



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

YALIN ALTI SİGMA YÖNTEMİYLE HATA ORANLARININ
AZALTILMASI VE SİMÜLASYONU: DEĞİRMEN MAKİNALARI
İMALAT İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Fevzi DİKER

Danışman: Doç. Dr. Emre ASLAN

TOKAT-202

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Emre ASLAN danışmanlığında hazırlamış olduğum, “Yalın Altı Sigma Yöntemiyle Hata Oranlarının Azaltılması ve Simülasyonu: Değirmen Makinaları İmalat İşletmesi Örneği” adlı Doktora tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

14/07/2023

Fevzi DİKER

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren ve destek veren değerli danışman hocam Doç. Dr. Emre ASLAN'a,

Doktora süresince desteklerini esirgemeyen kıymetli hocalarım, Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN, Doç. Dr. Elif BOYRAZ ve Dr. Öğr. Üyesi Kadir SARIKAYA'ya,

Kıymetli yol arkadaşlarım Dr. Mustafa Alper AÇIKKAPI ve Öğr. Gör. Dr. Özgür KURU'ya,

Desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen kıymetli hocam Doç. Dr. Zekeriya IŞIK'a ve değerli mesai arkadaşlarım Öğr. Gör. Ercan ONAY, Öğr. Gör. Orhan Ertuğrul ONUR, Öğr. Gör. Ömer Faruk KARAKAŞ ve Öğr. Gör. Fatih MEMİŞ'e

Bu tezde kullanılan kıymetli verileri toplamama yardımcı olan Furkan ve Feridun Beylere,

Beni bu günlere getiren, eğitim hayatımın tamamında beni her anlamda destekleyen ve motive eden canım annem ve babam Mualla DİKER ve Salim DİKER'e

Tezimin her aşamasında destek ve fedakarlıkları ile yanımda olduğunu her an hissettiren hayat arkadaşım, can yoldaşım, kıymetli eşim Habibe ÇARIKLI DİKER'e ve canım oğlum Oğuz Alp DİKER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Fevzi DİKER

Tokat- 2023

ÖZET

YALIN ALTI SİGMA YÖNTEMİYLE HATA ORANLARININ AZALTILMASI VE SİMÜLASYONU: DEĞİRMEN MAKİNALARI İMALAT İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

Diker, Fevzi

Doktora, İşletme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emre ASLAN

Temmuz 2023, xv + 198 sayfa

Yalın altı sigma yöntemi; ürün kalitesinin artırılması, üretim süreçlerinde israfın ortadan kaldırılması, üretim süresinin kısaltılması ve her türlü maliyetin düşürülmesi gibi hedefleri içeren bir üretim ve yönetim felsefesidir. Günümüzde hemen hemen tüm sektörlerde yaşanan yoğun rekabet, yalın altı sigma gibi uygulamaları değerli kılmaktadır. İşletmeler, gereksiz atıkları azaltarak yüksek kaliteli ürünler sunmaya odaklanmaktadır. Ayrıca işletmeler daha hızlı üreterek rakiplerinin önüne geçmeyi hedeflemektedir.

Bu tez çalışmasının uygulama kısmı Çorum'da Değirmen Makinaları İmalat Sektöründe faaliyet gösteren bir üretim şirketinden elde edilmiştir. Söz konusu şirket 1990'lı yıllarda küçük sermayeli, iki ortaklı bir işletme olarak kurulmuş ve kısa sürede büyük ilerleme kaydetmiş bir kuruluştur. Fakat iş dünyasında hızlı büyümesi, sorunlarının büyümesini de beraberinde getirmiştir. Bu sorunlar genel olarak personel ihtiyacı, kullanım alanı ihtiyacı, makine ve teçhizat ihtiyacı gibi konular olmuştur. Bu sorunlar yeni yatırımlar ve yeni personel istihdamı ile çözülmeye çalışılmış, ancak bir noktadan sonra geleneksel yöntemlerin sorunları çözmede yetersiz kaldığı gerçeğiyle karşı karşıya kalmışlardır. Bu aydınlanmanın ardından stratejik değişiklikler yapılmasına karar verilmiştir. İşletme bu stratejik değişiklikler çerçevesinde yalın üretim uygulama kararı almış ve yalın altı sigma düzeyine ulaşmayı hedeflemektedir.

Değirmen makinaları imalatı sektöründe, günümüz rekabet ortamında sürekli artan müşteri beklentileri ve sürekli değişen talepleri karşılamak, müşteri isteklerine cevap vermek ve müşteri memnuniyetini sağlamak oldukça zor hale gelmiştir. Günümüzün küresel ve rekabetçi çağında, yalın altı sigma ile üretim süreçlerinin sürekli iyileştirilmesi, memnun müşteri sayısını artırılması ve işletme karlılığını en üst düzeye çıkarmak için önemli bir çözüm olarak kabul edilmektedir. İşletmelerin üretim hatalarını azaltmak için geliştirilen bu yaklaşımla birçok kuruluş üzerinde önemli etkiler elde edilmiştir.

Çalışmada değirmen makinaları imalatı sektöründe faaliyet gösteren bu işletmenin üretim süreçlerini yalın altı sigma yöntemleri kullanarak hata ve fire düzeylerini azaltacak önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca bu önerileri simüle ederek gözlemlene ve analiz edilmesini sağlanmış ve bu örnek olay üzerinden KOBİ ölçeğindeki işletmeler açısından yalın altı sigma uygulamalarındaki zorluklar ve potansiyeller ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yalın Altı Sigma, Simülasyon, Yalın Üretim, Makina Endüstrisi, Üretim Sistemleri

ABSTRACT

WITH LEAN SIX SIGMA METHOD REDUCING ERROR RATES AND SIMULATING: EXAMPLE OF MILLING MACHINERY MANUFACTURING COMPANY

Diker, Fevzi

Doctorate's Degree , Department of Business Administration

Advisor: Doç. Dr. Emre ASLAN

July 2023, xv + 198 pages

Lean six sigma method; It is a production and management philosophy that includes objectives such as increasing product quality, eliminating waste in production processes, shortening production time and reducing all kinds of costs. Today, intense competition in almost all sectors makes applications such as lean six sigma valuable. Businesses focus on providing high quality products by reducing unnecessary waste. In addition, businesses aim to get ahead of their competitors by producing faster.

The application part of this thesis was obtained from a production company operating in the Milling Machinery Manufacturing Sector in Çorum. The company in question was established as a small-capital, two-partner business in the 1990s and has made great progress in a short time. The rapid growth of the business world has brought with it the growth of its problems. These problems have generally been issues such as the need for personnel, the need for usage area, the need for machinery and equipment. These problems were tried to be solved with new investments and new personnel employment, but after a point they were faced with the fact that traditional methods were insufficient to solve the problems. After this enlightenment, it was decided to make strategic changes. The company has decided to implement lean production within the framework of these strategic changes and aims to reach the lean six sigma level.

In the milling machinery manufacturing sector, it has become very difficult to meet the ever-increasing customer expectations and ever-changing demands, to respond to customer requests and to ensure customer satisfaction in today's competitive environment. In today's global and competitive age, continuous improvement of production processes with lean six sigma is accepted as an important solution to increase the number of satisfied customers and maximize business profitability. With this approach, which was developed to reduce the production errors of enterprises, significant effects were obtained on many organizations.

In the study, suggestions were made to reduce the error and waste levels by using lean six sigma methods in the production processes of this business operating in the manufacturing of milling machines. In addition, these suggestions were observed and analyzed by simulating them, and through this case study, the difficulties and potentials in lean six sigma applications for SME-scale enterprises were revealed.

Keywords: Lean Six Sigma, Simulation, Lean Manufacturing, Machine industry, Manufacturing Systems

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM: YALIN ÜRETİM	3
1.1. YALIN ÜRETİMİN TARİHÇESİ	3
1.1.1. Yalın Üretim Öncesi Dönem.....	3
1.1.2. Yalın Üretimin Doğuşu	5
1.1.3. Yalın Üretime Katkıda Bulunan Gelişmeler	8
1.2. YALIN ÜRETİM KAVRAMI	11
1.2.1. Yalın Düşünce	11
1.2.2. Yalın Üretimin Tanımı	13
1.2.3. Yalın Üretimin Amacı.....	15
1.2.4. Yalın Üretimin Özellikleri	17
1.2.5. Yalın Üretimin Temel Kuralları.....	18
1.3. YALIN ÜRETİMİN İLKELERİ	19
1.3.1. Değer	19
1.3.2. Değer Akışı	20
1.3.3. Sürekli Akış.....	20
1.3.4. Çekme	21

1.3.5.	Mükemmellik	22
1.4.	YALIN ÜRETİMİN ARAÇ VE TEKNİKLERİ	23
1.4.1.	Toplam Kalite Yönetimi	25
1.4.2.	JIT (Just In Time).....	26
1.4.3.	Kanban	26
1.4.4.	Jidoka	27
1.4.5.	Poka-Yoke.....	27
1.4.6.	SMED.....	30
1.4.7.	Kaizen	31
1.4.8.	5 S Kuralı	32
1.4.9.	Hücreli İmalat	34
1.4.10.	Görsel Fabrika	35
1.4.11.	Akıllı Hedefler.....	36
1.4.12.	Standartlaşmış İşler	37
1.4.13.	Toplam Üretken Bakım	37
1.4.14.	Darboğaz Analizi.....	39
1.4.15.	PUKÖ Döngüsü.....	39
1.4.16.	Değer Akış Haritalama	40
1.5.	YALIN ÜRETİM UYGULAMALARINI KONUSAN ALAN LİTERATÜR	42
2.	BÖLÜM YALIN ALTI SİGMA.....	45
2.1.	ALTI SİGMA KAVRAMI VE İSTATİSTİKSEL ANLAMI.....	45
2.2.	ALTI SİGMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ	48
2.3.	ALTI SİGMANIN İLKELERİ	49
2.4.	SİGMA DÜZEYLERİ.....	50
2.5.	ALTI SİGMA ORGANİZASYONU	51

2.6.	ALTI SİGMA YÖNTEMLERİ	55
2.6.1.	Tanımlama.....	55
2.6.2.	Ölçme	56
2.6.3.	Analiz	57
2.6.3.1.	Kontrol Diyagramları	58
2.6.3.2.	Pareto Analizi	60
2.6.3.3.	Neden-Sonuç Diyagramı	61
2.6.4.	İyileştirme	63
2.6.4.1.	Simülasyon	64
2.6.5.	Kontrol	69
2.7.	ALTI SİGMANIN AVANTAJLARI	69
2.8.	ALTI SİGMANIN DEZAVANTAJLARI	72
2.9.	DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ALTI SİGMA UYGULAMALARI	73
2.10.	YALIN ALTI SİGMA	73
2.11.	YALIN ALTI SİGMA KONUSUNU ELE ALAN LİTERATÜR	75
3.	BÖLÜM: DEĞİRMEN MAKİNALARI ÜRETEN BİR FİRMADA YALIN ALTI SİGMA İLE SİMÜLASYON UYGULAMASI.....	77
3.1.	ÇALIŞMANIN AMACI.....	77
3.2.	ÇALIŞMANIN ÖNEMİ.....	78
3.3.	ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ.....	80
3.3.1.	Tanımlama Fazı.....	80
3.3.1.1.	İşletme Hakkında Genel Bilgiler	80
3.3.1.2.	İşletmenin Yalın Üretimden Beklentileri ve Kazandıkları.....	81
3.3.1.3.	İşletmenin Hedefleri	88
3.3.2.	Ölçme Fazı	88
3.3.2.1.	Aspiratör Üretimi Frekans ve Yüzde Ölçümleri	89

3.3.2.2.	Blower Üretimi Frekans ve Yüzde Ölçümleri.....	90
3.3.2.3.	Eklüs Üretim Frekans ve Yüzde Ölçümleri	92
3.3.2.4.	Yön Klapesi Üretim Frekans ve Yüzde Ölçümleri	94
3.3.2.5.	Pnömatik Taşıma Frekans ve Yüzde Ölçümleri.....	96
3.3.3.	Analiz Fazı	97
3.3.3.1.	Sipariş Dağılımları	98
3.3.3.2.	İş Akış Şemaları	104
3.3.3.2.1.	Aspiratör İş Akış Şeması	105
3.3.3.2.2.	Blower İş Akış Şeması.....	107
3.3.3.2.3.	Eklüs İş Akış Şeması	108
3.3.3.2.4.	Yön Klapesi İş Akış Şeması	110
3.3.3.3.	Kontrol Limit Analizleri.....	111
3.3.3.3.1.	Aspiratör Kontrol Limitleri.....	112
3.3.3.3.2.	Blower Kontrol Limitleri	114
3.3.3.3.3.	Eklüs Kontrol Limitleri.....	115
3.3.3.3.4.	Yön klapesi Kontrol Limitleri.....	117
3.3.3.4.	Pareto Analizi.....	119
3.3.3.4.1.	Aspiratör Üretiminin Pareto Analizi.....	119
3.3.3.4.2.	Blower Üretiminin Pareto Analizi	121
3.3.3.4.3.	Eklüs Üretiminin Pareto Analizi.....	122
3.3.3.4.4.	Yön Klapesi Üretiminin Pareto Analizi.....	124
3.3.3.5.	Neden Sonuç Diyagramı	125
3.3.4.	İyileştirme Fazı.....	126
3.3.4.1.	Simülasyon Modelinin Kurulması	127
3.3.4.1.1.	Mevcut Durum Simülasyonu	127
3.3.4.1.2.	Süreç İyileştirme Simülasyonu	135

3.3.5. Kontrol	157
3.3.5.1. Gerçekleşen Üretim Sigma Düzeyleri	157
3.3.5.2. İyileştirme Simülasyonu 1. Alternatif Sigma Düzeyleri	158
3.3.5.3. İyileştirme Simülasyonu 2. Alternatif Sigma Düzeyleri	159
3.3.5.4. İyileştirme Simülasyonu 3. Alternatif Sigma Düzeyleri	160
3.3.5.5. İyileştirme Simülasyonu 4. Alternatif Sigma Düzeyleri	161
4. BÖLÜM: SONUÇ VE ÖNERİLER	164
KAYNAKÇA	169
Ek1: Mevcut Durum Simülasyonu	182
Ek 2: İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama	183
Ek 3: İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama	184
Ek 4: İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama	185
Ek 5: İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama	186
Ek 6: Mevcut Durum Simülasyonu Sonuç Raporu	187
Ek 7: İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Sonuç Raporu	190
Ek 8: İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Sonuç Raporu	192
Ek 9: İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Sonuç Raporu	194
Ek 10: İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Sonuç Raporu	196

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Yalın Üretimin Gelişmesine Etki Eden Faktörler.....	10
Tablo 2.1: Sigma Düzeyleri	51
Tablo 2.2: Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar	54
Tablo 2.3: Kontrol Diyagramları	59
Tablo 2.4: Pareto Tablosu	60
Tablo 3.1: Yalın Üretimin İşletmeye Katkıları	86
Tablo 3.2: 2019-2020 Aspiratör Üretim Tablosu	89
Tablo 3.3: Aspiratör Hatalı Ürün Dağılımı	90
Tablo 3.4: 2019- 2020 Blower Üretim Tablosu.....	91
Tablo 3.5: Blower Hatalı Ürün Dağılımı	92
Tablo 3.6: 2019-2020 Eklüs Üretim Tablosu.....	93
Tablo 3.7: Eklüs Hatalı Ürün Dağılımı	94
Tablo 3.8: 2019-2020 Yön Klapesi Üretim Tablosu	95
Tablo 3.9: Yön Klapesi Hatalı Ürün Dağılımı	96
Tablo 3.10: 2019 Toplam Pnömatik Taşıma Üretim Tablosu	97
Tablo 3.11: Aspiratör Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler.....	98
Tablo 3.12: Blower Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler	99
Tablo 3.13: Eklüs Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler.....	100
Tablo 3.14: Yön Klapesi Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler.....	100
Tablo 3.15: Sipariş Süreleri İçin Gelişler Arası Süreler	101
Tablo 3.16: Siparişlerin Geliş Miktarları	104
Tablo 3.17: Aspiratör Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu.....	113
Tablo 3.18: Blower Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu	115
Tablo 3.19: Eklüs Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu	117
Tablo 3.20: Yön Klapesi Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu	118
Tablo 3.21: Aspiratör Hata Kaynakları.....	119
Tablo 3.22: Blower Hata Kaynakları	121
Tablo 3.23: Eklüs Hata Kaynakları.....	123
Tablo 3.24: Yön Klapesi Hata Kaynakları.....	124
Tablo 3.25: Aspiratör Mevcut Durum Simülasyonu Karşılaştırma	129

Tablo 3.26: Blower Mevcut Durum Simülasyonu Karşılaştırma	131
Tablo 3.27: Eklüs Mevcut Durum Simülasyonu Karşılaştırma	133
Tablo 3.28: Yön Klapesi Mevcut Durum Simülasyonu Karşılaştırma	135
Tablo 3.29: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör	137
Tablo 3.30: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör	139
Tablo 3.31: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör	141
Tablo 3.32: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör	143
Tablo 3.33: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu Blower.....	145
Tablo 3.34: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Blower.....	147
Tablo 3.35: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Blower.....	149
Tablo 3.36: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu Blower.....	150
Tablo 3.37: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs	151
Tablo 3.38: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs	152
Tablo 3.39: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs	153
Tablo 3.40: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs	154
Tablo 3.41: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi	154
Tablo 3.42: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi	155

Tablo 3.43: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi	156
Tablo 3.44: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi	157
Tablo 3.45: Mevcut Durum ve Simülasyon Sigma Düzeyleri	162



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Pareto Grafik Örneği	61
Şekil 2.2: Neden Sonuç Diyagram Örneği.....	63
Şekil 3.1: Blower Bölümünün Yalın Üretim Öncesi Durumu	82
Şekil 3.2: Blower Bölümünün Yalın Üretim Sonrası Durumu	83
Şekil 3.3: Talaşlı İmalat Bölümünün Yalın Üretim Öncesi Durumu.....	83
Şekil 3.4: Talaşlı İmalat Bölümünün Yalın Üretim Sonrası Durumu.....	84
Şekil 3.5: CNC İmalat Bölümünün Yalın Üretim Öncesi Durumu	85
Şekil 3.6: Cnc Talaşlı İmalat Bölümünün Yalın Üretim Sonrası Durumu	85
Şekil 3.7: Siparişlerin Geliş Süreleri Dağılım Grafikleri.....	101
Şekil 3.8: Sipariş Miktarları Dağılım Grafikleri	103
Şekil 3.9: Aspiratör İş Akış Şeması	106
Şekil 3.10: Blower İş Akış Şeması	108
Şekil 3.11: Eklüs İş Akış Şeması	109
Şekil 3.12: Yön Klapesi İş Akış Şeması	111
Şekil 3.13: Aspiratör Üretimi Emek İsrafi Pareto Analizi	120
Şekil 3.14: : Blower Üretimi Emek İsrafi Pareto Analizi	122
Şekil 3.15: Eklüs Üretimi Emek İsrafi Pareto Analizi	123
Şekil 3.16: Yön Klapesi Üretimi Emek İsrafi Pareto Analizi	125
Şekil 3.17 : Neden Sonuç Diyagramı.....	126
Şekil 3.18: Mevcut Durum Simülasyonu Aspiratör.....	128
Şekil 3.19: Mevcut Durum Simülasyonu Blower	130
Şekil 3.20: Eklüs Mevcut Durum Simülasyonu.....	132
Şekil 3.21: Yön Klapesi Mevcut Durum Simülasyonu.....	134
Şekil 3.22: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Aspiratör.....	136
Şekil 3.23: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Aspiratör.....	138
Şekil 3.24: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Aspiratör.....	140
Şekil 3.25: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Aspiratör.....	142
Şekil 3.26: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Blower	144
Şekil 3.27: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Blower	146

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

AKLP: Alt Kontrol Limitleri

C/T: Çevrim Süresi

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir, Kontrol Et)

DPMO: Milyonda Hata Fırsatları

FMEA: Hata Modu ve Etki Analizi

KOBİ: Küçük ve Orta Boy İşletmeler

JIT: Tam Zamanında Üretim

L/T: Akış Süresi

PUKÖ: Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al

SMED: Tek Dakikada Kalıp Değişimi

TKY: Toplam Kalite Yönetimi

ÜKLP: Üst Kontrol Limitleri

V/A: Katma Değer Süresi

VSM: Değer Akış Haritalama

GİRİŞ

Günümüzde işletmeler çok sayıda rakiple mücadele etmek zorundadır. Bunun yanı sıra tüketicilerin her geçen gün daha da bilinçlenmesi işletmelerin müşteri memnuniyeti noktasında işini zorlaştırmaktadır. Eski dönemlerde olduğu gibi birkaç ürün ile pazardaki farklı ihtiyaçları karşılayabilmek artık neredeyse imkansız bir hal almıştır. İşletmelerin varlıklarını devam ettirebilmeleri; müşterilerinin düşük fiyat, yüksek kalite ve erken teslimat gibi beklentilerini karşılayabilmelerine bağlı kalmıştır. Ama müşterilerin bu beklentilerini karşılayabilmek her zaman mümkün olmamaktadır. Ürün kalitesi artık milyonda üç-dört hata düzeyi ile ölçülmekte ve kalite algısı sürekli gelişmektedir. Fiyatları düşürmek maliyetler azaltılmadığı sürece neredeyse imkansızdır. Ürünlerin teslimat sürelerinin kısalması hammadde tedarik sürecinin ve çalışan personelin iyi yönetilmesi ile mümkündür.

Günümüzde “ne üretirsem müşteri onu alır, maliyetler yükselirse fiyatı artırırım olur biter, gecikirse geciksin müşteri zaten bekler...” gibi söylemlerin yaşam şansı kalmamıştır. Müşterilerin beklentilerini karşılayamadığınız anda rakibiniz yerinizi dolduracaktır. Hal böyle olunca işletmeler yeni üretim sistemlerine yönelerek israflar nedeniyle tükenmekte olan kaynakları verimli kullanmanın yollarını aramaktadır. Tasarruf edilerek sağlanan kaynaklar daha fazla değer yaratmaya yönlendirildiği zaman mevcut pazarlarda daha geniş ekonomik imkanlar sağlanabilmektedir. Bununla birlikte yeni pazarlara doğru büyüme olanakları gerçekleştirilebilmektedir. Ama bu üretim modeline geçiş süreci sancısız bir şekilde kolayca olmamaktadır. Her şeyden önce bu geçiş sürecinde, çalışanlar uzun vadede işsiz kalabilecekleri endişesiyle karşı karşıya kalabilmektedirler. Yönetim kadrosu da yalın altı sigma üretim felsefesini her zaman tam kavrayamamaktadır. Stoksuz çalışmanın taleplere karşılık verilemeyeceği fikri egemen olmaktadır.

Uygulama çalışmasının yapılacağı işletme 1996 yılında iki ortaklı küçük bir esnaf işletmesi olarak kurulmuş geçen zaman zarfında orta ölçekli bir KOBİ haline gelmiştir. İşletmenin temel ürettiği ürünler un ve yem fabrikalarının paketleme makinaları ve pnomatik taşıma makinalarıdır. Birleşik Krallık, Azerbaycan, Bulgaristan, Cezayir, Gürcistan, Endonezya, Irak, Kazakistan, Senegal, İran, Romanya ve Kosova gibi ülkelere ihracat yapılmaktadır.

İşletme 2012 yılında yalın üretime geçiş kararı almıştır. Yalın üretime geçiş esnasında gerekecek ek yatırım maliyetlerini ve yine geçiş sürecinde yaşanacak iş kayıplarını minimize etmek istemiştir. Bu nedenle kademeli bir geçiş uygulamıştır. Geline nokta hücresel imalat sistemine geçilmiş, iş etütleri yapılmış, stok miktarları önemli ölçüde azaltılmıştır. Fakat işletme kaizen felsefesi ile orta ve uzun vadede darboğazların minimize edilmesi, hata ve fire oranlarının azaltılması, tesis içi yerleşimin daha rantabl hale gelmesi, maliyetlerin düşürülmesi, kalitenin yükseltilmesi, çalışanların daha verimli kullanılması ve karlılık oranlarının artırılması gibi hedeflere ulaşmak istemektedir.

Bu tez çalışmasında elde edilmek istenen temel amaç söz konusu İşletmenin üretim süreçlerini yalın altı sigma yöntemleri kullanarak hata ve fire düzeylerinin azaltılmasına yönelik önerilerde bulunmaktır. Bu öneriler simüle edilerek uygulanabilirliği test edilmiştir. Ayrıca bu örnek uygulama üzerinden KOBİ ölçeğindeki işletmeler açısından yalın altı sigma uygulamalarındaki zorlukları ve potansiyelleri ortaya konulmuştur.

1. BÖLÜM: YALIN ÜRETİM

Modern manada üretim, bir ürünün ve bileşenlerinin geliştirilmesi için gerekli süreci içermektedir. Endüstri Devrimi öncesinde üretim, sadece el gücüyle yapılabilmekteydi ve insanlar tarım alanlarında veya küçük çaplı atölyelerde çalışmaktaydı. Endüstri Devrimi sonrasında da günümüzde hala kullandığımız pek çok önemli buluş ortaya çıktı. Bu durumun günümüz üretim yöntemlerinin temelini attığını söyleyebiliriz (Heaton, 2017, s. 10-12). Bu yöntemlerden bir tanesi de yalın üretim modelidir.

1.1.YALIN ÜRETİMİN TARİHÇESİ

Yalın üretim Toyota ile özdeşleşmiş bir üretim modelidir (Chiarin ve Vagnon, 2015: s. 590-591). Bu sebeple yalın üretim tarihi Toyota ile başladığı kabul edilir. Fakat yalın üretimin tam olarak anlaşılması için üretim tarihinin özellikle de Endüstri Devrimi sonrası gelişmelerin iyi anlaşılması gerekmektedir.

1.1.1. Yalın Üretim Öncesi Dönem

Endüstri Devrimi öncesinde yapılan üretimler, genellikle o konuda tecrübeli ve yetenekli ustalar tarafından atölyelerde el emeğiyle uğraşarak, uzun sürelerde yapılmaktaydı (Hill, 2018, s. 1-3). Ürünlerde bozulma ve kırılma gibi tamir gerektiren durumlar meydana geldiğinde ciddi sıkıntılar yaşanabilmekteydi. Çünkü ürünlerin el emeğiyle üretilmiş olmasından dolayı belli bir standardı yakalamak her zaman mümkün olamamaktaydı ve üretilen parçalar birbirinden farklılık göstermekteydi. Bunun sonucu olarak da tamir veya parça değişimini güçleştirdiğinden yalnızca tecrübeli ve yetenekli ustalar müdahale edebilmekteydi.

Endüstri Devrimi öncesinde en organize üretim faaliyeti örneğini 15. Yüzyıl sonlarında Venedik'te görmek mümkündür. Venedik Senatosu, bu yüzyılda özellikle dış politika, savaş ve ticaret meseleleriyle ilgilenmiş ve Senato'nun seçtiği büyükelçiler, Avrupa'nın ilk ve en iyi diplomatik hizmetini oluşturmuştur (Zan, 2004, s. 145-147). Böylece ülkeler arası düzenli bir sevkiyat ağı sağlanmıştır. Bu hızlı ve etkili ağ sayesinde tahıl, tuz, şarap ve yağ piyasalarını kontrol altına almıştır. Ayrıca tüccar kadirgalarını inşa etmişler ve düzenli

konvoylarla deniz seferleri düzenlemişlerdir. Venedik Senatosu, her yolculuk için gemi kiralanmasını açık artırmaya çıkartmakta ve usta denizcileri seçerek, mürettebat ve ekipmanları için ayrıntılı düzenlemeler ortaya koymaktaydı (Davis, 2007, s. 5-6). Venedik Tersanesi'nde üretilen askeri gemiler belki de montaj hattının ilk örneği olabilir. İnşa edilecek gemi kanal boyunca belirli bir yolda ilerletilmekte, önünde durduğu atölyelerde sırasıyla kurulum ve donatımı yapılmaktaydı. Ayrıca o dönem teknolojisine göre oldukça başarılı sayılabilecek bir standartlaşma söz konusu olmuştur. Yetenekli ve tecrübeli ustalar tarafından belli bir standartta teker teker imal edilen gemi parçaları, gerekli olduğu zaman değişimlerini sağlamak ve üretimi hızlandırmak amacıyla hazır tutmaktaydılar.

Yüzyılın sonlarında Amerika'lı bir mucit ve sanayici olan Eli Whitney Endüstri Devriminden sonra ilk standardizasyon faaliyetini gerçekleştirmiştir (Woodbury, 1960, s. 236-237). Amerikan Ordusu için on bin adetlik tüfek siparişi almış olan Eli Whitney, her biri aynı parçacıklardan teşekkül eden on tane silah üretmiştir. Üretilen silah parçalarını demonte şekilde karıştırarak, montaj işlemini Amerikan Kongre üyelerinin gözünün önünde, hızlı bir şekilde gerçekleştirmiştir (Kayacan vd., 2016, s.156). Bu sayede, silahın herhangi bir parçası bozulduğu takdirde değiştirilmesi kolay bir hal almış, ayrıca üretim sürecinin düşük bütçeyle ve daha hızlı olması sağlanmıştır. Böylece silah üretiminde usta olmayan hatta tecrübesi bulunmayan kişilerin de bu iş için çalışması mümkün kılınmıştır. Ayrıca işçilik maliyetleri de oldukça düşürülmüştür. Çünkü usta ve tecrübeli çalışanları istihdam etmek o dönem için çok yüksek maliyetli bir durum olarak görülmekteydi. Eli Whitney tarafından geliştirilen yöntem sayesinde üretim literatürü yedek parça, montaj ve parça değiştirme gibi daha önce hiç bilinmeyen kavramları kazanmıştır. Üretim işletmeleri için daha az kalifiye elemanla daha yüksek adetli, hızlı, düşük maliyetli, tamirata ve parça değişimleri kolay yapılabilen üretim süreçleri gerçekleştirmesini sağlayan imkanlar sunulmuştur.

Ondokuzuncu Yüzyılın ikinci yarısında Chicago'da bulunan bir et paketleme tesisinde, etlerin hareketli bir hat üzerinde ilerletilmesi ve bu sayede bir işçiden diğerine etin ulaştırılması ve sonrasında etin parçalarına ayrılarak paketlenmesi şeklinde yapılan üretim sürecinin, hareketli üretim hattına ilk örneği

olduğu düşünülmektedir (Halpern, 1997, s. 7-10). Henry Ford, mezbahadaki elektrikli konveyörde asılı olan etten ilham alarak 1913 yılında Highland Park Michigan'daki fabrikasında geliştirdiği hareketli montaj hattı ile seri üretimin yolunu açmıştır. Bu yöntemle Ford, tarihin en çok satan otomobillerinden biri olan Model T'nin üretimini, önceden tasarlanmış parçaları montaj aşamasında sırayla bir araya getirerek gerçekleştirmiştir (Kayacan vd., 2016, s. 156).

1.1.2. Yalın Üretimin Doğuşu

Toyoda ailesinin üretim hayatına adım atması, Sakichi Toyoda'nın, otomatik dokuma tezgahını Japonya'da ilk olarak geliştirmesiyle başlamıştır. O dönem şartlarında Japonya tekstil endüstrisi için bir devrim olarak kabul edilen Sakichi Toyoda'nın bu buluşu sonrasında, 1918'de Toyoda iplik ve dokuma fabrikasını kurmuştur. 1924 yılında Sakichi Toyoda otomatik dokuma tezgahını oğlu Kiichiro'nun da yardımıyla tamamlamıştır. Toyoda otomatik dokuma tezgâhları üreten bir fabrikayı iki yıl sonra kurmuştur (Dekier, 2012, s. 47-48).

Sakichi Toyoda 1910 yılında ABD'yi ilk kez ziyaret etmiştir. Sakichi Toyoda otomotiv sektörünün 20. Yüzyılda önemli bir konuma geleceğini fark etmiştir. Fakat Toyoda ailesinin bu sektöre girmesi yaklaşık 20 yıl sonra gerçekleşmiştir. 1929 yılında Kiichiro Toyoda, otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren yerel şirketleri incelemek amacıyla ABD'ye teknik gezi düzenlemiştir (Ohno, 1988, s. 2-5). Kiichiro Toyoda, Ford tarafından uygulanan kitlesel üretim uygulamalarından çok etkilenmiştir.

Toyota Motor Şirketi üretime başladığı dönemde Kiichiro Toyoda, ABD'de tanık olduğu bazı kararları uygulamaya karar vermiştir. Fakat Japonya ciddi manada azalan talepten muzdarip durumda ve sıkıntılı bir ekonomik süreçle mücadele etmekteydi. Bu nedenle Ford'un uyguladığı gibi otomobilleri aynı montaj hatlarında çok sayıda üretmek o dönem için pek mümkün değildi. Onun yerine daha az sayıda üretim yapılmaktaydı. Toyota fiması, Avrupalı ve Amerikalı otomotiv sektörü işletmelerinde uygulanan kitlesel üretimle rekabet edebilmek ve bu ağır şartlarda ayakta kalabilmek için üretim yöntemini değiştirmek zorunda olduğunun farkındaydı (Toma ve Naruo; 2017, s. 570-571). Kiichiro Toyoda,

müşterilerin istenen, yüksek kaliteli ve uygun fiyatlı otomobilleri alacağı hızlı ve esnek yapıda bir üretim süreci yaratmanın gerekli olduğunun tam olarak anlamıştı.

Amerika Birleşik Devletleri'nin üretim verimliliğinin 1930'ların başından itibaren önemli bir artış göstermesi, Toyoda Ailesi tarafından fark edilmesiyle yalın üretimin temelleri atıldığı söylenebilir. Ama gerçek manada yalın üretimin temelleri Amerika'da ki verimlilik artışını araştırmak üzere Toyoda Ailesi'nden olan Eiji Toyoda ve mühendis Taiichi Ohno'nun riyasetinde Ford Otomobil Fabrikasını incelemek üzere gerçekleştirilen gezide atılmıştır. Bu gezi sürecinde kitlesel üretim modelleri enine boyuna incelenmiş ama bu üretim modellerinin Japonya için hiç de uygun bir üretim modeli olmadığı görülmüştür (Dekier, 2012, s. 47-48). Bunun üzerine yepyeni bir üretim ve de yönetim fikir ve anlayışının geliştirilmesi gerektiğine karar vermişlerdir.

Toyoda ve Ohno kitlesel üretiminin Japonya için uygun bir model olarak görmemesinin altında yatan en önemli sebep seri üretim modelinin ciddi manada israf içeren bir model olarak görmeleridir. İsrafin nedenleri olarak da seri üretim sisteminin aşırı bir iş bölümüne dayanmasını, çok büyük fabrika mekanlarında binlerce işçinin ve oldukça pahalı makinaların yer almasını göstermişlerdir (Becker, 1998, s. 2). Üretim faktörlerinin gereksizce kitlesel olarak kullanılmasının çok büyük fabrika mekanlarında, binlerce işçinin ve oldukça pahalı makinaların uzun zaman çalışmasının maliyetleri gereksiz yere artırdığını düşünmüşlerdir.

Toyoda ve Ohno'nun seri üretim sistemine eleştirel bir gözle yaklaşımlarının bir diğer nedeni de, Japonya'nın o dönem için görece sınırlı kalan koşulları olmuştur. Japonya'nın kişi başı düşen milli gelir seviyesi o dönem için ABD ve Avrupa ülkelerine oranla oldukça düşük seviyede seyretmekteydi (Lewis, 2000, s. 964-967). Hem Toyota işletmesinin hem de Japonya'nın genel sermaye birikimi yetersiz düzeydeydi.

Japonya otomobil pazarı ABD ve Avrupa pazarlarına göre çok daha küçük bir pazardı. Pazarın küçük boyutta olmasına karşılık, 1950'lerde Japonya'da aynı pazar diliminde rakip olan on iki otomobil üreticisi bulunuyordu. Toyoda ve Ohno,

kitlesel üretim sisteminin bütününe incelemeleri sonucu 1950’lerde Amerikan otomobil pazarı ile ilgili şu yargılara vardılar (Aslantaş, 2014, s. 1214):

- Amerika pazarı farklılık arz etmeyen fakat geniş bir pazardır.
- Amerika otomobil pazarı kısıtlı tipte aracın çok sayıda üretilerek satılabileceği bir pazardır.
- Müşterilerinin çoğunluğunu orta sınıfın oluşturduğu henüz tam olarak doymamış bir pazardır.
- Amerikan İşletmeleri zaman içinde büyük sermayeler birikmiştir.
- Pazarda rekabet görece düşüktür.
- Kitlesellik ve israf, Amerikan İşletmelerince bir sorun olarak düşünülmemektedir.
- Aşırı iş bölümü yapılmakta ve her şeyin müsrifçe kullanılmasına dayalı olan kitlesel üretim sisteminde, üretim sayıları çok yüksek düzeyde tutulmaktadır.
- Yüksek maliyetli makineler uzun vadede tam kapasite kullanılabildiği takdirde, birim maliyetler düşmekte ve bu durum karlılık oranlarını yüksek düzeye çıkarabilmektedir.

1950’li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri böylesi bir tablo çizerken, aynı dönem Japonya’da faaliyet gösteren Toyota firması çok farklı bir yapı sergilemekteydi. İkinci Dünya Savaşı’nın başlaması ile birlikte otomobil üretimi Japonya’da durma noktasına gelmişti. Japon Hükümeti savaş nedeniyle silah üretimine ağırlık verdiği için, o dönemde sadece savaşa yönelik arazi aracı üretilbilmişti. Savaşın bitmesiyle birlikte otomobil üretimine yeniden geçilmişti. Japonya’da patlak veren ekonomik kriz dolayısıyla, Toyota otomobil fabrikası, işçilerin maaşlarını vermekte zorlanmıştı. Bunun için de işçi çıkarma girişimlerinde bulunmuştu. Fabrika içinde kurulan işçi sendikası bunu kabul etmeyerek, işçi çıkartılmamasına karşılık maaşlarından %10 fedakârlık yapabileceklerini bildirmişlerdi. Fakat fabrika yönetimi bu öneriyi kabul etmedi. İşçiler de 2 aylık greve girdi. Toyota bu olaya restini çekerek lokavt ilan etti (Fujimoto, 1999, s. 38-40).

Toyota Otomobil Fabrikası bu olumsuzluklar neticesinde 1950’lerde bitme noktasına gelmişti. Fakat tam bu dönemde ABD ile Kore savaşı girmişti (Chowdhury, 2014, s. 131). Amerika Birleşik Devletleri’nin binlerce km uzaklıktan yüzlerce kamyonu getirmesi mümkün değildi. Bu nedenle de kamyonları, Japonya’daki Toyota firmasından satın aldı. ABD’den parayı peşin olarak tahsil etmişlerdi. Bu olumlu gelişme Toyota otomobil fabrikasını yaşadığı zor durumdan kurtardı. Bundan sonra artık Toyota başka ülkelere de otomobil satmaya başladı.

Taichi Onho’nun, Amerika’da bir süpermarkette gördüğü uygulamalardan çok etkilenmesini yalın üretim sisteminin ortaya çıkmasında milat olarak kabul edebiliriz. Süpermarkette ara aşamalar olmadan ve müşterilerce doğrudan pek çok sayıdaki farklı ürünü görebilmesini sağlayan raf düzeneği, Onho’yu çok etkilemişti. Buna göre süpermarkette müşteriler ihtiyacı olan ürünleri raftan boşalttıkça görevli personel rafları geri doldurmaktaydı. Bu sayede satılan mal tekrar yerine konabilmekteydi (Chiarini, 2012, s. 3-4). Örneğin üç kutu deterjan bulunan bir raftan müşterinin aldığı bir kutu ile oluşan eksilme, market görevlisinin eksiği tamamlaması ile tamamlanmış oluyordu.

Ohno, bu yaklaşımı kendi üretim hatlarında da kullanabileceğini düşünmüştü. Bir işleme merkezi oluşturulacak ve ihtiyaç olunan malzemeler süpermarket olarak isimlendirilen depolama yerinden alınacak ve bir başka görevli ise eksilen malzemeleri tamamlayacaktı. Önemli olan, fabrikanın içerisinde yer alan süpermarket rafında ne kadar malzeme bulunması gerektiği idi. Asgari stok miktarı belirleme işini, Toyota ekibi başarı ile çözerek süpermarket yaklaşımını uygulamaya koymuştur (Ohno ve Bodek, 2019, s. 48-50).

