faktörlerinin (CFF'ler) birbirleriyle olan ilişkisini değerlendirebilmek amacıyla yapılandırılmış bir model geliştirmiştir (Swarnakar, Tiwari ve Singh, 2020). Çalışmalarında, Mueller ve Cross, kurumsal çalışanların bireysel Six Sigma kabulünü iyileştirmeyi amaçlayan bilgiler sunmuşlardır. Bulguları, belirlenen tüm girdi faktörlerinin bireysel Six Sigma kabulü ile olumlu bir ilişkiye sahip olduğunu ve birbirleriyle olumlu korelasyonlar gösterdiğini ortaya koymuştur [35].

Hassan Araman ve Yahya Saleh yaptıkları çalışmada Ulusal Alüminyum ve Profiller Şirketinde süreç kapasitesinin iyileştirilmesi amacı ile DMAIC(Tanımla-Ölç-Analiz Et-İyileştir ve Kontrol Et),Yalın Altı Sigma yaklaşımı benimsenmiş. Alüminyum profil kanat ölçüsü seçilmiş ve yapılan proje sonucunda DPMO da 89,649 dan 15,659 a düşüş göstermiş

sigma 2,84 ten 3,65 e, proses verimi %91,04 ten %98,43 iyileştirilmiş 62.721 ABD doları tasarruf edilmiştir [36].

Noor Muhammad, Arvind Upadyay, Anil Kumar, Hasan Gilani yaptıkları çalışmada sürdürülebilirlik, yalın yönetim ve altı sigma yöntemleri kullanılarak büyüme, verimlilik ve kar parametreleri firma performansı olarak ele alınmıştır. Yalın ve Altı Sigma'nın bir verimlilik, kâr ve büyüme ile ölçülen firmaların performansı üzerindeki olumlu etki ve ölçütlere göre, sürdürülebilirlik ile firma arasında pozitif bir ilişki yoktur [37].

Qian Wang yaptığı çalışmada ekonomi dalında eğitim gören öğrencilerin ders içeriklerinde yapılacak değişiklikler için six sigma yaklaşımını kullanmış ve gelişen ekonomik şartlarda web veri madenciliği kullanılarak farklı öğrencilere farklı içerikler önermektedir. Önerilen yeni öğretim yöntemi öğrenme verimliliğini artırır ve problem çözme yeteneklerini geliştirmektedir. Bu çalışma diğer öğrencilere de çevrim içi ve çevrim dışı tartışmaya dayalı yöntemi öğretir [38].

Mariam Ali Ramadan and Maha Khalifa Al Dhaheeri, Maher Maalouf, Jiju Antony, Shreeranga Bhat, E. V. Gijo Birleşik Arap Emirliklerinde yaptıkları mini bar çevrim süresi proje çıktısı olarak kabul edilmiştir. Mini bar güncelleme sürecinin performansını iyileştirmek için DMAIC (ölç-analiz-geliştir-kontrol), FMEA, sağlam çıkarımlar yapmak için akış eşleme (VSM) ve GEMBA kullanılmıştır. Çalışma sonucunda süreç performansında iyileşme görülmüş yılda 50.000 dolar karla sonuçlanmıştır [39].

Anna Trubetskaya, Olivia Mcdermot, Seamus McGovern bu çalışmasında İrlanda'daki bir süt fabrikasında enerji verimliliğini artırmak için Lean Six Sigma (LSS) metodolojisini ISO 50001 enerji yönetim sistemi standardı ile birleştiren yenilikçi bir yaklaşım sunuyor. Önerilen model, süt endüstrisinde LSS ve ISO 50001 sistem yaklaşımlarını ilk kez birleştiren ve termal enerji kullanımını %36 ve CO2 ayak izini %46 azaltarak faydalı sonuçlar elde eden bir modeldir. Uygulama ayrıca, enerji maliyetlerinde yıllık %35'lik bir azalma sağlayarak finansal açıdan da etkili olmuştur [40].

Özkök, bir lojistik şirketinde altı sigma yöntemini uygulamış. Çalışmada altı sigma metodolojisi uygulanarak süreç optimizasyonu yapılmış. Ortalam 10 gün süren malzeme çıkış ve faturalama işlemi 2 güne indirgenmiş. Rezarvasyon girişlerinin sigma düzeyi 0,09 iken çalışma sonunda 3 olmuştur. Onay süresinin sigma düzeyi 0,16 ve SAP mal çıkışının sigma düzeyi 0,52 iken çalışma sonunda sigma düzeyi 3 olarak hesaplanmıştır [41].

Ankesh Mittal, Pardeep Gupta, Vimal Kumar, Ali Al Owad, Seema Mahlawat, Sumanjeet Singh bu çalışmalarında Altı sigma metodolojisini kullanmış otomotiv sektörü için kauçuk şeritlerin operasyonel yetenekleri geliştirmiş ve herhangi bir süreçteki kusurları azaltmıştır. Ortalama reddedilme oranı günlük kauçuk hava şeritleri %5,5'ten %3,08'e düşürülmüştür. Altı Sigma'yı uyguladıktan sonra proje bulguları ret sayısının 153 parçadan 68 parçaya düşürülmesiyle firmaya yardımcı olmuştur. Ayda 15.249 rupi değer katmıştır [42].



4. UYGULAMA

Bu tez çalışmamızın uygulama bölümünde altı sigma çalışması, imalat sanayinde bağlantı elemanları sektöründe somun fiber çakma prosesinde yapılmıştır. Bağlantı elemanları fiber çakma prosesindeki olası hatalar ürünlerin hurdaya ayrılmasına neden olmaktadır. Bu durum işletmeye zaman kaybı ve maliyet oluşturmaktadır. Firma Altı sigma uygulaması ile zaman kaybı, müşteri kaybı, hemde parasal kaybını azaltmayı amaçlamaktadır.

4.1 İşletme Tanıtımı

Sigma uygulaması yapılan şirket, Malatya/Yeşilyurt 2.Organize Sanayi Bölgesinde Tecde Group bünyesinde bulunan Tekno Bağlantı Elemanları Pazarlama ve Ticaret Anonim Şirkettir.

Tekno Bağlantı Elemanları Pazarlama ve Ticaret Anonim şirketi 1998 yılında, Tecdelioğlu ailesinin bağlantı elemanları sektöründe üretime yönelik yatırımlardan ikincisidir. İstanbul’da faaliyetine başlayan şirket, 2010 yılında Malatya’da başlamış olduğu fabrika yatırımının birinci etabını 2012 yılında tamamlamış ve üretimini Malatya’ya taşımıştır. Fabrika 300 ü aşkın personeli, entegre makine parkuru ile 2.000 ton vida, cıvata, somun üretimi yapmaktadır.

Bağlantı elemanları sektöründe Türkiye’de lider olan firma altı sigma çalışmalarına yeni başlamıştır.

4.2 Fabrika Üretim Aşamaları

Fabrika da 3 temel bağlantı elemanı imalatı yapılmaktadır. İmalatlar vida, cıvata ve somun imalatıdır. Bu imalatları aşağıda verilen bölümler aracılığı ile sağlamaktadır;

- Tel Çekme Bölümü
- Vida Üretim Bölümü
- Cıvata Bölümü
- Somun Bölümü
- Isıl İşlem Bölümü
- Kaplama Bölümü

-Paketleme Bölümü

-Sevkiyat Bölümü

-Yönetim Bölümlerinden oluşmaktadır.

Üretim aşamalarından kısaca bahsederek.

4.2.1 Tel çekme bölümü

Tel çekme departmanı demir çelik işletmelerinden alınan filmaşınlar ile işlem yapar. Filmaşın demir çelik şirketlerinde kullanılan yuvarlak kesitli kangal şeklinde olan tel veya çubukları ifade eder. Filmaşın ürünler soğuk şekillendirmeye verilmeden önce fosfat tesisinde işleme alınır.

Fosfat tesisinde curuf, yağ ve pası almak için filmaşın hidroklorik asit(HCl) ile işlem görür. HCl asit banyosuna daldırılan malzeme daha sonrasında sırası ile durulama, pasivasyon, fosfat kaplama ve kurutma yapılarak ters kafa çekim makineleri veya altı kafa makinelerinde çekilmeye hazır hale getirilir. Filmaşın gideceği prosese uygun olarak eğer cıvata veya somun bölümüne gidecekse ters kafa makinesinde çekim yapılır, vida bölümüne gidecekse altı kafa makinesinde çekim yapılır. Altı kafa makinesinde çekim yapıldığı takdirde tel sertleşeceği ve soğuk dövmeğe uygun olmayacağı için ara tav fırınına atılarak gerilim giderme tavına tabi tutulur. Ara tav fırınına atılan ürünler çıktıktan sonra tekrardan fosfat tesisine alınır ve işlemler tekrar edilir sonrasında son çekim makinelerinde çekim yapılarak vida, cıvata bölümüne verilir.



Şekil 4.1 Fosfat Tesisi



Şekil 4.2 Ters Kafa Çekim Makinesi-Ara Tav Fırını

4.2.2 Vida üretim bölümü

Son çekim makinelerinde üretilecek ürün çapına göre çekilen tel vida bölümünde vida pres makinelerine takılır. Pres makinelerinde ürünün kafa şekli ve boyu taslak olarak oluşturulur.



Şekil 4.3 Vida Pres Bölümü

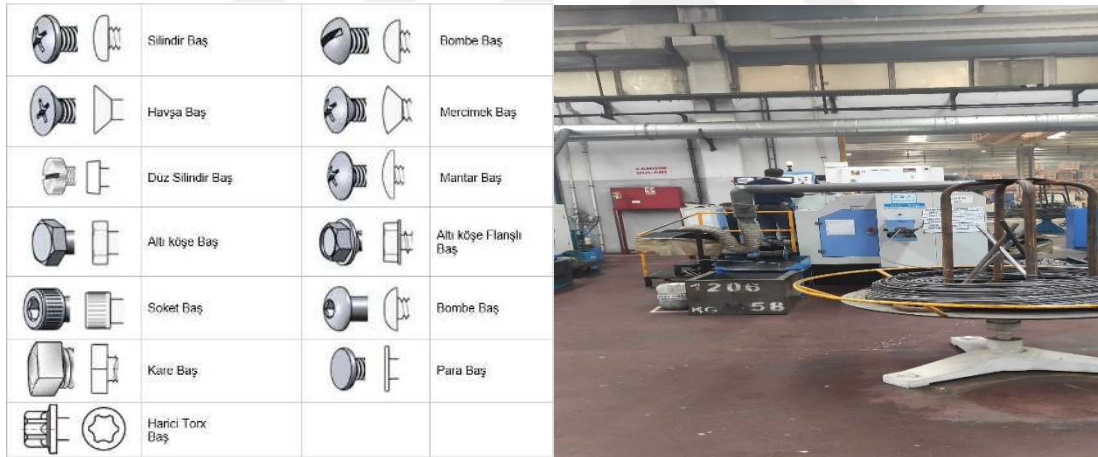
Daha sonrasında eğer matkap uçlu ürün yapılacaksa üretilen taslaklar uç yapma bölümüne, eğer sivri uçlu ürünler yapılacaksa ovalama bölümüne alınır. Uç yapma bölümünde preste çıkan taslaklar iki kalıp arasında sıkıştırılarak matkap ucu formu verilir. Ovalama bölümünde preste çıkan taslaklar iki kalıp arasında bükülerek yiv ve hatveler oluşturulur.



Şekil 4.4 Ovalama Makinesi-Dişi Açılmamış ve Dişi Açılmış Ürün

4.2.3 Cıvata bölümü

Cıvata bölümü pres makinelerinden oluşmakta olup, ürün çapı olarak metrik 4 cıvatadan metrik 16 cıvataya kadar ürün üretilir. Cıvata pres makineleri, üründe kafa şeklini ve boyunu ayarlayan makinelerdir. Bu bölümde altıköşe baş, soket baş, inbus, sac cıvatası ve metrik cıvata üretimi yapılmaktadır.



Şekil 4.5 Cıvata, Vida Kafa Şekilleri ve Cıvata Makinesi

4.2.4 Somun bölümü

Somun bölümü, somun pres, klavuz ve fiber çakma proseslerinden oluşmaktadır. Ters kafa makinelerinde çekilen teller somun pres bölümüne alınır. Somun pres makinelerinde soğuk dövme işlemi yapılarak içi dolu filmaşın teller, altıköşe ve içi boşluklu hale dönüştürülür. Somun bölümünde ağır yük somunu, flanşlı somun, altıköşe somun, unc ve unf somun, fiberli somun üretimi yapılmaktadır.



Şekil 4.6 Somun Pres, Klavuz Bölümü ve Somun Görselleri

Fiberli somun standardına uygun ürünler ise klavuz bölümünden sonra fiber çakma bölümüne gönderilir. Fiber çakma bölümünde ise fiber yüzük takılarak fiberli somun oluşturulur. Fiberli somunlar tez konumuz olduğu için ayrıca detaylı olarak anlatılacaktır.

4.2.5 Isıl işlem bölümü

Ovalama ve klavuz bölümlerinde üretilen ürünler ısıtım bölümüne gönderilir. Isıtım bölümünde belli süre, sıcaklık ve atmosfer oluşturulan kontinü tip fırın ile ürünlere yüzey sertliği veya normalizasyon işlemi uygulanır.



Şekil 4.7 Isıl İşlem Fırını

4.2.6 Kaplama bölümü

Bu bölümde ürünlere yüzey kaplaması yapılarak korozyon dayanımı yüksek ürünler üretilir. Üç adet kaplama ünitesi ile el değmeden elektro çinko kaplamalı ürünler yapılır.



Şekil 4.8 Kaplama Makinesi

4.2.7 Paketleme ve Sevkiyat Bölümü

Üretilen ürünlerin uygun kutu, koli ve paletlemesinin yapıldığı sevkiyat için hazır hale getirildiği bölümdür.



Şekil 4.9 Paketleme Makinesi

Ürünlerin siparişler doğrultusunda uygun miktarda ve şekilde sevkinin gerçekleştiği bölümdür. Müşteri ihtiyaçları, siparişler, stoktan veya paketleme bölümünden temin edilen ürünler ile sağlanır.



Şekil 4.10 Sevkiyat Bölümü

4.3 Uygulamanın Amacı, Hedefi

Altı sigma uygulamasındaki amacımız;

- Müşterinin memnun olmasını sağlamak
- Çalışan motivasyonunu arttırmak
- Hatalı ürün miktarını azaltmak
- Karlılığı arttırmak
- Problem çözümüne katkıda bulunmak, çözmek
- Üretim kalitesini arttırmak

Çalışmadaki Hedefimiz;

- Mükemmellik seviyesi olan altı sigma seviyesini yükseltmek
- Hataları azaltmak
- Verimliliği arttırmak
- Müşteri memnuniyetinde sürekliliği sağlamak

Amaç ve hedeflerimize bakıldığında teorik olarak anlattığımız altı sigma teknikleri Malatya fabrikamızda uygulanması amaçlanmıştır.

4.4 Uygulamanın Önemi

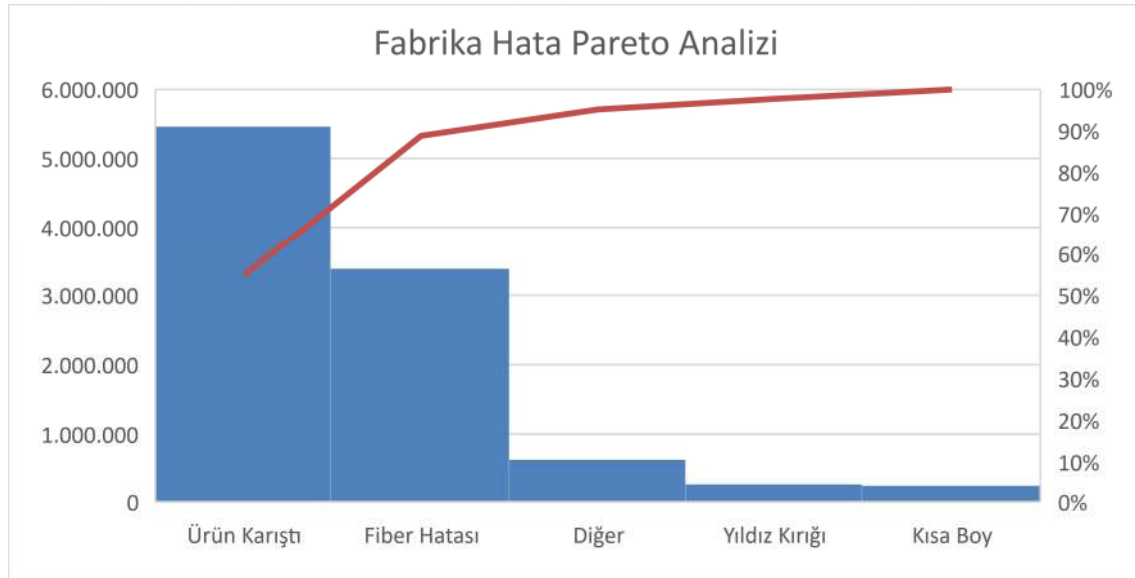
Bu çalışma fabrikada daha önce Altı Sigma çalışması yapılmamasına rağmen yapılabilirliği kanıtlanması açısından son derece önemlidir. Altı sigma metodolojisi özünde bütün firma ve sektörlerde uygulanabilirliği olan bir tekniktir, daha önce diğer firmalar

tarafından yapılmış uygulamalar ve faydaları bunu açıkça göstermektedir.

4.5 Tanımlama

Tezimizin bu bölümünden sonra İngilizce olan DMAIC(define, measure, analyse,improve, control) döngüsü Türkçe olarak TÖAİK(Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir, Kontrol et) olarak kullanılacaktır.

2023 yılı fabrika uygunsuzluk verileri kalite biriminden alınarak irdelenmiş ve Pareto analizi yapılmıştır. Ürün karışıklığı ve fiber hatası hataların yaklaşık %90'nını oluşturmaktadır. Pareto analizi problemin ve hata oranı yüksek olan bölümlerin açıkça görülmesi için yapılmıştır.(Şekil 4.11)



Şekil 4.11 Fabrika Hata Pareto Analizi

Hata oranı birinci yüksek olan ürün karışıklığı problemidir. Ürün karışıklığı problemi bir uygunsuzluk olmasına rağmen genelde personel dikkatsizliğinden kaynaklı olmaktadır ve karışık olan ürünler firma bünyesinde bulunan seçme makineleri vasıtası ile birbirinden ayrılmaktadır. Karışık ürünler birbirinden ayrılarak kullanılabilir hale gelmektedir. Bu uygunsuzluk herhangi bir hurda yaratmamakta ve sadece işgücü kaybına sebebiyet vermektedir.

Hata oranı ikinci yüksek olan somun fiber hatası, fiberli somunlarda(DIN985) meydana gelmektedir. Fiberli somunlar genelde rot ve rotıl gibi otomotiv sektöründe, makine parçaları birleşiminde gevşemeyi önlemek için kullanılır, kullanılan yerler makine ve insan hayatı açısından hassas olan yerlerdir. Ayrıca firma açısından da katma değerli bir

üründür. Bu bölümde yapılan hatanın geri dönüşü olmamakta uygunsuz olan ürün doğrudan hurdaya atılmaktadır. Bu da fabrikaya ciddi şekilde maliyet ve işgücü kaybı getirmektedir. Uygunsuzluğun firmaya geri dönüşü olmayan şekilde zararı olduğu ve ürün tek seferde doğru üretilmesi gerektiği için fiber hatası çözümü ile ilgili Altı Sigma çalışması yapılmasına karar verilmiştir.

Proje adı olarak “Fiberli Somunlarda Uygunsuzlukların Giderilmesi” belirlenmiştir. Yapılacak çalışma için proje tanımlama bildirgesi oluşturulmuştur.