1.1.3. Yalın Üretime Katkıda Bulunan Gelişmeler

Endüstri Devrimi, malların üretim şeklinde önemli değişiklikler getirmiştir. Endüstri Devrimi sonrasında üreticiler daha kısa sürede uygun standartta ve daha büyük miktarda üretim yapmak için makine kullanmaya başlamıştır. Tekstil, madencilik, cam ve tarım sanayilerinde önemli ölçüde değişiklikler Endüstri Devrimi ile gerçekleşmiştir. Çıkrık, su çarkı ve buhar makinesi tecrübeli ve

yetenekli ustaların yerine geçerek onların rollerini üstlenmiştir. Ürünlerin daha ucuz ve daha hızlı üretilmesi sayesinde ürün arzı oldukça artmıştır. Bunun bir yansıması olarak da o zamanlar için talep miktarı arz miktarından fazla bir hale gelmiştir (Yenihan, 2017, s. 186).

1890'ların başlarında, bilimsel yönetimin babası Frederick Taylor; fabrika düzeyindeki çalışma yöntemleri ve işçileri yakından araştırmış ve çalışma yöntemlerini, süreçleri ve operasyonları, verimlilik elde etmek için işin standartlaştırılması gerektiğini ortaya koymuştur (Nolan, 1994, s. 6).

Henry Ford ve Charles Sorensen, Model T otomobili üretmek için insanların yanı sıra makineler, aletler ve ürünleri de dahil ederek bir üretim sisteminin tüm önemli unsurlarını ayarlamışlardır. Ford, otomobillerin etkili ve verimli bir şekilde üretilmesi için hattaki her kişiye özel görevler belirleyerek montaj hattını geliştirmiştir. 1908 ve 1927 yılları arasında Ford, yaklaşık 15 milyon Model T otomobil üretmiştir (Emadi, 2011, s. 11). Hatta çalışanlarına arabaları karşılayabilecek kadar yüksek ücretler ödeyerek onları da tüketici yapmıştır.

Sakichi Toyoda, 1918 yılında Toyoda iplik ve dokuma şirketini kurmuştur (Holweg, 2007, s. 421) Sakichi Toyoda, Jidoka konseptini geliştirerek tüm atıkları ortadan kaldırmayı amaçlayarak 1896 yılında sadece manuel çalışmanın yerine geçen otomatik tezgahı icat etmiştir.

Takt zamanı kavramı, ilk olarak 1930'larda Alman uçak sanayinde kullanılmıştır. Takt, zaman aralığı için kullanılan müziksel ölçünün Almanca karşılığı olan bir kavramdır. Takt, uçağın bir sonraki üretim istasyonuna doğru ilerletildiği zaman aralığıdır. Bu kavram, 1950'lerden sonra Toyota tarafından da kullanılmaya başlanmıştır. Toyota bir üretim prosesi için takt zamanını her ay düzenli olarak gözden geçirmektedir (Haghsheno, 2016, s. 56-57).

Tablo 1.1 Yalın Üretimin Gelişmesine Etki Eden Faktörler

ETKİ EDEN FAKTÖR	TARİH	ÖNEMİ
Endüstri Devrimi	1760	Su ve buhar gücünden faydalanılarak mekanik üretim yapabilen sistemler ortaya çıktı
Frederick tarafından Taylor Bilimsel Yönetim Teorisi geliştirildi.	1890	Taylor, çalışmalarında gereksiz harcamaların önüne geçerek iş verimliliğinin artırılacağını savunmuştur.
Sakichi Toyoda ahşap el dokuma tezgahını icat etti.	1890	Toyoda Ailesinin üretim hayatına başlaması açısından önemlidir.
Otonomasyon ilk kez uygulandı.	1902	Sakichi Toyoda'nın icat ettiği bir dokuma tezgahında iplik koptuğu zaman kendini durdurabiliyordu.
Henry Ford hareket eden montaj hattını Model T üretiminde kullandı.	1912	Şase motaj süresi 12 saatten 3 saate indi.
Takt zamanı ilk defa kullanılmaya başlandı	1930	Takt zamanı 1930'larda Alman uçak Sanayinde ilk defa bir üretim yönetim aracı olarak kullanılmıştır.
Deming döğüsü geliştirildi.	1939	İstatistiksel kalite kontrolünde çok önemli çalışmaları olan Dr. W. Edwards Deming, Shewhart'dan etkilenecek Planla, Uygula, Kontrol et ve Önlem al (PÜKO) döğüsünü geliştirmiştir.
Toyota finansal krize girdi.	1950	Jopanya'da patlak veren ekonomik kriz dolayısıyla Toyota otomobil fabrikası, işçilerin maaşlarını ödemekte zorlandığı için işçi çıkarma girişimlerinde bulundu. Fabrikanın içinde kurulan işçi sendikası bunu kabul etmeyerek, işçi çıkartılmaması şartına karşılık maaşlarından %10 fedakârlık yapabileceklerini bildirdiler. Fakat fabrika yönetimi bunu kabul etmedi. İşçiler de 2 aylık greve girdi. Toyota da restini çekerek lokavt ilan etti. Bu kriz ABD tarafından alınan siparişle aşıldı.
Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno'nun ABD gezisi	1950	Amerika'da ki verimlilik artışını araştırmak üzere Toyoda Ailesi'nden olan mühendis iş adamı Eiji Toyoda ve Japonların dahi kabul ettiği mühendis Taiichi Ohno'nun öncülüğünde Ford Otomobil Fabrikasını incelemek üzere gerçekleştirilen gezi de atılmıştır. Bu gezi sürecinde kitlesel üretim modelleri enine boyuna incelenmiş ama bu üretim modellerinin Japonya için çok uygun yöntemler olmadığı görülmüştür. Bunun üzerine yeni bir üretim ve yönetim anlayışının geliştirilmesi gerektiğine karar vermişlerdir.
Toyota Üretim Sistemi fikri ortaya çıktı.	1950	Toyota Üretim Sistemi, 1950 yılında Taichi Ohno tarafından geliştirildi. Ohno bu fikri ortaya çıkarırken, Amerika'da bir süpermarkette gördüğü uygulamalardan çok etkilendi.
Dr. W. Edwards Deming'i Japonya'ya davet edilerek üst düzey yöneticilere ve Mühendislere konferanslar vermesi sağlanır.	1950	Deming'in sekiz gün sürecek konferansları 1950 Temmuz'unda başlar. Deming'in verdiği bu konferanslarla birlikte Japonya'da kalite kontrol üst seviyelere çıkar,

(Elber, 2013, s. 4)

Kiichiro Toyota, Toyota Motor'un kurucusu ve ikinci başkanıdır. Sakichi Toyoda'nın da oğludur. 1937'de Toyota Motor Corporation'ı kurmuştur (Yusoof

vd., 2016, s. 54) . Babasının Jidoka konseptini ileri taşıyarak tam zamanında imalat (JIT) konseptiyle ilgili felsefesini geliştirmiştir (Fujimot, 1999, s. 5-7).

Taichi Ohno Tam Zamanında Üretim sistemini Jidoka Sistemiyle entegre etmiştir. Ford'un yöntemlerini incelemek için Amerika'ya yaptığı ziyaretten sonra, tüketicilerden gelecekteki ihtiyaçlarını raflardan gerekli ürünleri seçecekleri ve ürünlerin nasıl doldurulacağını anlamıştır (Dominici ve Palumbo, 2013, s. 154-156). Bu ona başarılı kanban sistemini kurması için ilham vermiştir. Ürün tasarımından tüketicilere satış sonrası hizmetlere kadar tüm süreçlerde kaliteyi birleştirmek için Dr. Edwards Deming yöntemini uygulamıştır. Bu, bu felsefeyi Kiiciocho'nun tam zamanında kavramı ve Kaizen prensibi ile bütünleştiren Ohno yalın üretim sisteminin gerçek mimarı olarak kabul edilmektedir (Becker, 1998, s. 2-3). Yalın üretimin gelişmesine etki eden tüm faktörler Tablo 1.1'de özetlenmiştir.

1.2.YALIN ÜRETİM KAVRAMI

Yalın üretim, mal ve hizmet elde etme sürecini israf olarak kabul edilen unsurlardan arındırarak ve sadeleştirerek sunulan, böylece işletme karlılığını arttırmak amacını taşıyan bir kavram, teknikler ve sistemler bütünüdür. Yalın üretim açısından atık, normalde müşteri perspektifinden olağan anlamının ötesinde değer yaratmayan ve müşterinin fazla ödeme yapmayı kabul etmeyeceği herhangi bir şey olarak ifade edilir (Jasti ve Kodali, 2015, s. 868-869). Yalın üretimde tasarımından sevkiyata kadar ürün ve hizmet oluşumunun tüm aşamalarında her türlü israfı ortadan kaldırarak maliyetlerin düşürülmesi, piyasa koşullarına uyum esnekliğinin kazanılması, müşteri memnuniyetinin artırılması ve nakit akışının hızlandırılması hedeflenmektedir. İsrاف olarak; stoklar, beklemler, hatalar, gereksiz hareketler, aşırı üretim, gereksiz işler, gereksiz taşımalar kabul edilmektedir (Warnecke ve Hüser, 1995, s. 41-42).

1.2.1. Yalın Düşünce

Yalın düşüncede israf, bilinen anlamının çok ötesinde ürün veya hizmetten faydalanan tüketiciye herhangi bir fayda sunmayan, ayrıca müşterinin gereksiz yere fazladan bedel ödemeyi kabul etmeyeceği her şey olarak ifade edilmektedir

(Liker ve Convis; 2012, s. 4-6). Ürün yaratma aşamalarında karşılaşılan her türlü israfın yok edilmesi ve bu sayede maliyetlerin azaltılması, müşteri memnuniyetinin artırılması, piyasa rekabet koşullarına uyum ve esnekliğin kazanılması, nakit akışının hızlandırılması dolayısıyla da işletme kârlılığının artırılması yalın düşüncenin temel hedefleridir (Mann, 2005, s. 8) .

Yalın düşünce uygulamaları sayesinde sistemde yer alan israflar sürekli olarak azaltılmaktadır. İsrafa neden olan kaynaklar aslında daha fazla değer yaratmak amacıyla kullanıldığında işletmelerin kârlılığı ve rekabet gücü normalde artmamaktadır (Arunagiri ve Gnanavelbabu; 2014, s. 2168-2169) Aksine israf önlendiği zaman maliyetler düşmekte ve müşteriler israflar önlendiği zaman daha kaliteli ürünleri daha ucuz maliyetle satın alma imkanına kavuşabilmektedir.

Yalın düşünce üretim sektöründe, hizmet sektöründe, sivil toplum örgütlerinde, kamu ve özel kesim kuruluşlarında ve her türlü işletme ve organizasyonun başarısının, devamlılığının sağlanmasında benimseyebileceği ve etkili bir şekilde uygulayabileceği temel yöntemler içerdiğini ifade edebiliriz. Kullanılan yaklaşım ve teknikler, idari ve ticari iş süreçlerinde; ürün ya da hizmet tasarımı, yönetim faaliyetleri gibi etkinliklerde uygulanabilmektedir. Bu kullanılan teknik ve araçların kurumlar için farklılık gösterdiği görülse de yalın düşüncenin prensipleri evrensel boyuttadır. Yalın düşünce dünya genelinde geçerliliği ve başarısı kanıtlanmış uygulamalar çerçevesinde geliştirilmiştir (Hines, Holweg ve Rich, 2004, s. 994-997).

Yalın düşünce sisteminin üreticilere kattığı en önemli avantajlardan birisi de her şeyin müşterinin istediği zamanda ve miktarda üretebilmesini sağlamasıdır. Her bir üretim adımı, bir sonraki adımda ihtiyaç duyulan süre ve miktarda üretmek için kanban adı verilen kartlarla tetiklenmesi sağlanmaktadır. Bu mantığı tedarikçi firmalar zincirinde de uygulayarak kaynaklarını oldukça etkin kullanabilme imkanına kavuşmuştur(Lander ve Liker, 2007, s. 3682-3684).

Yalın düşüncenin en kilit özelliklerinden birisi de insandır. Bu düşünce yapısı insana saygı gösteren ve önceleyen bir sistemdir. Bu saygı ücretlerin yüksekliğinde ve çalışanları sistem içerisinde daha da etkili olması için en önemli aktörler olarak insanları devreye almasıyla da kendini göstermektedir. Çalışanların

iş güvenliği ve emniyeti, iş ortamının düzenli olması, temizliği, hijyeni, iş standartlarına bağlı olarak çalışılması ve ergonomi göze çarpan en temel unsurlardır. Personelin işlerini kusursuz yapmaları ve de kendilerini sürekli geliştirecek faaliyetlerde bulunmaları için pek çok uygulama yapılmaktadır (Black, 2007, s. 3643-3645).

1.2.2. Yalın Üretimin Tanımı

Yalın üretim; işletmelerin üretim sistemlerini hızlı servis, maksimum kalite, minimum maliyet prensipleriyle şekillendirmektedir. Yalın üretim, israf olarak kabul edilen durumları tanımlayarak, bunları fark etmemizi ve azaltmamızı sağlamakla bize önemli katkılar sunan bir üretim yöntemidir (Wilson, 2010, s. 9-10). İsrafları mümkün olduğunca azaltarak veya tamamen ortadan kaldırarak maliyetleri olabilecek en az düzeye indirip, üretim sürecini hızlandıran ve kaliteyi arttıran sistematik bir yaklaşımdır.

Bir ürünün müşteriye ulaşmadan önce hazırlanma sürecinde, gereksiz harcamalardan kaçınılarak maliyet düşürülürken, tüm süreçlerde müşteri için değerli ve önemli olan özellikleri içinde barındıran adım, kavram, teknik ve sistemlerin bütününe yalın üretim olarak tanımlamak mümkündür (Pazek, 2021, s. 3-5) .

Kitlesel üretimde tipik olarak bulunan yedi temel israf için Taiichi Ohno'nun sınıflandırması aşağıdaki gibidir (Wahab vd; 2013, s. 1295-1297; Kilpatrick, 2003, s. 2-3)) :

1. **Aşırı üretim:** Süreç tarafından gerçekte istenenden daha fazla üretim yapmak.
2. **Bekleme:** Makinelerin, ekipmanların, çalışanların arıza veya darboğaz gibi nedenlerle boş yere durması.
3. **Taşıma:** Ürünlerin, hammaddelerin, ekipmanların gereksiz yere taşınması.
4. **İşleme:** Lüzumsuz veya doğru olmayan işlem yapmak.

5. **Stok:** Mamul, yarı mamul ve hammadde gibi stok edilmesi gereken her şeyin lüzumlu olan minimum stoklardan daha fazlasına sahip olunması.
6. **Gereksiz Hareket:** Çalışanların ihtiyacı olan malzemeleri, alet ve edevatı araması gibi gereksiz ve zorlayıcı hareketler yapmaları.
7. **Düzeltilme:** Muayene, ıskartaya ayırma ve yenileme gibi işlemler.

Ohno'nun belirttiği bu yedi israfa daha sonra çalışanların yeteneklerinden faydalanmamak da eklenmiştir. Günümüzde sekiz önemli israf olarak kullanılmaktadır.

Yalın üretim içerisinde ortadan kaldırılması gerektiği düşünülen Muda, Mura ve Muri olarak adlandırılan üç kavram bulunmaktadır (Pienkowski, 2014, s. 2-5). Bu üç kavram israf içeren uygulamaları toplu olarak ifade etmektedir. Bu terimler Japonca baş harfleri M ile başladığı için 3M olarak da adlandırılır.

Muda kavramı; müşteri için bir değer yaratmayan ve kaynakların boş yere heder edilmesine neden olan herhangi bir eylem olarak tanımlanabilmektedir. Mudayı birinci tür muda ve ikinci tür muda olarak ikiye ayırabiliriz. Birinci tür mudayı çabucak ortadan kaldırabilmek pek olası değildir. İkinci tür mudayı kaizen uygulamasıyla çabucak ortadan kaldırılabilir. Birinci mudaya bir örnek olarak yeterliliği düşük olan bir boyama ünitesinden müşteri için kabul edilebilir bir hata için yapılan rötuş operasyonunu verebiliriz. İkinci mudaya ise örnek üretim birimleri arasında gerçekleşen gereksiz yürüme mesafelerini verebiliriz (Dennis, 2017, s. 25) .

Mura kavramı; bir üretim sürecinde düzensiz olarak gerçekleştirilen iş yükü olarak tanımlanabilir. Örnek verecek olursak, bir üretim sürecinde çalışanların acele etmesine veya lüzumsuz olarak beklemesine neden olan sürekli değişiklik gösteren üretim planını örnek verebiliriz. Çalışma şeklindeki çarpıklık çoğu zaman işletme yöneticilerinin üretim planına ve çalışma hızına dikkatlice odaklanmasının sağlandığı takdirde ortadan kaldırılabilir (Eaton, 2013, s. 35).

Muri kavramı; çalışanlara ve ekipmanlara aşırı yüklenme olarak tanımlanabilir. Örnek verecek olursak forkliftinizin yük taşıma kapasitesi 300 kg fakat bu forkliftle 800 kg yükü kaldırmaya çalışılıyor. Sonuç olarak bu forklift belli bir süre sonunda arıza verecektir. En iyi ihtimalle servis ücreti ödemek suretiyle tamir edilecektir. Tabi bu durum işletme için israf olan bir maliyet ortaya çıkartmış olacaktır. Bu nedenle ihtiyaçların ne olduğunu anlamak ve bu ihtiyaca göre ürün ve çalışanlar tespit edip yol haritasının belirlenmesi gerekmektedir (Lambert, 2008, s. 218).

1.2.3. Yalın Üretimin Amacı

Toyota Motor Şirketi yalın üretim kavramını geliştirirken israfı belirlemek ve tamamen ortadan kaldırmak üzere üretim akışını iyileştirmeyi hedefliyordu. Bu yaklaşım daha önce görülmüş üretim yaklaşımlarından oldukça farklıydı. Yüksek gayret ve çaba gerektiren bir yaklaşımdı. Toyota bu sistemi yıllar içerisinde geliştirmek için yoğun bir gayret gösterdi (Jasti ve Rambabu; 2015, s. 867-868). Yalın üretim sistemi 20. Yüzyılın üçüncü çeyreğine kadar daha çok Japonya ile sınırlı bir sistem olarak kaldı. Akabinde İngiltere'deki otomobil üreticisi işletmeler yalın üretim sistemlerini inceledi ve uygulamaya başladı. 20. Yüzyılın sonlarında yalın üretim kavramı otomobil üreticilerinin dışında da uygulanmaya başladı.

Çağımızın global rekabetçi ortamında işletmeler her geçen gün artan talebe cevap vermek zorundadır. Günümüzde işletmeler varlıklarını devam ettirebilmek için müşterilerinin yüksek kalite, düşük fiyat ve hızlı teslimat beklentilerini ivedilikle karşılayabilmek ve talep edilen çeşitte ürünü siparişlere göre uyum sağlamak zorundadır. 1900'lü yıllara kadar geçerli olan ne üretirsem satarım, maliyetim yükselirse fiyatı arttırırım, gecikirsem müşteri bekler anlayışına artık günümüz ticaret anlayışında yer yoktur. Çünkü eksiklik rekabet ortamında kabul görmez. Her eksiğinizde yerel veya uluslararası bir rakip yerinizi mutlaka hızlıca dolduracaktır. Bilinçlenen tüketiciler, çok yada az sayıda rakibin olduğu bir ortamda aradığını bulacaktır (Dennis, 2017, s. 181-182).

Günümüz şartlarında pazarda yer alan tüketicilerin değişik ihtiyaçlarını karşılayabilmek belirli birkaç tip ürün geliştirerek mümkün gözükmemektedir.

Müşteri portföyünün genişletilmesi için kişiye özel ürünlerin geliştirilmesi ve bunun hızlı bir şekilde ve düşük maliyetle sunulabilmesi gereklidir. Ürün yaşam döngüsü her geçen gün kısalmaktadır ve ürünlerin ömrü tamamlandığında talep edilen bir ürüne yatırım yapmış olmak için ürün geliştirme süresinin oldukça kısaltılmış olması gerekmektedir (Nicholas, 2016, s. 363-365).

Ağır rekabet şartları nedeniyle fiyatlar devamlı düşmektedir. Rekabet şartlarına ayak uydurmak için fiyat indirimleri yapmak gerekir. Fakat bu indirimleri yapabilmek, maliyetler azaltılmadığı sürece çok da mümkün değildir. Ayrıca işletmeler yapmakta olduğu işleri en kısa sürede paraya dönüştürmek zorundadır. İş dünyasının bu değişimi doğru algılayarak ayak uydurması gerekmektedir. İşletmeler yaşanmakta olan problemlere çözüm üretirken elindeki kaynakları etkili ve verimli kullanması gerekmektedir. Yalın üretim işletmelerin var olan problemlerini ortaya çıkararak ve daha etkin çözüm yollarını göstererek hem işletme hem de ülke için ciddi avantajlar sağlar (Gaikwad ve Sunnapwar, 2021, s. 49-50).

Yalın Üretimin genel olarak amaçlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Chiarini, 2015, s. 136-137):

- Değer yaratma fonksiyonunu ilk hammaddeden başlayarak sağlamak.
- Müşterinin ihtiyacı olan ürünleri ve müşteri beklentilerini; fonksiyon, kalite ve fiyat açısından istenilen düzeyde sağlamak.
- Müşterinin istediği ürünleri istediği zamanda tedarik edebilmesini sağlamak.
- Emek, alet-edevat, zaman, kullanım alanı vb, kaynakları olası en minimum düzeyde kullanarak çıktı elde edilebilmesini sağlamak.
- Müşteri için değer katarak üretim faaliyetlerine odaklanabilmek.
- Değer yaratma süresince kesintisiz akış sağlanarak ve hızlı bir şekilde nihai tüketicilere ulaştırılmasını sağlamak.
- Değer zincirine bütünsel bir çerçevede bakabilmek.
- İsraf kalemlerini en minimum seviyeye indirmek.
- Üretim faaliyetlerini müşteri için mükemmel bir değer sunma amacına yönlendirmek.

1.2.4. Yalın Üretimin Özellikleri

Yalın üretim; verimliliği ve etkinliği yüksek düzeyde üretim sağlama için önemli bir adımdır. Japon otomotiv firması olan Toyota tarafından geliştirilen yalın üretim; insan kaynaklarının ve seri üretimin avantajlarını birleştirmektedir. Böylece yüksek maliyetlerden arındırılmış bir üretim süreci meydana gelmektedir. Yalın üretimde; farklı çeşitlerde mamuller üretmek için süreçlerinin her düzeyinde çok yönlü yetiştirilmiş personel çalıştırılmalıdır. Yüksek düzeyde esnekliği olan, otomasyonu gittikçe artan makineler kullanılmaktadır (Aka vd, 2018, s. 659).

Yalın üretim sisteminde, hedefleri gerçekleştirebilmek için üst kademe yöneticilerden alt kademedeki çalışanlara ve tedarikçilere kadar herkesin çalışmasını bir bütün olarak birleştirmesi gerekmektedir (Chiarini, 2012, s. 118).

Yalın üretim, katı bir hiyerarşiden ziyade çalışanların yeteneklerinin öğrenilmesini ve bunları bir takım atmosferi içinde uygulanmasını gerektirmektedir. Yalın üretim, bu özelliği ile de insanların çalışma usulünü değiştirmektedir (Becker, 1998, s. 3).

Yalın üretimin bir başka özelliği de, görevleri örgütlerin yapısal piramidinin en alt kademesinde ki kişilere kadar yaymasıdır. Sorumluluk, işletmelerin organizasyon yapısının en alt kademelerinde yer alan çalışanlara kadar indirilmektedir. Fakat bu durum aynı zamanda pahalıya mal olan hataların yapılması endişesini de ortaya çıkarabilir (Arunagiri ve Gnanavelbabu, 2014, s. 2173).

Yalın üretim, mümkün olduğunca hatasız üretim yapılmasını ister. Sürekli düşen maliyetler, sıfır hata ile imalat, sıfır stok ve sonu gelmeyen ürün çeşitliliği gibi hedefler, kusursuzluk, yalın üretimin beklentileridir. Yalın üretici sürekli mükemmellik arayışı içindedir (Dennis, 2017, s. 15)

Yalın üretimi karakterize eden altı başarı faktörünü şu şekilde sıralayabiliriz (Cesur, 2004, s. 7-16).

- 1-Projenin yöneticisi,
- 2-Takım çalışması,

- 3-Bilgi kültürü,
- 4-Tedarikçilerle entegrasyon,
- 5-Eşzamanlı mühendislik
- 6-Tüketici oryantasyonu

Bu 6 başarı faktörünün uygulanmasını öngören bu yaklaşım tarzının temelinde kalite kontrol sistemi yatmaktadır. Kalitenin tek bir departmanın sorumluluğu olmadığını, mal ve hizmet oluşturulurken kalitenin kademeli olarak elde edildiğini benimseyen bu sistem, yalın üretimin temel taşlarından biridir (Chiarini, 2012, s. 118).

1.2.5. Yalın Üretimin Temel Kuralları

Yalın üretim, lüzumsuz iş süreçlerini ortadan kaldırarak eldeki imkanların belli bir akış düzenine konması ve bir etkinlikle ilgili işgücünün yeniden organize edilerek sürekli gelişim göstermesi için çaba gösterilmesi sayesinde işletmelerin gelişebileceğini öngören bir felsefe olarak ifade edilebilmektedir. Bu yaklaşım gereğince işletmelerin sahip olduğu insan kaynaklarının, kullanım alanının (mekân), zamanın, tüm üretim faktörlerinin ve tüm harcamaların mümkün olan en uygun düzeyde değerlendirilebilmesi öngörülmektedir. Aynı zamanda müşteri istek ve ihtiyaçlarına karşı oldukça duyarlı ve esnek olunması bu yaklaşımın bir başka beklenen sonucudur (Goh ve Goh, 2019, s. 227-228).

Yalın üretim, mümkün olan en az girdi ile mümkün olan en kısa zamanda, düşük maliyetle ve daha yüksek kaliteli çıktı elde etmek demektir. Yalın olma kavramında, daima elde bulunan kaynakların optimum biçimde kullanımının ve ihtiyaç olmayan hiçbir şeyin elde bulundurulmaması düşüncesi bulunmaktadır (Lambert , 2008, s. 218). Yalın üretimi uygulayan işletmeler için sahada unutulmaması gereken 10 altın kuralı ise şöyle özetleyebiliriz (Chiarini, 2012: 55-67)

1. İmalatın geleneksel katı görünümünden kurtulun.
2. Bir şeyin nasıl olabileceğini düşünün, neden olmayacağını değil.
3. Mazeret üretmeyin, mevcut uygulamayı sorgulayarak başlayın.
4. Mükemmellik aramayın, hedefin yüzde 50'si bile olsa hemen uygulayın.

5. Gördüğünüz hatayı anında düzeltin.
6. Kaizen için para harcamayın.
7. Zorluklarla karşılaşıldığında bilgileri ortaya dökün.
8. Sorunun ana sebebini bulmak için beş kez 'niçin' sorusunu sorun.
9. Bir kişi yerine 10 kişinin zihnine ve bilgisine danışın.
10. Son olarak unutmayın ki Kaizen için fırsatlar sonsuzdur.

1.3.YALIN ÜRETİMİN İLKELERİ

Yalın üretimin ilkeleri, Jeffrey Liker tarafından 2003 yılında yayınlanan Toyota Tarzı (The Toyota Way) isimli kitapta ifade edilmiştir. Toyota Üretim sistemini, sürekli iyileştirme ve insanlara saygı olmak üzere iki ana eksene ayırmak mümkündür. Bu iki ana eksen 14 ilke yer almaktadır. (Dora ve Gellynck, 2015, s. 278).

Yalın üretimin genel olarak 5 temel ilkesi bulunmaktadır. Buna göre; ürünün ya da hizmetin değeri belirlenmekte, ürünün ya da hizmetin değer akışı sağlanmakta ve bu akışın sürekli hale getirilmesi sağlanmakta, sonra çekme ilkesi ile müşterinin talebine göre üretim yapılıp stok yapılmasına engel olunmakta, son olarak da mükemmellik ilkesi ile sürekli iyileştirme sağlanmaktadır (Aydın; 2018, s. 22-23). Bu anlayışı benimseyen ve bunu uygulamak isteyen işletmelerin bu 5 ilkesinin hepsini birlikte uygulaması gerekmektedir (Maleyeff, 2006, s. 675).

1.3.1. Değer

Yalın düşüncenin başlangıç noktası değer olarak kabul edilmektedir. Değer üretici tarafından oluşturulur. Fakat asıl müşteri tarafından tanımlanabilir. Değeri oluşturan üreticiler çoğu zaman doğru tanımlama yapamadıkları görülmektedir (Jasti ve Kodali, 2015, s. 876). Örneğin bazı işletmeler kısa vadeli rekabet taktikleri yaparak ve tedarikçilerden kar transferi yöntemleri ile değer yarattıklarını zannedebilirler. Teknik alt yapısı güçlü olan bazı firmalar değer olarak, ürettikleri mamullerin teknik karmaşıklığı ve teknolojik seviyesi ile bağlantılı olarak tanımlama eğiliminde olabilirler. Başka işletmeler ise değer nereden yaratıldığı konusu üzerinde durabilmektedirler. Halbuki esasında yapılması

gerekli olan değer olarak müşteri bakış açısı ile bakarak düşünmektir. Değer tanımının anlam kazanabilmesi için müşteri ihtiyaçlarının doğru olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

1.3.2. Değer Akışı

Yalın üretimin önemli ilkelerinden bir tanesi de değer akışının ortaya konulmasıdır. Değer akışı ham madde ve malzemelerin ürüne dönüşme sürecinde, bir üreticiden diğer üreticiye ve son olarak nihai tüketiciye kadar olan tüm aşamaları içerir. Tabi bu değer akış süreci oldukça ciddi boyutlarda israf içerebilmektedir (Chen ve Meng, 2010, s. 205-206). Bu israfı azaltmak için üretimde üç tip aktiviteye dikkat etmek gerekmektedir. Bunlar (Hicks, 1939, s. 700-705);

- Müşterinin istediği yönde dönüşümü sağlayan yani değer yaratan faaliyetlerdir. Örnek verecek olursak; boyama, montaj, dokuma gibi...
- Müşteri açısından çok bir anlamı olmayan fakat yapılmak istenen işin olabilmesi için gerekli olan yani değer yaratmayan ama zorunlu olan işler. Örnek verecek olursak; kalıp bağlama, ayar, nakliye gibi faaliyetler.
- Bekleme, hata, tekrar sayma, tekrar sıralama, tamir etme gibi hiçbir değer yaratmayan ve kaçınılması gereken işler.

Değer akışları incelendiği zaman değer yaratmayan aktivitelerin israf olduğu görülmektedir. Maalesef zaman ve kaynakların önemli bir kısmı bu değer yaratmayan işler için tüketildiği çoğu vakit görülmektedir. Bu israfların yok edilmesi zaman ve maliyet konusunda ciddi manada iyileşmeler getirmektedir. Değerin doğru bir şekilde tanımlanıp değer akışındaki israfların ayıklanmasıyla birlikte önemli boyutta tasarruf gerçekleştirilmiş olur (Womack ve Jones; 2015, s. 185-186).

1.3.3. Sürekli Akış

Akış ilkesinin önemini aslında ilk algılayan Henry Ford, 1913 yılında geliştirdiği model T isimli arabanın üretimi sırasında uygulamıştır. Bu arabanın üretimi için son montaj hattında sürekli akış uygulanarak çok ciddi oranında

giderlerini azaltılmıştır. Fakat bu yaklaşım maalesef çok özel durumlarla sınırlı kalmıştır. Çünkü uzun yıllar boyunca hep aynı model arabayı ve oldukça yüksek sayılarda üretmek sadece o günün pazar koşulları olan, ne üretirsem satılır anlayışı çerçevesinde mümkün olmuştur (Womack, Jones ve Roos, 2007, s. 35-36).

Günümüz pazar yaklaşımında ise bir üründen milyonlarca üretmek yerine, sadece sınırlı sayıda veya ufak partiler halinde, üretim ortamının gereklerine göre, ürünü çeşitlendirerek ve müşteri talebindeki dalgalanmalara ayak uydurarak üretim faaliyetlerini gerçekleştirmek gerekmektedir. Bunu başaran işletmelerde üretkenlik ve kalite seviyelerinde oldukça önemli başarılar elde edilmiştir (Rother ve Haris, 2001, s. 12-14).

Kitle üretiminde tasarım, üretim veya satış faaliyetleri için yapılması gereken tüm işlemler tiplerine göre sınıflandırılarak her bir iş tipi için departmanlar oluşturulmaktadır. Ürünler bu oluşturulan departmanlar arasında ve işlem gören diğer ürünler arasında sırasını bekleyerek dolaşmaktadır. Sonuç olarak beklemler, geriye dönüşler, gecikmeler, gözden kaçan her türlü problemler israf olarak karşımıza çıkmaktadır (Hu vd, 2014, s. 2-4).

Seri üretimle hızlı bir şekilde fazladan üretilmiş ürünler sadece bir israf olacaktır. Sürekli akış uygulanabilirse ürün geliştirme, sipariş alma ve fiziki üretim çalışmaları çok kısa sürede tamamlanacaktır. Bu, müşteriye gerçekten istediklerini zamanında tasarlama, planlama ve üretme yeteneği verdiği için, satış tahmini yapma, karmaşık planlama yazılımları kullanma ve stokta olmayan ürünleri itmek için kampanyalar düzenleme ihtiyacını ortadan kaldıracaktır. Böylelikle sadece istenen ürünlerin daha iyi üretimine odaklanabilme kabiliyetini beraberinde getirecektir (Rother ve Shook, 2003, s. 45-46).

1.3.4. Çekme

Yalın üretim çekme prensibi, müşteri tarafından değer kaynaklarından alınmasını şart koşmaktadır. Çekme kavramı, sonraki aşamalarda müşteri arzu etmeden hiçbir şekilde ürün veya hizmet üretilmemesi anlamına gelir. Çekme ilkesi, müşterinin belirli bir ürün talebiyle başlar. Ürün müşteriye ulaşınca kadar

geçen tüm aşamalar geriye doğru izlenmekte ve her aşamanın bir öncekinden talep etmesi suretiyle üretimi şekillenmektedir (Chiarini, 2012, s. 81-82).

Çekme sistemi tam olarak uygulandığı zaman stoklu çalışmaya gerek kalmayacaktır. Bu sayede müşteri tarafından henüz istenilmeyen üretimin yani stoğa üretimin yol açtığı hurda ve fireler engellenmiş olacaktır. Her bir üretim departmanı için çizelgeleme yapmak gerekmez. Üretim sürecinin baş tarafına doğru talep dalgalanmaları oluşumu engellenmiş olacaktır (Elbert, 2013, s. 157-158). Çekme sistemi sayesinde talepteki değişimlere anında uyum sağlanmaktadır. Böylece müşterilerin beklentileri zamanında karşılanacaktır. İşletmeler bu durumdan emin oldukları takdirde stokta kalmış ürünleri elden çıkarmak için kampanyalar yapmak zorunda kalmayacaktır. Bu durum talepler için istikrarlı bir sonuç elde edilmesini de sağlamış olacaktır. Çekme sisteminin önemi işletmeler arasında değer akışına uygulandığı zaman daha da artacaktır (Wilson, 2010, s. 14-15).

İşletmeler değeri doğru tanımlamalıdır. Değer akışının tamamındaki her adımı sorgulayarak, ürünün değer yaratma aşamaları boyunca sürekli akmasını ve müşterilerin işten değer çekmesini sağladıklarında zaman, maliyet ve hataları azaltmak için alt sınır olmadığını görmeye başlanmaktadır. İyileştirme faaliyeti ne kadar tekrarlanırsa tekrarlansın, çalışanlar her defasında israfı daha da azaltmak için yeni yollar bulabilirler (Dennis, 2017, s. 112-113).

1.3.5. Mükemmellik

Yalın üretim uygulandığı zaman işletmelerde insan kaynakları verimliliği artacaktır. İşin bitirilme süresi kısılırken, müşteriye kadar ulaşan hatalı ürünler azalacaktır. Stok hareketleri kontrol altında olurken ürünün pazara sunulma süresi gibi göstergelerin tamamında birden radikal iyileşmeler görülecektir. Çok az miktarda ekstra maliyetlerle ürün çeşitliliği artırılabilir ve bunlar yeni teknoloji yatırımlarına gerek kalmadan halledilebilecektir. Bütün bunlar çok kısa sayılabilecek bir zaman zarfında başarılabilecektir (Chiarini, 2012, s. 110-112).

Yalın üretimi uygulayan şirketler incelendiği zaman üretim akış süresinde çok yüksek oranlarda azalma olduğu görülmektedir. Aynı şekilde hatalı ve hurdaya

ayrılan ürünlerde de çok büyük oranlarda azalma olmaktadır. Bununla birlikte üretkenlik oranında ciddi bir artış gözlemlenmektedir. İşletmelerin stok miktarları büyük oranda azalmaktadır. Ürün geliştirme süresinde de ciddi oranda hızlanma sağlanabildiğini göstermektedir (Dennis; 2017, s. 39-42).

Mükemmelliğe ulaşmayı en çok hızlandıran faktörün şeffaflık olduğunu ifade edebiliriz. Yalın bir sistemde hemen hemen herkes sistemin bütününe görebildiklerinden ve anında geri bildirim imkânı bulabilmekte ve bulabilmelidir. Bu nedenle değer yaratmanın en iyi yolları kolaylıkla bulunabilmektedir (Wilson, 2010, s. 17-18).

Yalın üretim süreçlerinde hatalar, arızalar, beklèmeler olağan karşılanmayan durumlardır. Sürekli olarak olumsuzlukların temel nedeni araştırılarak çözümlenmektedir. Mükemmeliğe giden yolda Planla – Uygula - Kontrol et - Önlem al döngüsü yani PUKÖ döngüsü (Akyüz ve Çetin; 2009: 3) etkin olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım toplam kalite yönetim sistemlerinde de bulunmaktadır. Fakat yalın üretimin farkı problemin tekrarını önlemeyi süratle mümkün kılmasıdır. Bundan dolayı sistem sürekli akış halinde bulunmaktadır. Hatalı üretilen parça stokları, yığılmadan problem oluştuğu anda fark edilebilmektedir. Stok düzeyi azaltıldığından sorun kısa sürede giderilemediği takdirde tüm sistem duracağı için organizasyonun bütün birimlerinde acil müdahale sorumluluğunu zorunlu kılmaktadır (Elbert, 2013, s. 216).

1.4.YALIN ÜRETİMİN ARAÇ VE TEKNİKLERİ

II. Dünya Savaşı'ndan sonra yeniden yapılanan Japon üreticiler, maddi ve finansal kaynak eksikliğiyle başa çıkmak zorunda kaldılar. ABD'li otomobil üreticilerinin savaş sonrası ilk günlerde sahip olduğu geniş pazar hacmine güvenemezlerdi. Toyota ve diğer Japon otomobil üreticileri, maliyet açısından rekabetçi olmak ve aynı zamanda çeşitlendirilmiş tüketici ihtiyaçlarını karşılamak için yenilik yapmak zorunda kaldılar. Bu koşullar yeni ve daha düşük maliyetli üretim uygulamalarının geliştirilmesini sağladı. Yalın üretim bu amaçla doğan üretim sistemlerinden bir tanesidir. Bu sistemin amacı, bir ürüne değer katmayan

kaynakların tüketimini en aza indirmek ile birlikte hem farklılaşma hem de düşük maliyet arayışıdır (Dominici ve Palumbo, 2013, s. 159-160).

Üretimde değer katmayan olguların minimize edilmesi için geliştirilen yalın üretim doğrultusunda kullanılan tüm araçlar kayıpların azaltılması için kullanılmaktadır. Yalın bir organizasyonda tüm faaliyetler işlerin akışına göre düzenlenmiştir (Mann, 2005, s. 9-11). Müşterilerin talep isteklerini karşılayan ürünler en kısa sürede en düşük fire ile üretim sisteminden geçmelidir. Yalın tekniklerin tamamı, çalışma sahası içinde yapılan, uygulamalara yönelik faaliyetlerdir.