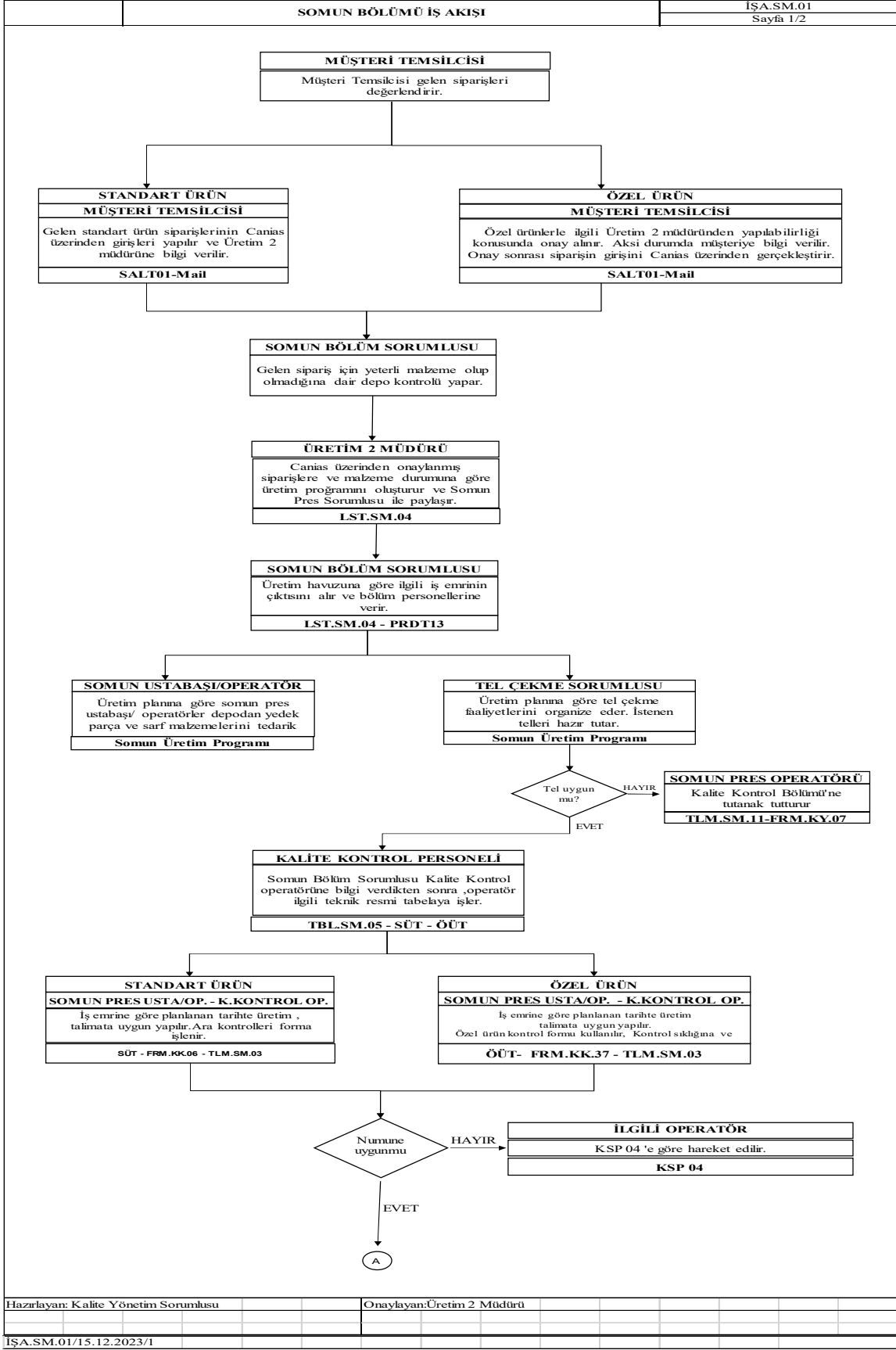
PROJE TANIMLAMA BİLDİRGESİ	
İyileştirme Çalışmasının Adı	Fiberli Somunlarda Uygunsuzlukların Giderilmesi
İyileştirme başlama tarihi	01.01.2023
İyileştirme bitiş tarihi	01.01.2024
Proje lideri	Ahmet KARABEY
Ekip üyeleri	Somun ve Fiber Çakma Bölümü Çalışanları
Kusur	Hatalı Fiberli Somun,Somunun Kullanılamaması
Problemin tanımı	Fiberden ve Somundan Kaynaklı Kusurların Oluşması
Hatalar	Merkez Kaçıklığı, Kısa Kovan, Kısa Boğaz, Ezik Ürün,Uygunsuz Fiber
Hedeflenen iyileştirme oranı	50%
Mevcut Sigma düzeyi	3,49
Hedeflenen Sigma düzeyi	4,49
İyileştirme alanları	Pres bölümü üretim aşaması, fiber çakma prosesi

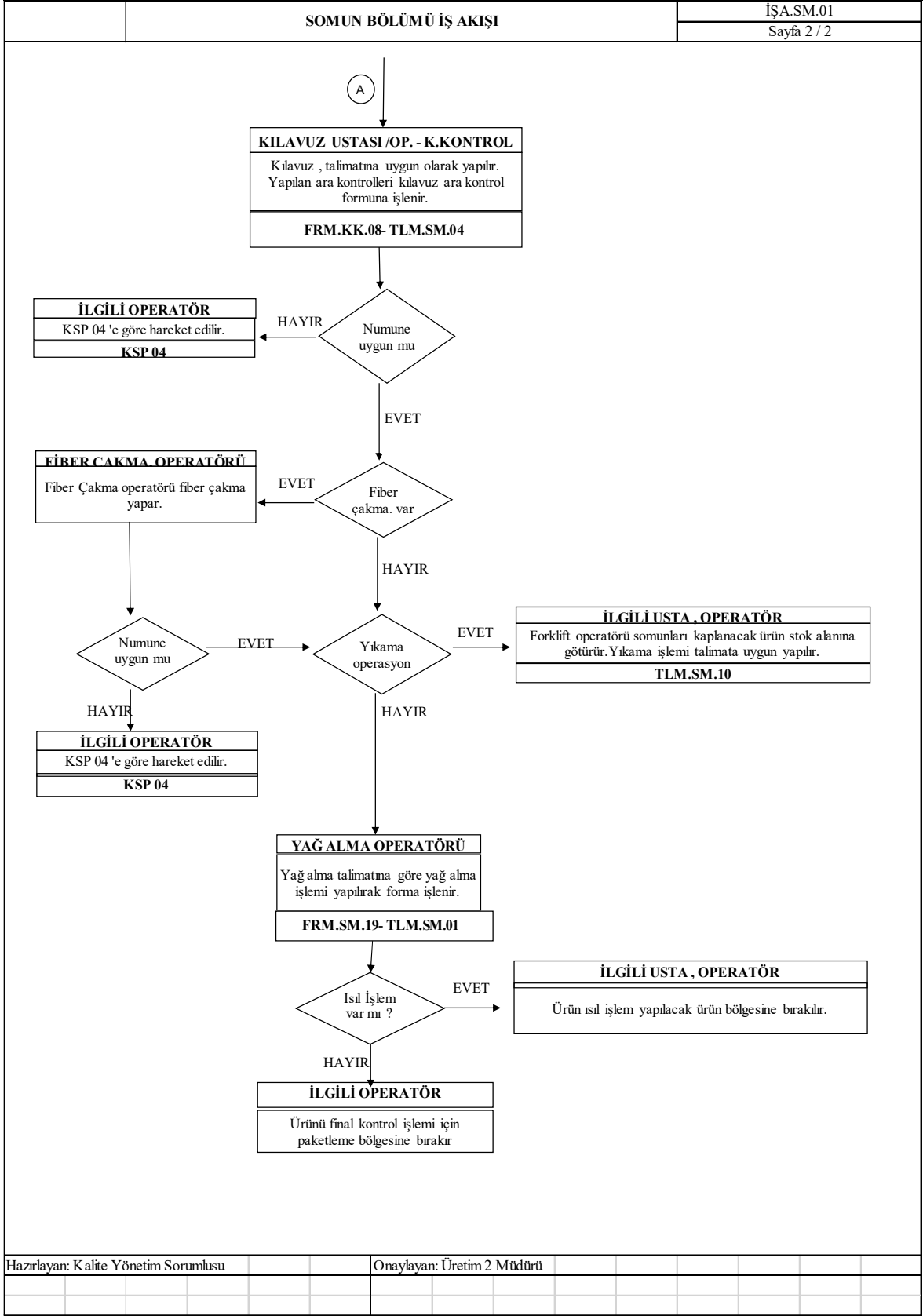
Tablo 4.1 Proje Tanımlama Bildirgesi

Fiberli somunların presleme ve diş açma aşamaları somun bölümünde yapıldığı için fiberli somun iş akış şeması oluşturulmuştur. İş akış şeması oluşturma amacı sürecin anlaşılması, analizi, hata ve iyileştirme noktalarının belirlenmesidir. İş akış şeması sürecin

görsel hale dönüştüğü aşamadır. Sipariş girişinden başlayarak bütün süreçlerin izlendiği ardından nihai ürüne dönüştüğü yolu göstermektedir.







Şekil 4.12 Somun Üretim İş Akışı

İş akış şemasına bakıldığında fiberli somunların üretimi öncelikle müşteri siparişi ile başlıyor. Müşteri isteğine uygun olan fiberli somun için tel çekme bölümünde müşterinin isteğine ve teknik resme uygun çapta ve kalitede tel çekiliyor ve somun pres bölümüne gönderiliyor. Somun pres bölümünde teknik resme ve talimatlara uygun şekilde somun altıköşesi ve delikli olarak boyu ayarlanmış şekilde ürün çıkıyor. Bu taslak ürün içine diş açılması için klavuz bölümüne gönderiliyor. Klavuz bölümünde diş formatına uygun olan klavuz ile dişi çekiliyor ve fiber çakma bölümüne gönderiliyor. Fiber çakma bölümünde uygun olan somun kovani ile fiber pulu fiber çakma makinesi ile somuna monte ediliyor ve açık ağızlar fiber pulun üstüne kapatılarak süreç sonlanıyor.



Şekil 4.13 Fiber Pul-Fiberli Somun Kovan



Şekil 4.14 Fiber Çakma Makinesi



Şekil 4.15 Fiberli Somun

4.6 Ölçme

Fabrikaya ait veriler bu bölümde derlenip toparlanmış ve program yapılmıştır. İşletmeye ait mevcut durum tespiti için 2023 yılı bütün uygunsuzluk tutanakları taranmış 2343 tutanak içinde 94 hata türü tespit edilmiştir.

Hatanın kolay görülebilmesi için grafiksel analiz(Şekil 4.11) ve tablolardan faydalanılmıştır.

Tablo 4.2 Hata Türü ve Sayısı

VİDA			SOMUN					CİVATA							
Sunta		Matkap Uçlu		6923		934		985		933			DİĞER		
Ürün Karşıtı	1.586.723	Ürün Karşıtı	2.808.743	Rondela	37	Ürün Karşıtı	59.965	Fiber Hatası	3.273.096	Ürün Karşıtı		134.564	Ürün Karşıtı		773.062
Kırık Uç	48.513	Kaçak	2.962	Çapak	6.911	Çatlak Ürün	868	Kısa Kovan	918	Syrılma		4.400	Çap Geniş		9.218
Yanık	13.468	Çap Geniş	35.411	Ürün Karşıtı	22.681	Çapak	1.506	Ürün Karşıtı	75.737	Bozuk Şekil		3.309	Kafası Patlak		2.982
Yıldız Kırığı	8.132	Yıldız Kırığı	188.855	Çatlak Ürün	375	Syrılma	75	Kısa Boğaz	20.876	Aşınma		43	Dişleri Bozuk		195
Kafaçağı Küçük Çapak	1.481	Yanık	12.681	Ezik Ürün	59.716			Patlak Ürün	728	Çapak		1.002	Yanık		1.435
Çapak	3.878	Kafaçağı Küçük Çapak	94	Kalın-Ince Ürün	25.408			Kalıf Patlak	1.194	Yanış Mekanik Parça Kullanımı		1.803	Yıldız Kırığı		50.949
Bozuk Şekil	954	Bozuk Şekil	4.885	Kırık	325			Syrılma	136	Ezik Ürün		17.266	Fiber Hatası		110.756
Uç Hatası	4.165	Çap Küçük	13.472	Kırık Flaş	153			Ezik Ürün	68	Köşegen Oluşmadı		755	Kaçık		17
Eğri Ürün	4.771	Patlak Ürün	507	Kırık Kalıp	5.607			Mastardan Kaldı	114	Logo Hatası		34.935	Kırık Kalıp		15
Kısa Boy	33.007	Eğri Ürün	674	Kırık Panç	0			Yıldız Kırığı	5.167	Çatlak Ürün		64	Bozuk Şekil		5
Çap Geniş	4.123	Kısa Çap	47.000					Kısa Çap	20				Kırık Uç		6.134
Kısa Çap	2.402	Kısa Boy	197.527					Çapak	11.000				Kısa Çap		14.288
Patlak Ürün	9.025	Uç Hatası	14.960					Uzun Boy	71.717				Küt Uç		1.144
Yamuk Ürün	551	Çapak	62.844					Paslı Diş	4.854				Çapak		3.590
Yetersiz Kaplama	9.714	Dişleri Bozuk	684					Bozuk Şekil	629				Patlak Ürün		1.005
		Kırık Uç	321					Dişleri Bozuk	2.619				Yanış Mekanik Parça Kullanımı		8.026
		Kırık Kalıp	1.563										Kısa Boy		595
		Kafaaltında Boşluk	1.333										Uç Hatası		493
		Kafa Şekli Bozuk	2.727										Yamuk Ürün		114
													Eğri Ürün		50
15		19		10		4		16		10			20		

Tablo incelendiğinde 2023 yılında toplam 9.962.865 hatalı ürün meydana gelmiştir. Bu hatalı ürünlerden 3.468.873 adedi somun bölümü fiberli somun(Dın985) üretilen hataya aittir. Bu da hatalı ürünlerin yaklaşık %35 inin bu üretim hattında ortaya çıktığını göstermektedir. Tablodaki veriler ışığında fiberli somunlar için örnek sigma seviyesi hesabı yapılmıştır. Diğer bölüm hesapları tabloda gösterilecektir.

Ürün Miktarı: Dönem içinde üretilen mal ve hizmetler toplamı

Ürün Miktarı:49.118.741 adet

Hatalı Ürün Miktarı: Dönemde üretilen mal veya hizmetten reddedilen veya ihtiyacı karşılamayan

Hatalı Ürün Miktarı:3.468.873 adet

$$\text{Ürün Başına Düşen Hata Miktarı} = \frac{\text{Belirlenen Sürede Hatalı Ürün Miktarı}}{\text{Belirlenen Sürede Üretilen Ürün Miktarı}}$$

Ürün Başına Düşen Hata Miktarı= 3.468.873 / 49.118.741

Ürün Başına düşen Hata Miktarı= 0,0706

Birimdeki Hata Fırsatları:Müşteri tarafından bir birim mal veya hizmetin hatalı olduğu sonucuna varmasına neden olacak özellikler toplamı.

Birimdeki Hata Fırsatları: 3 adet

Fırsat Başına Düşen Hata Miktarı(Defects per Oppurtunities(DPO));

$DPO = (\text{Hatalı Ürün Miktarı}) / (\text{Toplam Ürün Miktarı} \times \text{Fırsat Sayısı})$

$DPO = (3.468.873) / (49.118.741 \times 3)$

DPO= 0,02354

$DPMO = DPO \times 1.000.000$

$DPMO = 0,02354 \times 1.000.000$

DPMO= 23.540

Başarı yüzdesi:Müşterinin ihtiyaçlarını karşılayan başarılı üretim yüzdesidir;

Başarı Yüzdesi=1-DPO

Başarı Yüzdesi=1-0,02354

Başarı Yüzdesi=0,97646

Sigma Seviyesi: Başarı Yüzdesi değerinin birikimli standart normal dağılımındaki alanına karşılık gelen “Z” değeridir;

Başarı yüzdesine denk gelen norm S invers değeri =1,985 dir

$\text{Sigma Seviyesi} = \text{Norm.S.Inverse} \times (\text{Başarı Yüzdesi}) + 1,5$

$\text{Sigma Seviyesi} = 1,985 + 1,5$

Fiberli somun sigma seviyesi 3,485 olarak hesaplanmıştır.

Mevcut durumda üretim hattı ürünlere göre sigma seviyeleri hesaplanmıştır. Burada tüm ürünlerin sigma seviyelerinin verilmesindeki amaç pareto analizine destek olmasıdır. DIN985(fiberli somun) ürününün sigma seviyesi olarak da düşük olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3 Bölüm Sigma Seviyeleri

	VİDA		SOMUN			CİVATA	
	Sunta	Matkap Uçlu	6923	934	985	933	DİĞER
Hatalı	1.730.908	3.397.243	121.213	62.414	3.468.873	198.141	984.073
Toplam	584.024.200	646.961.540	70.313.684	174.580.273	49.118.741	80.688.000	8.463.935
Hata Türü Sayısı	3	3	5	1	3	4	3
DPO	0,000988	0,001750	0,000345	0,000358	0,023541	0,000614	0,038756
Başarı Yüzdesi	0,999012	0,998250	0,999655	0,999642	0,976459	0,999386	0,961244
Sigma	4,59	4,42	4,89	4,88	3,49	4,73	3,27

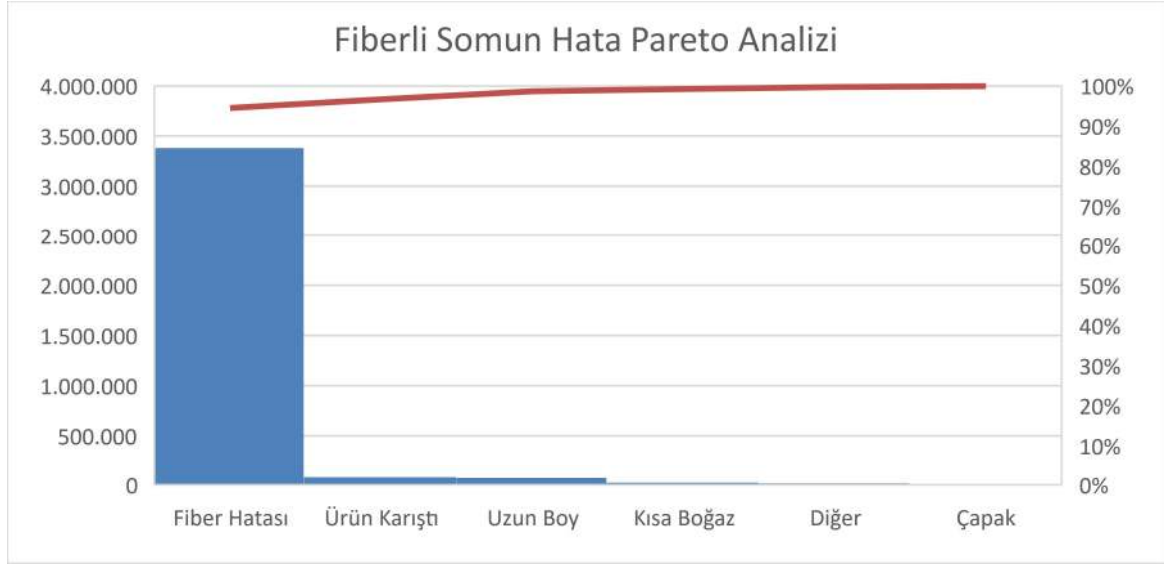
Tablo 4.4 Fiberli Somun Sigma Seviyesi

Hatalı Ürün Sayısı	3.468.873
Toplam Ürün Sayısı	49.118.741
Hata Türü Sayısı	3
DPO	0,023541
Başarı Yüzdesi	0,976459
Sigma	3,49

Fiberli somun için mevcut durumda sigma seviyesi 3,49 dur. Hedef en az 4,49 sigma seviyesini yakalamaktır. Bu da milyon işlemde hata sayısının 22.750 ve %97,7 verimden, hata sayısının 1.350'ye düşeceği verimin ise %99,87 olacağı anlamına gelmektedir.