Yalın üretim uygulamalarıyla sistemdeki israflar sürekli olarak azaltılıp, kaynaklar mümkün olduğunca fazla değer yaratmaya yönlendirilmektedir. Yalın üretim yalnızca maliyetlerin düşmesi demek değildir. Yalın üretim müşteri memnuniyetini artırılarak, piyasa koşullarına uyum esnekliği sağlandığı, işletme kârlılığını ve rekabet ortamındaki etkinliğinin artırılması anlamına da gelmektedir. Günümüzde kullanılan yalın üretim araçlarının en önemlilerini şu şekilde sayabiliriz (Elbert, 2013, s. 3-8).

- Toplam Kalite Yönetimi
- Just in Time,
- Kanban
- Jıdoka
- Poka-Yoke
- Smed
- Kaizen
- 5S
- Hücresel imalat
- Görsel fabrika
- Akıllı hedefler
- Standartlaşmış işler
- Toplam üretken bakım
- Darboğaz analizi

- Pukö döngüsü
- Değer akış haritalama

1.4.1. Toplam Kalite Yönetimi

Toplam kalite yönetimi olarak bilinen yönetim sistemi, tüketici ihtiyaçlarını giderebilmek için kullanılan iş süreçleri, mal ve hizmet kalitelerinin sistematik bir yaklaşım ile tüm çalışanların katkıları ile sağlanması olarak ifade edilmektedir. Bu yönetim sürecinde uygulanan her faaliyette, tüm çalışanların fikirleri ve beklentileri kullanılmaktadır. Bu sayede tüm çalışanların kalite sürecine dahil olması sağlanmaktadır (Besterfield vd., 2014, s. 46).

Toplam kalite yönetimi ilk olarak Henry Ford tarafından kullanılmıştır. Henry Ford tarafından 1926 yılında yayımlanan *My Life and Work* (Hayatım ve İşim) adlı kitapta yeni bir yönetim biçimi olarak tanımlanmaktadır. Fakat o yıllar için çok da rağbet görmemiştir. Toplam Kalite Yönetimi daha sonraları Japonlar tarafından benimsenmeye başlamıştır (Batchelor, 1994, s. 54-55).

Toplam kalite yönetimi tam manasıyla 20. Yüzyılın ikinci yarısında bazı Japon firmaları tarafından uygulanmıştır. Japon sanayiciler ve yöneticiler kaliteyi bütün iş birimlerine yaymışlar ve her kademede bulunan çalışanları bu konuda eğitmeyi ve bu sayede bilinçlenmeyi amaçlamışlardır. Bu yöntem ile önceleri kalitesizliğiyle bilinen Japon mamulleri, 5-10 yıl gibi çok kısa sayılacak bir zaman zarfı içerisinde, bütün dünya pazarında kabul görür hale gelmiştir (Ebrahimpour, 1985, s. 420-421).

Toplam kalite yönetimini bir yönetim sistemi olarak uygulayan her işletmenin bunu farklı yöntemlerle ele almakta olduğunu ifade edebiliriz. Bu farklılıklar işletmelerin beklentilerinin ve elde etmek istediği sonuçların aynı olmamasından kaynaklanmaktadır. Fakat bu farklılıklara rağmen temelinde 4 unsur bulunmaktadır. Bunlar insan, süreç, müşteri ve sürekli geliştirme olarak ifade edilebilir. Bu unsurlar sürekli birbirleri ile ilişki içerisinde. Ürün veya hizmetin iyi tanımlanmış olması süreç ve bu süreç ilişkilerinin sürekli

geliştirilmesi önemlidir. Toplam Kalite yönetimi için müşteri memnuniyeti kardan daha önce gelmektedir (Charantimath, 2017, s. 477-479).

Toplam kalite yönetimi sadece alt sistemleri, yalınlaştırılmış süreçleri veya fonksiyonel işletme birimlerini değil aynı zamanda sistemin tamamını yönetme kaygısını taşımaktadır. Toplam kalite yönetimi; yalın üretim sistemi ile çalışarak var olan ve seri üretim sisteminin aktifliğine son vererek yeniliklere ve gelişmelere daha hızlı uyum sağlayabilecek bir düzen oluşturmak isteyen bir süreçtir. Müşteri ihtiyaç ve isteklerine göre kurum kendini düzenleyebilmekle birlikte anında eylem gerçekleştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Yalın üretim anlayışındaki sürekli güncellemeye açık, mükemmel olana ulaşmayı amaçlayan, hiçbir zaman belirlenen kurallarından geri durmayan, her türlü zorluğu çözmeyi amaçlamaya çalışan bir yapı gibi temel prensiplerinin olması sebebi ile başarının yakalanmasını sağlamaktadır (Nicholas, 2016, s. 251-253).

1.4.2. JIT (Just In Time)

“Just In Time” kelimelerinin baş harflerinden oluşan yöntem “Tam Zamanında Üretim” demektir. JIT doğru ürünün istenen miktarda ve doğru zamanda üretilmesi için sistematik bir yaklaşımdır. JIT uygulayan bir üretim sisteminde başarının en temel noktası üretim miktarının ve zamanının doğru hesaplanmasıdır (Goh ve Goh, 2019, s. 34).

Stokların minimumda tutulması, siparişlerin eksiksiz, hatasız ve tam zamanında yerine ulaştırılması, ekipmanın hatasız ve maksimum verimde çalışması ile fazla mesainin olabildiğince az olması gerekir. Bu özelliklerinden dolayı da JIT uygulayabilmek için üretim tesislerinde sürekli gelişme anlamına gelen “kaizen” projelerine ve “kanban” usulü üretim planlama sistemi uygulanır (Wilson, 2010, s. 11-12)

1.4.3. Kanban

Yalın üretim sürecinin önemli noktalarından biri de sürekli akış sağlamaktır. Sürekli akış bir "çekme sistemi" ile sağlanır. Bir sonraki süreç adımı buna ihtiyaç duymadıkça, kesinlikle üretmeyen bir önceki adım olarak tanımlanır.

Yani “müşteri istemedikçe asla üretme veya hizmet sunma” olarak tanımlanır (Gupta ve Jain, 2013, s. 246).

Çekme Sisteminde ürünün üretimi veya hizmetin sağlanması üç temel ilkeye göre yapılır (Wilson, 2010, s. 48-56);

1. Sadece ihtiyaç halinde üretin yani müşteri talep ederse üretin.
2. Yalnızca gerekli olanı üretin.
3. İstenilen miktarda üretin.

Çekme sisteminin temeli "Kanban" zihniyetidir. Japonca bir sözlük olan Kanban, işaret veya sinyal anlamına gelir. Kanban, süreçteki malzeme akışını kontrol eder ve ayrıca tedarikçilerden malzeme alımını düzenler (Dominici ve Palumbo, 2013, s. 159-160).

1.4.4. Jidoka

Japonca bir kavram olan Jidoka dilimize insan eli ile otomasyon olarak çevrilebilir. Jidoka çalışanların her zaman hata yapabileceğini ancak bu hatalardan ders alarak bu hataların tekrarlanmayacağını ve sıfır hatalı üretimin mümkün olabileceğini düşündürmektir (Chiarini, Baccaran ve Mascherpa, 2018, s. 427).

Jidoka, sorunun kaynağını hızlı bir şekilde tespit etmek ve derhal o sorunu çözmek için geliştirilmiştir. Bu uygulamanın amacı, operatörlere hattı durdurma yetkisi vermek ve sorunların kaynağının belirlenip giderilmesini sağlamaktır. Bu uygulama ile makinelerin ürettikleri ürün kontrol edebilir hale gelir ve gerektiğinde otomatik olarak tüm çalışmanın durabilmemesi sağlanır (Eaton, 2013, s. 301).

1.4.5. Poka-Yoke

Poka Yoke; Shigeo Shingo tarafından geliştirilmiş hata engelleme anlamına gelen Japonca bir terimdir. Çalışanların Japonca anlamına gelen yokeru, yani manuel iş yapmaları sırasında yine Japonca bir kelime olan poka yani hata yapmalarını engelleyen yalın bir üretim yöntemidir. Poke yoke yönteminin temel

amacı insan kaynaklı hatalarını daha meydana gelmeden önce engellemesi ve düzeltilmesi olarak ifade edilebilir (Belu vd., 2015, s. 1-2).

Japonca "Poka" kelimesi "eksik veya dikkatsizce yapıldı" ve "Yoke" kelimesi "Önleme" olarak dilimize çevrilebilir. Poka-Yoke de "dikkatsizlikten kaynaklanan hatalardan kaçınmak" olarak dilimize çevrilebilir. Poka-Yoke, yardımcı araçlar ve stratejiler kullanarak, ancak daha fazla kontrol elemanına ihtiyaç duymadan, sıfır hatalı üretim elde etmeyi amaçlamaktadır (Eaton, 2013, s. 288-289). Poka-Yoke mantığında, gerektiğinde kullanılan sayaca ilave mekanizmalar eklenmesi veya ürün üzerinde tasarım değişikliği yapılması düşünülmektedir. Poka-Yoke ekipmanları, sonlandırıcı anahtarlar, ışıklı uyarılar, şablonlar, kılavuzlar, sensörler, basınç anahtarları, ayar pimleri, sayaçlardan oluşur. Bu ekipmanların temel işlevleri kapatma ve durdurma, kontrol ve uyarıdır. Örneğin, köşe kıvrımlarından dolayı sim kartları yanlış takamazsınız ya da kartı bankadan çekmeden parayı alamazsınız, bu da unutulma ihtimalini ortadan kaldırır. Poka-Yoke'nin avantajları şu şekilde sıralayabiliriz (Shimbun, 1989, s. 16-18):

- Güvenilirliği yüksektir.
- Maliyeti düşüktür.
- İş yerine özgü bir tasarımıdır.

İlk ortaya çıktığında poke yoke yöntemi ismine Japonca “aptal engelleme” anlamına gelen baka-yoke terimi kullanılmaktaydı (Isac ve Isac, 2002, s. 102). Fakat bu duruma çalışanların tepkilerinden sonra poka-yoke adı tercih edilmiştir.

Hata ve kusur genel olarak aynı kavrammış gibi düşünülse de tam aynı kavram değildir. Hata belirli bir üretim sürecinden meydana gelen sapma durumudur. Yani bir işlemin yanlış olarak yapılmasıdır. Kusur ise bir ürünün beklenen özellikleri tam olarak yerine getirememesi üzerine bu durumun müşteri memnuniyetsizliği ve şikâyetine sebep olmasıdır. Geçekleşen hatalara bakıldığında bunların altında pek çok neden olabildiği görülür. Aşınmış, eskimiş makina parçalarının olması, üretim süreçlerinin yetersizliği, süreçlerde meydana gelen değişimler; makine, malzeme ve çevre kaynaklı hatalar olabileceği gibi

unutkanlık, yanlış anlama, bilmeden yapma gibi insani hatalar da olabilmektedir (Zerenler ve Karaboğa, 2014, s. 264-265).

Poka-Yoke kullanımını üç aşamada değerlendirebiliriz. Bu aşamalar; (a) Poka-Yoke cihazının niteliklerinin tanımlanması, (b) her bir niteliğin varlığına dair kanıtlara ışık tutulması ve (c) değerlendirmenin sonucunu açıklamak için bir puanlama sisteminin geliştirilmesidir. Niteliklerin anlaşılması aşağıdaki şartlara tabi olmalıdır (Vinod, 2015, s. 318):

Poka-Yoke cihazlarının hem güvenlik hem de kalite yönlerini kapsamalıdır (Anderson, 2002; 3).

- Ürünün imalatı ile ilgili olmalıdır.
- Kusurların önlenmesi söz konusu olduğunda tutarlılık göstermelidir.
- İnsan faktörleri ve yalın üretim üzerine teorik bir temele sahip olmalıdır.

Poka-Yoke uygulamalarının temel olarak üç türü vardır. Bunlar hatayı önleme amaçlı poka yoke, kontrol amaçlı poka yoke ve uyarı amaçlı poka yokedir (Tekin ve Arslandere, 2017, s. 346). Engelleme amaçlı poka yoke uygulamalarında çalışanın yanlış işlem yapmasını önleyecek aparatlar kullanılmaktadır. Kontrol amaçlı poka-yoke, bir hata oluştuğundan sonraki süreçte diğer işlemin başlamasına veya devam etmesine izin vermez. Örneğin bir makinedeki bir parça, uygun şekilde takılmadığı sürece işlemin devam etmesine izin vermeyecek bir sensörle donatılabilir. Uyarı amaçlı poka-yoke, bir hata oluştuğu zaman bir tür işaret veya sinyal ile uyarı sağlar. Genelde bu yöntem hatayı engellemez, fakat bazı uygulamalarda bir hata algılandığı zaman işlemi hemen durduran uygulamalar da bulunmaktadır.

Poka yoke uygulaması geliştirilirken aşağıdaki aşamalar uygulanmalıdır (Arslandere ve Tekin, 2017, s. 344):

- Problemin tespit edilmesi,
- İş istasyonunda gözlemlenmesi,
- Beyin fırtınası ile fikirlerin ortaya konulması,
- Bu fikirler içerisinde en iyi olanın seçilmesi,

- Yöntemin uygulanabilmesi için plan oluşturulması,
- Uygulamanın devreye alınması,
- Poke yoke yönteminin başarı durumunun gözlemlenmesi ve uygulamada istenilen sonuca ulaşılması halinde üretim süreçlerinde devamlılığının sağlanması.

1.4.6. SMED

SMED adını "Single Minute Exchange of Die" kelimelerinin baş harflerinden alan bir kavramdır ve "Tek Dakikada Kalıp Değişimi" anlamına gelir. İlk olarak ünlü Japon mühendis Shigeo Shingo tarafından uygulanmıştır. Model geri dönüş süresi (MDS), bir partinin son parçasının üretimi ile bir sonraki partinin ilk hatasız kısmının üretimi arasındaki süredir (Eaton; 2013: 304). MDS, parçalardan, aletlerden, montajdan, parçaların değiştirilmesinden, yerleştirme ve ayar elemanlarından oluşur. MDS'nin kısaltılması, model değişikliklerinin en kısa sürede yapılmasını sağlayan, küçük partilerle üretim yapan ve JIT üretiminin gerçekleştirilmesine büyük katkı sağlayan yalın bir üretim tekniğidir. SMED tekniği, üretimde kalite ve maliyet kadar zamanla rekabet ettiği için önemlidir. Üretimde en çok zaman alan unsurlardan biri; bir modelin, tipin veya kalıbın değiştirilmesi ve ayarlanmasıdır. Doğru bir SMED uygulanması için şu hususlar önemlidir (Borges Lopes vd., 2015: 122-125):

- Model değiştirme sırasında panik yaşanmamalıdır.
- Model değiştirme sonrası ayarlar en aza indirilmelidir.
- Tezgahda kullanılan kalıplarda standartlaşmaya gidilmelidir.
- Tüm kurulum faaliyetleri standart hale getirilmelidir.

SMED yaklaşımını şekillendiren ve uygulanmasına yön veren temel ilke, diğer üretim tekniklerinde de gördüğümüz gereksiz zaman harcamalarından kurtulmaktır. SMED'in tüm yaklaşım ve alt ilkelerinde bu anlayışın hakim olduğunu söyleyebiliriz. Bunlar (Aslantaş, 2014, s. 36-37);

- Birinci adım ve temel prensip, makine durduğu zaman var olan boşlukta makine çalışırken yapılacak işleri ve kullanılacak kalıpları belirleyerek mümkün olduğunca hızlı bir şekilde iş yapmaya çalışmaktır.
- Kalıp değişiminde, hem bir önceki kalıbın çıkarıldıktan hemen sonra üzerine yerleştirileceği hem de bir sonraki kalıbı aynı anda taşıyan ve montajını kolaylaştıran yatak sistemleri veya taşıyıcılar kullanılmalıdır.
- Kalıp sıkıştırma sırasında makineyi ayarlama ihtiyacından kaçınmak da zaman kazandıracaktır. Bunun için yapıştırma işleminde kullanılan kalıp ve makine parçalarının standardize edilmesi önemlidir.
- Mengene ve bağlantı elemanlarını vida ve civata gerektirmeyecek şekilde tasarlayarak zamandan da tasarruf sağlar. Böylece işçiler çok daha kısa sürede sıkma ve gevşetme işlemlerini yapabileceklerdir.
- Kalıp takıldıktan sonra kalıp değiştirme süresinin %50'ye kadar ayarlama ve deneme çalıştırmaları için harcanır. Ancak kalıbın ilk anda düzgün oturması durumunda bu zaman kaybı kendiliğinden önlenecektir.
- Kalıpların makinelerden uzakta depolarda depolanması nakliye ile zaman kaybına neden olur. Bunun çaresi sık kullanılan kalıpları makinelerin hemen yanında bulundurmaktır.

1.4.7. Kaizen

“Kaizen”, kelimesi Japonca bir kelimedir. “Kai” ve “zen” kelimelerinin birleşiminden oluşur. “Kai” kelimesi Japonca’da değişim maanasın gelir. “Zen” kelimesi daha iyi anlamına gelir. Bu kelimelerin birleşimi ile oluşan “kaizen” kelimesi, sürekli iyileştirme anlamına gelir. Kaizen felsefesinin en öncelikli amacı üretimdeki süreci küçük ve basit ama etkili değişiklikler ile daha iyi bir duruma getirmektir. Sonuçların daha iyi olabilmesi, süreçlerin iyileştirilmesine bağlı olduğu için kaizen, üretimde prosese öncelik veren bir yöntemdir (Gupta ve Jain, 2013, s. 245).

Kaizen uygulamaları; teknik imkânların, üretimde geçen zamanın ve üretim maliyetinin devamlı olarak iyileştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Burada

temel amaç sonuçların hemen elde edilmesinden çok sürecin kademeli olarak iyileştirilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Böylelikle kısa vadede sonuçlarda iyileşme, uzun vadede ise gelişme elde edilir. Kaizen'de insan unsurunun diğer üretim süreçlerine göre ayrı bir önemi vardır. Bu nedenle kaizen uygulamalarında öncelik ekip çalışmasının işleyiştir (Eaton, 2013, s. 88).

Kaizen süreçlerinde üretim ve yönetimde çalışanların tamamının katkı sunması beklenir. Yenilik çalışmalarını sadece sınırlı bir kadrodan beklemeğe, sorunlarla doğrudan iç içe olan ve bu sorunları doğrudan fark edebilen, üretim sürecinde yer alan, tüm insanları sürece dahil etmek en öncelikli hedeftir. Bu nedenle süreçte çalışan her fert Kaizen'den sorumludur. Her bir kademede çalışanların fikirleri tespit edilir ve bu fikirler üretim sürecine yön veren hususlar olarak kullanılmak istenir (Wittenberg, 1994, s. 12-13).

Üretim süreçlerinde karşılaşılan sorunların çözümü için, farklı görevleri bulunan takımlar oluşturularak bu sorunlara kesin çözüm bulunması hedeflenmektedir. Burada amaç geçici çözümlerden ziyade kesin ve kalıcı çözümlerle sürecin devamlılığını sağlamaktır (Styhre, 2001: 803).

Yenilik ile kaizen kavramları birbirinden farklı iki kavramdır. Birbirinden farklı olmakla birlikte birbirini tamamlayan ve gelişim sağlayan iki kavramdır. Yenilik, var olan sistemin değiştirilerek yerine tamamen yenisinin getirilmesi demektir. Yani köklü değişiklikler yapılarak gerçekleştirilir. Kaizen ise mevcut sistemin daha iyi çalışması için sistem üzerinde yapılan küçük ve basit değişiklikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeniliklerde büyük yatırımlar ve yeni teknolojilerle kısa vadede gelişme sağlanır. Fakat kaizen istenilen bu yenilikleri daha verimli hale getirip küçük ve etkili yatırımlarla sürekliliğini sağlar (Wittenberg, 1994, s. 12-13).

1.4.8. 5 S Kuralı

Yalın üretimin başarı şartlarından biri de temiz, düzenli ve bakımlı bir ortamda çalışmaktır. “5 S” çalışma alanının temiz, düzenli ve amaca uygun biçime hazırlanması için uygulanan bir toplam kalite tekniğidir. Burada bahsedilen

Çalışma alanı; üretim sahası, atölye, ambar, ofis, hatta evimiz olabilir. 5S'nin bileşenleri (Gupta ve Jain, 2013, s. 245);

- Toparlama (Seiri)
- Düzen (Seiton)
- Temizlik (Saiso)
- Standardizasyon (Seiketsu)
- Eēitim ve Disiplin (Shutsuke) dir.

Toparlama (Seiri): İlk adım, yalnızca süreç için gerekli olan nesnelerin ve belgelerin seçilmesinden oluşur. Bu nedenle işyerinde bulunan tüm nesnelerin ve belgelerin tanımlanması ve sınıflandırılması gerekmektedir. Çalışma alanı süreçleri için gerekli araç, gereç ve belgeler tutularak kalanlar başka yerlerde saklanabilir veya tamamen kaldırılabilir (Kumar vd., 2006, s. 417-418).

Düzen (Seiton): İşyerinde bulundurulması gereken eşyaların tespitinden sonra düzenlenmesi ve uygun yerlerde saklanması gerekmektedir. Bu aşamada depolama yerlerinin belirlenmesi ve eşyaların ilgili yerlere yerleştirilmesinin saēlanması için kurallar belirlenmelidir. Bu, materyallerin ve belgelerin mümkün olduēunca çabuk bulunmasına ve saklanmasına olanak tanımaktadır (Borges Lopes vd, 2015, s. 121-122).

Temizlik (Seiso): Bu adım, organizasyon ve depolama aşamasına paralel olarak gerçekleştirilebilir. Daha temiz işyerlerinde anormallikler genellikle daha hızlı ve kolay tespit edildiēinden iş yerlerinin ve makinelerin düzenli olarak temizlenmesini ve optimum çalışma koşullarında olmasını saēlamayı amaçlar (Gupta ve Jain, 2013, s. 245).

Standardizasyon (Seiketsu): nceki adımları uyguladıktan sonra, iş yerlerinin temiz, düzenli ve iyi görünümlü olduēu göz önüne alındıēında şirketin daha etkin duruma ulařtıēını söylemek mümkündür. Ancak bu adımları gerçekleştirirken önceki adımlarda tanımlanan kurallar standart hale getirilmelidir. Organizasyon içerisinde daha önce uygulanan kötü alışkanlıkların tekrar edilmemesi için tüm kurallara uyulması saēlanmalıdır (Patel ve Thakkar, 2014, s. 775-776).

Eğitim ve Displin (Shitsuke): 5S'nin son aşaması malzeme ve belgelerin uygun yerlerde depolanıp depolanmadığını, kontrollerin yapılıp yapılmadığını, ekipmanların normal çalışma koşullarında olup olmadığını ve düzenli temizliğin yapılıp yapılmadığını kontrol etmeyi amaçlar. Bu aşamada şirketler 5S'yi etkin bir şekilde tanıtmalı, çalışanlarını metodolojinin tüm yönleri hakkında eğitmeli ve sorumluluklarını yerine getirmelerini sağlamalıdır (Borges Lopes vd, 2015, 122).

1.4.9. Hücresel İmalat

Hücresel imalat, toplu üretimi daha verimli hale getirirken üretim fonksiyonlarının entegrasyonunu sağlayan bir üretim yaklaşımıdır. Hücresel imalat sistemi, esnek üretim ve akış tipi üretimi birleştirmeyi amaçlayan bir üretim sistemi olarak geliştirilmiştir. Hücresel imalat sistemindeki en önemli amaç, ürünlerin proses benzerliklerinden yararlanarak bağımsız üretim hücreleri oluşturmaktır. Atölyelerde küçük partiler halinde üretilen çeşitli parçalardan bazıları tasarım ve üretim açısından benzer özelliklere sahiptir. Hücreler genellikle birbirine benzeyen bir parça ailesinden ve fiziksel olarak birbirine çok yakın yerleştirilmiş farklı makinelerden oluşur (Chiarini, 2012, s. 100-103).

Hücresel imalat Sovyetler Birliği'nde 1940'lı yıllarda uygulanmaya başlamış bir sistemdir. Bu yöntem İkinci Dünya Savaşı'nın ardından itibaren pek çok Avrupa Ülkesinde, Japonya'da, Hindistan'da ve Amerika Birleşik Devletler'inde uygulandığı görülmektedir (Mahdavi vd, 2007, s. 662-664).

Hücresel imalat yapan işletmelerde, benzer hammaddeler, parçalar ve bileşenler belirli aralıklarla yerleştirilmiş bir grup iş istasyonda işlenmektedir. Bu imalat sisteminde hücre; işletme içindeki diğer organizasyonel birimlerden ayrı bir birim olarak bir veya birkaç çalışana destek ve sorumluluğu veren yapı olarak karşımıza çıkmaktadır (Elbert, 2013, s. 281).

Hücresel imalat sistemlerinin kurulması sırasında ortaya çıkan üretim yönetimi felsefesi, grup teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Grup teknolojisi, parçaların tasarlanması veya üretim benzerliklerine göre gruplandırılması ve bu parçaların üretilmesi için gerekli makinaları belirleyerek hücreleri oluşturulmaktadır. Belirlenen hücrelerin, uygun bir yerleşim düzenlemesi

sayesinde, parçalar işlenerek iş akışları basitleştirilebilmektedir. Bu sayede üretimde hazırlık süreleri ve stok miktarları mümkün olduğunca azaltılabilir (Mahdavi vd, 2007, s. 662-664).

Hücresel imalatta amaç, akış tipi üretimi sağlayabilmektir. Bunu sağlayacak temel gereksinimler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Chiarini, 2012, s. 100-103):

- Makinelerin olabildiğince yakın yerleştirilmesi
- Hücrelerin U'ya benzer şeklinde ayarlanması
- Hücrelerde çalışanların eğer bedensel engeli yoksa, ayakta durarak çalışmasının sağlanması
- Maliyeti az olan ve yeterli donanımına sahip tezgâhların kullanılması
- Hücrelerde her seferinde bir parça yapılabilmesi
- Hücrelerde çalışanların sorumluluklarını iyi bir şekilde yerine getirecek donanımda eğitilmesi

1.4.10. Görsel Fabrika

Teknolojinin günümüzde gelişmesiyle birlikte pek çok alanda görsel uygulamalar iş yönetiminde hayatımıza girmiştir. İş dünyasında sabit bakış açılarına takılmadan, herkese aynı şeyi anlatıp, doğru tespitler yapılmasını amaçlayan görsel uygulamalar yer almaya başlamıştır (Dennis, 2017, s. 62-63).

Görsel fabrika kavramı genel ve basit anlamıyla, işletme verilerinin gayet kolay anlaşılabilir bir dille, her zaman takip edilebilir hale getirilmesi demektir. Görsel Fabrika uygulamaları sayesinde, anormal durumlar görünür kılınır ve çalışanların ilk bakışta bu durumları anlaması sağlanır. Görsel Fabrika uygulamaları, işletme verilerinin bilinirliği ve çalışanlar arasındaki etkileşimi artırır. Görsel fabrikanın işletmelere sağladığı faydalardan bazılarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Ortiz ve Park, 2011, s. 56-60):

- Çalışanlar arasındaki iletişimi artırır.
- Ürünlerin kalite düzeyini artırır.
- Müşteri siparişlerinin zamanında teslim edilmesini sağlar.

- Kapasitenin doğru kullanılmasını sağlar.
- Üretim süreçlerindeki kayıpların tespit edilmesini sağlar.
- Üretim zamanı optimize edilir.
- Birim maliyetleri minimize edilir.
- İş akış süreçleri sadeleşir.

1.4.11. Akıllı Hedefler

Akıllı hedefler teriminin bilinen ilk kullanımı, 1981 yılında George T. Doran'ın Yönetim İncelemesi çalışmasında görülmüştür. Akıllı hedeflerin net ve erişilebilir olması için şu beş hususun olması gerekir (Conzemius ve O'Neill, 2009, s. 10-19; Elbert, 2013, s. 101).

1. Spesifik
2. Ölçülebilir
3. Ulaşılabilir
4. İlgili
5. Zaman Sınırlı

Spesifik: Hedeflerin net ve spesifik olması gerekmektedir. Eğer hedefler bunun aksi olursa odaklanma sorunu yaşanır ve motive olunamaz. Amaç belirlenirken, “Ne yapmak istiyorum?”, “Bu amaç neden önemlidir?”, “Kimler katılıyor?”, “Nerede bulunuyor?”, “Hangi kaynaklar veya limitler var?” gibi soruların cevapları aranır (Elbert, 2013, s. 101).

Ölçülebilir: Hedeflerin ölçülebilir olması da oldukça önemlidir. Bu sayede ilerlemeler takip edilebilir ve motivasyon korunabilir. Bu husus hedeflere ulaşmaya ve işlerin zamanında bitirmesine yardımcı olur (Conzemius ve O'Neill, 2009, s. 10-19).

Ulaşılabilir: Belirlenen hedefin gerçekçi olması gerekir. Ulaşılabilir bir hedef belirlendiğinde, daha önce gözden kaçan fırsatları veya onu yaklaştıran kaynaklar tanımlanabilir. Örneğin, “Gerekli kaynaklar işletmenizde var mı?”, “Hedeflediğiniz işi yapabileceğiniz mali imkanlara sahip misiniz?” gibi (Elbert, 2013, s. 101).

İlgili: İlgili amacın gerçekleştirilmesinin işletme için önemli olup olmadığından emin olmak içindir. Hedeflere ulaşmada destek ve yardıma herkesin ihtiyacı olabilir. Fakat bunlar üzerinde kontrolün devam etmesi önemlidir (Conzemius ve O'Neill, 2009, s. 10-19).

Zaman Sınırlı: Yapılacak işin bir son tarihi olmalıdır. Nihai hedefe ulaştıracak küçük hedeflere ulaşmak için gerçekçi bir zaman çizelgesi oluşturmak önemlidir (Elbert, 2013, s. 101).

1.4.12. Standartlaşmış İşler

Standartlaşmış işler yalın üretimin önemli unsurlarından birisidir. Standart çalışma raporları ve bu raporların içerdiği verilerin, üretim süreçlerinde yer alan herhangi bir kişinin anlayabileceği şekilde kaleme alınması gerekir (Chiarini, 2012, s. 126).

Seri üretimlerde verimliliğin ve etkinliğin; iş sırasında gerçekleşen hataların ve kazaların tekrarlanmasını önlenerek, çalışan personelin fikir ve düşüncelerini işe dahil ederek sağlanabilmesi mümkündür. Bu durum aslında hiç göze görünmeyen standart çalışma raporları sayesinde olabilmektedir. Çalışma süresince standartlaşma ile alt yöneticiler ve işçiler arasında tesis edilebilecek iş birliği, verimliliği ve etkinliği yükseltecektir (Tseng ve Jiao, 2001, s. 687-689).

Standartlaştırma, insan faaliyetlerine odaklanarak, süreçle ilgili operasyonların en verimli olan yöntemini belirlemek için kullanılır. Standartlaşmış iş için gerekli üç temel unsur vardır. Bunlar takt zamanı, işlemlerin sırası ve standart proses içi stoktur. Standart iş prosesinde kullanılan formlar, kalite, maliyet ve güvenlik performansının geliştirilmesi için, bir alandaki malzeme, makine ve insanın en etkin kullanımını tanımlamak için birlikte kullanılır (Dennis, 2017, s. 69-73).

1.4.13. Toplam Üretken Bakım

Toplam üretken bakım, gündelik üretim süreçlerinde, çalışan personelin tümünün katılımını gerektiren, arızaları önlemeyi amaçlayan, otonom bakımı öngören, ekipman etkinliğini sağlayan bir bakım yaklaşımıdır (Wilson, 2010, s.

18). Toplam üretken bakım, arızaları ve gecikmeleri önlemek için tüm ekipmanını kontrol altında alarak üretim süreçlerine odaklanır. Toplam üretken bakımın amaçlarından biri de makine ve ekipmanlarla birlikte üretimi arttırmak için uygun bir yatırım yapmaktır. Toplam üretken bakımın temel amaçlarını şu şekilde sıralayabiliriz (Wireman, 2004, s. 1-2):

- Makine ve teçhizatın kullanım ömrünü uzatmak.
- Üretim süreçlerini optimum koşullarda tutmak.
- Yatırımların geri dönüşüm sürelerini en uygun hale getirmek.
- Olağanüstü durumlarla başa çıkabilme yeteneğini maksimum seviyeye çıkartmak.
- İş güvenliği seviyesini yükseltmek.

İşletmenin tesis olarak daima üretim yapmaya hazır konumda olması toplam üretken bakım açısından temel unsurdur. Bu konuda yapılacak tüm çalışmalarla işletmeye büyük katkı sağlanmış olunacaktır. Toplam üretken bakımın diğer önemli unsurlarını şu şekilde sıralayabiliriz (Dennis, 2017, s. 56-62):

- İşletme verimliliğini maksimum kılar,
- Makine ve ekipmanların ihtiyacı olan bakım sistemlerini kurar,
- Tüm birimler tarafından uygulanır,
- Üst yönetimden operatöre kadar her bireyi içerir,
- Bakım sisteminin yaygınlaştırılmasına dayanır.

Toplam Üretken Bakım verimli ve etkili bir üretim sistemi için en önemli unsurlardan biri olarak düşünülmüştür. Toplam üretken bakımın ölçümünde şu hususlar dikkat çekmektedir (Prabowo, Suprpto ve Farida, 2018, s. 13-16):

- Makine ve teçhizatın verimlilik düzeyi.
- Hurda oranları.
- Üretim sürecinde yaşanan bekleme süreleri.
- Makine ve ekipmanlarda yaşanan arızalar.
- İş kazası sayıları.

1.4.14. Darboğaz Analizi

Üretim yapan işletmelerde darboğaz sıklıkla karşılaşılan bir sorundur. Yaşanan bu sorunları çözmenin en etkili yollarından bir tanesi de darboğaz analizi yapabilmektir. Sorunların çözümünde önceden tedbirler almak ve darboğaz analizi ile birlikte yeni alternatif yöntemler geliştirilebilmek mümkündür (Eaton, 2013, s. 300).

Bir işletmenin gücü üretimdeki en yavaş prosesi kadardır. Darboğaz konusu bu durumu ifade etmektedir. Yani bir üretim işletmesinin hızı darboğaz olan prosese bağlıdır. Üretim sistemlerinin kapasite düzeyleri sıklıkla darboğaz tarafından kısıtlanmaktadır. Üretim sistemlerinde birden fazla darboğazın olduğu durumlarla da karşılaşılabilir. Darboğaz yönetimi ile sisteme bütünsel bir yaklaşım sergilenmiş olmaktadır. Süreçte bulunan her makine ve ekipman birbirinden farklı olabilir (Chiarini, 2012, s. 103). Fakat herbirinin birbirine bağımlı olarak ilerlediğini ve o sürecin içerisinde incelenmesi gerektiği bilmelidir. Darboğazlar doğru bir şekilde tespit edilirse ve üretim planlaması uygun bir şekilde yapılırsa bir süre sonra istenilen üretim kapasitesi yakalanacaktır (Elbert, 2013, s. 10).

1.4.15. PUKÖ Döngüsü

PUKÖ döngüsünün açılımı Planla – Uygula – Kontrol Et – Önlem Al şeklindedir. PUKÖ döngüsü sürekli iyileştirme faaliyetlerini her alanda uygulayabilmek için oluşturulmuş bir çevrimdir. İlk basamak planlamadır. Amaçlara ulaşmak için neyin, nerede, ne zaman nasıl ve kimler tarafından yapılacağının basamak basamak belirlenmesi gerekmektedir. İyi bir plan, karmaşık olan süreçleri sadeleştirerek en kısa sürede amaçlara ulaşmaya imkân tanımaktadır. Uygula kısmında ise planların gerçekleştirildiği ikinci önemli aşamadır. Bu aşamada elde edilen bu bilgiler istatistiksel süreçlerden faydalanılarak Kontrol Et aşamasında girdi olarak kullanılmaktadır (Akyüz ve Çetin, 2009, s. 3).

Amaçlara ne kadar yaklaşıldığı PUKÖ döngüsünün üçüncü aşamasında belirlenmektedir. Eğer amaçlara ulaşıldıysa uygulama standartlaştırılmaktadır. Ulaşılamadıysa oluşan sapmalar belirlenir ve rapor hazırlanır. PUKÖ döngüsünün

son basamağında Önlem Al aşaması bulunmaktadır. Geçekleşen sapmaların nedenleri araştırılarak, bu sapmaların ortadan kaldırılması için gerekli tedbirler alınmaktadır. Böylece kalıcı bir sisteme geçiş hedeflenmektedir (Isniah, Purba ve Debora, 2020, s. 73-74).

1.4.16. Değer Akış Haritalama

Değer akış haritası; iş akışını aydınlatmaya, analiz etmeye ve nihai ürüne katkıda bulunan katma değeri olan ya da olmayan faaliyetleri bulmaya yardımcı olan; önemli bir grafik aracıdır. Yalın altı sigma içerisinde değer akış haritalama toplu olarak kullanılmaktadır (Gupta ve Jain, 2013: 245).

Değer akış haritalama tekniği mevcut ürün değer akışını görmeye ve bu süreçteki israf kaynaklarını ortaya çıkarmakla birlikte ürün akışındaki iyileştirme noktalarını fark etmeye yardımcı olmaktadır. Değer ve israfın birbirinden ayrılmasını kolaylaştıran bu yöntem ile bir işletmenin rakipleri karşısında fiyat, hız ve doğru ürün konusunda avantajlar sağlanmasına, çalışanlarının etkin ve verimli olmasına, işletmenin müşteriye odaklanmasına imkân tanınmaktadır. Üretim işletmelerinde israfın ortadan kaldırılması ve kaynakların etkin kullanılması, hammaddenin hızlı bir şekilde ürüne dönüştürülmesi, birden fazla ürünün birbirinin akışını kesmeyecek şekilde üretilmesi, teslim süresinin kısaltılması, maliyetlerin azaltılması, karlılığın artırılması ve değer yaratmak amacı ile değer akış haritasının çizilmesi yöntemine başvurmaktadır (Rother ve Shook, 1999: 9-15).

Bekleme süresinin, sıraya girme süresinin, hareket süresinin ve benzeri diğer israfların azaltılmasına katkı sağlayacak katma değeri olmayan faaliyetlerin azaltılması için süreçlerin analiz edilmesi gerekmektedir (Pattanaik ve Sharma 2009: 772-773).

Mevcut durum değer akış haritalama çalışmalarında da bilinmesi gereken bazı kavramları şu şekilde ifade edebiliriz (Rother ve Haris, 2001, s.15-30).

- **Çevrim Süresi (C/T – Cycle Time):** Bir proses tarafından parça veya ürün tamamlama sıklığına çevrim süresi denir. Ayrıca, bir operatörün bir çevrim

içinde üstlendiği işin, iş görenler tarafından yerine getirmesi için geçen süredir.

- **Katma Değer Süresi (V/A – Value Added Time):** Müşterinin parasını ödemeye istekli olduğu ürünü ortaya çıkarmaya katkı sağlayan emeğin iş süresine katma değer süresi denir.
- **Akış Süresi (L/T – Lead Time):** Bir parçanın bir proste veya değer akışında başlangıçtan bitişe doğru hareketi boyunca geçen süreye akış süresi denir. İşaretli bir parça başlangıçtan bitişe doğru hareket ederken zamanın ölçülmesi gerekmektedir.

Değer akışı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür. Her ürün için geçerli olan ana akışlar şunlardır (Rother ve Shook, 1999: 9-15).

- Hammaddeden müşteriye üretim akışı.
- Kavramdan kurulumla tasarım akışı (ürün geliştirme süreci).
- Müşteri talebinden hammaddeye doğru üretim akışı.

Değer akışı bakış açısı, yalnızca tek tek prosesler üzerinde değil, büyük resim üzerinde çalışmak ve sadece parçaları değil bütünü iyileştirmek demektir. Eğer bütüne bakarak ve hammaddeden müşteriye tüm yollar izlenirse, birçok işletmeden geçen bir değer akışını takip etmek gerekecektir. Fakat bu büyüklükte bir akışı haritalamak başlangıç için çok zordur (Jones ve Womack, 2002, s. 2-5).

Mevcut durumun değer akış analizi yapıldıktan sonra temel olarak atıkların azaltılmasına, tedarik sürelerinin azaltılmasına ve malzeme akışında iyileşmeye odaklanan, ürünün değer akışının iyileştirilmiş bir gelecek durumu geliştirilir (Rother ve Shook, 1999: 9).