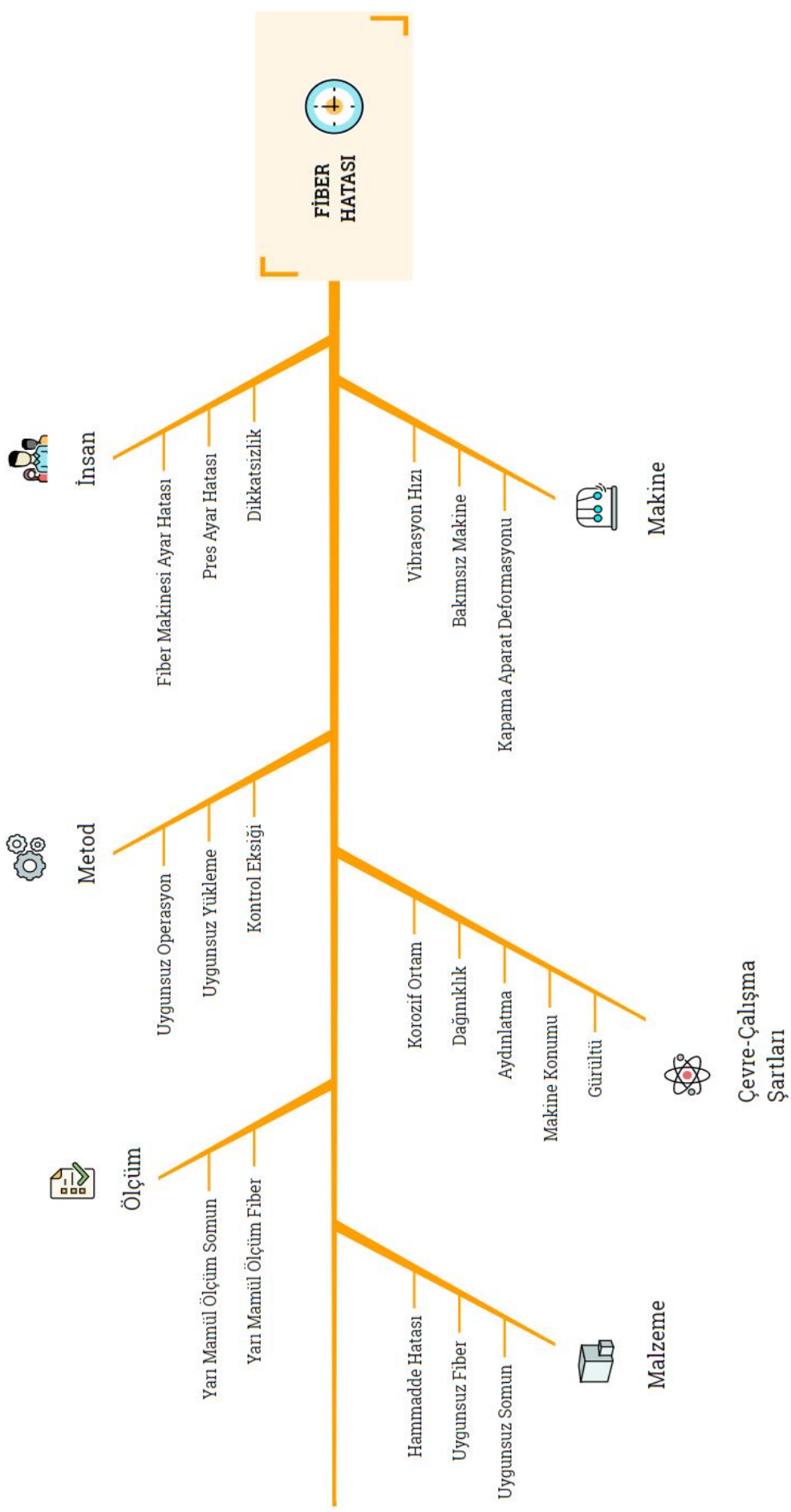
4.7 Analiz

Bu aşamada fiber çakma bölümü hataları için pareto analizi kullanıldı.



Şekil 4.16 Fiberli Somun için Pareto Analizi

En fazla ortaya çıkan hata pareto analizine göre fiber hatasıdır, bu hata toplam hatanın yaklaşık %94 üne tekabül etmektedir. Fiber hatası kök neden analizi için balık kılçığı diyagramı kullanıldı.



Şekil 4.17 Balık Kılçığı Analizi

Balık kılçığı diyagramına bakıldığında 6 ana etken ve bunların sebepleri gösterilmiştir. Bu hatalar ile ilgili olarak;

1-Makine hatasının alt kırılımlarında;

-Kapama aparatı deformasyonu: Somun içerisine fiber pulu takıldıktan sonra fiber çakma makinesi ileri ve geri hareketi yaparak ağız kısmındaki kapama işlemini yapar fakat kapama kalıbındaki radius veya kalıptaki herhangi bir deformasyon düzgün şekilde kapama yapmasının önüne geçer. Kalıbın bu tarz bir sorun yarattığında düzeltilmesi veya yenisinin takılması gerekir. Bu hata direk fiber makinesi başında ve fiber çakarken ortaya çıkar gözle görülebilir hızlı çözülebilecek bir hatadır.

-Bakımsız makine: Fiber çakma makinesinin zamanında tamir ve bakımı yapılmaz ise makine üzerinde yatakların aşınması ve bollaşma oluşur. Hareketli aksamalarda boşluk ve gevşeklik bulunmamalı, bulunması durumunda fiber çakar veya fiber boğazını üzerine katlarken uygun olan kuvveti uygun yönde sağlayamaz malzeme üzerinde uygunsuzluk dediğimiz düzensizlikler meydana gelir.

-Vibrasyon hızı: Fiberli somun ve fiber pulu vibrasyon vasıtası ile dizilmektedir. Vibrasyondaki bir hata da makine devam etmekte, fiber çakılmamış ürün veya üst üste çakılan iki fiberli ürün oluşmaktadır.

2-İnsan kaynaklı hataların alt kırılımlarına bakıldığında;

-Fiber makine ayar hatası: Fiber pulun merkeze denk gelmesi ve fiber kapamanın sıkılığının ayarlandığı bölümdür. Yapılan hatalar gözle görülebilir niteliktedir ve kolayca ayarlanabilir.

-Pres ayar hatası: Fiber çakma bölümüne gelmeden önceki proses olan pres bölümünde gerçekleşen ayar hatalarını kapsar bunun önüne geçmek için malafa yapılmıştır.

-Dikkatsizlik: Genel insan kaynaklı hataların birçoğu bundan dolayı meydana gelmektedir. Kalite kontrol prosesi bu kısımda yapılacak hatanın önüne geçmek için konulmuştur.

3-Metod hatalarının alt kırılımlarına baktığımızda;

-Uygunsuz operasyon, iş akış şeması oluşturulmuş ve hatalı operasyon önüne geçilmiştir.

-Uygunsuz yükleme, fiber pulunun veya fiberi çakılacak somunun gereğinden çok veya az vibratör çanağına döküldüğünde meydana gelecek hatalar kastedilmektedir.Bunkerlerin konulması vasıtası ile stabil yüklenme sağlanması amaçlanmıştır.

-Kontrol eksiği, kalite kontrol ve operasyonu gerçekleştiren personelin kontrol sıklığı tablolar vasıtası ile düzenlenmiştir.

4-Çevre çalışma şartları alt kırımlarına bakıldığında;

-Gürültü, işin gereği olarak çalışan aksamaların gürültüsü oluşmaktadır. Desibel ölçümlerinde işgüvenliği açısından sınır değerin altında çıkmaktadır.

-Makine konumu, çalışan ustalar tek makineye bakmamakta birden çok makineye bakmaktadırlar.Ergonomik açıdan makinenin konumu ve hızlı müdahale edilmesi dizilim oluşturulmuştur.

-Aydınlatma, makine üzerinde kendi aydınlatması yoktur, uygun olan ekipman ile harici aydınlatmalar oluşturulmuştur.

-Dağınıklık, burada yanlış pulun hazneye dökülmesi, yanlış sonumun uygun olmayan pul ile eşleştirmesi sorunu çıkabilir. 5S çalışmaları ile sürekli bulunan ortamın düzenli ve tertipli tutulması planlanmaktadır.

-Korozif ortam, fabrikada tel yüzey temizlikleri için seyreltilmiş hidroklorik asit kullanılmaktadır.Buharlaştırma yolu ile fabrika geneline yayılmakta ve malzeme ekipmanları üzerinde korozif etki göstermekte bununla beraber makinede takılmalar meydana gelmektedir.Bunun için asitte buharlaşmayı önleyici kimyasallar kullanılmakta ve makineler mümkün olduğu kadar uzak konuma yerleştirilmektedir.

5-Malzeme hatasının alt kırımlarına bakıldığında;

-Uygunsuz somun, fiber bölümüne gelen somunlarda teknik resme ve ölçülere uygunluk aranmaktadır.Fiber çakma için en önemli unsurlardan biri somun fiber boğazı yüksekliği, fiber boğaz çapı ve diğer somun dış deliği ile eşmerkezli olmasıdır bu problemin önüne geçmek için malafa yapılmış kullanıma alınmıştır.

-Uygunsuz fiber, burada kasıt fiber pul ölçülerinin uygun olmayan şekilde (somun fiber boğazına)gelmesi idi.Fiber pul teknik resmi çizilmiş ve giriş kontrolü yapılarak bu problemin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

-Hammadde hatası, somun pres(boğazın dalgalı olması, malzemenin kalıba uygun yayılmaması vb.) ve fiber pulunda(gevrek pul, uygunsuz hammadde ile yapılmış pul vb.) hammadde kaynaklı hataların oluşmaması için giriş kalite kontrol süreci başlatılmıştır.

6-Ölçüm hatasının alt kırılımlarına bakıldığında;

-Yarı mamül ölçüm somun, somun bölümünde ölçüm hatalarının önüne geçmek için malafa yapılarak hızlı ve etkili ölçüm yapılması sağlanmıştır.

-Yarı mamül ölçüm fiber, fiber pulları dışarıdan satınalma ile gerçekleştirildiği için ve uygun olan fiberin alınması için teknik resim ve ürün spektleri oluşturulmuştur.

Balık kılçığında çıkan hatalar tablo haline getirilmiştir. Tüm hataların nihai ürün üzerinde aynı uygunsuzluğun oluşması açısından aynı etkiye sahip olup olmadığı araştırılmış, Hata Türleri ve Etkileri Analizi'nin (HTEA) yapılması kararlaştırılmıştır.

Tablo 4.5 Fiberli Somun Hata Türleri Analizi

PARÇA NO/ADI: FİBERLİ SOMUN				PROSES SORUMLUSU			
HTEA EKİBİ				HAZIRLAYAN			
Proses/ Fonksiyon	Hata Türleri	Hatanın Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Durum			
				Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	RÖS
Fiberli Somun Prosesi	Uyumsuz Fiberli Somun	Müşteri Şikayeti, Ürünün Kullanılamaması, Hurda Ürün, Müşteri Kaybı, Ciro Kaybı	Somun Yarı Mamül İken Ölçüm Yapılmaması	9	8	6	432
			Fiberin Tedarikçiden Ölçü Dışı Gelmesi	9	8	5	360
			Fiberin Tedarikçiden Karışık Gelmesi	3	3	2	18
			Fiber Çakma Makinesi Ayar Hatası	6	4	2	48
			Somun Makinesi Ayar Hatası	8	4	3	96
			Fiber Somun Yapımında Kullanılan Yedek Parça	6	2	3	36
			Fiber Çakma Bölümü Gürültü	3	2	7	42
			Fiber Çakma Bölümü Işıklandırma Eksikliği	4	2	7	56
			Fiber Çakma Kapama Aparat Deformasyonu	8	8	5	320
			Fiber Makinesi Önleyici Bakım Eksikliği	6	5	4	120
			Somun Makinesi Önleyici Bakım Eksikliği	6	5	4	120
			Somun Tel Hammadde Hatası	4	2	5	40
			Fiber Hammadde Hatası	6	2	5	60

Tablodaki işlem, bir Hata Türleri ve Etkileri Analizi'nin (HTEA) parçasını oluşturuyor. Bu analiz, bir ürün veya süreçte meydana gelen potansiyel hataların tespit edilmesi, bunların olası etkilerinin değerlendirilmesi ve sonrasında alınacak önlemlerin belirlenmesi için yapılan sistemli yaklaşımdır. Öncelikle olası hata sebepleri alt alta yazılır

bu hatalar üç faktör açısından şiddet, olasılık ve saptanabilirlik olarak 1 den 10 a kadar puanlanır. Bu faktörlerin çarpılması ile risk öncelik puanı bulunur. Tablomuzda bütün riskler ve faktörler puanlanmış çarpımları ile oluşan risk öncelik planı çıkmıştır. En yüksek risk öncelik puanına sahip “Somun Yarı Mamül İken Ölçüm Yapılmaması”, “Fiberin Tedarikçiden Ölçü Dışı Gelmesi”, “Fiber Çakma Kapama Aparat Deformasyonu” hata sebepleri için iyileştirme planı yapılmış. İyileştirmeden sonraki aşamada tekrardan hata türleri ve etkileri analizi yapılacak ve sonuçlara bakılacaktır.

Tabloda, "Fiberli Somun" ürününün üretim sürecinde meydana gelebilecek çeşitli hata türleri incelenmiş. Her hata türü için olası etkileri ve nedenleri belirlenmiş, mevcut durum değerlendirilmiş ve tavsiye edilen önlemler sunulmuş. Ayrıca, tavsiye edilen önlemlerin alınıp alınmadığı ve alındıktan sonra hata durumunun nasıl değiştiği de takip edilmiştir.

Bu analiz, ürün kalitesini artırmak, maliyetleri azaltmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak için oldukça önemlidir. Bu süreç, sürekli iyileştirme ve kalite güvence çabalarının bir parçası olarak görülebilir. Önemli olan, belirlenen hataların tekrarlanmasını önlemek için tavsiye edilen önlemlerin sistematik bir şekilde uygulanması ve sürecin sürekli olarak gözden geçirilmesidir.

Tablodaki "Mastar Yapıldı" başlığı altındaki hata türü için önerilen önlem, mastar kullanımıydı. Önerilen önlem alındıktan sonra hata durumu şu şekilde özetlenebilir:

Hatanın şiddeti (RÖS): 9'dan 1'e düştü.

Hatanın olasılığı: 1'den 1'e aynı kaldı.

Hatanın saptanabilirliği: 3'ten 3'e aynı kaldı.

Önerilen önlemin alınmasının ardından, hata şiddetinde belirgin bir düşüş görülüyor. Ancak hata olasılığı ve saptanabilirliği değerlerinde herhangi bir değişiklik olmamış. Bu, önerilen önlemin hata durumunu azaltmada etkili olduğunu göstermektedir, ancak hata olasılığı ve saptanabilirliği değerlerinin sabit kalması, sürecin daha da iyileştirilmesi için ek adımların gerekli olabileceğini göstermektedir.

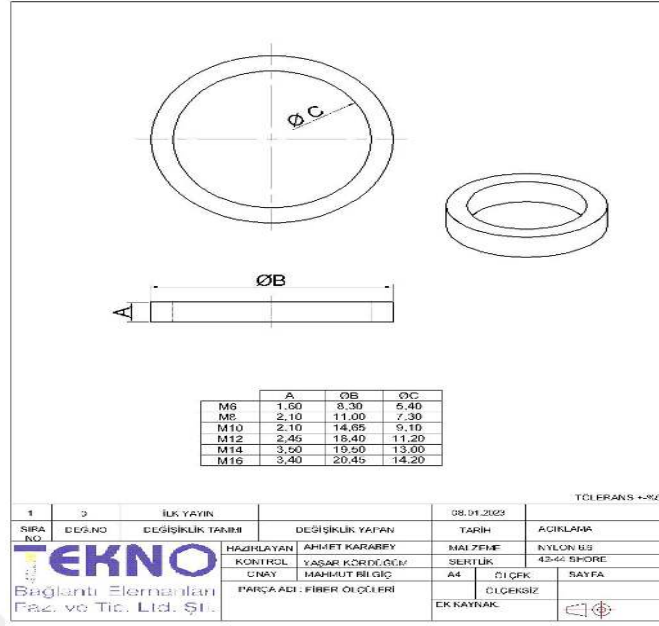
4.8 İyileştirme

Bu aşamada analiz bölümünde elde edilen verilerden çıkarılan iyileştirme adımları uygulandı. Üretim aşamasında ortaya çıkan hatalar ve israflar için kararlar alınmış ve planlamalar yapılmıştır.

İlk olarak uygunsuz hammadde fiber ölçüleri tedarikçi firmaya mail atılmış ve istenen ölçüler dışında ürün gelmesi durumunda ürünün iade edileceği belirtilmiştir. Tedarikçi firma aksiyon olarak kendi kalıplarında delik ölçüler ve kalınlık ile ilgili problem için revizyon yaptırmıştır. Hatalı fiberin imalata alınmaması için hammadde kontrol şablonu çıkarılmış ,fiber teknik resmi çizilmiş ve kalite yönetim birimine iletilmiştir. Gelen ürün hammadde girdi kontrolü ve teknik resim ile beraber kontrol edilecektir.

Tablo 4.6 Fiber Girdi Kontrol Formu

FİBER GİRDİ KONTROL FORMU			TARİH
İRSALİYE NUMARASI			
TEDARİKÇİ FİRMA			
ONAYLANAN ÜRÜN ADI		ONAYLANAN ÜRÜN ADEDİ	
Gelen Üründe Hata Olmasına Rağmen Teslim Almak Zorunda İseniz Nedeninin Aşağıdaki Alana Yazınız. Üründe Sıkıntı Yoksa Boş Bırakınız.			
AÇIKLAMA			
UYGUNSUZLUK NEDENİ			
Gelen ürünün sipariş talebinde talepte bulunduğum ürün ile birebir aynı özellikleri taşımakta olduğunu ve ürünü talep eden olarak tarafımda kontrol edilip onaylandığını beyan ederim.			
DEPO PERSONELİ	BÖLÜM SORUMLUSU	SATINALMA BÖLÜMÜ	
FRM.SA.10/04.01.2023/2			

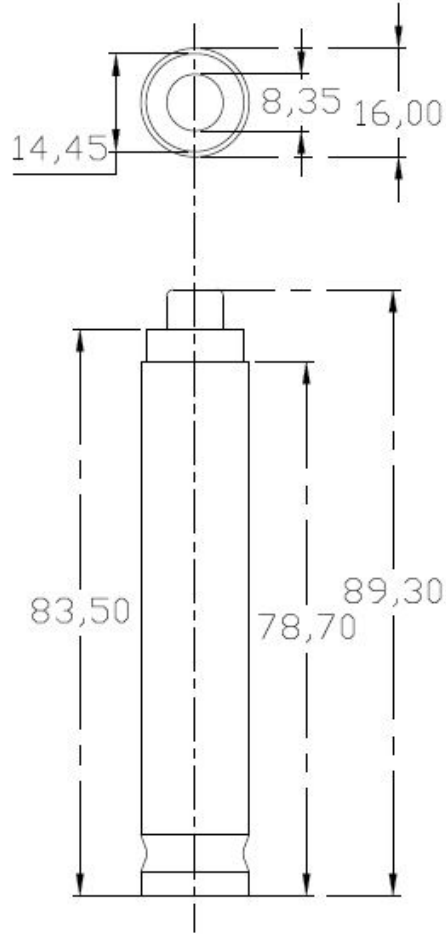


Şekil 4.18 Fiber Pulu Teknik Resim

İkinci olarak somun pres bölümünde çıkan hatalardan dolayı fiber çakma problem yaşadığı için somun pres bölümü teknik resim ve standartlar incelenmiş imalatla kullanılmak üzere master yapılmasına karar verilmiştir. Aşağıda görseli ve teknik resmi paylaşılan master yapılmış ve ürün pres bölümünden çıkarken aşama aşama master ile kontroller yapılmış ve pres önüne konulan tavalar kontrol neticesi olumlu ise kazana dökülmüş, olumsuz ise makine kapatılarak tekrardan ayar yaptırılmıştır.



Şekil 4.19 Kontrol Mastarı Görseli



PROJE ADI		PROJE KODU		ÖLÇEK	SAYFA NO
M10 DIN985 Fiber Kontrol Mastarı				ÖLÇEKSİZ	1/1
PARÇA ADI		PARÇA KODU		KAĞIT ÖLÇÜSÜ	PROJE REV. NO.
N/A		N/A		A4	00
YAPILACAK TESTLER	SERTLİK TESTİ ✓	DELME TESTİ ✓	TORK TESTİ ✓	İZDÜŞÜM	PROJE REV. TARİHİ
ÇİZEN		KONTROL		SON KONTROL	ONAY
AHMET KARABEY		ENGİN ŞAHİN		AHMET KARABEY	MAHMUT BİLGİÇ
				TEL: +90 422 244 00 55	
				FAX: +90 422 244 01 92	
				E-MAIL: tekno@cetin.com.tr	
Doküman No:		Doküman Yayın Tarihi:		Doküman Revizyon No:	
				Doküman Revizyon Tarihi:	

TEKNO
Bağlantı Elemanları
Paz. ve Tic. Ltd. Şti.