Gelecek durumun tasarlanabileceği ve doğru bir uygulamanın başlayacağı, fabrika içindeki kapıdan-kapıya üretim akışını, ele alır. Bu akış fabrika müşterisine teslimatı ve yan sanayi parçalarının ve malzemelerinin teminini de içerir. Gelecek durum haritasının çizilmesi aşamasında mevcut durum haritasından çıkarılan

faaliyetlere göre değer akışı analiz edilerek, üretim sistemi yeniden tasarlanır. Bu süreç sekiz aşamadan oluşur (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007: 227-231; Lovelle, 2001: 32; Erlach ve Sheehan, 2016: 33-34).

- Birinci aşamada, takt zamanı düzenlenir. Bunun için üretim kapasiteleri ve müşteri talebi dengelenir.
- İkinci aşamada, üretim süreçleri bütünleştirilebilir.
- Üçüncü aşamada, süreçler sınırlandırılmış stok düzeyleri ile bütünleştirilebilir.
- Dördüncü aşamada, yüksek geçiş süreleri, düşük güvenirlilik ya da büyük ölçüde farklı çevrim zamanları ile ortak parçalar için üretim süreçleri lot üretimi ile süpermarketlere bağlanabilir yani kanban kontrolü sağlanır.
- Beşinci aşamada değer akışının durumu kontrol edilir.
- Altıncı aşamada, üretimin küçük partiler halinde standart büyüklükte yapılması sağlanır.
- Yedinci aşamada, talebi karşılayacak şekilde üretilecek ürünlerin sıralaması yapılır.
- Son aşamada ise, darboğazlar kontrol edilir. Böylece teslim sürelerinin kısalması ve üretim kontrolünün önemli ölçüde artması sağlanır.

1.5. YALIN ÜRETİM UYGULAMALARINI KONU ALAN LİTERATÜR

Sohal ve Egglestone (1994) çalışmalarında Avustralya’da faaliyet gösteren 51 imalat işletmesiyle telefonla anket yöntemiyle çalışma bulgularını elde etmiş ve ankete katılan şirketlerin büyük çoğunluğunun yalın üretim yöntemleri uyguladığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak yalın üretimin devreye girmesi sonucunda organizasyonlarda meydana gelen organizasyonel değişikliklerin ve

elde edilen faydaların yaşanan zorlukları çözmede önemli faktör olduğunu ortaya koymuştur.

Salem vd. (2006) çalışmasında yalın üretim yönteminin inşaat sektöründe kullanımını ele almış, yalın uygulamaların sonuçlarını ölçmek için yeni bir “yalın değerlendirme aracı” önermiştir. Değerlendirme aracı altı farklı yalın yapı unsurunu değerlendirerek bunları son planlayıcı, artırılmış görselleştirme, grup toplantıları, ilk çalıştırma çalışmaları, 5S ve kalite açısından güvenlik olarak ifade etmiştir.

First Automobile Works (FAW) Çin’de faaliyet gösteren otomobil üreticisi olan bir işletmedir. 1978 yılında Yalın Üretimi öğrenmek için yaklaşık kırk kişilik bir ekiple Japonya’da Toyota Fimasına teknik gezi düzenlemiş ve bu sayede Çinli şirketler otuz yılı aşkın süredir yalın üretim üzerinde çalışmalara başlamıştır. FAW ayrıca Toyota Üretim Sistemi üzerine ders almak için bir uzmanı firmasına davet etmiş ve seçilen fabrikada bu modeli deneyerek örnek üretim hattı kurmuştur. FAW'nin şasi üretimi yapan birimi bu süreçte işlemdeki çalışma oranlarında yaklaşık olarak %70 civarında tasarruf elde etmiştir (Chen ve Meng: 2010: 203-204).

Dekier (2012) Yalın Yönetimin kökenleri ve evrimi hakkında açıklama yapmak amacıyla hazırladığı çalışmasında; Toyota Üretim Sisteminin kısa tarihini jidoka, tam zamanında üretim, çekme akışlı üretim gibi yalın üretimin en temel araçlarıyla birlikte özetlemiştir.

Borges Lopes, Freitas ve Sousa (2015) çalışmalarında Portekiz’de faaliyet gösteren iki farklı şirketin yalın üretim SMED uygulamalarını incelemişler ve bu şirketlerden birinde %23-%45 arasında zamandan tasarruf sağlandığını diğer işletmede ise %21-%37 oranında zamandan tasarruf sağlandığını tespit etmişlerdir.

Nasution vd. (2018) çalışmasında, Kuzey Sumatra’da elektronik eşya üreten bir imalat işletmesinin mevcut durum analizini yapmış ve bu işletmenin ortalama üretim süresinin 647,94 dakika ve teslimat süresinin 725,68 dakika olduğunu mevcut durum analiziyle ortaya koymuştur. Elde edilen iyileştirme sonucunun tahmin edilmesiyle gelecekteki durum haritasındaki ortalama üretim

süresi 250,80 dakika olurken teslimat süresinin de 340,90 dakika olabileceğini ortaya koymuştur.

Aka vd. (2019) çalışmasında, Bureau of Public Procurement (BPP) kurumunu incelemiştir. BPP Nijerya’da faaliyet gösteren 478 şirketi bulunan bir devlet endüstri kuruluşudur. BPP’nin tuğla üretimi yapan bir şirketinde yalın üretim uygulanarak ciddi tasarruflar elde edilebileceğini fakat bu sürecin kademeli bir geçiş uygulanarak yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Goh ve Goh (2019) yalın kavramların uygulanması yoluyla modüler inşaat verimliliğini artırmak için öneriler sunmuş ve değerlendirmişlerdir. Çalışmada yalın inşaat ilkeleri ve kavramları, toplam kalite yönetimi, e-kanban tabanlı tam zamanında teslimatlar, inşaat robotiğinin kullanımı konuları ele alınmıştır.

2. BÖLÜM YALIN ALTI SİGMA

Bu bölümde yalın altı sigma kapsamında, altı sigma kavramı ve istatistiksel anlamı, altı sigmanın tarihsel gelişimi, altı sigmanın ilkeleri, sigma düzeyleri, altı sigma organizasyonu, altı sigma yöntemleri, altı sigmanın avantajları, altı sigmanın dezavantajları, dünyada ve Türkiye’de altı sigma uygulamaları, yalın altı sigma ve yalın altı sigma konusunu ele alan literatür değerlendirilecektir.

2.1.ALTI SİGMA KAVRAMI VE İSTATİSTİKSEL ANLAMI

Müşteri memnuniyeti işletmelerin varlıklarını devam ettirebilmeleri açısından önemli bir unsur olmuştur. Günümüzde müşteriler kaliteli ürünleri, uygun fiyatta ve doğru zamanında üretilmesi ile memnun edilebilir hale gelmişlerdir (Galli; 2018: 80). İşletmelerin atılım yaparak büyümeleri ve varlıklarını devam ettirebilmeleri müşteri memnuniyetine bağlıdır. Yani günümüzde müşteriler mükemmel olanı aramaktadır. Mükemmellikten uzaklaşmak işletmeler arasında rekabet yarışında geri kalmak demektir. Mükemmelliği yakalamak adına geliştirilen üretim yönetimi süreçlerinden bir tanesi de altı sigmadır (Eckes, 2003, s. 3-4).

Sigma, Yunan alfabesinde yer alan bir harfe verilen addır. Bu harfin büyük yazılışı toplam simgesi olarak (Σ) kullanılmaktadır. Küçük harf olarak kullanımı da (σ) istatistikte ve istatistiksel süreç kontrolünde yer alan standart sapmanın simgesidir. Standart sapmanın karesi, varyans (σ^2) olarak ifade edilir. Varyans, değişkenliğin temel ölçütüdür. Standart sapma, varyansın kareköküdür (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 15).

Sigma kelimesi üretim süreçlerinde müşteri beklentilerini eksiksiz karşılayacak olan mükemmellik düzeyini gösteren istatistiksel bir terim olarak ifade edilmektedir (Tjahjono vd, 2010, s. 216-217). Altı Sigma kavramı ise değişkenlerin kontrol altına alınabileceğini öngören bir yönetim felsefesidir. Hata düzeylerinin minimize edilmesini hedefleyen bir kalite yönetim aracı olarak kullanılmaktadır. Milyonda 3,4 gibi çok düşük hataya denk gelen bir performans düzeyini hedefleyen altı sigma yöntemi, zaman içerisinde bunu gerçekleştirmeye

yönelik vizyonu ortaya koyabilen ve buna yönelik sistemi geliştiren bir terim olarak karşımıza çıkmaktadır (Dağlıoğlu ve Aksoy, 2009, s. 132-133).

Altı sigma, işletmelere iş süreçlerinin yeteneklerini geliştirmek için araçlar sağlayan bir iş stratejisidir. Altı sigmada iyileştirme için temel birim bir süreçtir. Bu bir işletmenin dışarısındaki müşterilere sağladığı bir ürün veya hizmet olabilir ya da bir faturalama süreci veya bir üretim süreci gibi işletme içindeki bir iç süreç de olabilir. Altı sigmada süreç iyileştirmenin amacı, bir sürecin performansını artırmak ve performans varyasyonunu azaltmaktır (Yang, 2005: 12). Performanstaki bu artış ve süreç çeşitliliğindeki azalma, kusurlarda azalmayı sağlar. Bunla birlikte karlılık düzeyinde, çalışanların moral durumlarında, ürün kalitesinde ve dolayısıyla da iş mükemmelliğinde bir iyileşmeye yol açacaktır (Tjahjono vd, 2010, s. 220).

Altı sigma, günümüzde endüstride en hızlı büyüyen işletme yönetim sistemlerinden biri haline gelmiştir. İşletmeler altı sigma sayesinde çok ciddi tasarruf sağlamaktadırlar. Motorola tarafından 1980'lerin ortalarında geliştirilen altı sigma metodolojisi (Raisinghani; 2005:491-492), ancak Jack Welch'in onu 1995'te iş stratejisinin odak noktası haline getirmesinden sonra tanınır hale gelmiştir (Yang, 2005: s. 12).

Diğer kalite girişimleriyle karşılaştırıldığında, altı sigma'nın temel farkı, yalnızca ürün kalitesine değil, aynı zamanda temel süreçleri iyileştirerek iş operasyonunun tüm yönlerine uygulanmasıdır (Dağlıoğlu ve Aksoy, 2009, s. 132-133). Örneğin Altı Sigma, iyi tasarlanmış, son derece güvenilir ve tutarlı müşteri odaklı sistemler, maliyet kontrol sistemleri ve proje yönetim sistemleri oluşturmaya yardımcı olmak için kullanılabilir.

Altı Sigma sadece istatistiksel bir jargon değildir; birden çok yönü olan kapsamlı bir iş stratejisidir. Altı sigmanın temel inançlar, örgütsel altyapı, eğitim, proje yürütme yöntemleri ve araçlar (Yang; 2005, s. 12) olmak üzere beş yönü vardır.

Altı sigma, işletmelere iş süreçlerinin yeteneklerini geliştirmek için kurumsal altyapı, disiplin, eğitim ve araçlar sağlayan kapsamlı bir stratejidir. Diğer

kalite girişimleriyle karşılaştırıldığında, altı sigmanın temel farkı, yalnızca ürün kalitesi için değil, aynı zamanda iş operasyonunun tüm yönleri için geçerli olmasıdır. Altı sigma, iş mükemmelliği için geliştirilmiş bir yöntemdir. Yani altı sigma; ürünleri, süreçleri ve insanları iyileştirerek iş mükemmelliğine ulaşmaya çalışır. Mükemmelliği doğru şeyleri yapmak ve işleri doğru yapmak olarak ifade edebiliriz (Tjahjono vd, 2010, s. 221).

Altı Sigma organizasyon altyapısı, şampiyon, kara kuşak, uzman kara kuşak, yeşil kuşak ve liderlik konseyi gibi altı sigma profesyonellerinden oluşur (Kubiak ve Benbow, 2016, s. 31-33). Tüm altı sigma uzmanları, altı sigma araçları ve yöntemleri ile eğitilmiştir. Altı sigma her seferinde bir proje yaparak iş mükemmelliğine ulaşmayı hedefler. Sofistike proje seçimi, proje akış şeması, proje yönetimi ve proje değerlendirme prosedürleri her bir proje için doğrulanabilir ve mali sonuçlarla işletmelerin kâr hanesinde görünür faydalar sağlamalıdır. Proje faaliyetleri, altı sigma organizasyon altyapısının üyeleri tarafından yönetilir ve yürütülür.

Altı sigma yöntemi işletmeler açısından; karlılık düzeyini arttıran, gereksiz iş ve işlemleri azaltan hatta ortadan kaldıran, kalitesizlik maliyetlerini azaltan ve müşteri beklentilerini karşılamak için gerekli işlemlerin etkinlik ve verimliliğini maksimize eden bir stratejisi olarak ifade edilebilmektedir. Altı sigma kavramının işletme süreçlerinin yönetim uygulamalarında kullanılan tanımı; “İşletmelerin, müşteri memnuniyet düzeyini arttırması ve bu duruma bağlı olarak işletmelerin karlılık düzeyini artırması ve rekabet avantajları elde etmesini sağlayan kültür değişimi” olarak ifade edilmektedir (Tjahjono vd, 2010, s. 224).

İstatistiksel anlamda ise, altı sigma her şeyden önce bir hedefin simgesidir. Bu hedef de milyonda 3,4 hata oranı olarak tanımlanmaktadır. Altı sigma, öncelikle süreç varyasyonunu belirlemek ve azaltmak veya ortadan kaldırmak için istatistiksel yöntemler kullanarak iş süreçlerinin kapasitesini geliştirmek için uygulanan bir metodolojidir. Temel amacı; kusurların azaltılması, giderilmesi ve iyileştirilmesidir. Yapılandırılmış bir proje yaklaşımı ve projenin etkili bir şekilde yürütülmesi, altı sigma sürecinin başarısının anahtarıdır. Altı sigmanın özellikleri aşağıdaki hususları içerir (Dedhia, 2005, s. 569):

- Beklenen kârlılık sonuçları elde edilmesi.
- Üst yönetim liderliği.
- Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir ve Kontrol Et (DMAIC) konseptini kullanan disiplinli beş adımlı yaklaşımı.
- Hızlı proje tamamlama.
- Açıkça tanımlanmış performans ölçümleri.
- İyileştirme sürecinin kritik alanlarına odaklanmak için sağlam bir istatistiksel yaklaşım.

2.2.ALTİ SİGMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Bir yöntem olarak altı sigma, çok yakın geçmişte ortaya çıkmıştır. Altı sigmanın imalat, finans, perakende ve hizmet sektörlerinde hızla öne çıkan bir yönetim sistemi olduğunu ifade edebiliriz. İlk olarak 1986 yılında Motorola tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. O zamanlar Motorola, pazarda önemli bir paya sahipti ve şirket olarak çift haneli büyüme rakamlarını görüyordu. Fakat Şirket CEO'su, Robert Galvin ve diğer yöneticiler, Motorola ürünlerinin ve süreçlerinin kalitesinin yabancı ürünlerle karşılaştırıldığında olumlu bir sonuç almadığını fark ettiler. Şirket, Galvin altında, kıyaslama yaparak veya diğer şirketlerin en iyi ürün ve uygulamalarından kıyaslama yaparak ürün kalitesini iyileştirmeye çalışmıştı. Motorola'nın iki yönlü telsiz işinde görev alan bir yönetici olan Bill Smith, ürünlerdeki gizli kusurları tespit etmek veya düzeltmek için denetim sınırlamalarını inceledi (LeMahieu vd., 2017, s. 92).

Altı sigmanın başlangıcı için kesin bir tarih belirlemek imkansız olsa da, Motorola firmasının başta Japonya olmak üzere uluslararası rekabetten kaynaklanan aşırı baskılarla karşı karşıya kalmış durumda olduğu 1987 yılında iyileştirme projelerine başladığı tarih, başlangıç tarihi olarak kabul edilebilir (Antony, Snee ve Hoerl, 2017, s. 1075).

Altı sigmanın gelişimine katkıda bulunan süreçler içerisinde ön plana çıkan aşağıdaki 3 husustan bahsedebilir (Santoso, 2007, s.27-54).

- 1800'lerin ilk yarısında, Carl Frederick Gauss'un normal eğri kavramını ortaya atması.
- 1920'lerde Walter Shewhart'ın ortalamadan üç sigmanın bir sürecin düzeltilmesi gereken nokta olduğunu kanıtlaması.
- 1980'lerin ortasında, Motorola mühendisi Bill Smith'in, altı sigmanın (milyonda 3,4 hatayı temsil eder) kalite ve maliyeti dengelemek için en uygun seviye olduğunu açıklaması.

2.3.ALTİ SİGMANIN İLKELERİ

Altı sigma felsefesinin temel hedefi hataları mümkün olduğu kadar asgari düzeye indirmektir. Bunu sağlayabilmek için müşteri, süreç ve çalışanlar üzerinde hassasiyetle durulması gerekmektedir. Bir yönetim sistemi olarak ifade edilen altı sigmanın temel ilkeleri; müşteri odaklılık, verilere ve gerçeklere dayalı yönetim, sürece odaklanma ve yönetim iyileştirme, proaktif yönetim, sınırsız işbirliği, mükemmele yöneliş ve başarısızlığa karşı hoşgörü olmak üzere altı başlık altında incelenmektedir (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 16).

Müşteri odaklılık: İşletmelerin temel odak noktası olan müşteriler, altı sigmanın önemli konularından bir tanesidir. Müşterilerin yalnızca bugün için değil gelecekte de var olabilecek muhtemel ihtiyaç ve isteklerinin önceden tahmin edilmesi gerekmektedir. Böylece işletmeler büyük rekabet avantajları sağlamış olacaktır (Antony, 2004, s. 303-304).

Verilere ve gerçeklere dayalı yönetim: Veriler ve gerçekler altı sigma kavramının önemli temel konularından bir tanesidir. İşletme açısından hataların bulunması ve hataların bertaraf edilerek tamamen ortadan kaldırılmasında; kapsamlı ve karmaşık veriler elde edilerek bu veriler ışığında istatistiksel analizlerinin yapılması gerekmektedir. Altı sigma çalışmalarında ilk önemli aşama iş performansının değerlendirmesi için gerekli olan ölçütlerin belirlenmesi sürecidir. Belirlenen bu ölçütler, özellikle kritik değişkenlerin gözlemlenmesi ve sonuçların optimize edilmesinde ciddi faydalar sağlamaktadır (Dağlıoğlu ve Aksoy, 2009, s. 134-136).

Sürece odaklanma ve yönetim iyileştirme: Üretim süreçleri altı sigmada eylemin var olduğu yerler olarak ifade edilmektedir. Altı sigma uygulamalarında süreç ne olursa olsun, başarının kilidini açan anahtar, sürece odaklanma olarak görülmektedir (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 16).

Proaktif yönetim: İşletmeler başarılı olabilmek için iddialı hedefler oluşturmalı, bu hedefleri daima gözden geçirmeli ve karşılaşılan sorunları önceden görerek bu problemlerin önlenmesine odaklanmalıdır. Yani proaktif bir yönetim anlayışı benimsemelidirler. Altı sigma uygulamalarında tepkisel olarak ortaya çıkmış alışkanlıkların yerine duyarlı, dinamik ve de proaktif yönetme biçimini sağlamak için gerekli araç-gereç ve yöntemlerden yararlanmak gerekmektedir (Dağlıoğlu ve Aksoy, 2009, s. 134-136).

Sınırsız iş birliği: Sadece son kullanıcıların gerçek taleplerini değil aynı zamanda bir süreç ya da üretim zincirindeki iş akışının da ayrıntılı bir şekilde anlaşılması için altı sigma kullanılmaktadır (Antony, 2004, s. 303-304).

Mükemmele yöneliş, başarısızlığa karşı hoşgörü: Hedef olarak altı sigmaya ulaşmayı belirlemiş her işletme daima mükemmel olmaya çalışmalıdır. Ayrıca dönem dönem karşı karşıya kalınacak başarısızlıkları da kabullenebilme erdemini göstermelidirler (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 16).

2.4.SİGMA DÜZEYLERİ

İşlemlerinin verimliliği sigma seviyesi ile belirlenmektedir. Sigma seviyesi 1 sigma ile başlayıp 6 sigma ile bitmektedir. Bu seviyeler; ürün başına kusurlar, düşük kalite maliyeti, üretkenlik ve zaman ile ilgilidir. Sigma değerleri milyon başına düşen olası hata oranları ve hasar yüzdesidir. Sigma düzeyi arttıkça hata olasılığı da azalır. Örneğin 4 sigma seviyeli bir şirket 1 milyon parça üretirse en fazla 6210 hata meydana gelir. Şirket 6 sigma seviyesinde faaliyet gösterecek olsaydı 1 milyon parça yapımındaki kusur sayısı en çok 3,4 olurdu (Çakır, 2019, s. 61-63).

Altı sigma yaklaşımı, üretimde sıfır hataya giden yolda önemli bir adım olarak kabul edilebilir. Üretici için üretiminin 100 biriminden birinin hatalı olması başarı olarak değerlendirilebilir (Raisinghani, 2005, s. 499).

Üretilen ürün, bir müşteri satın aldığı anda ve bu ürün arızalı olduğunda müşteri için hata oranı %100'dür. Bu nedenle müşteri odaklı üreticiler, altı sigma gibi yaklaşımlarla kusur oranlarını daha da düşürmek istemektedir. Müşteriye karşı %99,99966 olasılıkla hata yapmak istemiyorsanız 6 sigma yeterlilik seviyesi çalışılmalıdır. Tablo 2.1'de sigma düzeylerine göre bir milyonluk üretimde olması gereken hata verileri ele alınmıştır (ReVelle; 2004, s. 41).

Tablo 2.1: Sigma Düzeyleri

Sigma Düzeyi	Bir Milyonda Hata Sayısı	Hata Oranı (DPMO)	Satış Yüzdesi Olarak Kalite Maliyetleri
1	691.462	%69	>40
2	308.538	%31	20-40
3	66.807	%6,7	15-30
4	6.210	%0,6	10-20
5	233	%0,023	5-10
6	3,4	%0,00034	0-5
7	0,02	%0,0000019	0-5

(ReVelle; 2004, s. 41)

2.5.ALTİ SİGMA ORGANİZASYONU

Altı sigmanın başarısı rollerin çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Altı sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitim türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilmektedir. Altı sigmanın uygulandığı organizasyonun yapısı uygulama kapsamı ve proje türüne göre farklılık gösterebilir. Bazı şirketler sarı, mavi vb. gibi genel kabul görmüş başlıkları kullanırlar. Şirketin boyutuna ve uygulama kapsamına bağlı olarak görevleri birleştirebilir veya ek görevler oluşturabilir. Bu yapı sabit değildir ve değişen ihtiyaçlara göre yenilenebilir (Antony, 2004, s. 303-304).

Altı sigma uygulamalarında bilimsel yöntem şu şekilde çalışır (Pyzdek ve Keller; 2014, s. 6).

1. Pazar yerinin veya işletmenin önemli yönleri gözlemlenir.
2. Gözlemler ile tutarlı geçici bir açıklama veya hipotez geliştirilir.
3. Hipoteze dayanarak tahminlerde bulunulur.
4. Deneyler yaparak veya daha dikkatli gözlemler yaparak tahminler test edilir. Gözlemler kaydedilir. Yeni gerçeklere dayanarak hipoteziniz değiştirilir.
5. Hipotez ile deneylerden veya gözlemlerden elde edilen sonuçlar arasında herhangi bir tutarsızlık kalmayana kadar 3. ve 4. adımlar tekrarlanır.

Altı sigma organizasyon yapısı işletmelere göre değişkenlik arz etmekle birlikte genel olarak; üstün kalite konseyi, yönetim temsilcisi, kalite şampiyonu, uzman kara kuşak, kara kuşak ve yeşil kuşak gibi ünvanlarla oluşturulmaktadır. Bazı işletmelerde genel kabul gören ünvanlara sarı, mavi vb. kuşaklar da eklenebilir (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 20).

Üstün Kalite Konseyi: Altı sigmadaki projeler organizasyonun orta seviyesindeki Kara Kuşaklar tarafından yürütülmektedir. Bu konseyin temel görevleri (Kansoy ve Dirgar; 2008, s. 20);

- Altı sigma uygulamalarının kapsamını belirlenmek,
- Altı sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek,
- Altı sigmada işletmenin değişen ihtiyaçları ve olgunluk düzeyine göre altı sigma uygulamalarının kapsamını genişletmek ve organizasyon yapısında buna göre düzenlemeler yapmak,
- Altı sigma projeleri için gerekli kaynakları sağlamak, proje ekiplerinin karşılaştığı büyük sorunları çözmek,
- Altı sigma projelerini takip etmek ve gerektiğinde müdahale etmek,

- Elde edilen olumlu sonuçların ve iyi uygulamaların şirket geneline yayılmasını sağlamak.

Yönetim Temsilcisi: Altı sigma etkili bir lider tarafından yönetilmediği sürece başarısızlık ihtimali her zaman vardır. Etkili bir lider görevlendirme altı sigmaya verilen önemi göstermesi ve faaliyetleri kolaylaştırması açısından önemlidir (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 20-21). Yönetim temsilcisi üst yönetim adına kararlar alabildiği için konsey toplantılarının, proje çalışması sırasında ortaya çıkan soruları çözmesi beklenmeyecektir.

Altı sigma projelerinin yönetişimi, güçlü bir matris organizasyon yapısında, kuşak sistemi kullanılarak gerçekleştirilir. Tablo 2.2’de altı sigma organizasyonunda kuşakların rolleri ve sorumlulukları detaylı olarak ele alınmıştır.

Şampiyon: Altı sigma kalite hedefine ulaşmak için gerekli olan yol haritasını koordine etmekten şampiyon sorumludur. Kendi sorumluluk alanındaki altı sigma projeleri için altı sigma projelerini seçecek, kontrolü uygulayacak ve engelleri hafifleteceklerdir (Yang, 2005, s. 15). Şampiyon, Kalite Konseyi adına iyileştirme projelerini gözlemleyen kişi veya kişilerdir.

Uzman Siyah Kuşak: Uzman siyah kuşak, organizasyondaki diğer görev alanların akıl hocası, eğitmeni ve koçudur. Organizasyonu gerekli altı sigma profesyonel yeterlilik seviyesine çıkarmakla görevlidir. Altı sigma ile ilgili tüm konularda en üst düzeyde teknik bilgi sahibi olması gereken uzman siyah kuşağın görevi, altı sigma çalışmalarının başında, dış kuruluşlardan işe alınan bir danışman tarafından gerçekleştirilebilir (Antony, 2004, s. 304).

Uzman Siyah Kuşak'ın temel görevleri (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 21-22);

- İstatistiksel yöntemlerin seçimi ve kullanımı başta olmak üzere tüm konularda iyileştirme ekiplerine teknik destek sağlamak,
- Projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde kalite şampiyonlarına yardımcı olmak,
- İyileştirme projelerinden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için toplamak ve özetlemek,

- Altı sigma konusunda eğitim vermek,
- Çalışanlara bilgi vererek altı sigmanın kurum genelinde benimsenmesine katkıda bulunmak.

Tablo 2.2: Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar

Şampiyon	Uzman Siyah Kuşak	Siyah Kuşak	Yeşil Kuşak
Şirketin Altı Sigma vizyonunu oluşturmak	Siyah Kuşakların eğitime ve sertifikalandırılmasına yardımcı olmak	Proje engellerini belirlemek	Yeşil Kuşak sorumluluğunda ki günlük işleri yerine getirmek
Altı Sigma uygulamalarını tanımlamak	Şampiyonlarla işbirliği kurmak	Projenin gerçekleştirilmesinde ekipleri yönlendirmek ve yönetmek	Siyah Kuşakların projelerine katılarak, sorumluluklarını yerine getirme
Stratejileri uygulamak için eğitim planı geliştirmek	Örgütün birçok seviyesindeki personeline eğitim vermek	Liderlere gelişmeleri rapor etmek	Projelerin uygulanmasında Altı Sigma metodlarını öğrenmek
Etkisi yüksek olacak projeleri belirlemek	Proje tanımlamasına yardımcı olmak	Gerektiğinde yardım talep etmek	Projelerin tamamlanmasından sonra da Altı Sigma metod ve araçlarının öğrenimini sürdürme
İstatistiksel düşünce sistemini geliştirmek	Proje çalışmalarında Siyah Kuşakları desteklemek	Uygulamada kullanılacak en etkin araçları belirlemek	
Diğer Kuşakları denetlemek	Gerekli olduğunda teknik danışmanlık verebilmek üzere proje incelemelerine katılmak		

(Kaynak: Harry ve Schroeder, 2000:198-199; Avunduk; 2019:635)

Siyah Kuşak: İyileştirme ekibinin lideri siyah kuşaktır (Taghizadegan; 2010:105). İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve sonuçlarından birincil derecede sorumludur. Siyah kuşak görevini yürüten kişi proje tamamlanıncaya kadar ana görevini bir başkasına devreder. Projenin sonunda aynı pozisyona devam edebilir veya bir üst pozisyona terfi edebilir (Antony, 2004, s. 304).

Siyah kuşaklar, altı sigma araçlarını etkin bir şekilde kullanarak, iş sorunlarına hızlı ve kalıcı çözümler getirebilmelidir (Adams, Gupta, ve Wilson; 2007, s. 133-138).

Siyah kuşakların ölçüm, analiz, iyileştirme ve kontrol metodolojisinin pek çok unsurunda metodolojik olarak eğitilmiş olması gerekmektedir. İki büyük projenin tasarımı ve tamamlanması sırasında bu metodolojinin farklı bölümlerini

kullanmış olacaklardır. Bu projeler eğitimlerine paralel olarak yürütölmektedir (Ingle ve Roe, 2001, s. 277-278).

Yeşil Kuşak: Yeşil kuşak iyileştirme ekibi üyelerine verilen addır. İyileştirme faaliyetlerini bizzat yürüten yönetici personelden oluşur (Adams, Gupta, ve Wilson, 2007, s. 147-150). Yeşil kuşaklar temel ölçüm ve analiz yöntemlerini iyi bilmeli ve bilgisayar yazılımı yardımıyla analizleri çok kolay yapabilmelidirler.

Yeşil kuşaklar altı sigma araç ve tekniklerini kullanma konusunda eğitim almış veya deneyim kazanmış çalışanlardır. Yeşil kuşaklar istatistikleri ve liderlik becerilerinin kullanmada deneyime sahip olmak zorunda değildir. Yeşil kuşaklar, siyah kuşaklara projelerinin tamamlanmasına yardımcı olurlar ve akredite olmak için iki projeyi tamamlamaları gerekmektedir (Ingle ve Roe, 2001, s. 277).

2.6.ALTI SİGMA YÖNTEMLERİ

Altı sigma uygulamalarında amaç müşteri memnuniyetini artırmak ve bunu sağlarken de işletme performansını optimize etmektir. Bunları sağlayabilmek için sistem ve süreçlerde müşteri memnuniyetini ve işletme performansını artıracak bazı değişiklikler yapılmalıdır. Fakat bu değişikliklerin, uygun bir plan dahilinde yapılmadığı takdirde, gerçekleştirilmesi pek de mümkün değildir. Altı sigma uygulamalarında “tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol” yani İngilizce (define, measure, analyze, improve, control) baş harflerinin kısaltılması olan (DMAIC) modeli kullanılmaktadır. DMAIC döngüsel bir süreç olarak izlenmektedir ve bu döngüsel sürecin uygulanan her bir adımında en iyi sonucun alınabilmesi beklenir (Eckes, 2003, s. 27-66).

2.6.1. Tanımlama

Tanımlama aşaması, yalın altı sigma iyileştirme sürecinin ilk aşamasıdır. Bu aşamada projenin liderleri bir proje sözleşmesi oluşturur, sürecin üst düzey bir görünümünü sağlar ve müşterilerinin ihtiyaçlarını anlamaya odaklanır (Taghizadegan, 2010, s. 108-111). Tanımlama aşaması altı sigmanın kritik bir aşamasıdır (Raifsnider ve Kurt, 2004, s. 7).

Tanımlama aşamasında altı sigma projesi ve müşteriler için kritik olan değişkenler ile yapılan işin gereksinimleri arasında ilişki kurulur. Ayrıca bu aşamada bir proje açıklaması sunulur ve projeye dahil olan süreçler belirlenir (Kumar vd, 2006, s. 356). Tanımlama aşamasında müşterilerin kim olduğu, işletmenin iç ve dış müşterilerinin ürün ve hizmetlerden beklentilerinin neler olduğu, projenin sınırlarının ne zaman başlayıp ne zaman biteceği belirlenmektedir. Ayrıca kritik kalite değişkenleri belirlenerek geliştirilecek ana süreçler ortaya çıkartılır ve süreç haritaları çizilir. Tanımlama aşamasında problemlerin öncelik sırası pareto analizi ile belirlenir. Daha sonra problemlerle ilgili projeleri öncelik sırasına göre tanımlama ve uygun kişiye atama görevleri yapılır. Bir projede kritik kalite değişkenlerini belirlerken projenin kritik kalite değişkenlerinin aşağıdaki dört nokta ile ilişkili olması sağlanır (Brits, 2018, s. 45-46):

- Müşteri iletişimi.
- Pazarın rekabet şartları.
- Zamanında ve eksiksiz teslimat.
- Ürün ve hizmetin teknik performansı.

2.6.2. Ölçme

Altı sigma projelerinde ölçme oldukça kritik öneme sahiptir (Taghizadegan, 2010, s. 116-120). Proje uygulayıcısı ekip başlangıçta veri toplamaya odaklanırken sürecin başlangıç noktasını veya temelini belirlemek ve sürecin temel nedenini anlamak gibi iki odak noktası vardır. Veri toplamak için zaman ve emek gerektirdiğinden iki odak noktasını da projenin başlangıcında dikkate almak gerekir.

Süreçler için bir veri toplama planı geliştirmek, müşteriler için çeşitli kaynaklardan gelen hata türleri tarama sonuçlarının değerlendirilmesi, eksiklikleri belirlemek ve karşılaştırmak için temel süreçlerin performansları ölçülmektedir (Jirasukprasert vd; 2014: 9).

Ölçüm aşaması altı sigma projelerinin en temel aşamalarından bir tanesidir. Ölçüm aşamasında öncelikle proje durum raporu doldurulup sponsor, uygulama ve hedefler belirlenir. Daha sonra proje ekibi seçilerek süreç içerisinde temsilcilerin, tedarikçilerin ve müşterilerin bu ekipte yer almasına özen gösterilir. Sürecin akış şeması çizilirken girdiler ve çıktılar işaretlenir (Krishnan ve Prasath, 2013, s. 112-113). Problemi yaratan sürecin girdi ve çıktılarının bir listesi hazırlanır. Neden-sonuç ilişkisi, neden-sonuç diyagramı, neden-sonuç matrisi ve hata türü ile sonuç analizi gibi araçlar kullanılarak tartışılır. Daha sonra ekibin tecrübesine göre çıktılar üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu düşünülen girdilerin listesi hazırlanır. Girdi ve çıktılar için ölçüm yeteneği raporları alınır.

Ölçüm aşamasında dikkat edilecek hususları şu şekilde özetleyebiliriz (Raghunath, ve Jayathirtha; 2013, s. 3):

- Temel işlem çıktı değişkenlerinin çalıştırma çizelgeleri ve kontrol çizelgeleri oluşturulur. Proje ölçümleri zaman serisi biçiminde derlenmeye başlanır.
- Uzun vadeli süreç yeterliliği belirlenir.
- Pareto diyagramları ve kontrol çizelgeleri yaygın olarak kullanılarak temel performans araçları belirlenir.
- Bir akış şeması / süreç haritası geliştirilir.
- Taşıma ölçüm sistemi analizi yapılır.
- Ölçü adımı için stratejik çıktılar; temel rakamlar, ölçüm sistemi analiz sonuçları, süreç kapasitesi, bir iyileştirme hedefi, iyileştirilmiş bir süreç haritası ve iyileştirilmiş bir proje olarak ifade edilebilir.

2.6.3. Analiz

Analiz aşaması genellikle ölçüm aşaması ile iç içe geçmiştir. İşletme içerisinde görev yapan ekiplerce ölçüm safasında toplanan veriler analiz edilmektedir. Veriler toplandıkça, ihtiyaca göre farklı ekipler oluşturulabilmektedir. Ek verileri toplayacak ekipler farklı kişilerden oluşabilir. Ekip, ölçüm aşaması sırasında toplanan verileri incelerken, veri toplama planını ek bilgiler içerecek şekilde düzenlemeye karar verebilir (Taghizadegan, 2010, s. 143-

147). Analiz yapılırken israf ve kusurların temel nedenlerini daraltmak ve doğrulamak için hem verileri hem de süreci doğru anlamak için gerekli olan verilerin ölçülmesi yönünde beklenti sürekli devam eder.

Toplanan veri ve süreçlerin haritalarını geliştirme fırsatlarını belirlemek için bu aşamada çeşitli analizler yapılır (Kumar; 2006, s. 358). Ana kütle parametreleri için güven aralıkları hesaplanıp ortalama, standart sapma, medyan veya oran gibi özetleyici istatistiksel değerler kullanılarak anlamlılık testleri gerçekleştirilir (Jirasukprasert vd; 2014, s. 11). Bu çalışmanın analiz kısmında iş akış haritası, kontrol diyagramları, pareto analizi ve neden sonuç diyagramı ele alınmıştır.

2.6.3.1.Kontrol Diyagramları

Kontrol diyagramları, onu ilk kez tanıtan ve uygulayan kişi olan Shewhart'dan dolayı Shewhart diyagramları olarak da adlandırılmıştır. Bu diyagramları kullanmanın temel kuralı, genellikle merkez çizgisinden 3σ mesafede, kontrol limitlerinin dışında bir aşım olduğunda gerekli önlemleri almaktır. Orta hattan 2σ mesafesindeki sınırlara uyarı sınırları denir. Bu sınırların dışındaki ardışık iki noktanın taşması eylem için tetikleyicidir (Gibra, 1975, s. 184-187).

Shewhart diyagramları uygulamalarındaki gelişmeler ışığında, verilerin tamamını veya son birkaç örneği dikkate almadan harekete geçebilmek için yeni bir kural belirlemek gerekli hale gelmiştir (Gibra, 1975, s. 184-187). Bunun üzerine kümülatif toplam kontrol diyagramları ilk olarak 1954'te İngiliz istatistikçi E. S. Page tarafından tanıtılmış ve diğer bazı İngiliz istatistikçiler tarafından da geliştirilmiştir.

Kümülatif toplam kontrol diyagramları, temel olarak bir sürecin sürekli kontrolünü sağlamak için kullanılır. Shewhart diyagramlarına göre ana avantajı, aynı verimliliği daha düşük maliyetle sağlamasıdır. Özellikle değişimin çok büyük olmadığı, süreç ortalamasındaki ani ve kalıcı değişimin kümülatif toplam kontrol grafiklerinde hemen fark edildiği durumlarda, değişimin zamanı belirlenerek daha net görüntülenebilir (Klein, 2000, s. 427-428). Kümülatif toplam kontrol

diyagramlarında herhangi bir karar verirken verilerden elde edilen tüm bilgilerin kullanılması gerekli değildir. Kontrol diyagramları Tablo 2.3'te detaylı olarak ele alınmıştır.