Şekil 4.20 Kontrol Mastarı Teknik Resmi

4.9 Kontrol Aşaması

Tablo 4.7 Fiberli Somun Hata Türleri ve Etkileri Analizi

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ													
PARÇA NO/ADI: FİBERLİ SOMUN				PROSES SORUMLUSU				BAŞLANGIÇ TARİHİ		ÖNGÖRÜLE N BİTİŞ TARİHİ			
HTEA EKİBİ				HAZIRLAYAN				REVİZYON TARİHİ					
Proses/Fonksiyon	Hata Türleri	Hatanın Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Durum				Tavsiye Edilen Önlem	Alınan Önlem	Faaliyetler Sonrası Durum			
				Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	RÖS			Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	RÖS
Fiberli Somun Prosesi	Uygunsuz Fiberli Somun	Müşteri Şikayeti, Ürünün Kullanılmaması, Hurda Ürün, Müşteri Kaybı, Ciro Kaybı	Somun Yarı Mamül İken Ölçüm Yapılmaması	9	8	6	432	Mastar Kullanımı	Mastar Yapıldı	9	1	3	27
			Fiberin Tedarikçiden Ölçü Dışı Gelmesi	9	8	5	360	Fiber Girdi Kontrol Formu- Fiber Pul Teknik Resmi	Teknik Resim Çizildi - Kontrol Formuna Eklendi	9	1	3	27
			Fiberin Tedarikçiden Karışık Gelmesi	3	3	2	18						0
			Fiber Çakma Makinesi Ayar Hatası	6	4	2	48						0
			Somun Makinesi Ayar Hatası	8	4	3	96						0
			Fiber Somun	6	2	3	36						0

			Yapımında Kullanılan Yedek Parça										
			Fiber Çakma Bölümü Gürültü	3	2	7	42						0
			Fiber Çakma Bölümü Işıklandırma Eksikliği	4	2	7	56						0
			Fiber Çakma Kapama Aparat Deformasyonu	8	8	5	32 0						0
			Fiber Makinesi Önleyici Bakım Eksikliği	6	5	4	12 0						0
			Somun Makinesi Önleyici Bakım Eksikliği	6	5	4	12 0						0
			Somun Tel Hammadde Hatası	4	2	5	40						0
			Fiber Hammadde Hatası	6	2	5	60						0

İyileştirmeler sonrasında durumun sürdürülebilir olması, takip edilmesi başarının ölçülerinden birtanesidir.Yılın başında başlatılan çalışma kapsamında yapılan analizler ve sonrasında tedarikçide , üretim hattında yapılan iyileştirmeler sonucunda 2023 verisi ve düzeltmeden sonra deneme üretimi verileri karşılaştırıldığında hurda önemli ölçüde azalma olduğu görülmektedir.

Ürün Miktarı: Dönem içinde üretilen mal ve hizmetler toplamı

Ürün Miktarı:49.118.741 adet

Hatalı Ürün Miktarı: Dönemde üretilen mal veya hizmetten reddedilen veya ihtiyacı karşılamayan

Hatalı Ürün Miktarı:3.468.873 adet

Ürün Başına Düşen Hata Miktarı=Belirlenen Sürede Hatalı Ürün Miktarı/Belirlenen Sürede Üretilen Ürün Miktarı

Ürün Başına Düşen Hata Miktarı= 507 / 55.433

Ürün Başına düşen Hata Miktarı= 0,0091

Birimdeki Hata Fırsatları:Müşteri tarafından bir birim mal veya hizmetin hatalı olduğu sonucuna varmasına neden olacak özellikler toplamı.

Birimdeki Hata Fırsatları: 2 adet

Fırsat Başına Düşen Hata Miktarı(Defects per Oppurtunities(DPO));

$DPO = (\text{Hatalı Ürün Miktarı}) / (\text{Toplam Ürün Miktarı} \times \text{Fırsat Sayısı})$

$DPO = (507) / (55.433 \times 2)$

$DPO = 0,004573$

$DPMO = DPO \times 1.000.000$

$DPMO = 0,004573 \times 1.000.000$

$DPMO = 4.573$

Başarı yüzdesi:Müşterinin ihtiyaçlarını karşılayan başarılı üretim yüzdesidir;

$\text{Başarı Yüzdesi} = 1 - DPO$

$\text{Başarı Yüzdesi} = 1 - 0,004573$

$\text{Başarı Yüzdesi} = 0,995427$

Sigma Seviyesi: Başarı Yüzdesi değerinin birikimli standart normal dağılımındaki alanına karşılık gelen “Z” değeridir;

Başarı yüzdesine denk gelen norm S invers değeri =2,606 dir

$\text{Sigma Seviyesi} = \text{Norm.S.Inverse} \times (\text{Başarı Yüzdesi}) + 1,5$

$\text{Sigma Seviyesi} = 2,606 + 1,5$

Çalışma sonrası fiberli somun sigma seviyesi 4,11 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.8 Öncesi ve Sonrası Sigma Seviyesi

	Proje Öncesi	Proje Sonrası
Hatalı Ürün Sayısı	3.468.873	507
Toplam Ürün Sayısı	49.118.741	55.433
Hata Türü Sayısı	3	2
DPO	0,023541	0,004573
Başarı Yüzdesi	0,976459	0,995427
Sigma	3,49	4,11

Tabloda 4.8 de görüleceği üzere 2023 yılında fiberli somunlarda sigma seviyesi 3,49 iken yapılan düzeltmeler sonucunda sigma seviyesi 4,11 seviyesine yükselmiştir. Buda yüzde hata oranı 6,6 adet iken 0,621 adede düşmesi demektir.Milyondaki hata sayısı da 66.807 iken 6.210 seviyesine düşmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz işletmeleri, hızla değişen pazar koşulları ve artan rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmek için verimliliğe büyük önem vermek zorundadır. Rekabet, işletmelerin sadece fiyatlar üzerinden değil, aynı zamanda kalite, hizmet ve inovasyon alanlarında da birbirleriyle yarıştığı bir süreçtir.

Verimlilik, kaynakların en etkili şekilde kullanılması anlamına gelir. İşletmeler, üretim süreçlerini optimize ederek, maliyetleri düşürebilir ve karlılıklarını artırabilirler. Ayrıca, verimlilik artışı, müşteri memnuniyetini de olumlu yönde etkiler; çünkü daha hızlı ve kaliteli hizmet sunma kapasitesi, müşteri sadakatini artırır.

Rekabetin yoğun olduğu bir ortamda, yenilikçilik de önemli bir rol oynamaktadır. İşletmeler, sadece mevcut ürün ve hizmetlerini geliştirmekle kalmayıp, yeni çözümler ve iş modelleri geliştirmek için de sürekli çaba göstermelidir. Bu da, işletmelerin rekabet avantajı elde etmesine ve pazarda öne çıkmasına yardımcı olur.

Altı Sigma, süreç iyileştirme ve kalite yönetimi metodolojisi ve hata oranını minimize etmeyi amaçlar. Temelinde, müşteri memnuniyetini artırmak ve işletmelerin verimliliğini yükseltmek yatar. Altı Sigma, istatistiksel araçlar ve veriye dayalı karar verme ile süreçleri analiz eder, bu sayede hataları belirler ve ortadan kaldırır. Uygulamada, “TÖAİK” (Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir, Kontrol Et) aşamalarıyla sistematik bir yaklaşım sunar. Bu metodoloji, işletmelerin rekabet avantajı elde etmesine ve maliyetlerini düşürmesine yardımcı olur. Bütün işletmelerde uygulanabilir bir sistematik ve yöntemler silsilesidir. Uygulamalara bakıldığında hizmet üreten işletmelerden ürün üreten işletmelere kadar geniş bir kullanımı vardır.

Yapılan altı sigma çalışması işletmede devreye alınmış ve bir üründe yapılan kontroller neticesinde sigma seviyesi 3,49 iken 4,11 seviyesine yükseltilmiştir. Milyondaki hata seviyesi 60.000 adetlerden 6.000 adetlere düşürülmüştür. İşletme 2023 yılında yaklaşık 50.000.000 adet fiberli somun sevkiyatı gerçekleştirmiş bunun neticesinde alınan veriler doğrultusunda yaklaşık 3.000.000 adet ürünü uygunsuz olarak hurdaya atmıştır. Hurdaya atılan ürünün türk lirası olarak değeri yaklaşık 1.335.000 tl dir. Bunun yanında ürün tek seferde doğru üretildiği için işçilikten 30.000 usd kar edilmektedir. Altı sigma devreye alındıktan sonra sadece hurda değerinden ve işçilikten tasarruf değil, müşteri memnuniyeti, zamanında teslim konularında da iyileştirme sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] **M. Deste ve G. Berber**, “Süreç İyileştirme Uygulamaları Üzerine Bir Literatür Araştırması / A Literature Review On Process Improvement Applications”, *Uluslararası Ekon. İşletme ve Polit. Derg.*, c. 2, sayı 2, ss. 213–230, Eki. 2018, doi: 10.29216/ueip.462265.
- [2] **M. Turgut**, “Otomotiv Sektöründe Altı Sigma Metodolojisi İle Yeniden İşlenen Ürün Miktarının Azaltılması”, c. 9, ss. 356–363, 2022.
- [3] **Hazal Özdemir**, “Deri Tekstil Firmasında Altı Sigma Uygulaması”, 2022, [Çevrimiçi]. Available at: <http://dergipark.org.tr/tr/doi/10.29216/ueip.462265>
- [4] **R. Bañuelas, J. Antony, ve M. Brace**, “An Application of Six Sigma to Reduce Waste”, *Qual. Reliab. Eng. Int.*, c. 21, sayı 6, ss. 553–570, Eki. 2005, doi: 10.1002/qre.669.
- [5] **Çağdaş Tok**, “Kalite Yönetim Sistemi Olarak Altı Sigma Metodu ve Soğutma Sektöründe Bir Altı Sigma Proje Uygulaması”, c. 13, sayı Ii, ss. 166–173, 2006.
- [6] **M. Altuğ**, “Application of six sigma through deep learning in the production of fasteners”, *Int. J. Lean Six Sigma*, c. 14, sayı 7, ss. 1376–1402, 2023, doi: 10.1108/IJLSS-08-2022-0191.
- [7] **M. Altuğ ve M. Nalbant**, “Altı Sigma Projelerinin Rekabete Yönelik Kazanımları İmalat Sanayiindeki Uygulamaların Analizi”, *Sigma Mühendislik ve Fen Bilim. Derg.*, c. 29, sayı 3, ss. 301–315, 2011.
- [8] **S. Ashok Sarkar, A. Ranjan Mukhopadhyay, ve S. K. Ghosh**, “Root cause analysis, Lean Six Sigma and test of hypothesis”, *TQM J.*, c. 25, sayı 2, ss. 170–185, Şub. 2013, doi: 10.1108/17542731311299609.
- [9] **S. Haridy, A. Maged, S. Kaytbay, ve S. Araby**, “Effect of sample size on the performance of Shewhart control charts”, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, c. 90, sayı 1–4, ss. 1177–1185, Nis. 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9412-8.
- [10] **M. Uluskan**, “A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox”, *Int. J. Lean Six Sigma*, c. 7, sayı 4, ss. 406–429, Eki. 2016, doi: 10.1108/IJLSS-10-2015-0040.
- [11] **B. Aksoy ve Â. Y. Orbak**, “Reducing the Quantity of Reworked Parts in a Robotic Arc Welding Process”, *Qual. Reliab. Eng. Int.*, c. 25, sayı 4, ss. 495–512, 2009, doi: 10.1002/qre.985.
- [12] **S. S. Chakravorty**, “Six Sigma programs: An implementation model”, *Int. J. Prod. Econ.*, c. 119, sayı 1, ss. 1–16, 2009, doi: 10.1016/j.ijpe.2009.01.003.
- [13] **T. Yang ve C. H. Hsieh**, “Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method”, *Expert Syst. Appl.*, c. 36, sayı 4, ss. 7594–7603, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2008.09.045.
- [14] **Y. T. Jou, C. H. Chen, C. H. Hwang, W. T. Lin, ve S. J. Huang**, “A study on the improvements of new product development procedure performance-an application of design for Six Sigma in a semi-conductor equipment manufacturer”, *Int. J. Prod. Res.*, c. 48, sayı 19, ss. 5573–5591, Eki. 2010, doi: 10.1080/00207540903119176.

- [15] **P. Jirasukprasert, J. A. Garza-reyes, H. Soriano-meier, ve L. Rocha-lona**, “A Case Study of Defects Reduction in a Rubber Gloves Manufacturing Process by Applying Six Sigma Principles and DMAIC Problem Solving Methodology”, *2012 Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, ss. 472–481, 2012.
- [16] **E. V. Gijo, J. Antony, M. Kumar, R. McAdam, ve J. Hernandez**, “An application of Six Sigma methodology for improving the first pass yield of a grinding process”, *J. Manuf. Technol. Manag.*, c. 25, sayı 1, ss. 125–135, Oca. 2014, doi: 10.1108/JMTM-12-2011-0109.
- [17] **B. Bilgen ve M. Şen**, “Project selection through fuzzy analytic hierarchy process and a case study on Six Sigma implementation in an automotive industry”, *Prod. Plan. Control*, c. 23, sayı 1, ss. 2–25, 2012, doi: 10.1080/09537287.2010.537286.
- [18] **R. G. Falcón, D. V. Alonso, L. M. G. Fernández, ve L. Pérez-Lombard**, “Improving energy efficiency in a naphtha reforming plant using Six Sigma methodology”, *Fuel Process. Technol.*, c. 103, ss. 110–116, Kas. 2012, doi: 10.1016/j.fuproc.2011.07.010.
- [19] **J. Antony, E. V. Gijo, ve S. J. Childe**, “Case study in Six Sigma methodology: Manufacturing quality improvement and guidance for managers”, *Prod. Plan. Control*, c. 23, sayı 8, ss. 624–640, 2012, doi: 10.1080/09537287.2011.576404.
- [20] **M. Tanik ve A. Sen**, “A six sigma case study in a large-scale automotive supplier company in Turkey”, *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, c. 23, sayı 3–4, ss. 343–358, Nis. 2012, doi: 10.1080/14783363.2011.637798.
- [21] **A. Sarkar, A. R. Mukhopadhyay, ve S. K. Ghosh**, “Measurement system analysis for implementing design for Six Sigma”, *Int. J. Product. Qual. Manag.*, c. 14, sayı 3, ss. 373–386, 2014, doi: 10.1504/IJPQM.2014.064811.
- [22] **E. Sipahi**, “Altı Sigma Yaklaşımı Ve Enerji Sektöründe Süreç İyileştirme Odaklı Bir Uygulama”, 2020.
- [23] **Yalçın Yılmaz A. ve Günday R.**, “Yalın Altı Sigma Metodu ve Bankacılık Sektöründe Uygulanması”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.*, c. 8, sayı 8, ss. 188–209, 2020.
- [24] **M. Zhang, W. Wang, T. N. Goh, ve Z. He**, “Comprehensive Six Sigma application: a case study”, *Prod. Plan. Control*, c. 26, sayı 3, ss. 1–16, Mar. 2014, doi: 10.1080/09537287.2014.891058.
- [25] **M. Deste ve M. Karabulut**, “Altı Sigma Tekniğiyle Tekstil Sektöründe Çevrim Sürelerinin İyileştirilmesine Yönelik Bir Uygulama”, *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg.*, c. 13, sayı 2020, ss. 137–147, 2020.
- [26] **A. Maged, N. Bhuiyan, S. Kaytbay, ve S. Haridy**, “Continuous improvement of injection moulding using Six Sigma: case study”, *Int. J. Ind. Syst. Eng.*, c. 32, sayı 2, s. 243, 2019, doi: 10.1504/ijise.2019.10021839.
- [27] **C. Ö. Hazır**, “Elektronik Kart Üretimi Yapan Firmada Altı Sigma Uygulamaları”, *Kaos GL Derg.*, c. 8, sayı 75, ss. 147–154, 2020, [Çevrimiçi]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125798> <https://doi.org/10.1016/j.smr.2020.02.002> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/810049>

oi.wiley.com/10.1002/anie.197505391%0Ahttp://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090409500205%0Ahttp:

- [28] **S. Arun Vijay**, “Reducing and optimizing the cycle time of patients discharge process in a hospital using six sigma dmaic approach”, *Int. J. Qual. Res.*, c. 8, sayı 2, ss. 169–182, 2014.
- [29] **M. Karabulut, P. Y. Kumru, ve F. S. Onursal**, “AltıSigma Yaklaşımı Ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama”, *Beykoz Akad. Derg.*, c. 8, sayı 1, ss. 1–19, 2020, doi: 10.14514/byk.m.26515393.2020.8/1.1-19.
- [30] **C. Uçan, A. T. Savaş**, “İşletmelerde İş Sağlığı ve Güvenliğinin İyileştirilmesi Amacıyla Altı Sigma Kalite Yönetim Sistemi ile Model Oluşturulması Creating a Model with Six Sigma Quality Management System with the Purpose of Increasing Occupational Health and Safety in Workpla”, ss. 206–220, 2020.
- [31] **A. S. Ünal**, “Termoform Makineleri Üreten Bir Firmada Yalın Altı Sigma Uygulaması”, s. 6, 2021.
- [32] **L. Gutierrez-Gutierrez, S. de Leeuw, ve R. Dubbers**, “Logistics services and Lean Six Sigma implementation: a case study”, *Int. J. Lean Six Sigma*, c. 7, sayı 3, ss. 324–342, Ağu. 2016, doi: 10.1108/IJLSS-05-2015-0019.
- [33] **M. Bayhan, A. Demirel, ve İ. Yacan**, “Hizmet Kalitesinin İyileştirilmesinde Altı Sigma Yaklaşımı: Hizmet İşletmesi Olarak Bir Eğitim Kurumunda Uygulama Örneği”, *Alanya Akad. Bakış*, c. 6, sayı 2, ss. 2545–2564, 2022, doi: 10.29023/alanyaakademik.1101546.
- [34] **E. Karaca**, “Lojistik Sektöründe Yalın Altı Sigma Bir Araç Yükleme İşletmesinde Uygulama”, 2022.
- [35] **V. Swarnakar, A. K. Tiwari, ve A. R. Singh**, “Evaluating critical failure factors for implementing sustainable lean six sigma framework in manufacturing organization”, *Int. J. Lean Six Sigma*, c. 11, sayı 6, ss. 1069–1104, Ara. 2020, doi: 10.1108/IJLSS-05-2019-0050.
- [36] **H. Araman ve Y. Saleh**, “A case study on implementing Lean Six Sigma: DMAIC methodology in aluminum profiles extrusion process”, *TQM J.*, c. 35, sayı 2, ss. 337–365, 2023, doi: 10.1108/TQM-05-2021-0154.
- [37] **N. Muhammad, A. Upadhyay, A. Kumar, ve H. Gilani**, “Achieving operational excellence through the lens of lean and Six Sigma during the COVID-19 pandemic”, *Int. J. Logist. Manag.*, c. 33, sayı 3, ss. 818–835, 2022, doi: 10.1108/IJLM-06-2021-0343.
- [38] **Q. Wang**, “Application of Six Sigma Management-based Teaching Method in Financial Management Course Online Teaching”, *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, c. 17, sayı 1, ss. 60–73, 2022, doi: 10.3991/ijet.v17i01.28269.
- [39] **M. A. Ramadan, M. K. Al Dhaheri, M. Maalouf, J. Antony, S. Bhat, ve E. V. Gijo**, “Application of Six Sigma methodology to enhance the productivity and performance of a hotel in the UAE”, *TQM J.*, c. 35, sayı 2, ss. 554–576, 2023, doi: 10.1108/TQM-11-2021-0325.
- [40] **A. Trubetskaya, O. McDermott, ve S. McGovern**, “Implementation of an ISO 50001 energy management system using Lean Six Sigma in an Irish dairy: a case study”, *TQM J.*, c. 35, sayı 9, ss. 1–24, 2022, doi: 10.1108/TQM-08-2022-0252.

- [41] **G. Akan Özkök**, “Tedarik Zinciri Yönetiminde Kalite Yaklaşımı ve Bir Lojistik Şirketinde Altı Sigma Yönteminin Uygulanması”, *Uluslararası Anadolu Sos. Bilim. Derg.*, c. 7, sayı 3, ss. 774–783, 2023.
- [42] **A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar, A. Al Owad, S. Mahlawat, ve S. Singh**, “The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company”, *Heliyon*, c. 9, sayı 3, s. e14625, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14625.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad

:Ahmet KARABEY

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2005, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2014-..... Tekno Bağlantı Elemanlarında çalışıyor.
- 2006-2014 Mimsan Makine Grup çalıştı.