Tablo 2.3: Kontrol Diyagramları

Diyagram Türü	Süreç gözlemi	Süreç gözlem ve ilişkileri	Süreç Gözlem Tipi	Saptanacak değişimin büyüklüğü
Shewhard bireysel kontrol diyagramı (ImR veya XmR diyagramları)	Bir gözlem için kalite özelliklerinin ölçülmesi	Bağımsız	Değişkenler	Büyük ($\geq 1.5\sigma$)
Üç Yollu Kontrol Diyagramı	Bir alt gruptaki kalite özelliklerinin ölçülmesi	Bağımsız	Değişkenler	Büyük ($\geq 1.5\sigma$)
p-diyagramı	Bir alt gruptaki uygun olmayan oranlar	Bağımsız	Nitelikler	Büyük ($\geq 1.5\sigma$)
np-diyagramı	Bir alt gruptaki uygun olmayan sayılar	Bağımsız	Nitelikler	Büyük ($\geq 1.5\sigma$)
c-diyagramı	Bir alt gruptaki uygun olmayan eleman sayısı	Bağımsız	Nitelikler	Büyük ($\geq 1.5\sigma$)
u-diyagramı	Bir alt gruptaki birim başına düşen uygun olmayan eleman sayısı	Bağımsız	Nitelikler	Büyük ($\geq 1.5\sigma$)
Gerçek zamanlı karşılaştıran diyagramlar	Bir alt gruptaki kalite özelliklerinin ölçümü	Bağımsız	Değişkenler veya Nitelikler	Küçük ($< 1.5\sigma$)

Kaynak: (Tapiero, 1996, s. 191-202)

Bu çalışmada p diyagramı dikkate alınarak analiz yapılmıştır. p diyagramının üst ve alt kontrol limitleri aşağıda verilen formüle göre hesaplanmaktadır (Heizer ve Render, 2017, s. 245).

p Diyagramı

$$\bar{U}KLP = \bar{p} + z \sigma_p$$

$$AKLP = \bar{p} - z \sigma_p$$

$\bar{p}$ = Örneklerdeki ortalama hatalı ürün oranı

Z=Standart sapma katsayısını (%95,45 limiti için 2; %99,73 için 3)

σ_p = Örneklem dağılımının standart sapmasını göstermektedir.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

2.6.3.2.Pareto Analizi

Pareto analizi, operasyonel sonuçların ve ekonomik zenginliğin eşit olarak dağılmadığı ve bazı girdilerin diğerlerinden daha fazla katkıda bulunduğu gözlemine dayanmaktadır. On dokuzuncu yüzyılda İtalyan ekonomist Vilfredo Pareto tarafından geliştirilmiştir (Schumpeter; 1949: 160). Karmaşık bir ekonomik kavram olan pareto analizi, popülerleşen bir terminoloji olarak “80/20 kuralı” olarak anılır (Ehrgott, 2012, s. 448).

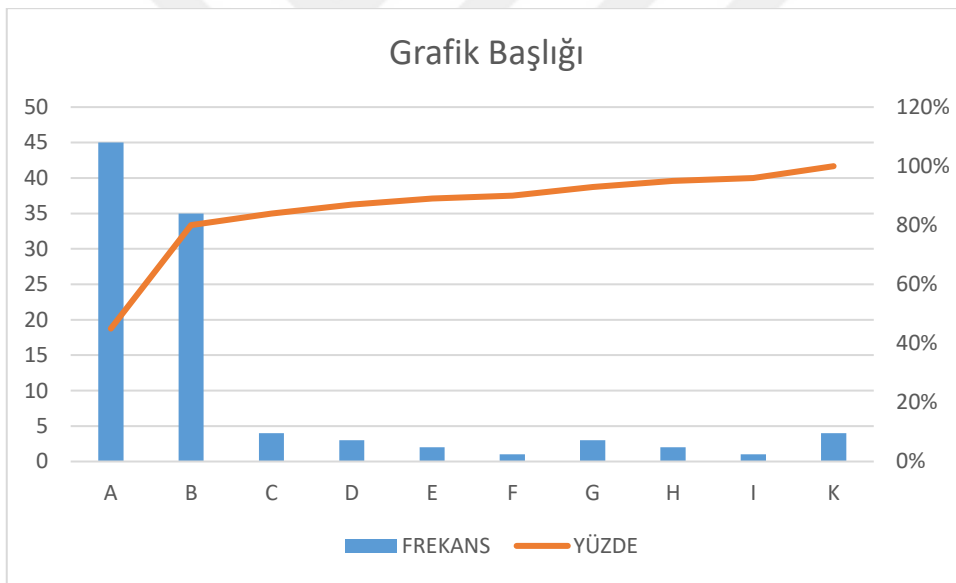
Tablo 2.4: Pareto Tablosu

Hata	Frekans
A	45
B	35
C	4
D	3
E	2
F	1
G	3
H	2
I	1
K	4
TOPLAM	100

Pareto, İtalya servetinin %80'inin nüfusun %20'sinin elinde olduğu bir öngörülebilir dengesizlik modeli gözlemlemiştir. Burdan hareketle araştırmacılar üretim yönetimi ve finansal yönetim de dahil olmak üzere, girdileri ve çıktıları

olan çoğu sistemde benzer durumları gözlemlemiştir (Grosfeld-Nir vd, 2007, s. 2330-2332). Örneğin Tablo 2.4’de belirtildiği gibi kusurlu sayısı gibi belirli bir faktörü incelerken, sınıflandırmanın 10 özelliğini ortaya çıkardığını varsayalım. Bu 10 özelliğin Pareto ilkesine göre yaklaşık %20’si kusurların %80’inin ana kaynağıdır. Bu iki özelliği iyileştirmeye odaklanmak kusurların çoğunu ortadan kaldırabilir.

Tablo 5’de belirtilen veriler doğrultusunda oluşturulan pareto grafik örneği Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Pareto grafiği sunulan sonuçlara bağlı olduğundan, sınıflandırmadaki hatalar alakasız düzeltme adımlarına yol açabileceğinden bilgi toplama çabası özel dikkat gerektirir.



Şekil 2.1: Pareto Grafik Örneği

2.6.3.3.Neden-Sonuç Diyagramı

Neden-sonuç diyagramı, belirli bir problemin veya durumun olası nedenlerini belirlemek için kullanılır. İstatistiksel yöntemler kullanılarak sonuçlara dayalı olarak olayın nedenlerine ulaşmak mümkündür ve sonuçlar ile bunlara yol açan nedenler arasındaki çapraz ilişki ortaya çıkarılarak neden-sonuç ilişkisi görsel olarak sunulabilir (Atalay ve Kılıç, 2015, s. 74). Bu işlemi neden-

sonuç diyagramlarıyla yapmak daha kolaydır. Çizilen grafiğin görüntüsü kılığa benzediği için bu grafiğe balık kılığı diyagramı da denir. Bu diyagram, belirli bir soruna neden olan tüm faktörleri ortaya çıkarmaya ve sonucu en çok etkileyen faktörü bulmaya, süreci iyileştirmeye yönlendiren bir tekniktir. Tekniği Japon toplam kalite uzmanı Kaoru Ishikawa geliştirildiği için adına Ishikawa diyagramı da denilmektedir (Aktan, 2012, s. 252). Bireysel problemlerden kurumsal boyutlardaki büyük problemlere kadar her konuya uygulanabilen; basit, kullanışlı ve kapsamlı bir problem çözme tekniği olan bu diyagram, beyin fırtınası tekniği ile birleştirildiğinde daha etkili sonuçlar verir.

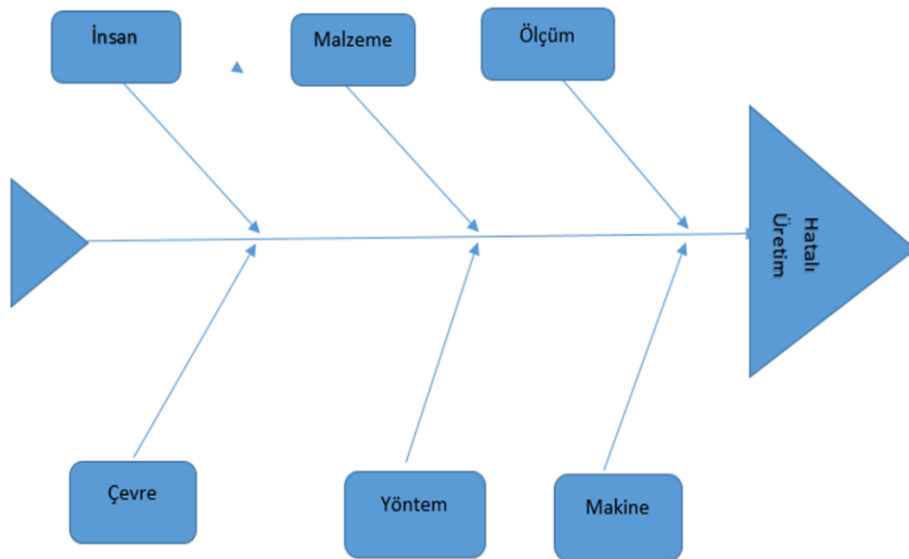
Neden sonuç diyagramı ile beklenen sonuca ulaşılma başarısı belirli bir sırayla düzenlenmiş bir dizi adımdan geçerek aşağıdaki öngörülen metodolojilere bağlıdır (Gorny, 2017, s. 386):

- **Adım 1:** Sorunu doğru ve net bir şekilde belirlemek için karşılaşılan sorun analiz edilir. Sorunların temel nedenleri kategorilere ayrılır ve bunlar ana sorunla ilişkilendirilir.
- **Adım 2:** Diyagramı çizilerek sorunun nedenleri ana ve alt bileşenlere ayrılır.
- **Adım 3:** Diyagram kontrol edilirken daha önce detaylı analizlerde atlanan nedenlerin tanımlanması ve analiz edilmesi gerekir.
- **Adım 4:** Diyagramın gerçekten de eldeki soruna katkıda bulunup bulunmadığı sorusunun yanıtlanması sağlanır.

Neden-sonuç diyagramı Şekil 2.2’de görüldüğü gibi insan, yöntem, makine, malzeme, yönetim ve çevre olmak üzere altı ana neden başlığında ele alınabilir (Jirasukprasert vd; 2014, s. 12-13).

- **İnsan:** İnsan neden sonuç diyagramının en karmaşık ve en az tahmin edilebilir faktörü olarak görülmektedir. İnsan faktörü içerisinde beceri, alışkanlıklar, mesleki deneyim, memnuniyet düzeyi, motivasyon, dikkat, sabır gibi beşerî özellikleri sayabiliriz.

- **Makine:** Kullanılan ekipmanın; gelişim, verimlilik, güvenlik ve ayrıca makine kullanımı için gerekli olan herhangi bir lisans veya sertifika ihtiyacı açısından analiz edilmesi için ele alınan bir faktördür.
- **Malzeme:** Hizmetleri ve işlenmiş malzemeleri analiz etmek için kullanılan bir faktördür.
- **Çevre:** Üretim sürecinin gerçekleştiği yer, zaman, sıcaklık ve kültür gibi koşullar bu kapsamda ele alınır.
- **Yöntem:** En değişken ve anlaşılması en zor faktörler olarak görülür. Bir görev yerine getirilirken izlenen tüm prosedürler ve talimatlar bu kapsamda ele alınır. Yöntemler bir kuruluştaki kullanılan tüm çalışma biçimlerini ve ilgili yasaları içerir.
- **Ölçüm:** Hesaplama ve analiz kaynaklı sorunları ifade etmektedir.



Şekil 2.2: Neden Sonuç Diyagramı Örneği

2.6.4. İyileştirme

İyileştirme adımı, deneme ve istatistiksel kullanımlara odaklanılır. Kalite problemlerini veya kusurların miktarını azaltmak için olası iyileştirmeler yapılır ve üretim teknikleri geliştirilmektedir (Jirasukprasert vd, 2014, s. 12-13).

Hedef süreç, teknoloji ve disiplinle ilgili sorunları ortadan kaldıran ve önleyen çözümler tasarlayarak, uygulama planları geliştirilerek ve

yaygınlaştırılarak iyileştirme yapılmaktadır (Taghizadegan, 2010, s. 150-155). Söz konusu iyileştirmeler simülasyon uygulanarak önceden görülebilmektedir. Bu sayede yatırım maliyetleri daha etkin yönetilebilmektedir.

2.6.4.1.Simülasyon

Simülasyon; gerçek bir sistemin yapısını ve çalışmasını anlayabilmek için mantıksal ve matematiksel modeller içeren, bu sistemin dışında bilgisayar ve benzeri araçlarla, deney ve gözlem yapma olanağı sağlayan bir yöntemdir (Cellier ve Kofman, 2006, s. 8-11). Simülasyon kavramını daha iyi anlayabilmek için sistem ve modelleme kavramlarının anlaşılması gerekmektedir.

İlk olarak Antik Yunan'da bilimsel bir kavram olarak ortaya çıkan sistem kavramı farklı alanlarda hatta birbirine benzeyen ve de birbiriyle bağlantılı anlamlar içermektedir. Bu nedenle sistem kavramının tek bir tanımı yoktur. Çok sayıda tanımları yapılmıştır. Yapılmış olan bu tanımlamaları incelediğimizde sistem kavramını; birbirine bağlı olan, birbirini etkileyen farklı parçalardan oluşan, bir plan dahilinde hedeflenen sonuca ulaşmak için ortak hareket eden bir bütün şeklinde açıklayabiliriz. Genel olarak sistem bir yöntem veya bir yaklaşım olarak da ifade edilebilir. Sistem kelimesinin kökenini incelediğimizde, kelimenin Latince bir kelime olan birleşme, bir araya gelme, oluşma gibi manaları olan Systema ve Yunanca bir kelime olan yerleşme, birleşme, bir arada duruş, konumlanma gibi manalarını içeren Sustema kelimelerinden türediğini görmekteyiz. Avrupa dillerine baktığımızda İngilizce'de ve Almanca'da system, İspanyolca'da ve Rusca'da sistema şekline yazılmaktadır (Zeigler, 1974, s. 185-189).

Sistemler birbirleriyle tanımlı ilişkisi olan alt birimlerden oluşmaktadır. Yani genel olarak her bir sistem kendisini oluşturan daha küçük alt sistemlerden meydana gelmektedir. Ayrıca bu sistemler kendisinden daha büyük başka bir sistemin parçası da olabilmektedir. Sistemler belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere hareket etmektedir. Bu amacı gerçekleştirirken de belirlenmiş bir sınır çerçevesinde hareket edebilmektedir. Sistemler bu çerçeve içerisinde hareket ederken iç ve dış çevre ile etkileşim halindedir. Çevresiyle sistemler; girdileri olan,

işleyişi olan, çıktıları olan, denge içerisinde yürüyen ve geri bildirim olanakları olan bir döngü meydana getirebilmektedir (Cellier ve Kofman, 2006 s. 489-500).

Matematiksel modellemeyi ise bir sistem üzerinden matematiksel kavramların yer aldığı bir dil kullanılarak sistemin tanımlanması şeklinde ifade edebiliriz (Cellier ve Kofman, 2006, s. 8). Matematiksel modeller biyoloji, fizik, bilgisayar bilimi, yapay zekâ, ekonomi, psikoloji, işletme, sosyoloji ve siyaset bilimi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Matematiksel modelleri en çok mühendisler, fizikçiler, istatistikçiler, araştırmacılar ve ekonomistler kullanmaktadır. Modelleme; bir sistemi açıklamaya, birbirinden farklı bileşenlerin etkilerini incelemeye ve bir davranış hakkında öngöründe bulunmaya yardımcı olabilmektedir (Ross, 2022, s. 265-271).

Matematiksel modeller; diferansiyel denklemler, dinamik sistemler, oyun teorisi modelleri veya istatistiksel modeller gibi pek çok formda olabilir. Genel olarak baktığımızda matematiksel modellerin mantıksal çerçevede olması gerekmektedir (Karnopp, Margolis ve Rosenberg, 2012, s.144). Bilimsel ve teorik olarak geliştirilen matematiksel modellerin, deneylerden elde edilen sonuçlara doğrulanabilir şekilde uyum göstermesi gerekmektedir. Teorik olarak sunulan matematiksel modeller ile deney ve gözlem sonucu tespit edilen ölçümler arasındaki durumlar geliştirilen teoriler ilerlemelere büyük yararlılıklar sağlar (Bossel, 2013, s. 2-3).

Simülasyon; teorik olarak ifade edilen veya fiziksel olarak gerçekten var olan bir sistemin, bir model yardımıyla başarılı olması amacına yönelik olarak, mevcut olan davranışını anlayabilmek ve daha iyi çalışmasını sağlamak için stratejiler geliştirilmesi, deneyler yürütülmesi gibi uygulamaların bilgisayar aracılığıyla değerlendirilmesini sağlamaktadır (Fritzson, 2014, s. 7).

Günümüzde pek çok alanda simülasyon yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Cellier ve Kofman, 2006 s. 489-500). Örnek verecek olursak; bazı ehliyet kurslarında sürücü adayları akan trafiğe çıkartılmadan önce simülasyon uygulamaları üzerinden eğitilmektedir. Bu sayede sürücü adaylarının gerçek bir araç kullanıyormuş gibi deneyim kazanması sağlanmaktadır.

Simülasyon günümüzde ticari amaçlı faaliyetlerin yönetilmesinde de kullanılmaktadır (Hira, 2009, s. 13-15). Örneğin üretim maliyeti çok yüksek olan bir ürünün üretim süreçlerinin geliştirilmesinde, işletmelerde gerçekleşen hata ve fire oranlarının minimize edilmesi için geliştirilecek iş süreçlerinde, teknik bilgi ve uzmanlık gerektiren hususlarda çalışanların eğitiminde, yapılacak yatırımların karlılık durumunu önceden görmek için simülasyon kullanılmaktadır. Bu sayede işletmeler neredeyse sıfır riskle durum değerlendirmesi yapabilmekte, çalışanlarını eğitebilmekte ve karlılığını artırabilmektedir. Gerçek hayatta yer alan sistemler simülasyon programları sayesinde bire bir gerçeklikte herhangi bir olayı taklit edebilmekte ve bu sistemlerde yer alan gerçek hayat problemlerinin çözümünde simülasyonlar çok büyük yararlılıklar göstermektedir.

Simülasyonun en çok kullanıldığı alanlardan biride havacılıkla ilgili eğitimlerdir. Uçaklar üretim maliyeti oldukça yüksek ve bir kaza durumunda can kaybı ihtimali oldukça kuvvetli makinelerdir. Bu riske binaen eğitimlerde dijital ortamlarda oluşturulan simülasyonlar sayesinde insanların gerekli eğitimleri alması sağlanmaktadır. Bilgisayarlı simülasyon kullanarak eğitim alan bir pilot adayı gerçekte bir uçağı kullanıyor olmasa da bir uçağı nasıl uçurması gerektiğı hakkında ciddi kazanımlar elde edecektir (Hira, 2009, s. 11-14).

Gerçek hayatta var olabilecek olayların bilgisayar programları ile desteklenen modellemeler sayesinde bire bir taklit edilebilmesi ve bu olaylarla gerçek hayatta karşılaşılması durumunda, simülasyonların kazandırdığı deneyimlerle, doğru şekilde yönetilmesi sağlamaktadır (Woehrle ve Abou-Shady, 2010, s. 72-73):

Simülasyon sonuçlarının güvenilirliğı sadece model doğruluğına bağı değildir. Aynı zamanda problemin doğru formüle edilmesinden de önemli ölçüde etkilenir. Bu nedenle problem formülasyonundan başlayıp simülasyon sonuçlarının sunulmasıyla sonuçlanan bir simülasyon çalışmasının yaşam döngüsü boyunca doğrulama ve test teknikleri kullanılmalıdır (Balcı, 1994, s. 121).

Günümüzde simülasyon uygulamaları çok sayıda alanda kullanılmaktadır. Bu alanlardan başlıcalarını şu şekilde sıralayabiliriz (Banks, 2005, s. 3-8; Carson, 2005, s. 18-23).

- Üretim Sektörü
- Mühendislik uygulamaları
- Proje Yönetimi
- Askeri Uygulamalar
- Lojistik, Tedarik Zinciri ve Dağıtım Uygulamaları
- Ulaşım ve Trafik
- Sağlık Hizmetleri
- Ticari iş süreçleri

Simülasyon, gerçek hayattaki bir durumun veya sistemin zaman içinde işleyişini taklit etmektedir. Simülasyon bir sistemin yapay bir geçmişinin oluşturulmasını ve gerçek sistemin çalışma özellikleriyle ilgili çıkarımlar yapmak için bu yapay durumun gözlemlenmesini içerir. Sistemlerin zaman içinde gelişimleri simülasyon modeli geliştirilerek incelenir. Genelde bu modeller, sistemin işleyişi hakkında bir dizi varsayım şeklini almaktadır. Bu varsayımlar; sistemin varlıkları veya ilgili nesneleri arasındaki matematiksel, mantıksal ve sembolik ilişkilerle ifade edilmektedir (Sargent, 2010, s. 166-167)

Sistemdeki olası değişiklikler, önce sistem performansı üzerindeki etkilerini tahmin etmek için simüle edilir. Simülasyon, bu tür sistemler kurulmadan önce, sistemleri tasarım aşamasında incelemek için de kullanılabilir. Bu nedenle simülasyon, hem mevcut sistemlerdeki değişikliklerin etkisini tahmin etmek için bir analiz aracı hem de değişen koşullar altında yeni sistemlerin performansını tahmin etmek için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir (Axelrod, 1997, s. 21-25).

Gerçek hayatta sistemler o kadar karmaşıktır ki bu sistemlerin matematiksel olarak çözülmesi neredeyse imkansızdır. Bu durumlarda bilgisayar tabanlı programlar sistemin zaman içindeki davranışını taklit etmek için kullanılabilir. Veriler simülasyondan gerçek bir sistem gözlemleniyormuş gibi toplanır. Simülasyonla üretilen bu veriler sistemin performans ölçümlerini tahmin etmek için kullanılır (Banks, 2005, s. 3).

Simülasyon çalışmasının temel amaçları şu şekilde özetlenebilmektedir (Woehrle ve Abou-Shady, 2010, s. 73.):

- Gerçek hayatta var olan bir sistemi girdi ve çıktılarıyla birlikte matematiksel bir model olarak açıklayabilmek.
- Gerçek olan bir sistemi, oluşturulan bir model üzerinden tanımlamak ve araştırmak.
- Sistemle ilgili alınması gereken kararları ve değerlendirilmesi gereken alternatifleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmek.
- Elde edilen bilgi ve bulgular doğrultusunda sistemle alakalı ön görülerde bulunabilmek ve uygulamaya yönelik temel olacak kararlar belirlemek.

Günümüzde bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte ortaya çıkan çok sayıda simülasyon dillerinin mevcudiyeti ve simülasyon metodolojilerindeki gelişmeler, simülasyonu yöneylem araştırması ve sistem analizinde en yaygın kullanılan ve kabul edilen araçlardan biri haline getirmiştir. Simülasyonun yoğun ilgi gördüğü pek çok alan ve durum da bulunmaktadır. Simülasyonun kullanılabileceği temel durumlar şu şekilde özetlenebilir (Banks, 2005, s. 4).

- Simülasyon, karmaşık bir sistemin veya karmaşık bir sistem içindeki bir alt sistemin, dahili etkileşimlerinin incelenmesi ve bunlarla ilgili deney yapılması için kullanılabilir.
- Bilgilendirici, organizasyonel ve çevresel değişiklikler simüle edilebilir ve bu değişikliklerin modelin davranışı üzerindeki etkisinin gözlemlenebilmesi için kullanılabilir.
- Bir modelinin tasarlanması sırasında kazanılan bilgi araştırılan sistemde iyileştirme önermek için kullanılabilir.
- Simülasyon girdilerini değiştirmek ve ortaya çıkan çıktıları gözlemlemek, hangi değişkenlerin en önemli olduğu ve bu değişkenlerin nasıl etkileşime girdiğine dair değerli bilgiler sağlayabilmek için kullanılabilir.
- Analitik çözüm metodolojilerini güçlendirmek için pedagojik bir araç olarak kullanılabilir.
- Karşılaşılabilecek durumlara hazırlanmak için kullanılabilir.
- Yeni tasarımlar veya politikalar üzerinde deneyler yapmak için kullanılabilir.
- Analitik çözümleri doğrulamak için kullanılabilir.

- Bir makinenin farklı yeteneklerini ve makinedeki gereksinimleri belirleyebilmek için kullanılabilir.
- Eğitim için tasarlanan simülasyon modelleri ile iş başında eğitimin; maliyetini minimize etmek ve kesintisi olmadan öğrenmeyi mümkün kılabilmek için kullanılabilir.

Simülasyon kullanımı bazı durumlarda uygun olmayabilir. Simülasyon kullanımının uygun olmadığı durumlarda sistemi incelemek daha doğru olabilir. Simülasyon kullanımının uygun olmadığı durumlar şu şekilde özetlenebilir (Banks, 2005, s. 5-6).

- Problemin sistemi gözlemleyerek çözülebildiği durumlarda
- Doğrudan deneyler yapmak daha kolaysa
- Simülasyon maliyeti sistemi gözlemlene maliyetinden daha yüksekse
- Simülasyon için gerekli kaynaklar mevcut değilse
- Simülasyonun yapılması için gerekli zaman yoksa
- Simülasyon için gerekli veri yoksa
- Yöneticilerin mantıksız beklentileri varsa
- Sistem deney yapmaya uygun değilse
- Sistem yeni tasarlanıyorsa
- Sistemin karşılaştığı problem karmaşıksa

2.6.5. Kontrol

DMAIC sürecindeki bu son aşama, iyileştirmeler sürdürülür ve devam eden performans izlenir. Süreç iyileştirmeleri de belgelenir ve kurumsallaştırılır. Uygulanan planın geliştirilmesi, dokümantasyonu, uygulanmasının talep edilmesi, eskisine dönmeye izin vermeden sürecin gelişiminin kontrol edilmesi bu aşamada gerçekleştirilir (Jirasukprasert vd; 2014: 15-16).

2.7. ALTI SİGMANIN AVANTAJLARI

Altı sigmanın faydalarını şu şekilde özetleyebiliriz (Tjahjono vd; 2010, s. 223-225; Adams, Gupta, ve Wilson; 2007, s. 191-195; Aljumaılı; 2014, s. 3)

- Maliyetlerde azalma
- Üretkenlikte artış
- Pazar payında artış
- Müşteri memnuniyetinde artış
- Döngü süresinde azalma
- Hata oranında ciddi oranda azalma
- Olumlu kültürel değişim
- Ortak dili konuşmak
- Herkese performans hedefi sağlamak
- Müşteriye verilen değeri artırmak
- İyileşme hızını artırmak
- Öğrenmeyi ve bilgi alışverişini artırmak
- Stratejik değişimi kolaylaştırmak

Maliyetlerde azalma: Altı sigma metodolojisinin uygulanması, karlılığın artmasını ve maliyetlerin düşmesini sağlar. Böylece iyileştirmelerden elde edilenler doğrudan finansal olarak avantaj oluşturur (Adams, Gupta, ve Wilson; 2007, s. 185).

Üretkenlikte artış: Altı sigma metodolojisinin uygulanması, ürün kalitesinin artmasını sağlar (Tjahjono vd; 2010, s. 223)

Pazar payında artış: Ürün kalitesinin artması ve ürün maliyetinin düşmesi sonucunda daha ucuza daha kaliteli ürün satılabilmektedir. Böylece işletmelerin pazardan alacağı pay da artmış olacaktır (Tjahjono vd; 2010, s. 223).

Müşteri memnuniyetinde artış: Altı sigma, müşteri tarafından yönlendirilir ve bu nedenle maksimum müşteri memnuniyetini sağlamayı ve kusurları en aza indirmesini hedefler. Müşteri memnuniyetini ve müşteri beklentilerini aşmak için yeni ve yenilikçi yolları hedefler (Aljumaılı; 2014, s. 3).

Döngü süresinde azalma: Altı sigma, satışların teslim süresini azaltma, yatırımın geri dönüş süresini kısaltma, istihdam artışı ve stok durumunu minimize

etmek dahil olmak üzere hemen hemen her iş sürecinde işletmeye avantaj sağlamaktadır (Tjahjono vd; 2010, s. 223).

Hata oranında ciddi oranda azalma: Altı sigma, diğer kalite programlarına kıyasla ileriye dönük bir metodolojidir. Çünkü kusurları düzeltmek yerine onları önlemeye odaklanır (Aljumaılı; 2014, s. 3)..

Olumlu kültürel değişim: Altı sigma, süreçlerde değişimi hedefler ve nihai sonuçtan ziyade süreç iyileştirmeye odaklanır Tjahjono vd; 2010, s. 223).

Ortak dili konuşmak: Aynı amaç, aynı hedef doğrultusunda hareket eden bir topluluk meydana getirir (Aljumaılı; 2014, s. 3)..

Sürekli bir başarı yaratır: Büyümeyi sürdürmenin ve değişen pazarlara ayak uydurmanın tek yolu, organizasyonu değişen koşulları karşılayacak şekilde sürekli yenilemek ve yeniden yapılandırmaktır. Altı sigma, organizasyonun kendini sürekli yenilemesi için gerekli yetenek ve kültürü yaratır (Tjahjono vd; 2010, s. 223).

Herkese performans hedefi sağlar: Bir işletmede herkesin tek bir noktaya odaklanması ve aynı yönde hareket etmesi, başarı için en önemli koşullardan biridir. Aslında tüm departmanların, fonksiyonların ve bireylerin farklı hedef tanımları vardır. Ancak hepsi müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan ürün veya hizmetler sağlamak için çalışır. Bu ortak özellik, altı sigma yaklaşımının başlangıç noktasıdır. Altı sigma, müşteri ihtiyaçlarının % 99,9997 gibi çok düşük bir hata oranıyla karşılanmasını öngörür (Tjahjono vd; 2010, s. 223).

Müşteriye verilen değeri artırır: Altı sigma çalışmaya başladığında üst yönetim, ürün kalitesinin olması gerekenin çok altında olduğu kabul edilmekteydi. Kalite seviyeleri rakiplerinden daha iyi olsa bile ürünlerin müşteri için çok özel ve değerli olmadığı takdirde başarı elde edilemez. Yalın altı sigma düşüncesi müşteriye verilen değeri artırır bu da başarıyı getirmektedir (Adams, Gupta, ve Wilson; 2007, s. 107)

İyileşme hızını artırır: Altı Sigma, yalnızca performansı iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda güçlü araçlarıyla iyileştirmeyi de geliştirir (Tjahjono vd; 2010, s. 223)

Öğrenmeyi ve bilgi alışverişini artırır: Altı Sigma, yeni fikirlerin üretilmesini ve paylaşımını artıracak ve hızlandıracak bir yaklaşımdır (Tjahjono vd; 2010, s. 223).

Stratejik değişimi kolaylaştırır: 21. Yüzyıldan önce yeni ürünler piyasaya sürmek, faaliyet alanını değiştirmek, yeni girişimler yapmak, yeni pazarlara girmek, şirketleri bölmek ve birleştirmek çok nadir uygulamalar olarak görülürdü. Ancak artık birçok şirket için normal faaliyetlerden biri haline geldi. Şirketin süreçlerinin ve sisteminin bir bütün olarak daha iyi anlaşılması hem küçük ayarlamaları hem de 21. Yüzyılın gerektirdiği büyük değişiklikleri gerçekleştirmek için daha fazla esneklik sağlamaktadır (Adams, Gupta, ve Wilson; 2007, s. 134).

2.8.ALTİ SİGMANIN DEZAVANTAJLARI

Altı sigma uygulamalarının dezavantajları şu şekilde özetlenebilir (Aljumaılı, 2014, s. 4):

- Karlılık oranı düşük işlerde milyonda 3,4 hatayı ölçmek ciddi bir maliyet ve zaman kaybı olabilir.
- Altı sigma, bazen yenilikle çelişen ve yaratıcılığı öldüren süreçlere sebep olabilir.
- Üretimde sapmalar, fazlalık, yetersiz çalışma gibi durumlara yapılan alışılmadık çözümler yenilikçi yaklaşımlara kapı açabilmektedir.
- Hesap verme sorumluluğu olmayan altı sigma projelerinde dış kaynak kullanımını teşvik edebilir.
- Altı Sigma uygulaması sürekli olarak yetenekli insan gücü gerektirir. Bu nedenle, düzenli olarak uygulanmazsa, kontrol ve çalışan bağlılığını başarmak zordur.
- Teorik kavramları pratik uygulamalara dönüştürürken çözülmesi gereken birçok engel vardır.

2.9.DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ALTI SİGMA UYGULAMALARI

Günümüzde Dünya geneline baktığımızda Motorola, GE, Ford, Citibank, Quantum, Pirelli, Toshiba, Samsung, Ericsson, Hyundai, Sony, Kodak, Shell, Jaguar, Volvo, Fiat, Dupont, Xerox, LG, Siemens gibi firmalar altı sigma uygulamaktadır. Amerikan firmaları için tahmini sigma seviyeleri 3-4 sigma seviyesidir (Çimen ve Deniz, 2016: 7).

Türkiye'deki ekonomik krizlerin altı sigma uygulanmasına teşvik ettiğini ifade edebiliriz. Özellikle 2001 yılındaki ekonomik krizde, Türk şirketlerinde faaliyet karlılığını artırma fikri doğmuştur. Bu faaliyet karını başarmak için verimliliği artırmak, maliyetleri olabildiğince düşürmek ve sürecin kalitesini artırmak gerektiği fikri işletmelerde yer edinmeye başlamıştır (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 15).

Türkiye'deki şirketlerin altı sigmayı uygulamaya başlama nedenleri; verimliliğin artması, ekonomik krizler, ürün satışı yapılan bazı yabancı firmaların talepleri ve yurt dışındaki ortaklarının istekleri olarak özetlenebilir.

Türkiye'de altı sigmayı başarıyla uygulayan firmalar arasında TEI, Arçelik, DupontSa, Vitra, Kordsa, Profilo, Çimtaş, Kalekim, Ford, Borusan, Bos, Teba, Vestel, Fırat Plastik, Bosch, Çalık Tekstil, Yeşim Tekstil bulunmaktadır. Türk firmaları için tahmini sigma seviyeleri 2,5-3,5 sigma seviyesindedir (Kansoy ve Dirgar, 2008, s. 15).

Altı sigma uygulamasının Türkiye'deki kilit sektörler tarafından önemli olduğu ve bu uygulamada yer alma ihtiyacı uzun zaman önce kabul edilmiş ve bu yolda ilerleme kaydedilmiştir. Altı sigma çalışmasında yer almak isteyen kuruluşlar için, sektörlerinde bağlı oldukları ana sektörlerin teşvik edilmesi, paylaşılması, hedeflerin verilmesi ve yönlendirilmesi neticesinde ilerleme kaydetmeleri için önemli bir adımdır (Uluskan, 2017, s. 131-132).

2.10. YALIN ALTI SİGMA

Yalın altı sigma; kaliteyi, hızı, müşteri memnuniyetini ve maliyetleri iyileştirerek hisse değerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir iş geliştirme

metodolojisi. Bunları hem yalın hem de altı sigma araçlarını ve ilkelerini birleştirerek başarır. Yalın ve altı sigma terimleri ilk olarak ayrı ayrı kodlanmış ve tanımlanmıştır. Yalın Japonya'da ortaya çıkmıştır (Toyota Üretim Sistemi içinde); ve altı sigma ABD'de (Motorola Araştırma Merkezi içinde) hayata geçmiştir (Chiarini 332-335).

Altı sigmanın temel ilkesi, istatistiksel araç ve tekniklerin titiz bir şekilde uygulanması yoluyla bir organizasyonu gelişmiş bir sigma kabiliyetine taşımak olsa da yalın üretim, tüm tedarik zinciri boyunca israfı ve katma değeri olmayan faaliyetleri ortadan kaldırmada bir role sahiptir (Sunder; 2013, s. 23-24). Yalın tamamen hız ve verimlilikle ilgili olsa da altı sigma kesinlik ve doğruluk ile ilgilidir. Yalın, kaynakların doğru faaliyetler üzerinde çalışmasını sağlarken altı sigma, işlerin ilk seferinde doğru yapılmasını sağlar. Yalın altı sigma, iki metodolojiden en iyisini elde etmek için her iki araç kutusundaki araçları kullanır; hızı yükseltirken aynı zamanda doğruluğu da artırır (Dedhia, 2005: 569).

Yalın altı sigmanın; endüstriyel dünyada (hem üretim hem de hizmet); faydaları şunları içerir (Laureani, Antony ve Douglas, 2009, s. 758):

- Hizmetlerin / ürünlerin müşterinin ihtiyaçlarına uygun olmasını sağlamak (müşterinin sesi),
- Değer katmayan faaliyetlerin (atıkların) kaldırılması,
- Kusurlu ürünlerin / işlemlerin görülme sıklığının azaltılması,
- Döngü süresinin kısaltılması,
- Doğru ürün / hizmetin doğru zamanda doğru yerde teslim edilmesi.

Düşük kalite maliyetleri, bir şirketin gelirlerinin %20 ila %30'unu oluşturur. Altı sigma iyileştirme faaliyeti bir proje formunda gerçekleştirilmelidir. Çalışılacak projelerin önceliklendirilmesi ve seçimi başarı için hayati önem taşır. İyi düşünülmüş bir giriş planı geliştirilerek bir ürünün yaşam döngüsünün erken döneminde (araştırma ve tasarım aşamasında) altı sigma meydana gelmelidir. Pazarda rekabet edebilmek için stratejik süreç iyileştirmelerine ihtiyaç vardır. Kuruluşlarda altı sigma, müşterinin ihtiyaçları etrafında inşa edilir. Altı sigma projesi bir performans boşluğunu tanır ve bir çözüme kalkışmadan önce DMAIC

adımlarından geçer. Daha çok varyasyonu azaltmak ile ilgilidir (Dedhia, 2005, s. 569).

2.11. YALIN ALTI SİGMA KONUSUNU ELE ALAN LİTERATÜR

Dedhia (2005); yalın altı sigmanın DMAIC problem çözme yapısını performansı ölçme yeteneğine vurgu yaparak süreçleri analiz etme, iyileştirme ve kontrol etme yeteneği olduğunu ifade etmiştir. Bu yöntemin yaygınlaştırılmasının en iyi şekilde tanımlanmış projeler aracılığıyla mümkün olabileceğini belirtmiştir. Yalın altı sigma projesinin başarısının ise tüm organizasyonun katılımına, sürecin yaygınlaştırılmasına, etkili eğitime ve temel ölçümlere bağlı olabileceğini vurgulamıştır.

Gerger ve Firuzan'ın (2010) çalışmalarında işletmelerin yalın altı sigma projelerinde başarısızlığa uğrama nedenleri incelenmiş ve başarılı yalın altı sigma projeleri için üzerinde durulması gereken hususlar araştırmıştır.

Gerger ve Demir'in (2010) çalışmasında altı sigma metodolojisinin otomotiv sektörüne uygulanabilirliği üzerine örnek bir çalışma ele alınmıştır. Aynı zamanda otomotiv satış sonrası hizmetler departmanlarında müşteri memnuniyetinin artırılmasına yönelik yöntemler ile israfları önlemek için Türkiye'de yaygınlaşmaya başlayan yöntemler ele alınmıştır.

Snee (2010) yaklaşık 15 yıllık zaman zarfında yalın altı sigma süreçlerinde yaşanan önemli ilerlemeleri belirlemek ve bu konudaki metodolojinin nasıl gelişmesi gerektiğini önererek ortaya çıkan eğilimleri geliştirenlere yardımcı olmayı amaçlamıştır.

Özveri ve Çakır (2012) çalışmalarında yalın altı sigma yöntemini kavramsal olarak genel çerçevede ele almış ve jant üretim firmasında yapılan bir yalın altı sigma uygulamasına yer vermişlerdir. En çok kaybın meydana geldiği kasnak bölümünde meydana gelen aksaklıklarla ilgili, müşterinin sesi analizinde elde ettikleri bulguları dikkate alarak süreç iyileştirme çalışması ve sorunların çözümüne yönelik değerlendirmeler yapmışlardır. Sonuç olarak kasnak üretim

sürecinde meydana gelen hurda sayılarında bir miktar azalma sağlanırken, aynı zamanda israfında önüne geçildiğini ifade etmişlerdir.

Öztürk (2017), yalın yönetim ve altı sigma teknikleri birleştirildiğinde yalın altı sigma metodolojisinin oluşturduğu sinerjinin işletmelere sağladığı dinamizmini ortaya koymuştur. Ayrıca yalın altı sigma yönteminin tarım işletmelerdeki uygulamaları ele almış ve yalın altı sigma projelerinde belirlenen hedefe ulaşabilmek için, başarıyı etkileyen faktörleri ortaya koymaya çalışmıştır.

Galli, (2018) çalışmasında yalın altı sigmanın uygulanması ve sürdürülmesi ile ilişkili farklı riskleri belirlemeye ve analiz etmeye çalışmıştır. Yalın altı sigma kavramını, kuruluşlar tarafından maliyet ve israfı azaltmak için kullanılan bir dizi araç olarak tanımlar. Organizasyonel bir bakış açısından, şirketlerin gerekli risk analizini gerçekleştirmek için yalın altı sigmayı devreye alma ve sürdürme arasındaki farkları anlamaları gerektiğini ifade eder. Tartışılan risk faktörleri arasında liderlik, insan kaynakları, veri kalitesi ve proje seçiminin yer aldığını belirtir.

Antony ve Gupta (2019) yalın altı sigma uygulamalarının başarısızlıkla sonuçlanma nedenlerini araştırdığı çalışmalarında; üst yönetimden taahhüt ve destek eksikliği, zayıf iletişim uygulamaları, yetersiz takım çalışmaları, yetersiz eğitim ve öğrenme, süreç iyileştirme metodolojisi ve tekniklerinin hatalı seçimi, uygun olmayan ödüller, kültürü benimsememe, optimumun altında ekip büyüklüğü, tutarsız izleme ve kontrol ile değişime karşı yapılan direnç olarak tespit etmişlerdir.

3. BÖLÜM: DEĞİRMEN MAKİNALARI ÜRETEN BİR FİRMADA YALIN ALTI SİGMA İLE SİMÜLASYON UYGULAMASI

Bu çalışmada Çorum İlinde değirmen makinaları imalatı sektöründe faaliyet gösteren bir makine üretim işletmesi incelenmiştir. Söz konusu işletme 1990'lı yıllarda küçük sermayeli, iki ortaklı bir işletme olarak kurulmuş ve kısa zamanda büyük gelişme göstermiş bir kuruluştur. İşletmenin hızlı büyümesi beraberinde sorunların büyümesini getirmiştir. Genel olarak ortaya çıkan bu sorunlar; eleman ihtiyacı, kullanım alanı ihtiyacı, makine ekipman ihtiyacı gibi hususlar olmuştur. Bu sorunlar yeni yatırımlar yaparak, yeni elemanlar istihdam edilerek çözülmeye çalışılmış fakat belli bir noktadan sonra sorunları gidermek için geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı gerçeği ile yüzleşilmiştir. Bu aydınlanma sonrasında stratejik bazı değişiklikler yapılmaya karar verilmiş ve Çorum İlinde uygulanan kamu destekli bir proje kapsamında işletme yalın üretimle tanışmıştır. Geline nokta işletme yalın üretim tekniklerini kullanarak stoklarını büyük oranda azaltmış, yürüme mesafelerini daha makul düzeye indirmiş, kullanım alanlarında ciddi oranda tasarruf elde etmiş, üretim süreçlerini iyileştirmiş ve işletme karlılığını artırmıştır. İşletme değirmen makinaları imalat sektöründe söz sahibi olan öncü işletmeler arasında yer edinmek istemektedir.

3.1.ÇALIŞMANIN AMACI

Değirmen makinaları imalat sektöründe sürekli artan müşteri beklentileri ve sürekli değişen talepleri gidermek, müşteri isteklerine cevap verebilmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak günümüz rekabetçi ortamında oldukça zor hâle gelmiştir. Günümüz küresel rekabet çağında üretim sektörünün yalın altı sigma ile üretim süreçlerinin sürekli iyileştirmesi, memnun olmuş müşteri sayısını ve işletme karlılığını artırmak için, önemli bir çözüm olarak kabul edilmektedir. İşletmelerin üretim hatalarının azaltılmasına yönelik geliştirilen bu yaklaşım ile çok sayıda kuruluş üzerinde önemli tesirler elde edilmiştir.

Yalın altı sigma uygulamaları ile memnun müşteri sayısını artırmak, çevrim sürelerini uygun hale getirmek ve hata-fire oranlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Bu süreçlerin gerçekleşmesinde işletmenin kaynakları büyük önem arz etmektedir. Bu yönüyle çalışma yapılan işletmenin süreçlerinde farklılığa neden olacak değişim ihtiyacını ortaya koyarken gerekli olan durumlar önceden simüle edilerek değerlendirilecektir. Söz konusu işletmenin uzun ve kısa vadeli olarak stratejik açıdan iyileştirme çalışmalarında gerekli olan hususları ortaya konulması sağlanacaktır.

Yalın altı sigma uygulamalarının; küçük ve orta ölçekli işletmeler açısından; mükemmelliğin sağlanması amacıyla, söz konusu işletmelerde süreçlerin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi, iyileştirilmesi ve kontrolü için kolay ve etkili istatistik araçlarının kullanıldığı bir yönetim stratejisi olduğu gösterilmiştir.

Çalışmada elde edilmek istenen temel amaç; söz konusu işletmenin üretim süreçlerini, yalın altı sigma yöntemleri kullanarak, hata ve fire düzeylerini azaltacak önerilerde bulunmak şeklinde özetlenebilir. Bu öneriler işletmenin üretim süreci üzerinden simüle edilerek uygulanabilirliği test edilmiştir. Ayrıca bu örnek olay üzerinden KOBİ ölçeğindeki işletmeler açısından yalın altı sigma uygulamalarındaki zorlukları ve potansiyelleri ortaya konulmuş olacaktır.

3.2.ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Makine üretim sektörü, reel sektör içerisinde özel ve önemli yeri olan bir sektördür. Öyle ki ülkelerin ekonomik yapısı içerisinde vazgeçilmez yeri olan hatta lokomotif rol oynayan bir hal almıştır. Bunun en önemli nedenlerinden birisi makina üretim sektörünün, sanayilerin hemen hemen bütün sektörlerine girdi sağlıyor olmasıdır. Yeni makinelerin üretilmesi sanayinin ve ekonominin gelişmesinde dinamo vazifesi görmektedir. Bu yönüyle araştırma-geliştirme faaliyetleri ve yeni teknoloji kullanımının önemi üst seviyeye çıkmıştır.

Makina üretim sektörünü genel amaçlı makina üretim sektörü ve özel amaçlı makina üretim sektörleri olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Bunların

da pek çok alt sektörü bulunmaktadır. Değirmen makineleri üretim sektörü bu alt sektörlerden birisidir.

KOBİ ölçeğinde makine üretim işletmelerinin önemli bir merkezi olan Çorum ilinde pek çok ülkeye anahtar teslimi un, ırmık ve makarna fabrikası yapabilen makine üretim işletmesi bulunmaktadır. Değirmen makinesi imalatçısı bu işletmelere baktığımız zaman kullandığı üretim teknolojileri de son derece mütevazı boyutta kalmaktadır.

Yalın altı sigma yöntemi; ürün kalitesini artırmak, üretim süreçlerinde ki israfı ortadan kaldırmak, üretim zamanını azaltmak ve her türlü maliyeti minimize etmek gibi hedefleri içerisinde barındıran bir üretim ve yönetim felsefesidir. Günümüzde hemen hemen tüm sektörlerde rekabetin yoğun olarak sürmesi yalın altı sigma gibi uygulamaları değerli kılmaktadır. İşletmeler gereksiz atıkları azaltarak yüksek kaliteli ürünler sunmaya odaklanmaktadır. Ayrıca rakiplerine göre daha hızlı üretim yaparak onların önüne geçmeyi amaçlamaktadırlar.

Ulusal ve uluslararası literatürde yalın üretim, altı sigma, simülasyon konularını ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma ile literatürde yer alan çalışmalarda yalın üretim, altı sigma ve simülasyon konularının işletmelere ve üretim süreçlerine olan katkıları detaylı olarak ele alınmıştır. Kavramsal çerçevede ele alınan bu hususlar yalın üretim uygulayan bir değirmen makinaları imalat işletmesinden elde edilen veriler tanımlanan hedefler doğrultusunda ölçülmüş, analiz edilmiş, yapılan simülasyon çalışmalarıyla gerekli süreç iyileştirme hususları ortaya konmuştur.

Çalışmanın en önemli katkısı; kurulan simülasyon modelleri sayesinde hata oranlarını azaltırken yapılması gereken müdahalelerin olası sonuçlarını önceden görme imkanına sahip olmasıdır. Bu sayede işletme açısından olumsuz olabilecek sonuçlar doğmamış olacaktır. Çalışmanın literatüre ve işletme yönetimine katkılarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- Değirmen makinaları imalat sektöründe yalın üretim kullanımını ve bu üretim modelinin işletmelere olan katkısını göstermek.

- Simülasyon modelleri geliştirmek suretiyle işletmelerin gereksiz yere yapacağı uygulamaların önüne geçilmesini sağlamak.
- Küçük ve orta ölçekli işletmelerin gerekli istatistiksel verileri toplaması suretiyle mükemmeliyetçi bir üretim modeli olan yalın altı sigma uygulamalarını gerçekleştirebileceğini ortaya koymak.

3.3.ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada yalın üretim modelini uygulayan değirmen makinaları imalatı yapan bir üretim işletmesinin, yalın üretim süreçlerini uygulayarak elde ettiği kazanımlar sunulacaktır. Ayrıca işletmenin orta vadede hedeflediği yalın altı sigma süreçlerinin geliştirilmesinde gereken; tanımlama (Define), ölçme (Measure), analiz (Analyze), iyileştirme (Improvement), ve kontrol (Control) işlemleri uygulanarak değerlendirilecektir. Bu uygulamaya ingilizce baş harflerin alınmasıyla DMAIC adı verilir. Ayrıca beklenen sonuçların önceden görülmesi için iyileştirme senaryoları simüle edilerek analiz edilecektir.

3.3.1. Tanımlama Fazı

Çalışmanın tanımlama fazında söz konusu işletmenin genel durumu hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca yalın üretimin işletmeye sağladığı katkılar ve işletmenin gelecek hedefleri ele alınmıştır.

3.3.1.1.İşletme Hakkında Genel Bilgiler

Tez çalışmasının uygulama kısmında veriler un değirmen makinaları üretim sektöründe faaliyet gösteren bir firmadan elde edilmiştir. İşletme pnömatik taşıma ve paketleme makinaları üretmektedir. 1996 yılında mütevazı sayılacak imkanlarla kurulmuş fakat gelinen zaman içerisinde oldukça mesafe katetmiş ve şu an yaklaşık 145 çalışanın istihdam edildiği orta ölçekli bir işletme konumuna gelmiştir.

İşletme 2010'lu yıllarda yalın üretime geçme kararı vermiş ve bu konuda kamu destekli bir proje kapsamında yalın üretime yönelik çalışan profesyonel bir kurumdan danışmanlık hizmeti almıştır. Söz konusu işletme bu süreçte kendi

ihtiyaçlarını planlamış, sektörün taleplerini analiz etmiş, ihtiyaçların giderilmesine yönelik stratejiler belirlemiştir. Buna göre kısa vadede ve uzun vadede yapılması gerekenler ortaya konulmuştur.

Tez çalışmasında verilerin toplandığı işletme değirmen makinaları sektöründe faaliyet göstermekte ve bu sektörde hem bulunduğu şehir hem ülke hem de dünya genelinde adından söz edilir bir firma olmak istemektedir. Dünya genelinde bu sektörde önde gelen pek çok firmaya teşeron olarak üretim yapmaktadır.

Sektörde sunduğu hizmetin kalitesini sürekli iyileştirmek için bu konuda çalışanlarını eğitmektedir. Bilgi teknolojisinin getirdiği olanaklarla değirmen makinaları sektöründe müşteriye değer sunmak, israflardan arındırılmış mükemmel üretim süreçleri oluşturmak işletmenin temel amaçları arasındadır. Bu amaçlarına ulaşmak için yalın üretim yöntemine geçmiştir. Bu kapsamda yaptığı faaliyetler aşağıda sıralanmıştır:

- Çalışma alanları yalın üretime uygun bir şekilde yeniden düzenlenmiş,
- Makineler arası yürüme mesafeleri daha uygun kullanım düzeyine getirilmiş,
- Çalışanların kullandığı yürüyüş yolları boyanarak yalın üretime uygun hale getirilmiş,
- Üretim birimlerinin çalışma sahaları belirlenmiş,
- Depo kullanımı kontrol altına alınarak stok seviyeleri tespit edilmiş,
- Üretim süreçlerinde gerçekleşen fire ve zayıatlar kayıt altına alınmaya başlanmış,
- Personelin çalışma düzeni kayıt altına alınmıştır.

3.3.1.2.İşletmenin Yalın Üretimden Beklentileri ve Kazandıkları

İşletme 5S çalışmalarına (gereksiz malzemelerin ayıklanması, düzenleme, temizleme, standartlaştırma ve disiplin) 2012 yılı itibariyle başlamıştır. Kaizen uygulamalarıyla üretim süreçlerini daha etkili yöneterek verimlilik ve etkinliğini optimum seviyeye çıkartmayı amaçlamaktadır. Çalışanların gereksiz hareketlerini

azaltmak için hücresel imalata geçiş yapmıştır. İşletmenin yalın üretimden beklentileri aşağıda sıralanmıştır:

- Çalışanların üretim süreçlerine yüksek düzeyde katılımını sağlamak,
- Çalışanların yeteneklerinden maksimum düzeyde faydalanmak,
- İsraf olarak nitelendirilen tüm hususları mümkün olan en alt seviyede tutmak,
- Üretim maliyetlerini düşürerek rekabet avantajı elde etmek,
- Küresel rekabet ortamında yüksek kalite ve düşük maliyet imkânı kazanarak uluslararası arenada güçlü bir işletme olarak var olabilmek,
- Bilgi teknolojilerini etkin ve verimli bir şekilde kullanabilmek,
- Yeni kurulacak sistemi standartlaştırmak ve sürdürülebilir hale getirmek,
- Hata ve fire düzeylerini 6 sigma düzeyine indirmek,



Sekil 3.1: Blower Bölümünün Yalın Üretim Öncesi Durumu

İşletme yalın üretime geçmeden önce blower üretimi Şekil 3.1’de görüldüğü gibi gerçekleştirilmekteydi. Blower üretimi için altı ayrı operasyon ayrı ayrı yapılmaktaydı ve bu operasyon süreçleri herbiri ayrı noktalardan gerçekleştirildiği için biten işler diğer birimlere taşınmak zorunda kalınıyordu. Yalın üretim uygulamasına geçildikten sonra Şekil 3.2’de görüldüğü üzere blower

bütün alanlar birarada toplandı. Böylelikle toplam yürüme mesafesi 326 metreden 170 metreye indirilmiş olundu.



Şekil 3.2: Blower Bölümünün Yalın Üretim Sonrası Durumu

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere talaşlı imalat bölümünde kullanılan tezgahlarda yapılan düzenleme öncesinde dağınık bir görüntü mevcuttu. Malzemelerin yerleri düzensiz ve kirli bir yapıdaydı. Stoklama biçimi de son derece dağınık ve intizamsızdı.



Şekil 3.3: Talaşlı İmalat Bölümünün Yalın Üretim Öncesi Durumu

Yalın üretim sürecinde talaşlı imalat bölümünün yeri düzenlendi ve montajda kullanılan malzemeler üretim biriminin arkasına alındı. Böylece Şekil 3.4’de görüldüğü gibi malzemeler için raf yapılarak stoklar yerleştirildi.



Şekil 3.4: Talaşlı İmalat Bölümünün Yalın Üretim Sonrası Durumu



Şekil 3.5: CNC İmalat Bölümünün Yalın Üretim Öncesi Durumu



Şekil 3.6: Cnc Talaşlı İmalat Bölümünün Yalın Üretim Sonrası Durumu

Yalın üretim öncesinde Şekil 3.5’de de görüldüğü üzere CNC bölümünde kullanılmakta olan malzemeler ihtiyaç düzeyinden fazla miktardaydı. Malzemelerin yerleştirildiği raflar düzensiz kullanılmaktaydı. Yalın üretim

sürecinde işlenecek olan malzemelerin adedi belirlendi ve ihtiyaç durumu netleştirildi. Şekil 3.6’de görüldüğü üzere CNC takımları operatörlere yakın yerlere alındı ve bu sayede yürüme mesafeleri azaltıldı.

Tablo 3.1: Yalın Üretimin İşletmeye Katkıları

	ÖNCEKİ DURUM	MEVCUT DURUM	KAZANÇ %
Kullanılan Alan (m2)	276	215	22
Yürüme Mesafeleri (Metre)	395	330	16
Kişi Başı Üretim Adeti	0,25	0,4	60
Fazla Mesai Durumu (Kişi/ Saat)	152	28	82
Çalışan Kişi Başı Hasılat (\$)	2.932	4.565	56
Devamsızlık (Gün)	11	3	73

Tablo 3.1’de yalın üretim uygulamalarının işletmeye olan katkıları özetlenmiştir. İşletme kullanım alanında yaklaşık olarak %22’lik bir alan kazancı elde etmiştir. Ayrıca yürüme mesafelerinde de oldukça iyi sonuçlar alınmış ve 395 metre olan yürüme mesafeleri 330 metreye indirilerek yaklaşık %16’lık bir kazanç elde edilmiş oldu. Çalışan kişi başı üretim adeti 0,25 iken 0,4’e çıkmıştır. Bu durum yaklaşık olarak %60’lık bir kazanç anlamına gelmektedir.

Yalın üretim öncesinde fazla mesaiye kalınarak üretim süreçleri tamamlanıyordu. Siparişler fazla mesaiye kalınmak suretiyle hazırlanmaktaydı. Ortalama yılda kişi başı 152 saat fazla mesaiye kalınırken daha fazla kişi başı üretim olmasına rağmen fazla mesai süresi kişi başı 28 saate inmiştir. Bu da yaklaşık olarak fazla mesai oranında %82 düzeyinde bir tasarruf sağlanması anlamına gelmektedir.

İşletmenin elde ettiği yıllık hasılatı dolar bazında kişi başına böldüğümüzde yalın üretim öncesi kişi başı aylık 2.932 dolar hasılat elde edilirken yalın üretim sonrası bu rakam dolar bazında 4.565 olarak belirlenmiştir.

Toplamda devamsızlık yapılan gün sayısı 11 gün olurken yalın üretim sonrasında bu 3 güne inmiştir. Bu şekilde azalmasında çalışan personelin devam ve işe gelişleriyle ilgili panoların asılması etkili olmuştur.

İşletme, proses alanında kullanılmayan gereksiz tüm malzemeleri alandan çıkartmıştır. Kullanılan alan içerisinde gerekli olan makinalar, ekipmanlar, raflar, kalıplar, temizlik malzemeleri, ürün kutuları, yarı mamuller, ürünler, panolar dışında malzeme bulundurulmamıştır.

Kullanılan tüm ekipmanların tanımlanmış olan bir yerinin olması sağlanmış ve tüm ekipmanlar tanımlandıkları yerde bulundurulmuş, operasyon akışı içerisindeki makinalar, hammadde ve yarı işlenmiş malzemeler kendi tanımlandıkları alanlarda toplanmıştır. Bütün temizlik ekipmanlarının bulunduğu yerler tanımlanmış, eksiklikleri görünür kılınmış, gerektiğinde ulaşılabilirlikleri yerde ve yeterli miktarda bulundurulmuştur. Koridorlar ve yürüme yolları tanımlanıp yer işaretleri ile belirlenmiş ve bu yolların tanımlanan pozisyonun dışında kullanılmaması sağlanmıştır. Tanımlanan tüm gerekli ekipman ve malzemelerin belirlenen yerlerde bulunması sağlanmıştır. Malzemelerin birbirlerine zarar verilmesi engellenmiş, iş güvenliği kurallarına uygun istifleme yapılmış durumda olması sağlanmıştır.

Proses alanının tüm zemini temiz bir şekilde yağsız, talaşsız, makinaların saatlik kullanımları sırasında attıkları talaşların dışında ve yürüme sırasında operatörlere zarar verebilecek malzemeler bulundurulmaması sağlanmıştır. Tüm çalışma alanında genel temizlik kurallarına uyulmuştur. Proses alanı içerisinde standart boyamalardan farklı boyanmış makine, raf, masa, vs. bulunmamaktadır.

Bilgi panolarının üzerinde günü geçmiş belge kalmaması sağlanmış ve her her prosese özel panonun temiz ve düzenli kullanılması sağlanmıştır. Tüm dokümanlar ve konulduğu yerler tanımlı, eksik doküman bulundurulmamıştır. Yangın söndürme ekipmanları yerinde ve kontrol günü geçmemiş olarak hazır bulundurulmuştur.

Ayarlama esnasında ve kalite kontrol aşamasında kullanılan malzemelerin tekrar kendilerine ait yerlerine geri dönebilmeleri, eksik olduklarında yada

yerlerinde olmadıklarında anlaşılabilirlik, ulaşılabilirlik, hareket kabiliyeti ve taşınabilirlik sağlanmıştır.

İşletmede pnomatik taşıma makinalarının yanı sıra paketleme, dolum, tartım gibi işlemler yapan değirmen makineleri de üretilmektedir. İşletmenin üretim düzeyi en fazla olan ürünler pnömatik taşıma sistemine yönelik ürünlerdir. Bu ürünlerin imalatının gerçekleşmesinde hücreli imalat yöntemi kullanılmaktadır. En çok üretilen ürünler aspiratör, blower, eklüs ve yön klapesidir. Bu ürünler işletmenin yaklaşık %70'e yakın üretimini gerçekleştirdiği ürünlerdir.

3.3.1.3. İşletmenin Hedefleri

1996 yılında kurulan işletme mevcut kaynaklarını en etkili şekilde kullanarak, ürün kalitesini sürekli geliştirerek, müşterilerinin beklentilerini karşılayarak, esnek ve yenilikçi çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Bunu sağlarken de hatasız bir üretim sürecini kalıcı bir şekilde tesis etmek istemektedir.

Üretim odaklı özel mühendislik çözümleri sunarak katma değer oluşturmak ve uluslararası arenada ürün ve hizmetlerinde kaliteden ödün vermeden, topluma ve çevreye katkı sağlayan bir şirket olarak müşterilerin taleplerine esnek ve yenilikçi çözümler üretmeyi hedeflemektedir.

İşletme, çalışan personeli ile arasındaki ilişkileri geliştirerek çalışma ortamındaki düzen ve güven ortamını kalıcı hale getirmeyi hedeflemektedir. Bu sayede keyifli bir çalışma ortamı tesis edileceğini ön görmektedir.

Bir ürün üretirken gerekli olan malzemeleri aramadan, iş verimliliğini artırarak bir iş ritminin de yakalamasını hedeflemektedir. Bu sayede üretim kalitesini daha fazla artırarak dünya üzerinde saygın bir konuma gelmek istemektedir.

3.3.2. Ölçme Fazı

Ölçme fazında süreç iyileştirmesi amaçlanan işletmenin pnomatik taşıma ürünlerinin üretim ve hata sayıları 2019 ve 2020 yılları için elde edilmiştir.

3.3.2.1. Aspiratör Üretimi Frekans ve Yüzde Ölçümleri

Aspiratör üretimi, 2019 yılında toplam 367 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu aspiratörlerin üretimi gerçekleştirilirken 22'sinde 38 farklı hatalı işlem yapılmıştır. Tablo 3.2'de görüldüğü gibi 2019 yılı için en fazla aspiratör üretimi Temmuz Ayı'nda gerçekleşmiştir. Üretim miktarlarına göre en yoğun hatalı işlemler Mart, Nisan, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yapılmıştır. Ekim, Kasım ve Aralık Ayları içerisinde hatalı işlem diğer aylara göre daha az olmuştur.

Tablo 3.2: 2019-2020 Aspiratör Üretim Tablosu

2019	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)	2020	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)
Ocak	14%	1	21	3	Ocak	0,06	1	33	2
Şubat	11%	2	27	3	Şubat	0,12	2	33	4
Mart	13%	3	30	4	Mart	0,11	3	37	4
Nisan	15%	2	26	4	Nisan	0,13	1	32	4
Mayıs	10%	1	31	3	Mayıs	0,08	2	36	3
Haziran	9%	2	32	3	Haziran	0,1	3	40	4
Temmuz	10%	2	42	4	Temmuz	0,08	3	52	4
Ağustos	14%	2	29	4	Ağustos	0,09	2	35	3
Eylül	10%	3	40	4	Eylül	0,1	3	48	5
Ekim	6%	1	34	2	Ekim	0,05	1	40	2
Kasım	7%	2	30	2	Kasım	0,09	2	35	3
Aralık	8%	1	25	2	Aralık	0,12	2	25	3
Toplam	10%	22	367	38	Toplam	9%	25	446	41

Aspiratör üretimi, 2020 yılında toplam 446 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu aspiratörlerin üretimi gerçekleştirilirken 25'sinde 41 farklı hatalı işlem yapılmıştır. En fazla Aspiratör üretimi Eylül Ayında gerçekleşmiştir. Oranına göre en yoğun hatalı işlemler Nisan Ayında yapılmıştır. Ekim Ayı içerisinde hatalı işlem oran olarak diğer aylara göre daha az olmuştur.

Aspiratör üretimi sürecinde Tablo 3.3'de görüldüğü üzere 2019 yılı için talaşlı imalat ünitesinde gerçekleşen 12 farklı hata gözlemlenmiştir. Bu hatalar 2019 yılında gerçekleşen üretim miktarının % 3,27 civarındadır. Hücresel İmalat ünitesinde de 12 farklı hatalı durum olmuştur. Boya ve montaj ünitelerinde ise toplam 14 hatalı işlem yapılmıştır. Toplan hatalı üretim yapılmış makine sayısı 2019 üretim adetine göre yaklaşık %6 oran civarında iken yapılan hatalı işlem oranı ise %10 olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.3: Aspiratör Hatalı Ürün Dağılımı

	Aspiratör Hata Kaynakları	2019	2020	Toplam	Oran
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	2	2	4	0,49%
	Motor Ayağı Kesim	3	2	5	0,62%
	Karşılık Flanşları	4	4	8	0,98%
	Büküm	3	3	6	0,74%
Hücreli İmalat	Fan Kaynatma	1	5	6	0,74%
	Fan Balans	4	5	9	1,11%
	Motor Ayağı İmalatı	4	4	8	0,98%
	Salyangoz İmalatı	3	4	7	0,86%
	Temizlik	4	3	7	0,86%
Boya	Boya	5	6	11	1,35%
Montaj	Montaj	5	3	8	0,98%
Toplam Hatalı Makina Sayısı		22	25	47	5,78%
Toplam Hata Sayısı		38	41	79	9,72%
Toplam Üretim Sayısı		367	446	813	100%

Aspiratör üretimi 2020 yılında 2019 yılına göre yaklaşık %20 daha fazla gerçekleşmiştir. Ama bununla beraber hata oranı yaklaşık %10 civarında artış göstermiştir. Hatalı üretim yapılan makine sayısı yaklaşık %15 civarında artmıştır. Hem 2019 hem de 2020 yılında gerçekleşen hatalı işlemin %36 civarında oranı boya ve montaj hatlarında gerçekleşmiştir. 2020 yılında talaşlı imalat departmanında 11 adet hatalı üretim gerçekleşmiştir.

3.3.2.2. Blower Üretimi Frekans ve Yüzde Ölçümleri

2019 yılında toplam Tablo 3.4’da görüldüğü gibi 739 adet blower üretimi gerçekleşmiştir. 40 adet blowerde 77 farklı hatalı işlem yapıldığı görülmüştür. Ağustos, Eylül ve Aralık aylarında üretim 2019 yılının diğer aylarına göre %30 daha fazla gerçekleşmiştir. En düşük üretim miktarı Ocak ayında olmuştur. En

çok hatalı işlem Ağustos Ayında, en yüksek hata oranı ise Mart ve Nisan Aylarında olmuştur. En az hatalı işlem Ekim Ayı içerisinde gerçekleşmiştir.

Tablo 3.4: 2019- 2020 Blower Üretim Tablosu

2019	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)	2020	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)
Ocak	12%	1	41	5	Ocak	6%	2	65	4
Şubat	13%	3	48	6	Şubat	10%	4	59	6
Mart	15%	4	52	8	Mart	11%	5	65	7
Nisan	15%	4	62	9	Nisan	13%	3	75	10
Mayıs	8%	2	62	5	Mayıs	8%	4	72	6
Haziran	10%	3	63	6	Haziran	9%	5	77	7
Temmuz	10%	3	62	6	Temmuz	6%	4	78	5
Ağustos	13%	6	78	10	Ağustos	9%	6	93	8
Eylül	10%	5	71	7	Eylül	10%	5	84	8
Ekim	6%	2	67	4	Ekim	5%	3	80	4
Kasım	8%	4	61	5	Kasım	7%	4	69	5
Aralık	8%	3	72	6	Aralık	9%	5	74	7
Toplam	10%	40	739	77	Toplam	9%	50	891	77

2020 yılında toplam 891 adet blower üretimi gerçekleşmiştir. 50 adet Blowerde 77 farklı hatalı işlem yapıldığı görülmüştür. Ağustos, Eylül ve Aralık Aylarında üretim 2019 yılında olduğu gibi diğer aylarına göre daha fazla gerçekleşmiştir. En düşük üretim miktarı Şubat Ayında olmuştur. En çok hatalı işlem Nisan Ayında olmuştur. En az hatalı işlem Ekim Ayı içerisinde gerçekleşmiştir. Blower üretimi sürecinde 2019 yılı için Tablo 3.5’de görüldüğü gibi lazer kesim ünitesinde gerçekleşen 25 farklı hata gözlemlenmiştir. Bu hatalar 2019 yılında gerçekleşen üretim miktarının % 3,38 civarındadır. Hücresel İmalat ünitesinde de 17 farklı hatalı durum olmuştur. Boya ve montaj ünitelerinde ise toplam 35 hatalı işlem yapılmıştır. Toplam hatalı üretim yapılmış makine sayısı 2019 üretim adetine göre yaklaşık %5,41 oran civarında iken yapılan hatalı işlem oranı ise %10,4 olarak değerlendirilmiştir.

Blower üretimi 2020 yılında 2019 yılına göre yaklaşık %20 daha fazla gerçekleşmiştir. Hata sayıları aynı olmasına karşın 2020’de üretim daha fazla olduğu için %1,7 civarında hata oranı azalmıştır. 2020 yılında hatalı üretim yapılan makine sayısı yaklaşık %25 civarında artmıştır 2019 yılında boya ve montaj

hatlarında yapılan hatalı işlemin 2019 yılında gerçekleşen hatalı işlemlerin tamamına karşı oranladığımızda yaklaşık %45 oranında olduğu gözükmeektedir. Buna karşılık 2020 yılında gerçekleşen hatalı işlemin %61 civarında oranı boya ve montaj hatlarında gerçekleşmiştir.

Tablo 3.5: Blower Hatalı Ürün Dağılımı

Blower Hata Kaynakları		2019	2020	Toplam	Hata Oranı
Lazer Kesim	Motor Ayağı Kesim-Büküm	4	1	5	0,31%
	Motor Korkuluğu Kesim-Büküm	5	4	9	0,55%
	Şase Kesim Büküm	5	2	7	0,43%
	Karşılık Flanşları	11	10	21	1,29%
Hücreseİ İmalat	Giriş Çıkış Borusu-Kaynak	6	3	9	0,55%
	Giriş Çıkış Borusu-Yalıtım	6	5	11	0,67%
	Çıkış Konik İmalatı	5	5	10	0,61%
Boya	Boya	20	24	44	2,70%
Montaj	Montaj	15	23	38	2,33%
Toplam Hatalı Makina Sayısı		40	50	90	5,52%
Toplam Hata Sayısı		77	77	154	9,45%
Toplam Üretim Sayısı		739	891	1630	100%

Blower üretimi sürecinde 2020 yılı için lazer kesim ünitesinde gerçekleşen 17 farklı hata gözlemlenmiştir. Bu hatalar 2020 yılında gerçekleşen üretim miktarının % 1,9 civarındadır. Hücreseİ İmalat ünitesinde de 13 farklı hatalı durum olmuştur. Boya ve montaj ünitelerinde ise toplam 47 hatalı işlem yapılmıştır.

3.3.2.3.Eklüs Üretim Frekans ve Yüzde Ölçümleri

Eklüs üretimi, Tablo 3.6’da görüldüğü gibi 2019 yılında toplam 488 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu makinaların üretimi gerçekleştirilirken 26’sında 50 farklı hatalı işlem yapılmıştır. En fazla eklüs üretimi Ağustos, Eylül ve Aralık

Aylarında gerçekleşmiştir. Üretim miktarlarına göre en yoğun hatalı işlem Mart ayında yapılmıştır. En az hatalı işlem Ekim Ayı içerisinde olmuştur.

Tablo 3.6: 2019-2020 Eklüs Üretim Tablosu

2019	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)	2020	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)
Ocak	11%	1	27	3	Ocak	7%	2	43	3
Şubat	13%	2	30	4	Şubat	11%	2	37	4
Mart	16%	3	32	5	Mart	10%	3	39	4
Nisan	15%	2	39	6	Nisan	13%	2	47	6
Mayıs	7%	1	41	3	Mayıs	9%	3	47	4
Haziran	11%	2	46	5	Haziran	9%	4	57	5
Temmuz	9%	2	44	4	Temmuz	7%	3	55	4
Ağustos	12%	4	51	6	Ağustos	8%	4	61	5
Eylül	10%	3	48	5	Eylül	9%	4	56	5
Ekim	5%	1	38	2	Ekim	7%	1	45	3
Kasım	8%	3	40	3	Kasım	7%	3	46	3
Aralık	8%	2	52	4	Aralık	9%	4	53	5
Toplam	10%	26	488	50	Toplam	9%	35	586	51

Eklüs üretimi, 2020 yılında toplam 586 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu makinaların üretimi gerçekleştirilirken 35’inde 51 farklı hatalı işlem yapılmıştır. En fazla Eklüs üretimi sırasıyla Ağustos, Haziran, Eylül ve Temmuz Aylarında gerçekleşmiştir. Üretim miktarlarına göre en yoğun hatalı işlem Nisan ayında yapılmıştır. En az hatalı işlem Ekim Ayı içerisinde olmuştur.

Eklüs üretimi sürecinde Tablo 3.7’de görüldüğü gibi 2019 yılı için talaşlı imalat ünitesinde gerçekleşen 8 farklı hata gözlemlenmiştir. Bu hatalar 2019 yılında gerçekleşen üretim miktarının % 1,06 civarındadır. Hücresel İmalat ünitesinde de 28 farklı hatalı durum olmuştur. Boya ve montaj ünitelerinde ise toplam 14 hatalı işlem yapılmıştır. Toplam hatalı üretim yapılmış makine sayısı 2019 üretim adetine göre yaklaşık %5,32 oran civarında iken yapılan hatalı işlem oranı ise %10,24 olarak değerlendirilmiştir.

Eklüs üretimi sürecinde 2020 yılı için talaşlı imalat ünitesinde gerçekleşen 10 farklı hata gözlemlenmiştir. Bu hatalar 2020 yılında gerçekleşen üretim

miktarının % 1,7'si civarındadır. Hücresel İmalat ünitesinde de 29 farklı hatalı durum olmuştur. Boya ve montaj ünitelerinde ise toplam 12 hatalı işlem yapılmıştır.

Tablo 3.7: Eklüs Hatalı Ürün Dağılımı

Eklüs hata kaynakları		2019	2020	Toplam	Oran
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	3	4	7	0,65%
	Kapak İşleme	5	6	11	1,02%
Hücresel İmalat	Kanat Kaynatma	4	6	10	0,93%
	Giriş Ünitesi	6	6	12	1,12%
	Banker ve Kapak Üretimi	4	4	8	0,74%
	Korkuluk	9	6	15	1,40%
	Kaynak	5	7	12	1,12%
Boya	Boya	7	7	14	1,30%
Montaj	Montaj	7	5	12	1,12%
Toplam Hatalı Makina Sayısı		26	35	61	5,68%
Toplam Hata Sayısı		50	51	101	9,40%
Toplam Üretim Sayısı		488	586	1074	100%

Eklüs üretimi 2020 yılında 2019 yılına göre yaklaşık %20 daha fazla gerçekleşmiştir. Hata sayıları da bir birine çok yakın olmasına karşın 2020'de üretim daha fazla olduğu için %1,5 civarında hata oranı azalmıştır. 2020 yılında hatalı üretim yapılan makine sayısı yaklaşık %34 civarında artmıştır.

3.3.2.4. Yön Klapesi Üretim Frekans ve Yüzde Ölçümleri

2019 yılında 685 adet Tablo 3.8'de görüldüğü gibi yön klapesi üretilmiştir. Bu makinelerin üretimi gerçekleştirilirken 56'sında 68 farklı hatalı işlem yapılmıştır. Eylül Ayında 9 makinada hatalı işlem gerçekleşmiştir. Üretim miktarlarına göre en yoğun hatalı işlem oranı Ocak, Mart ve Nisan Aylarında yapılmıştır. En az hatalı işlem en düşük üretimin gerçekleştiği Ocak Ayı içerisinde olmuştur. Eylül, Ekim ve Kasım Aylarında diğer aylara göre yaklaşık % 40 civarında fazla yön klapesi üretimi gerçekleşmiştir.

Tablo 3.8: 2019-2020 Yön Klapesi Üretim Tablosu

2019	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)	2020	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)
Ocak	14%	2	29	4	Ocak	7%	2	45	3
Şubat	13%	3	39	5	Şubat	10%	3	49	5
Mart	14%	7	44	6	Mart	11%	4	56	6
Nisan	14%	5	49	7	Nisan	14%	3	59	8
Mayıs	8%	3	59	5	Mayıs	7%	3	69	5
Haziran	10%	5	61	6	Haziran	8%	4	75	6
Temmuz	8%	4	60	5	Temmuz	7%	3	76	5
Ağustos	12%	7	65	8	Ağustos	10%	4	78	8
Eylül	11%	9	79	9	Eylül	10%	6	92	9
Ekim	6%	2	71	4	Ekim	6%	3	86	5
Kasım	7%	6	71	5	Kasım	8%	4	80	6
Aralık	7%	3	58	4	Aralık	10%	4	58	6
Toplam	10%	56	685	68	Toplam	9%	43	823	72

2020 yılında 823 adet yön klapesi üretilmiştir. Bu makinaların üretimi gerçekleştirilirken 43'ünde 72 farklı hatalı işlem yapılmıştır. Eylül Ayında 9 hatalı işlem gerçekleşmiştir. Üretim miktarlarına göre en yoğun hatalı işlem oranı Nisan Ayında yapılmıştır. En az hatalı işlem en düşük üretimin gerçekleştiği Ocak Ayı içerisinde olmuştur. Eylül Ayında diğer aylardan daha fazla yön klapesi üretimi gerçekleşmiştir.

Yön klapesi üretimi sürecinde Tablo 3.9'da görüldüğü gibi 2019 yılı için talaşlı imalat ünitesinde gerçekleşen 22 farklı hata gözlemlenmiştir. Bu hatalar 2019 yılında gerçekleşen üretim miktarının % 3,21'i civarındadır. Hücresel İmalat ünitesinde de 29 farklı hatalı durum olmuştur. Boya ve montaj ünitelerinde ise toplam 17 hatalı işlem yapılmıştır. Toplam hatalı üretim yapılmış makine sayısı 2019 üretim adetine göre yaklaşık %7,88 oran civarında iken yapılan hatalı işlem oranı ise %9,92 olarak değerlendirilmiştir.

Yön klapesi üretimi sürecinde 2020 yılı için talaşlı imalat ünitesinde gerçekleşen 18 farklı hata gözlemlenmiştir. Bu hatalar 2020 yılında gerçekleşen üretim miktarının % 2,18'i civarındadır. Hücresel İmalat ünitesinde de 30 farklı hatalı durum olmuştur. Boya ve montaj ünitelerinde ise toplam 22 hatalı işlem yapılmıştır.

Yön klapesi üretimi 2020 yılında 2019 yılına göre yaklaşık %20 daha fazla gerçekleşmiştir. Hata sayıları da bir birine çok yakın olmasına karşın 2020’de üretim daha fazla olduğu için %1,17 civarında hata oranı azalmıştır.

Tablo 3.9: Yön Klapesi Hatalı Ürün Dağılımı

Yön Klapesi Hata Kaynakları		2019	2020	Toplam	Oran
Talaşlı İmalat	Gövde işleme	7	5	12	0,80%
	Teker işleme	6	6	12	0,80%
	Delme işlemi	9	9	18	1,19%
Hücreli İmalat	Teker kaynatma	10	11	21	1,39%
	Çıkış borusu kaynatma	10	9	19	1,26%
	Sensör ve piston ayağı	9	10	19	1,26%
Boya	Fırın boya	8	11	19	1,26%
Montaj	Montaj	9	11	20	1,33%
Toplam Hatalı Makina Sayısı		54	43	97	6,43%
Toplam Hata Sayısı		68	72	140	9,28%
Toplam Üretim Sayısı		685	823	1508	100%

3.3.2.5. Pnömatik Taşıma Frekans ve Yüzde Ölçümleri

Tablo 3.10’de görüldüğü üzere pnömatik taşıma sistemi ürünleri olarak üretilen aspiratör, blower, eklüs ve yön klapesi 2019 yılında toplam 2279 adet olarak gerçekleşmiştir. Toplamda 144 makinada 233 adet hatalı işlem yapılmıştır. Mart, Nisan, Ağustos ve Eylül Aylarında diğer aylara göre daha fazla hatalı işlem yapılmıştır. Üretim adetlerine göre en yüksek hata oranı Mart ayında gerçekleşmiştir. En az hata Ekim ayında olmuştur.

Tablo 3.10: 2019 Toplam Pnömatik Taşıma Üretim Tablosu

2019	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)	2020	Hata (Oran)	Hatalı Makine (Adet)	Üretim (Adet)	Hata (Adet)
Ocak	13%	5	118	15	Ocak	6%	7	186	12
Şubat	12%	10	144	18	Şubat	10%	11	178	19
Mart	15%	17	158	23	Mart	10%	15	197	21
Nisan	14%	13	176	26	Nisan	13%	9	213	28
Mayıs	9%	7	193	16	Mayıs	8%	12	224	18
Haziran	10%	12	202	20	Haziran	9%	16	249	22
Temmuz	9%	11	208	19	Temmuz	7%	13	261	18
Ağustos	13%	19	223	28	Ağustos	9%	16	267	24
Eylül	11%	20	238	25	Eylül	10%	18	280	27
Ekim	6%	6	210	12	Ekim	6%	8	251	14
Kasım	8%	15	202	15	Kasım	7%	13	230	17
Aralık	8%	9	207	16	Aralık	10%	15	210	21
Toplam	10%	144	2279	233	Toplam	9%	153	2746	241

2020 yılında toplam 2746 adet pnömatik taşıma sistemi makinaları yani aspiratör, blower, eklüs ve yön klapesi üretimi gerçekleşmiştir. Toplamda 153 makinada 241 adet hatalı işlem yapılmıştır. Nisan Ayında diğer aylara göre daha fazla hatalı işlem yapılmıştır. Üretim adetlerine göre en yüksek hata oranı Nisan Ayında gerçekleşmiştir. En az hata Eylül Ayında olmuştur.

3.3.3. Analiz Fazı

Ölçme aşamasında belirlenen süreç probleminin istatistiksel olarak değerlendirilmesi, analiz aşamasında ele alınmıştır. Ölçüm aşamasında işlenen verilerin anlamlı bilgilere dönüştürülmesi sayesinde sorunun temel nedeni tespit edilmiştir. Analiz fazında mevcut durum değer akış haritası, kontrol limit analizleri, pareto analizi ve neden sonuç analizi yapılmıştır. Süreçlerdeki değişkenliği en çok etkileyen olası değişkenler açıklanmış ve iyileştirme aşamasında yapılması gerekenler için alt yapı oluşturulmuştur.

İşletmenin üretim düzeyi en fazla olan ürünler pnömatik taşıma sistemine yönelik ürünlerdir. Bu ürünlerin imalatının gerçekleşmesinde hücresel imalat yöntemi kullanılmaktadır. En çok üretilen ürünler aspiratör, Blower, eklüs ve yön klapesidir. Bu ürünler işletmenin yaklaşık %70'e yakın üretimini gerçekleştirdiği ürünlerdir.

3.3.3.1.Sipariş Dağılımları

Aspiratör siparişleri 2019 ve 2020 yılları için gerçekleşen sipariş süreleri ve sipariş miktarları Tablo 3.11’de belirtilmiştir. Gerçekleşen siparişler incelendiğinde en düşük sipariş miktarının 1 en yüksek sipariş miktarının ise 40 olduğu görülmektedir. Ortalama sipariş miktarı 11,8 olarak gerçekleşirken toplamda alınan 838 siparişin 813’ü bu iki yıllık süre zarfında müşterilere teslim edilmiştir.

Tablo 3.11: Aspiratör Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler

Aspiratör	Sipariş	Teslimat	Süre
Ortalama	11,8028169	12,31818	10,29577
Ortanca	5	5	8
Standart Sapma	11,81962015	11,84796	7,116167
Varyans	139,7034205	140,3741	50,63984
Aralık	39	39	32
Toplam	838	813	731
Geliş Sayısı	71	66	71
En Büyük	40	40	33
En Küçük	1	1	1

İki yıl içerisinde gerçekleşen 838 Aspiratör siparişinin geliş süreleri incelendiğinde hiç sipariş alınmayan 660 günün olduğu görülmektedir. En fazla sipariş alınmadan üst üste geçen süre 33 gün olurken en az sipariş alınmadan geçen süre 1 gündür. Siparişler arası geçen ortalama süre 10,296 gün olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3.12’de görüldüğü gibi 2019 ve 2020 yıllarında alınan toplam blower sipariş sürelerinin standart sapması 15,8281’dir. Gerçekleşen siparişler incelendiğinde en düşük sipariş miktarının 1 en yüksek sipariş miktarının ise 50 olduğu görülmektedir. Ortalama sipariş miktarı 16,47 olarak gerçekleşirken toplamda alınan 1680 siparişin 1630 bu süre zarfında teslim edilmiştir.

Tablo 3.12: Blower Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler

Blower	Sipariş	Teslimat	Süre
Ortalama	16,47059	16,80412	7,166667
Ortanca	10	10	6
Standart sapma	15,8281	15,67352	5,345644
Varyans	250,5288	245,6591	28,57591
Aralık	49	49	20
Toplam	1680	1630	731
Geliş Sayısı	102	97	102
En büyük	50	50	21
En küçük	1	1	1

İki yıl içerisinde gerçekleşen 1680 Blower siparişinin geliş süreleri incelendiğinde hiç sipariş alınmayan 629 günün olduğu görülmektedir. En fazla sipariş alınmadan üst üste geçen süre 21 gün olurken en az sipariş alınmadan geçen süre 1 gündür. Siparişler arası geçen ortalama süre 7,166 gün olarak gerçekleşmiştir.

İki yıllık periyotta gerçekleşen eklüs siparişleri, teslimatları ve geliş süreleri Tablo 3.13'de belirtilmiştir. Buna göre eklüs siparişleri incelendiğinde en düşük sipariş miktarının 1 en yüksek sipariş miktarının ise 40 olduğu görülmektedir. Ortalama sipariş miktarı 13,24 olarak gerçekleşirken toplamda alınan 1099 siparişin 1074'ü bu süre zarfında teslim edilmiştir. Siparişlerin standart sapması 11,77802 olarak hesaplanırken teslimatların standart sapması 11,82241 olarak hesaplanmıştır.

İki yıl içerisinde gerçekleşen 1099 Eklüs siparişinin geliş süreleri incelendiğinde hiç sipariş alınmayan 648 günün olduğu görülmektedir. En fazla sipariş alınmadan üst üste geçen süre 25 gün olurken en az sipariş alınmadan geçen süre 1 gündür. Siparişler arası geçen ortalama süre 8,8 gün olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3.13: Eklüs Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler

Eklüs	Sipariş	Teslimat	Süre
Ortalama	13,24096	13,25926	8,807229
Ortanca	7	7	7
Standart sapma	11,77802	11,82241	6,591676
Varyans	138,7217	139,7694	43,45019
Aralık	39	39	24
Toplam	1099	1074	731
Say	83	81	83
En büyük	40	40	25
En küçük	1	1	1

Yön klapesi siparişleri 2019 ve 2020 yılları için toplam gerçekleşen sipariş ve teslimat miktarları ile gelişler arası süreler Tablo 3.14'te belirtilmiştir. Gerçekleşen siparişler incelendiğinde en düşük sipariş miktarının 1 en yüksek sipariş miktarının ise 60 olduğu görülmektedir. Ortalama sipariş miktarı 11,8 olarak gerçekleşirken toplamda alınan 1538 siparişin 1508'i bu süre zarfında teslim edilmiştir.

Tablo 3.14: Yön Klapesi Sipariş ve Teslimat Süreleri ile Gelişler Arası Süreler

Yön klapesi	Sipariş	Teslimat	Süre
Ortalama	13,0339	14,64078	6,194915
Ortanca	6,5	10	5
Standart sapma	15,17867	15,62041	4,925528
Varyans	230,392	243,9971	24,26083
Aralık	59	59	20
Toplam	1538	1508	731
Say	118	103	118
En büyük	60	60	21
En küçük	1	1	1

İki yıl içerisinde gerçekleşen 1538 yön klapesi siparişinin geliş süreleri incelendiğinde hiç sipariş alınmayan 613 günün olduğu görülmektedir. En fazla

sipariş alınmadan üst üste geçen süre 21 gün olurken en az sipariş alınmadan geçen süre 1 gündür. Siparişler arası geçen ortalama süre 6,195 gün olarak gerçekleşmiştir. Siparişlerin geliş sürelerine göre Arena programı Input Analizer ile dağılımları test edilmiştir. Histogram grafikleri Şekil 3.7’de yer almaktadır.



Şekil 3.7: Siparişlerin Geliş Süreleri Dağılım Grafikleri

Aspiratör siparişlerinin geliş sürelerinin histogram analizi, 0,5-33,5 aralığında gerçekleştiğini göstermektedir. Bu sürelerin ortalama değeri 10,3 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Tablo 3.15’de belirtildiği gibi geliş sürelerinin standart sapması 7,12’dir. Geliş sürelerinin lognormal dağılıma uymaktadır. Lognormal dağılım, gerçekleşme sürelerini daha iyi modellemek için kullanılan bir dağılım türüdür. Bu durum, Aspiratör siparişlerinin geliş sürelerinin istatistiksel olarak anlamlıdır. Ayrıca, hata kareleri toplamı 0,012666 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, lognormal dağılıma dayanan modelin verilere iyi bir uyum sağladığını ve geliş sürelerini başarılı bir şekilde temsil ettiğini gösterir.

Tablo 3.15: Sipariş Süreleri İçin Gelişler Arası Süreler

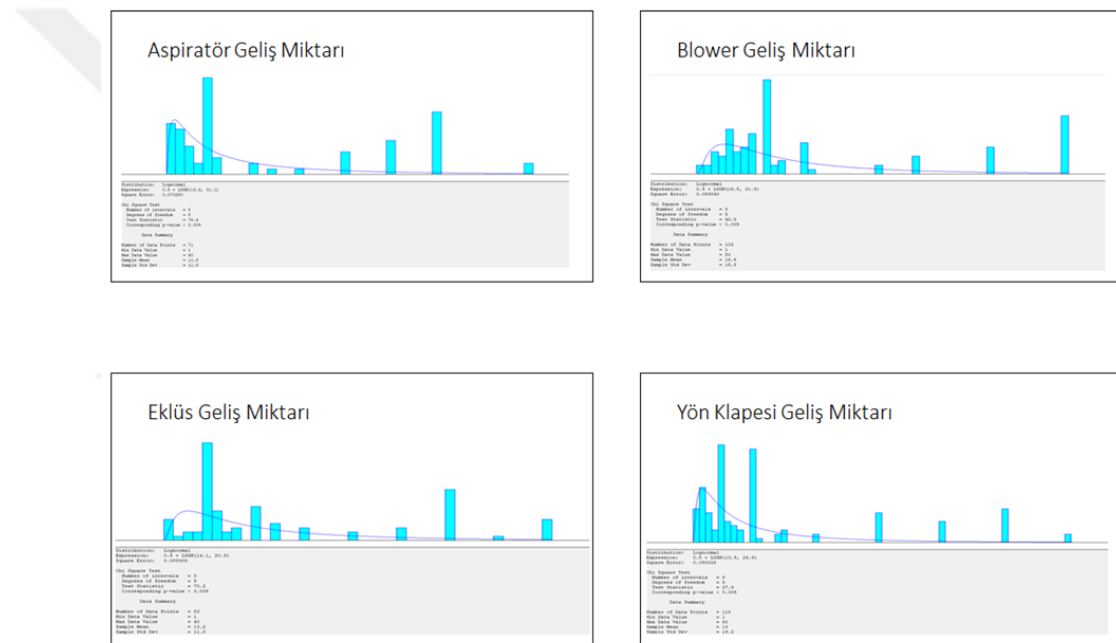
Ürün	Dağılım	Hata Kareleri Toplamı	P Değeri
Aspiratör Geliş Süreleri	0.5 + LOGN(10,6; 11,8)	0,012666	0,0298
Blower Geliş Süreleri	0.5 + LOGN(7,13; 8.29)	0,006441	< 0,005
Eklüs Geliş Süreleri	0.5 + EXPO(8,31)	0,008340	0,0252
Yön Klapesi Geliş Süreleri	0.5 + LOGN(5,64; 8,05)	0,013152	< 0,005

Blower siparişlerinin geliş süreleri, 0,5-21,5 aralığında histogram analizi sonucunda dağılım göstermektedir. Bu sürelerin ortalaması 7,17 ve standart sapması 5,35 olarak bulunmuştur. Geliş sürelerinin lognormal dağılıma uyması, bu dağılımın gerçekleşme sürelerini etkili bir şekilde modellediğini gösterir. Yani, Blower siparişlerinin geliş süreleri lognormal dağılıma yakın bir şekilde dağılmaktadır. Ayrıca, hata kareleri toplamı 0,006441 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, lognormal dağılım temelli modelin gerçek verilere uyum sağladığını ve geliş sürelerini iyi bir şekilde tahmin ettiğini göstermektedir. Blower siparişlerinin geliş süreleri istatistiksel olarak anlamlıdır ve lognormal dağılım ile iyi bir uyum göstermektedir. Bu analiz, Blower siparişlerinin geliş sürelerini ve dağılımlarını açıklayarak, verilerin istatistiksel olarak analiz edilmesine yardımcı olmaktadır.

Eklüs siparişlerinin geliş süreleri, yapılan histogram analizi sonucunda 0,5-25,5 aralığında bir dağılım sergilemektedir. Bu sürelerin aritmetik ortalaması 8,81 olarak hesaplanmış ve standart sapması ise 6,59 olarak bulunmuştur. Eklüs siparişlerinin geliş sürelerinin üstel dağılıma uyduğu ve bu dağılımın verilerle iyi bir uyum sağladığı görülmektedir. Üstel dağılım, sürekli zamanlı olayların arasındaki sürenin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir olasılık dağılımıdır. Bu dağılıma göre hata kareleri toplamı 0,008340 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, üstel dağılıma dayalı modelin verilere iyi bir uyum sağladığını ve geliş sürelerini başarılı bir şekilde tahmin ettiğini göstermektedir. Yapılan ki kare testine göre anlamlılık düzeyi 0,0252 olarak hesaplanmıştır. Böylece üstel dağılımın geliş sürelerini modellemek için uygun olduğunu ve bu modele dayanarak elde edilen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade edilebilmektedir.

Yön klapesi siparişlerinin geliş sürelerinin lognormal dağılıma uymaktadır ve bu dağılım verilerle iyi bir uyum sağlamaktadır. Lognormal dağılıma göre hata kareleri toplamı 0,007540 olarak hesaplanmıştır. Anlamlılık düzeyi ise $< 0,005$ olarak belirtilmiştir. Bu, lognormal dağılımın geliş sürelerini modellemek için uygun olduğunu ve bu modele dayanarak elde edilen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir.

Alınan sipariş miktarlarına göre en uygun dağılımların histogram grafikleri Şekil 3.8’de yer almaktadır. Aspiratör siparişlerinin miktarları, histogram analizi sonucunda 0,5-40,5 aralığında dağılım göstermektedir. Bu miktarların aritmetik ortalaması 11,8 olarak hesaplanmıştır ve standart sapması 11,8’dir. Aspiratör sipariş miktarları için lognormal dağılım kullanılmıştır. Bu dağılıma göre hata kareleri toplamı 0,073280 olarak hesaplanmıştır. Anlamlılık düzeyi ise $< 0,005$ olarak belirtilmiştir. Bu, lognormal dağılımın sipariş miktarlarını modellemek için uygun olduğunu ve bu modele dayanarak elde edilen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir.



Şekil 3.8: Sipariş Miktarları Dağılım Grafikleri

Blower siparişlerinin geliş miktarları, histogram analizi sonucunda 0,5-50,5 aralığında dağılım göstermektedir. Bu miktarların aritmetik ortalaması Tablo 3.16’da belirtildiği gibi 16,5 olarak hesaplanmıştır ve standart sapması 15,8’dir. Blower sipariş miktarları için lognormal dağılım gerçek verilerle iyi bir uyum sağlamaktadır. Hata kareleri toplamı 0,059840 olarak hesaplanmıştır. Anlamlılık düzeyi ise $< 0,005$ olarak belirtilmiştir. Bu, lognormal dağılımın sipariş miktarlarını modellemek için uygun olduğunu ve bu modele dayanarak elde edilen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir.

Eklüs siparişlerinin geliş süreleri 0,5-40,5 histogram aralığında incelenmiştir. Bu sürelerin aritmetik ortalaması 13,2 ve standart sapması 11,8 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hata kareleri toplamı 0,088908'dir. Bu veriler, Eklüs siparişlerinin geliş sürelerinin lognormal dağılıma uyduğunu ve bu dağılımın verilerle uyumlu olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.16: Siparişlerin Geliş Miktarları

Ürün	Dağılım	Hata Kareleri Toplamı	P Değeri
Aspiratör Geliş Miktarları	0,5 + LOGN(13,6; 31,1)	0,073280	< 0,005
Blower Geliş Miktarları	0,5 + LOGN(16,5; 21,5)	0,059840	< 0,005
Eklüs Geliş Miktarları	0,5 + LOGN(14,1; 20,9)	0,088908	< 0,005
Yön Klapesi Geliş Miktarları	0,5 + LOGN(13,5; 24,9)	0,058626	< 0,005

Yön klapesi sipariş miktarları, 0,5-60,5 histogram aralığında incelenmiştir. Bu miktarların aritmetik ortalaması 13 ve standart sapması 15,2 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hata kareleri toplamı 0,058626 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, Yön klapesi sipariş miktarlarının lognormal dağılıma uyduğunu ve bu dağılımın verilerle uyumlu olduğunu göstermektedir. Anlamlılık düzeyi ise < 0,005 olarak belirlenmiştir, bu da yön klapesi sipariş miktarlarının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

3.3.3.2.İş Akış Şemaları

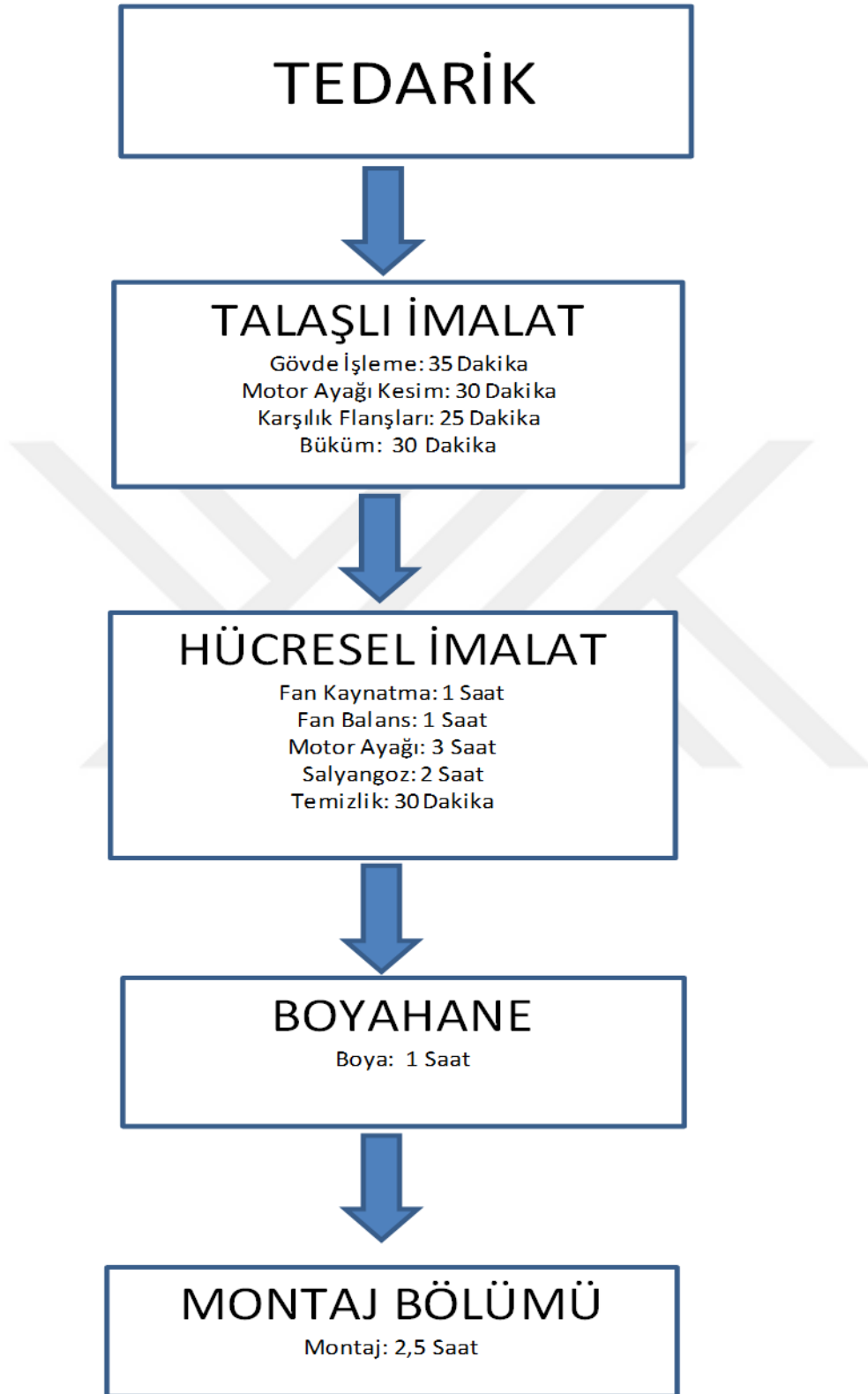
İş akış şeması, bir sürecin ayrıntılarını, adımlarını, karar noktalarını ve ilişkilerini görsel bir şekilde temsil ederek analiz edilmesini sağlamaktadır. Bu şema, sürecin etkinliğini, iyileştirme fırsatlarını veya hatalı noktaları belirlemek için kullanılır. Ayrıca, sürecin farklı paydaşlar arasındaki etkileşimlerini ve sorumlulukları göstermek için de kullanılabilir. İş akış şeması, belirli bir sürecin veya işin adımlarını, karar noktalarını ve ilişkilerini grafiksel olarak gösteren bir araçtır. Çalışmanın bu kısmında aspiratör, blower, eklüs ve yön klapesi için bir iş akış şeması hazırlanmıştır.

3.3.3.2.1. Aspiratör İş Akış Şeması

Aspiratör, toz haline gelmiş maddelerin bir yerden başka bir yere taşınmasında ortam oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca havalandırma kaynağı olarak da tesislerde kullanılabilir. Mekanda ihtiyaç duyulan hava debisi, hava basıncı, taşıma kapasitesi, taşıma mesafesi gibi kriterleri göz önüne alınarak ölçülendirilebilir.

Aspiratör üretim sürecinde dkp sac ve çelik temin edildikten sonra Şekil 3.9'da görüldüğü gibi talaşlı imalat ve hücresel imalat bölümlerinde işleme alınmaktadır. Burada gerçekleşen işlemde sonra boya bölümüne alınmakta ve boya sonrası montaj işlemleri tamamlamak üzere montaj deposuna sevk edilmektedir. Montaj aşamasında dışardan tedarik edilen motor, yatak ve titreşim takozu eklenmektedir.

Aspiratör imalatı sürecinde gövde kesim, motor ayağı kesim, karşılık flanşları, büküm, fan kaynak, fan işleme, fan balans, motor ayağı yapımı, salyangoz yapımı boya ve montaj aşamaları gerçekleşmektedir. Buna göre gövde işleme, motor ayağı kesimi, karşılık flanşları kesimi ve büküm işlemi yaklaşık 120 dakika sürmektedir. Fan kaynatma, fan işleme, fan balans, motor ayağı yapımı, salyangoz yapımı imalatı ve temizlik 420 dakika, boya 60 dakika ve montaj 150 dakika olmak üzere toplam ortalama olarak 750 dakikada yaklaşık 12,5 saatte aspiratör imalatı gerçekleşmektedir. Bu süre, bir aspiratörün tamamlanması için genel bir zaman çerçevesi sunmaktadır. Bu bilgi, üretim sürecinin planlanması, zamanlama ve kaynak tahsisinde yol gösterici olacaktır.



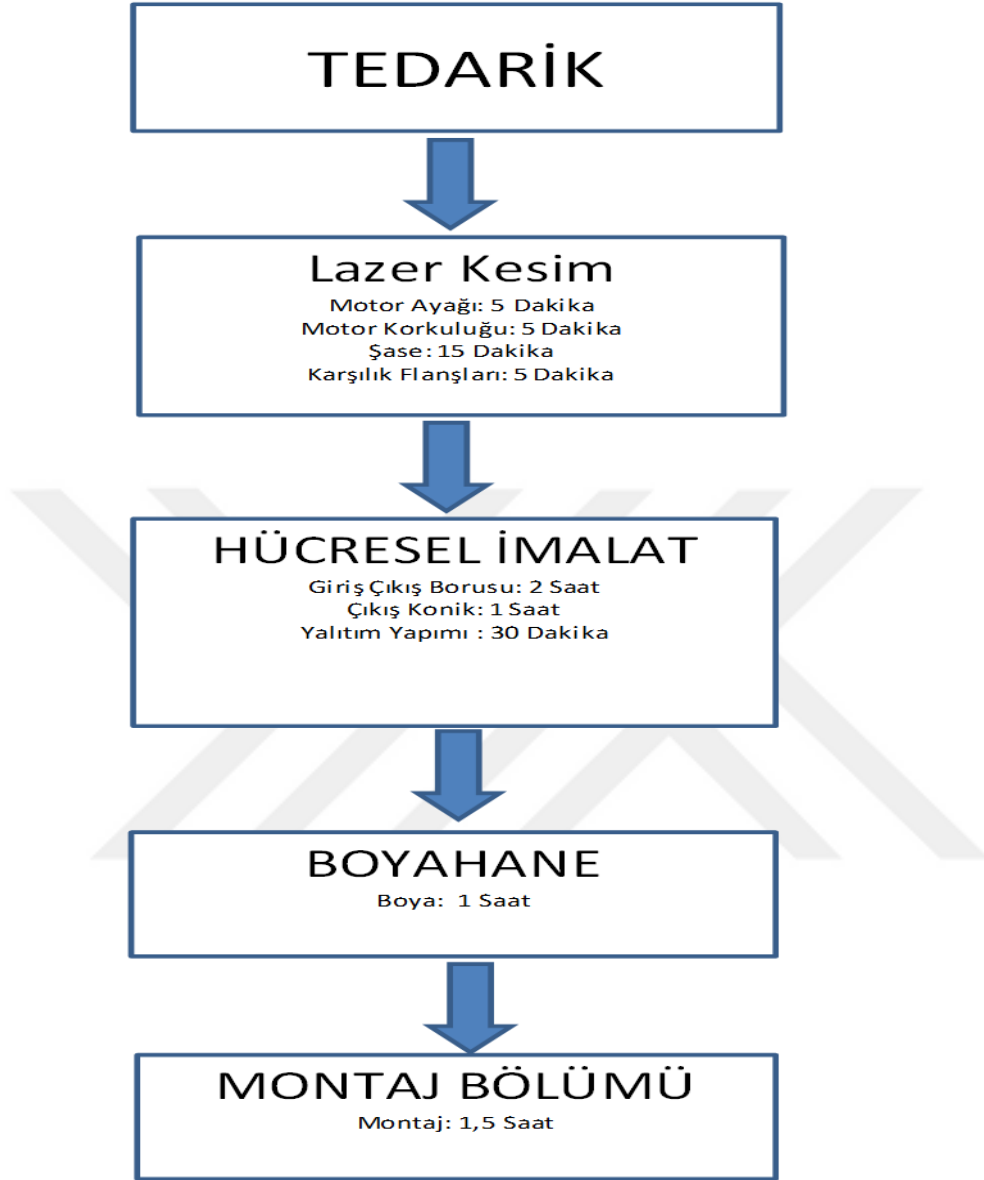
Şekil 3.9: Aspiratör İş Akış Şeması

3.3.3.2.2. Blower İş Akış Şeması

Blower, havanın taşınması veya vakumlanması amacıyla kullanılan bir makinedir. Bağlı olduğu motorun gücü ile çalışmaktadır. Mekanizmada bulunan fan sayesinde emdiği havayı çıkış kısmına doğru itmektedir. Bu durum devir yaptığı her dönüş için birçok kez yinelenir. Bu sayede içerdeki hava yüksek debi ve düşük basınç prensibiyle çıkışa gönderilmiş olur.

Blower üretim sürecinde dkp sac ve çelik temin edildikten sonra lazer kesim ve hücresel imalat bölümlerinde işleme alınmaktadır. Burada gerçekleşen işlemde sonra boya bölümüne alınmakta ve boya sonrası montaj işlemleri tamamlamak üzere montaj deposuna sevk edilmektedir.

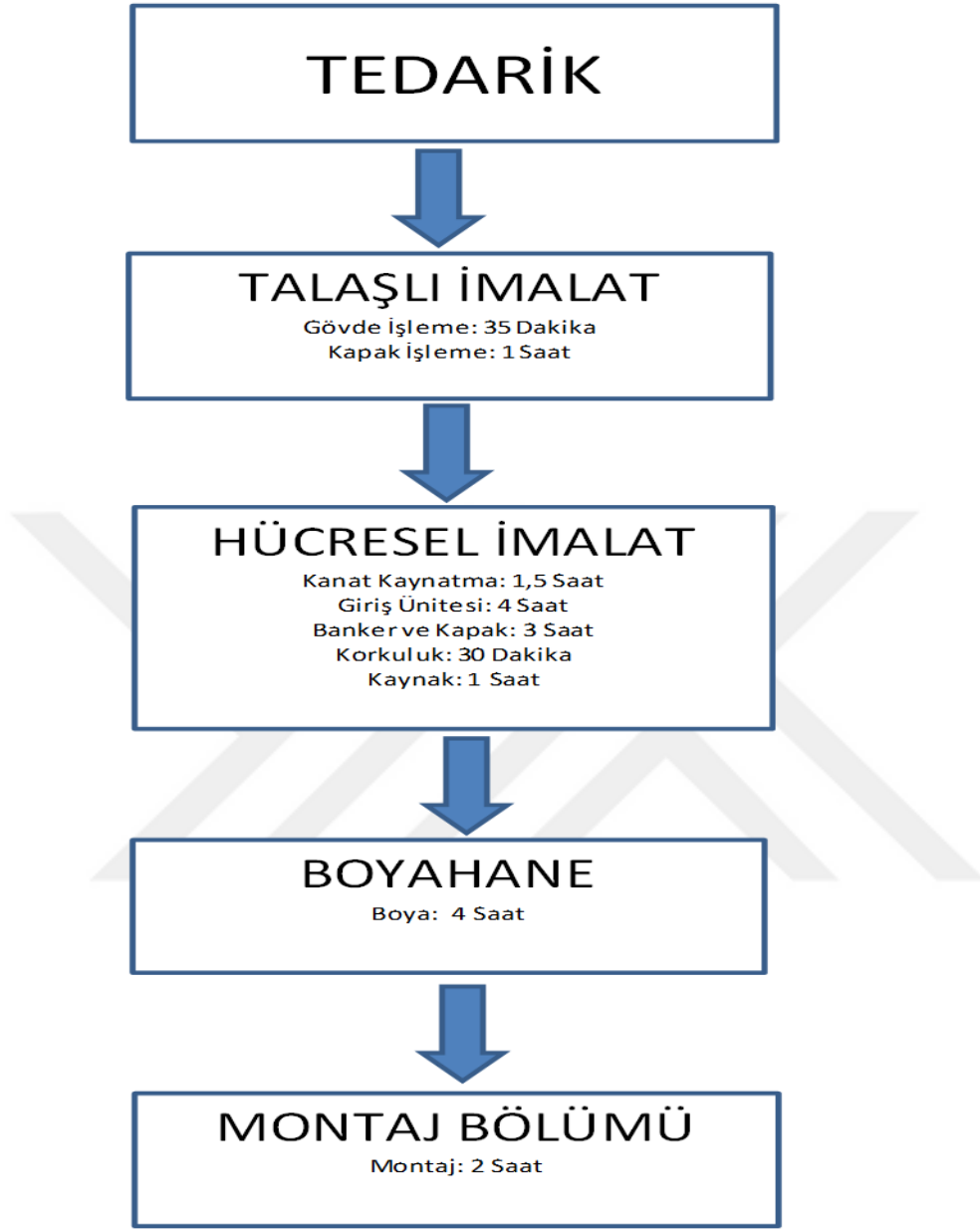
Blower imalatı sürecinde Şekil 3.10'de görüldüğü gibi motor ayağı kesim, motor korkuluğu kesimi, şase karşılık flanşları, giriş ve çıkış borusu kaynatma ve yalıtımı, çıkış konik imalatı, boya ve montaj aşamaları gerçekleşmektedir. Montaj aşamasında dışardan tedarik edilen motor, kasnak, kayış, manometre, emniyet sibobu eklenmektedir. Buna göre motor ayağı kesim, motor korkuluğu kesimi, şase karşılık flanşları, kesimi yaklaşık 30 dakika, giriş ve çıkış borusu kaynatma ve yalıtımı, çıkış konik imalatı, 210 dakika, boya 60 dakika ve montaj 90 dakika olmak üzere toplam ortalama olarak 390 dakikada yaklaşık 6,5 saatte blower imalatı gerçekleşmektedir.



Şekil 3.10: Blower İş Akış Şeması

3.3.3.2.3. Eklüs İş Akış Şeması

Eklüs, hava ile yapılan taşıma sistemlerinden hava ile toz-granül formundaki katı akışkan ürünlerin karıştırılmasını sağlamak amacı ile kullanılan mekanik cihaza verilen isimdir. Pnömatik sistemlerde, transfer edilecek hammaddeyi iletim hattına düşürmek için kullanılan hava kilidi şeklinde de tanımlanabilir.



Şekil 3.11: Eklüs İş Akış Şeması

Eklüs üretim sürecinde dkp sac, pik döküm ve çelik temin edildikten sonra Şekil 3.11’de görüldüğü üzere talaşlı imalat ve hücresel imalat bölümlerinde işleme alınmaktadır. Burada gerçekleşen işlemten sonra boya bölümüne alınmakta ve boya sonrası montaj işlemleri tamamlamak üzere montaj deposuna sevk edilmektedir.

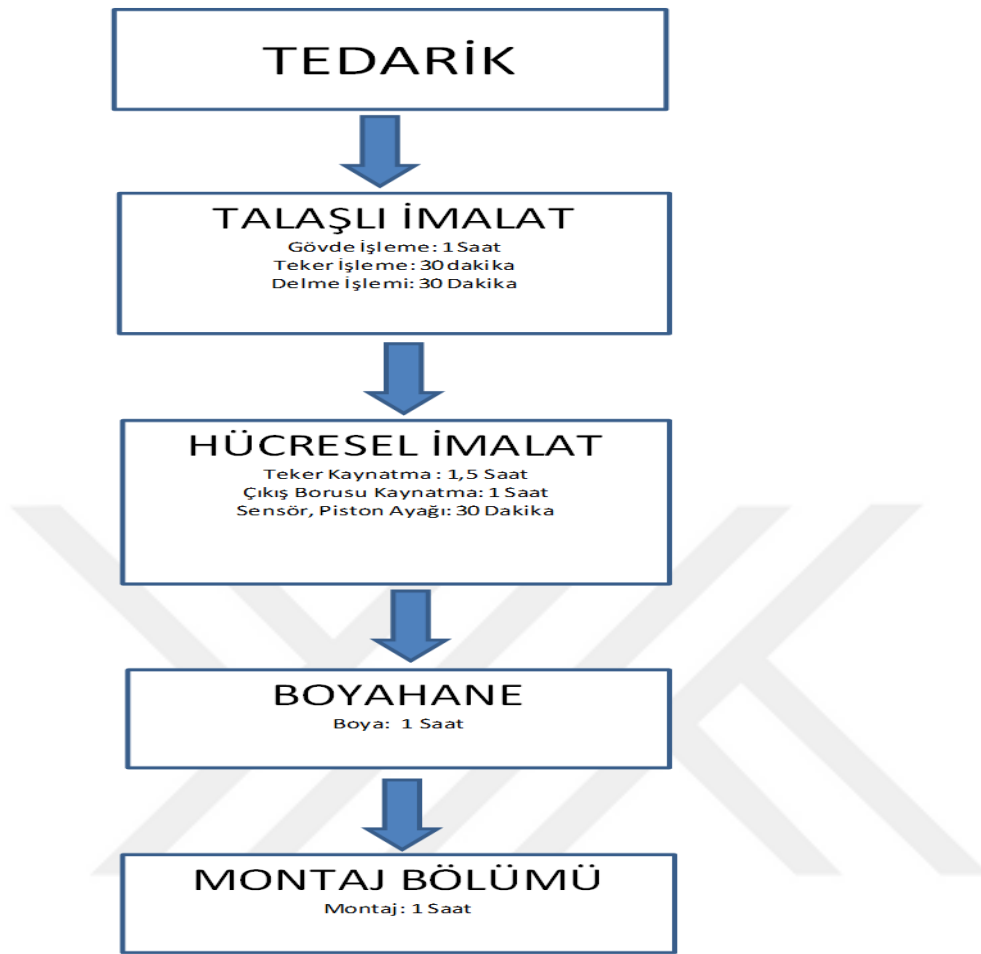
Eklüs imalatı sürecinde gövde işleme, kapak işleme, kanat kaynatma, giriş ünitesi imalatı, banker imalatı, kapak imalatı, korkuluk imalatı, boya ve montaj aşamaları gerçekleşmektedir. Montaj aşamasında dışardan tedarik edilen redüktör, zincir ve dişli eklenmektedir. Buna göre gövde işleme, kapak işleme yaklaşık 95 dakika, kanat kaynatma, giriş ünitesi imalatı, banker imalatı, kapak imalatı, korkuluk imalatı imalatı, 600 dakika, boya 240 dakika ve montaj 120 dakika olmak üzere toplam ortalama olarak 1055 dakikada yaklaşık 17,5 saatte eklüs imalatı gerçekleşmektedir.

3.3.3.2.4. Yön Klapesi İş Akış Şeması

Yön klapesi pnömatik taşıma sistemlerinde ürünün yönlendirilmesini sağlar. Hem basınç hem de vakum uygulamalarında kullanım özelliğine göre, basınç ve aşındırıcı farklı model çeşitleriyle çözümler sunmaktadır.

Yön klapesinin üretim sürecinde dkp sac, çelik ve alüminyum döküm bazı malzemeler temin edildikten sonra talaşlı imalat ve hücresel imalat bölümlerinde işleme alınmaktadır. Burada gerçekleşen işlemde sonra boya bölümüne alınmakta ve boya sonrası montaj işlemleri tamamlamak üzere montaj deposuna sevk edilmektedir.

Yön klapesi imalatı sürecinde Şekil 3.12’de görüldüğü üzere gövde işleme, teker işleme, delme işlemi, teker kaynatma, çıkış borusu kaynatma, sensör ve piston ayağı kesimi, boya ve montaj aşamaları gerçekleşmektedir. Buna göre gövde işleme, teker işleme, delme işlemi, 120 dakika, teker kaynatma, çıkış borusu kaynatma, sensör ve piston ayağı kesimi 180 dakika, boya 60 dakika ve montaj 60 dakika olmak üzere toplam ortalama olarak 420 dakikada yön klapesi imalatı gerçekleşmektedir.



Şekil 3.12: Yön Klapesi İş Akış Şeması

3.3.3.3.Kontrol Limit Analizleri

Bu çalışmada p diyagramı dikkatle analiz yapılmıştır. p diyagramının üst ve alt kontrol limitleri aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

p Diyagramı

$$\bar{UKLP} = \bar{p} + z \sigma_p$$

$$AKLP = \bar{p} - z \sigma_p$$

$\bar{p}$ = Örneklerdeki ortalama hatalı ürün oranı

Z=Standart sapma katsayısını (%95,45 limiti için 2; %99,73 için 3)

σ_p = Örneklem dağılımının standart sapmasını göstermektedir.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

3.3.3.3.1. Aspiratör Kontrol Limitleri

813 adet aspiratör üretildiği 2 yıllık zaman zarfında 79 hatalı işlem gerçekleşmiştir. Gövde işleme, motor ayağı kesim, karşılık flanşları kesim, büküm, fan kaynatma, fan balans, motor ayağı imalatı, salyangoz imalatı, temizlik, boya, montaj olmak üzere 11 farklı üretim işleminden geçmektedir.

$$\bar{p} = \frac{79}{813 \times 11} = \frac{79}{8943} = 0,008833725$$

$\bar{p}$ değeri ortalama ürün oranını göstermektedir. Aspiratör üretimi esnasında gerçekleşen 79 hata, 813 üretim adetinin 11 farklı üretim işleminin çarpımına bölünmesi suretiyle $\bar{p}$ hesaplanmaktadır. $\bar{p}$ 0,008833725 olarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{813}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0,008833725(1-0,008833725)}{813}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{0,0000107696064068787} = 0,003282$$

σ_p değeri dağılımın standart sapmasını göstermektedir. Aspiratör üretimi esnasında gerçekleşen 0,008833725 ortalama ürün oranının, 1'den çıkarılması sonucu elde edilen 0,991166275 değerine çarpılması sonucu elde edilen farkına çarpımının aspiratör üretim sayısı olan 813 değerine bölünmesi sonucu 0,0000107696064068787 değeri bulunmuş ve karekökü alınmasıyla σ_p değeri 0,003282 olarak bulunmuştur.

z değeri standart sapma katsayısını ifade etmektedir. %95,45 limiti için 2, %99,73 limiti için de 3 olarak değerlendirilir.

$$\bar{U}KLP = 0,008833725 + 3 \times 0,003282 = 0,018678848248199$$

Aspiratör için üst kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,008833725 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değerinin dağılımın standart sapması olan 0,003282 çarpımının toplanması sonucu 0,018678848248199 olarak bulunmuştur.

$$AKLP = 0,008833725 + 3 \times 0,003282 = -0,001012275$$

Aspiratör için alt kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,008833725 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değerinin dağılımın standart sapması olan 0,003282 çarpımının çıkartılması sonucu -0,001012275 olarak bulunmuştur. Negatif hatalı ürün oranı olamayacağı için aspiratör ürününün alt kontrol limiti 0 olarak alınmıştır. Aspiratör üretimi için gerçekleşen hataların kontrol limitlerine uygunluk durumu Tablo 3.17’de gösterilmektedir. Buna göre aspiratör üretiminde gerçekleşen hatalar kontrol limitlerine uygundur.

Tablo 3.17: Aspiratör Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu

Aspiratör Kaynakları	Hata	Toplam	Hata Oranı	Limit Durumu
Gövde İşleme		4	0,004920049	Kontrol Limitlerine Uygun
Motor Ayağı Kesim		5	0,006150062	Kontrol Limitlerine Uygun
Karşılık Flanşları		8	0,009840098	Kontrol Limitlerine Uygun
Büküm		6	0,007380074	Kontrol Limitlerine Uygun
Fan Kaynatma		6	0,007380074	Kontrol Limitlerine Uygun
Fan Balans		9	0,011070111	Kontrol Limitlerine Uygun
Motor İmalatı	Ayağı	8	0,009840098	Kontrol Limitlerine Uygun
Salyangoz İmalatı		7	0,008610086	Kontrol Limitlerine Uygun
Temizlik		7	0,008610086	Kontrol Limitlerine Uygun
Boya		11	0,013530135	Kontrol Limitlerine Uygun
Montaj		8	0,009840098	Kontrol Limitlerine Uygun
Toplam Makina	Hatalı	47	0,057810578	
Toplam Hata		79	0,097170972	
Toplam Üretim		813		

3.3.3.2. Blower Kontrol Limitleri

1630 adet blower üretildiği 2 yıllık zaman zarfında 154 hatalı işlem gerçekleşmiştir. Motor ayağı kesim-büküm, motor korkuluğu kesim-büküm, şase kesim büküm, karşılık flanşları, giriş çıkış borusu-kaynak, giriş çıkış borusu-yalıtım, çıkış konik imalatı, boya ve montaj olmak üzere 9 farklı üretim işleminden geçmektedir.

$$\bar{p} = \frac{154}{1630 \times 9} = \frac{154}{14670} = 0,01049761474$$

$\bar{p}$ değeri ortalama ürün oranını göstermektedir. Blower üretimi esnasında gerçekleşen 154 hata, 1630 üretim adetinin 9 farklı üretim işleminin çarpımına bölünmesi suretiyle $\bar{p}$ hesaplanmaktadır. $\bar{p}$ 0,01049761417 olarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0,01049761417 (1-0,01049761417)}{1630}} = 0,00252441$$

σ_p değeri dağılımın standart sapmasını göstermektedir. Blower üretimi esnasında gerçekleşen 0,01049761417 ortalama ürün oranının, 1'den çıkarılması sonucu elde edilen 0,98950238583 değerine çarpılması sonucu elde edilen farkına çarpımının aspiratör üretim sayısı olan 1630 değerine bölünmesi sonucu 0,00000637266 değeri bulunmuş ve karekökü alınmasıyla σ_p değeri 0,0025244128 olarak hesaplanmıştır.

z değeri standart sapma katsayısını ifade etmektedir. %95,45 limiti için 2, %99,73 limiti için de 3 olarak değerlendirilir.

$$\bar{U}KL_p = 0,01049761474 + (3 \times 0,0025244128) = 0,01807085314$$

Blower için üst kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,01049761474 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değeri ile dağılımın standart sapması olan 0,0025244128 çarpımının toplanması sonucu 0,01807085314 olarak bulunmuştur.

$$AKLP = 0,01049761474 + (3 \times 0,0025244128) = 0,00292437634$$

Blower için alt kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,01049761474 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değeri ile dağılımın standart sapması olan 0,0025244128 çarpımının toplanması sonucu 0,00292437634 olarak bulunmuştur.

Aspiratör üretimi için gerçekleşen hataların kontrol limitlerine uygunluk durumu Tablo 3.18’de gösterilmektedir. Buna göre blower üretiminde gerçekleşen boya ve montaj hataları kontrol limitlerine uygun değildir. Diğer hatalar ise kontrol limitlerine uygun olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3.18: Blower Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu

Blower Hata Kaynakları	Toplam	Hata Oranı	Limit Durumu
Motor ayağı kesim-büküm	5	0,003067485	Kontrol Limitlerine Uygun
Motor korkuluğu kesim-büküm	9	0,005521472	Kontrol Limitlerine Uygun
Şase kesim büküm	7	0,004294479	Kontrol Limitlerine Uygun
Karşılık flanşları	21	0,012883436	Kontrol Limitlerine Uygun
Giriş çıkış borusu-kaynak	9	0,005521472	Kontrol Limitlerine Uygun
Giriş çıkış borusu-yalıtım	11	0,006748466	Kontrol Limitlerine Uygun
Çıkış konik imalatı	10	0,006134969	Kontrol Limitlerine Uygun
Boya	44	0,026993865	Kontrol Limitlerine Uygun Değil
Montaj	38	0,023312883	Kontrol Limitlerine Uygun Değil
Toplam Hatalı Makina	90	0,055214724	
Toplam Hata	154	0,094478528	
Toplam Üretim	1630	1	

3.3.3.3. Eklüs Kontrol Limitleri

1074 adet eklüs üretildiği 2 yıllık zaman zarfında 101 hatalı işlem gerçekleşmiştir. Gövde işleme, kapak işleme, kanat kaynatma, giriş ünitesi üretimi, banker ve kapak üretimi, korkuluk , kaynak, boya ve montaj olmak üzere 9 farklı üretim işleminden geçmektedir.

$$\bar{p} = \frac{101}{1074 \times 9} = \frac{101}{9666} = 0,010448996482516$$

$\bar{p}$ değeri ortalama ürün oranını göstermektedir. Eklüs üretimi esnasında gerçekleşen 101 hata, 1074 üretim adetinin 9 farklı üretim işleminin çarpımına bölünmesi suretiyle $\bar{p}$ hesaplanmaktadır. $\bar{p}$ 0,010448996482516 olarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0,010448996482516(1-0,010448996482516)}{1074}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{0,0000096273882262797} = 0,003103$$

σ_p değeri dağılımın standart sapmasını göstermektedir. Eklüs üretimi esnasında gerçekleşen 0,010448996482516 ortalama ürün oranının, 1'den çıkarılması sonucu elde edilen 0,989551004 değerine çarpılması sonucu elde edilen farkına çarpımının eklüs üretim sayısı olan 1074 değerine bölünmesi sonucu 0,000009627388226279 değeri bulunmuş ve karekökü alınmasıyla σ_p değeri 0,003103 olarak hesaplanmıştır.

z değeri standart sapma katsayısını ifade etmektedir. %95,45 limiti için 2, %99,73 limiti için de 3 olarak değerlendirilir.

$$\bar{U}_{KLP} = 0,010448996482516 + 3 \times 0,003103 = 0,019757406$$

Eklüs için üst kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,010448996482516 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değerinin dağılımın standart sapması olan 0,003103 çarpımının toplanması sonucu 0,019757406 olarak bulunmuştur.

$$AKLP = 0,010448996482516 + 3 \times 0,003103 = 0,001140587$$

Eklüs için alt kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,010448996482516 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değerinin dağılımın standart sapması olan 0,003103 çarpımının çıkartılması sonucu 0,001140587 olarak hesaplanmıştır. Eklüs üretimi için gerçekleşen hataların kontrol limitlerine uygunluk durumu Tablo 3.19'da gösterilmektedir. Buna göre eklüs üretiminde gerçekleşen hatalar kontrol limitlerine uygundur.

Tablo 3.19: Eklüs Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu

Eklüs Kaynakları	Hata Toplam	Hata Yüzdesi	Limit Durumu
Gövde İşleme	7	0,006517691	Kontrol Limitlerine Uygun
Kapak İşleme	11	0,010242086	Kontrol Limitlerine Uygun
Kanat Kaynatma	10	0,009310987	Kontrol Limitlerine Uygun
Giriş Ünitesi	12	0,011173184	Kontrol Limitlerine Uygun
Banker ve Kapak Üretimi	8	0,00744879	Kontrol Limitlerine Uygun
Korkuluk	15	0,01396648	Kontrol Limitlerine Uygun
Kaynak	12	0,011173184	Kontrol Limitlerine Uygun
Boya	14	0,013035382	Kontrol Limitlerine Uygun
Montaj	12	0,011173184	Kontrol Limitlerine Uygun
Toplam Makina	61	0,05679702	
Toplam Hata	101	0,094040968	
Toplam Üretim	1074	1	

3.3.3.4. Yön klapesi Kontrol Limitleri

1508 adet yön klapesi üretildiği 2 yıllık zaman zarfında 140 hatalı işlem gerçekleşmiştir. Gövde işleme, teker işleme, delme işlemi, teker kaynatma, çıkış borusu kaynatma, sensör ve piston ayağı, karşılık flanşları, fırın boya ve montaj olmak üzere 9 farklı üretim işleminden geçmektedir.

$$\bar{p} = \frac{140}{1508 \times 9} = 0,010315$$

$\bar{p}$ değeri ortalama ürün oranını göstermektedir. Yön klapesi üretimi esnasında gerçekleşen 140 hata, 1508 üretim adetinin 9 farklı üretim işleminin çarpımına bölünmesi suretiyle $\bar{p}$ hesaplanmaktadır. $\bar{p}$ 0,010315 olarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0,010315 (1-0,010315)}{1508}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{0,0000067698598084989} = 0,002602$$

σ_p değeri dağılımın standart sapmasını göstermektedir. Yön klapesi üretimi esnasında gerçekleşen 0,010315 ortalama ürün oranının, 1’den çıkarılması sonucu elde edilen 0,989684645 değerine çarpılması sonucu elde edilen farkına çarpımının yön klapesi üretim sayısı olan 1508 değerine bölünmesi sonucu 0,00000676985980849899 değeri bulunmuş ve karekökü alınmasıyla σ_p değeri 0,002602 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.20: Yön Klapesi Kontrol Limitleri Uygunluk Tablosu

Yön Klapesi Hata Kaynakları	Toplam	Hata Oranları	Limit durumu
Gövde işleme	10	0,006631	Kontrol Limitlerine Uygun
Teker işleme	9	0,005968	Kontrol Limitlerine Uygun
Delme işlemi	15	0,009947	Kontrol Limitlerine Uygun
Teker kaynatma	19	0,012599	Kontrol Limitlerine Uygun
Çıkış borusu kaynatma	17	0,011273	Kontrol Limitlerine Uygun
Sensör ve piston ayağı	17	0,011273	Kontrol Limitlerine Uygun
Karşılık flanşları	17	0,011273	Kontrol Limitlerine Uygun
Fırın boya	18	0,011936	Kontrol Limitlerine Uygun
Montaj	18	0,011936	Kontrol Limitlerine Uygun
Toplam Hatalı Makina	99	0,06565	
Toplam Hata	140	0,092838	
Toplam Üretim	1508	1	

z değeri standart sapma katsayısını ifade etmektedir. %95,45 limiti için 2, %99,73 limiti için de 3 olarak değerlendirilir.

$$\bar{ÜKLP} = 0,010315 + 3 \times 0,00260 = 0,018121$$

Yön klapesi için üst kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,010315 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değerinin dağılımın standart sapması olan 0,00260 çarpımının toplanması sonucu 0,018121 olarak bulunmuştur.

$$AKLP = 0,010315 - 3 \times 0,00260 = 0,002509669$$

Yön klapesi için üst kontrol limitleri ortalama ürün oranı olan 0,010315 değeri ile %99,73 limit için alınan 3 z değerinin dağılımın standart sapması olan 0,00260 çarpımının çıkartılması sonucu 0,002509669 olarak bulunmuştur. Yön

klapesi üretimi için gerçekleşen hataların kontrol limitlerine uygunluk durumu Tablo 3.20’de gösterilmektedir. Buna göre yön klapesi üretiminde gerçekleşen hatalar kontrol limitlerine uygundur.

3.3.3.4.Pareto Analizi

Pareto analizi, işletmenin yapılan hatalardan dolayı ne kadarlık zaman kaybettiği dikkate alınarak hesaplanmıştır. Buna göre yapılan hatalı işlem sayısı ile kaybedilen birim zaman çarpılmak suretiyle, toplam kaybedilen zamana oranlanmış ve böylece işçilik maliyeti noktasında hangi işlemler yapılırken iyileştirme sağlanması durumunda hata maliyetinin azaltılabileceği öngörülmüş olmaktadır.

3.3.3.4.1. Aspiratör Üretiminin Pareto Analizi

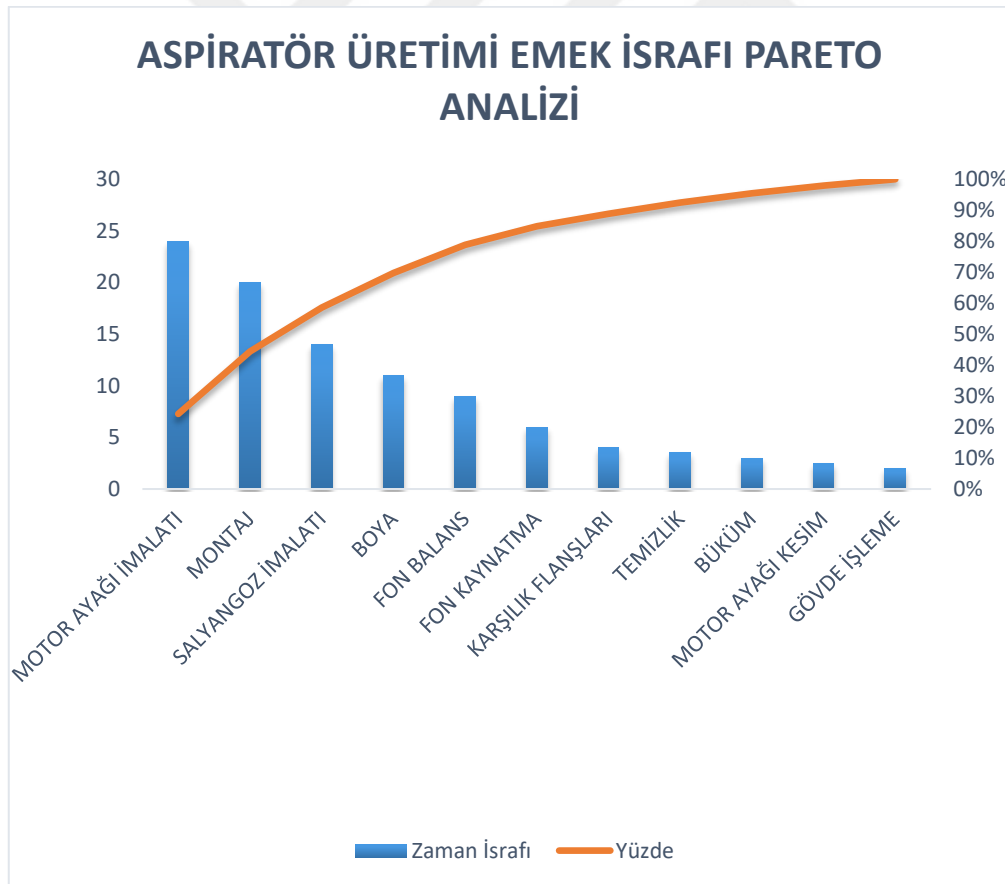
Aspiratör üretimi, gövde işleme, motor ayağı kesim, karşılık flanşları kesim, büküm, fan kaynatma, fan balans, motor ayağı imalatı, salyangoz imalatı, temizlik, boya, montaj gibi işlemlerden geçerek gerçekleşmektedir. Bu işlemler sürecinde yapılan hatalar ve bu hataların sonucunda meydana gelen zaman israfı Tablo 3.21’de belirtilmiştir.

Tablo 3.21: Aspiratör Hata Kaynakları

Aspiratör Hata Kaynakları	Toplam	Birim Zaman	Zaman İsrafı	Yüzde
Motor Ayağı İmalatı	8	3	24	24%
Montaj	8	2,5	20	44%
Salyangoz İmalatı	7	2	14	59%
Boya	11	1	11	70%
Fan Balans	9	1	9	79%
Fan Kaynatma	6	1	6	85%
Karşılık Flanşları	8	0,5	4	89%
Temizlik	7	0,5	3,5	92%
Büküm	6	0,5	3	95%
Motor Ayağı Kesim	5	0,5	2,5	98%
Gövde İşleme	4	0,5	2	100%

Aspiratör üretiminde en çok hatalı işlem boya sürecinde olduğu görülmektedir. En az hatalı işlem gövde işleme sürelerinde olmuştur. Motor ayağı imalatı 3 saat çalışma gerektirmektedir. Ayrıca montaj işlemi de yaklaşık 2,5 saat sürmektedir. Motor ayağı imalatı ve montaj süreçlerinde gerçekleşen 8 hata yaklaşık %44 civarında zaman israfına karşılık gelmektedir.

Şekil 3.13’de de görüldüğü üzere pareto ilkesine göre gerçekleşen zaman israfının yaklaşık %80’i motor ayağı imalatı, montaj, salyangoz imalatı, boya ve fan balans işlemlerinde olmuştur. Dolayısıyla bu üretim işlemleri gerçekleştirilirken yapılan hata sayılarında azalmaya yönelik süreç iyileştirmeleri diğer işlemlerde gerçekleşen hatalı işlemlere yönelik yapılacak süreç iyileştirme faaliyetlerinden daha etkili zaman tasarrufu sağlayacaktır.



Şekil 3.13: Aspiratör Üretimi Emek İsrafı Pareto Analizi

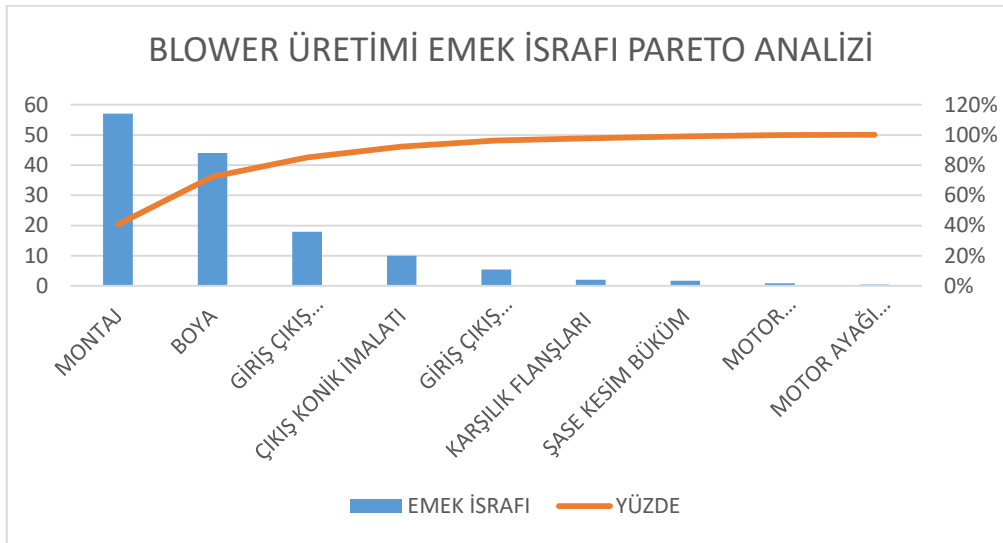
3.3.3.4.2. Blower Üretiminin Pareto Analizi

Blower üretimi, motor ayağı kesim-büküm, motor korkuluğu kesim-büküm, şase kesim büküm, karşılık flanşları, giriş çıkış borusu-kaynak, giriş çıkış borusu-yalıtım, çıkış konik imalatı, boya ve montaj gibi işlemlerden geçerek gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler sürecinde yapılan hatalar ve bu hataların sonucunda meydana gelen zaman israfı Tablo 3.22’ de belirtilmiştir.

Tablo 3.22: Blower Hata Kaynakları

Blower Hata Kaynakları	Toplam	Brim Zaman	Zaman İsrafı	Yüzde
Montaj	38	1,5	57	41%
Boya	44	1	44	72%
Giriş çıkış borusu-kaynak	9	2	18	85%
Çıkış konik imalatı	10	1	10	92%
Giriş çıkış borusu-yalıtım	11	0,5	5,5	96%
Karşılık flanşları	21	0,1	2,1	98%
Şase kesim büküm	7	0,25	1,75	99%
Motor korkuluğu kesim-büküm	9	0,1	0,9	100%
Motor ayağı kesim-büküm	5	0,1	0,5	100%

Blower üretiminde en çok hatalı işlemin boya sürecinde olduğu görülmektedir. En az hatalı işlem motor ayağı kesim büküm sürecinde olmuş. Boya 1 saat çalışma gerektirmektedir. Ayrıca giriş- çıkış borusu kaynağı 2 saat sürmektedir. Boya ve montaj sürecinde gerçekleşen hatalar yaklaşık %72 civarında zaman israfına karşılık gelmektedir.



Şekil 3.14: : Blower Üretimi Emek İsrafı Pareto Analizi

Şekil 3.14’da da görüldüğü üzere pareto ilkesine göre gerçekleşen zaman israfının yaklaşık %85’i montaj, boya, giriş çıkış borusu kaynağı işlemlerinde olmuştur. Dolayısıyla bu üretim işlemleri gerçekleştirilirken yapılan hata sayılarında azalmaya yönelik süreç iyileştirmeleri diğer işlemlerde gerçekleşen hatalı işlemlere yönelik yapılacak süreç iyileştirme faaliyetlerinden daha etkili zaman tasarrufu sağlayacaktır.

3.3.3.4.3. Eklüs Üretiminin Pareto Analizi

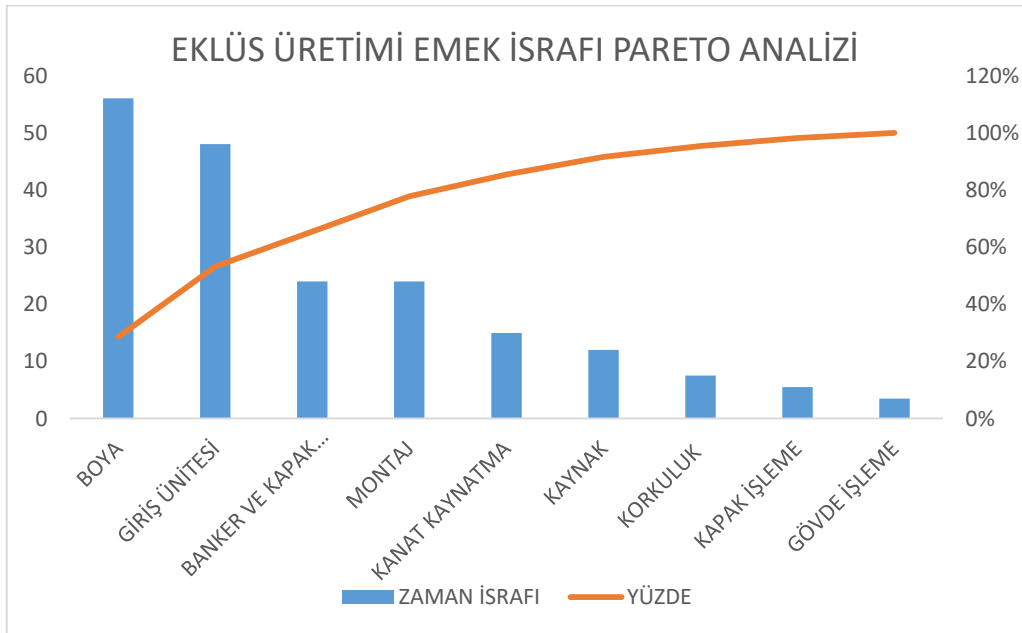
Eklüs üretimi, gövde işleme, kapak işleme, kanat kaynatma, giriş ünitesi üretimi, banker ve kapak üretimi, korkuluk, kaynak, boya ve montaj gibi işlemlerden geçerek gerçekleşmektedir. Bu işlemler sürecinde yapılan hatalar ve bu hataların sonucunda meydana gelen zaman israfı Tablo 3.23’de belirtilmiştir.

Eklüs üretiminde en çok hatalı işlemin korkuluk imalatı sürecinde olduğu görülmektedir. En az hatalı işlem gövde işleme sürelerinde olmuş. Boya ve giriş ünitesi imalatı 4 saat çalışma gerektirmektedir. Ayrıca banker ve kapak üretimi 3 saat montaj 2 saat sürmektedir. Boya ve giriş ünitesi imalatı sürecinde gerçekleşen hatalar yaklaşık %53 civarında zaman israfına karşılık gelmektedir

Tablo 3.23: Eklüs Hata Kaynakları

Eklüs Kaynakları	Hata	Toplam	Brim zaman	Zaman israfı	Yüzde
Boya		14	4	56	29%
Giriş Ünitesi		12	4	48	53%
Bunker ve Kapak Üretimi		8	3	24	65%
Montaj		12	2	24	78%
Kanat Kaynatma		10	1,5	15	85%
Kaynak		12	1	12	92%
Korkuluk		15	0,5	7,5	95%
Kapak İşleme		11	0,5	5,5	98%
Gövde İşleme		7	0,5	3,5	100%

Şekil 3.15’de görüldüğü gibi pareto ilkesine göre gerçekleşen zaman israfının yaklaşık %78’i boya, giriş ünitesi imalatı, bunker kapak üretimi, montaj işlemlerinde olmuştur. Dolayısıyla bu üretim işlemleri gerçekleştirilirken yapılan hata sayılarında azalmaya yönelik süreç iyileştirmeleri diğer işlemlerde gerçekleşen hatalı işlemlere yönelik yapılacak süreç iyileştirme faaliyetlerinden daha etkili zaman tasarrufu sağlayacaktır.

**Şekil 3.15: Eklüs Üretimi Emek İsrafı Pareto Analizi**

3.3.3.4.4. Yön Klapesi Üretiminin Pareto Analizi

Yön klapesi üretimi, gövde işleme, teker işleme, delme işlemi, teker kaynatma, çıkış borusu kaynatma, sensör ve piston ayağı, karşılık flanşları, fırın boya ve montaj gibi işlemlerden geçerek gerçekleşmektedir. Bu işlemler sürecinde yapılan hatalar ve bu hataların sonucunda meydana gelen zaman israfı Tablo 3.24’de belirtilmiştir.

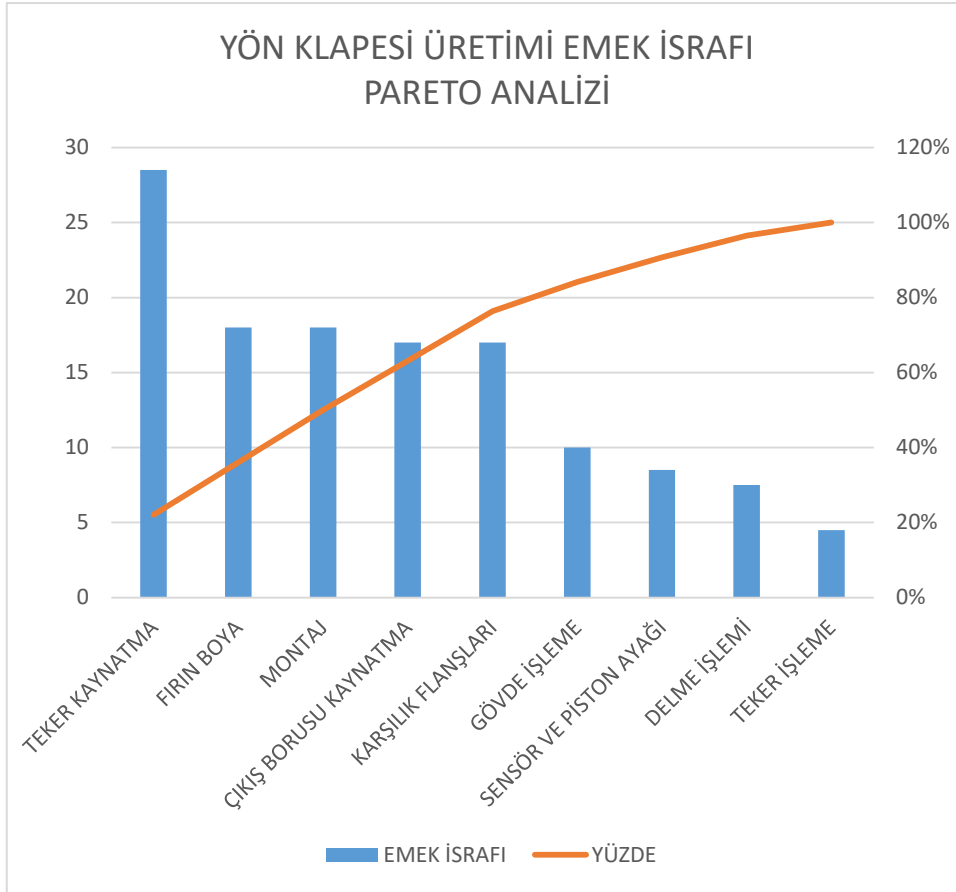
Yön klapesi üretiminde en çok hatalı işlemin teker kaynatma sürecinde olduğu görülmektedir. En az hatalı işlem teker işleme sürelerinde olmuş. Teker kaynatma işlemi 1,5 saat çalışma gerektirmektedir. Ayrıca fırın boya, montaj, çıkış borusu kaynatma, karşılık flanşları, gövde işleme 1 saat sürmektedir. Teker kaynatma, fırın boya ve montaj sürecinde gerçekleşen hatalar yaklaşık %50 civarında zaman israfına karşılık gelmektedir.

Tablo 3.24: Yön Klapesi Hata Kaynakları

Yön klapesi hata kaynakları	Toplam	Brim zaman	Emek israfı	Yüzde
Teker Kaynatma	19	1,5	28,5	22%
Fırın Boya	18	1	18	36%
Montaj	18	1	18	50%
Çıkış Borusu Kaynatma	17	1	17	63%
Karşılık Flanşları	17	1	17	76%
Gövde İşleme	10	1	10	84%
Sensör ve Piston Ayağı	17	0,5	8,5	91%
Delme işlemi	15	0,5	7,5	97%
Teker işleme	9	0,5	4,5	100%

Şekil 3.16’de görüldüğü gibi pareto ilkesine göre gerçekleşen zaman israfının yaklaşık %80’i teker kaynatma, fırın boya, montaj, çıkış borusu ve karşılık flanşları işlemlerinde olmuştur. Dolayısıyla bu üretim işlemleri

gerçekleştirilirken yapılan hata sayılarında azalmaya yönelik süreç iyileştirmeleri diğer işlemlerde gerçekleşen hatalı işlemlere yönelik yapılacak süreç iyileştirme faaliyetlerinden daha etkili zaman tasarrufu sağlayacaktır.

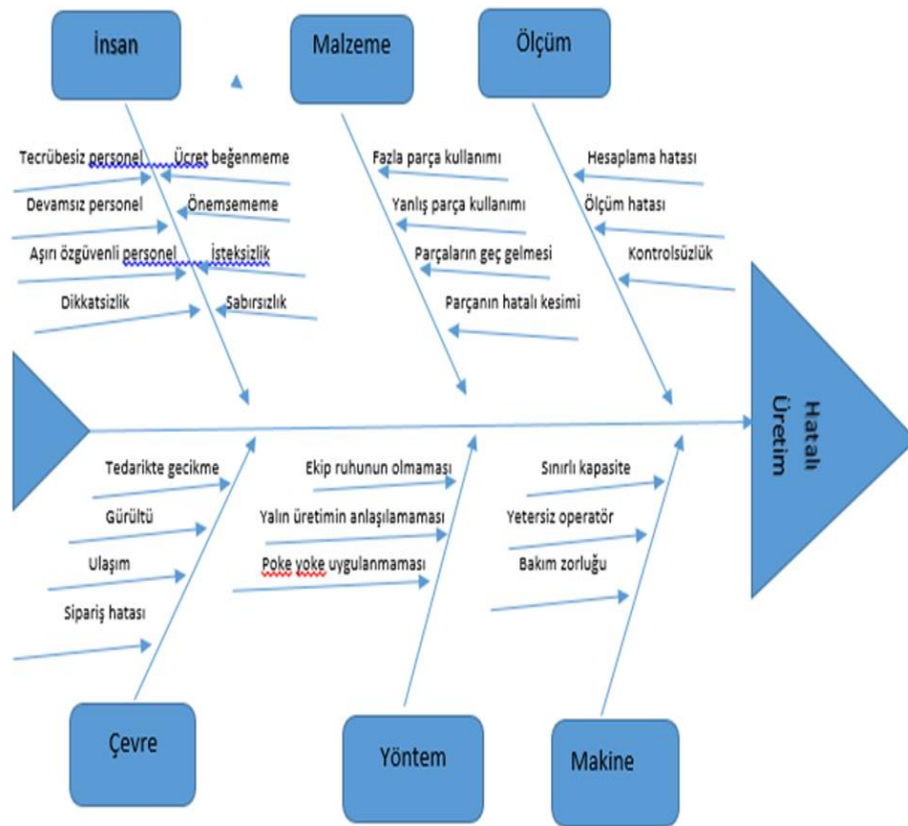


Şekil 3.16: Yön Klapesi Üretimi Emek İsrafı Pareto Analizi

3.3.3.5.Neden Sonuç Diyagramı

Neden sonuç diyagramı Şekil 3.17’da görüldüğü gibi 6 temel hususa ele alınmıştır. Bunlar; insan, malzeme, ölçüm, çevre, yöntem ve makinedir. Bakıldığı zaman hataların önemli bir çoğu insan kaynaklı hatalardır. Bu hataların nedenlerini tecrübesiz personel, devamsız personel, kendine aşırı güvenen personel, dikkatsizlik, ücret beğenmeme, işi yeterince önemsememe, isteksizlik ve sabırsızlık şeklinde sıralayabiliriz. Malzeme kaynaklı hatalarda, fazla parça kullanımı, yanlış parça kullanımı, parçaların geç gelmesi, parçanın hatalı kesimi

olarak sıralayabiliriz. Ölçüm hataları; hesaplama hatası, yanlış ölçme ve kontrolsüzlüktür. Çevre kaynaklı hatalar , tedarikte gecikme, gürültü, ulaşım ve sipariş hatasıdır. Yöntem hataları yalın üretimin çalışanlar tarafından yeterince benimsenmemesi, ekip ruhunun olmaması ve poka yoke uygulamalarının işletmece kullanılmamasıdır. Makine kaynaklı hataların nedeni, sınırlı kapasite, yetersiz operatör ve makineler bakım yapmanın zorluğudur.



Şekil 3.17 : Neden Sonuç Diyagramı

3.3.4. İyileştirme Fazı

İyileştirme aşamasında simülasyon uygulanmıştır. Simülasyon uygulanırken öncelikle mevcut durum simülasyonu hazırlanmıştır. Mevcut durum simülasyonu ile gerçek üretim verileriyle karşılaştırılarak doğruluğu test

edilmiştir. Ayrıca gerçekleşen veriler ve simülasyon verilerinin korelasyon analizi yapılarak modelin doğruluğu ölçülmüştür. Elde edilen mevcut durum simülasyon modeli üzerinde yapılan müdahalelerle olası iyileştirme senaryoları geliştirilmiştir.

3.3.4.1.Simülasyon Modelinin Kurulması

Simülasyon modeli Rockwell Automation tarafından geliştirilmiş bir simülasyon ve otomasyon yazılımı olan Rockwell Arena Programında hazırlanmıştır. Arena, bir şirketin üretim sürecini simüle etmek ve performansını ölçmek için kullanılabilen simülasyon programıdır. Bu program sayesinde işletmenin, tüm üretim süreçleri simüle edilebilerek gerçek hayatta ne yapılacağını önceden test edilebilme imkanına sahip olunabilmektedir. Böylece zamandan ve kaynaklardan tasarruf sağlanacaktır.

3.3.4.1.1. Mevcut Durum Simulasyonu

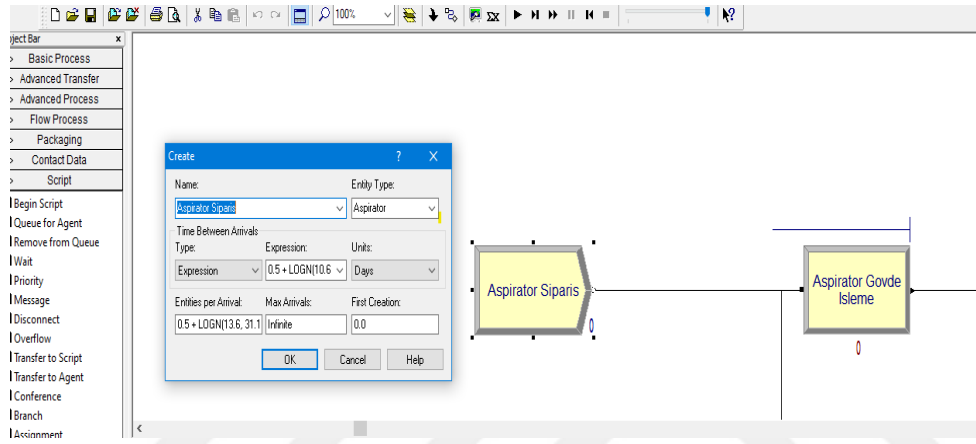
Mevcut durum simülasyonları 2019 ve 2020 yıllarında gerçekleşen üretim ve hata sayıları dikkate alınarak hazırlanmıştır. Arena programında hazırlanan simülasyonlarda pnömatik taşımanın ürünleri olan aspiratör, blower, eklüs ve yön klapesi makinaları detaylı olarak ele alınmıştır. Fabrikada üretilen diğer makinalar ise simülasyonun gerçekçiliğini sağlamak için ele alınmış fakat üretimin ana omurgasını oluşturan pnömatik taşıma süreçlerinde elde edilmesi istenen başarıyı yükseltmek amacıyla detayına girilmemiştir.

Mevcut durum simülasyonu için, 2 yıllık bir süre boyunca siparişlerin geliş süreleri ve miktarları, Arena Input Analyzer aracılığıyla dağılım testi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar analiz kısmında detaylı olarak değerlendirilmiştir.

➤ Mevcut Durum Simülasyonu Aspiratör Üretimi

Aspiratör geliş süreleri lognormal dağılıma uymaktadır. Lognormal dağılım, gerçekleşme sürelerini daha iyi modellemek için kullanılan bir istatistiksel dağılım türüdür. Aspiratör geliş süreleri için kullanılan lognormal dağılımın parametreleri Şekil 3.18'de verilmiştir. Hata kareleri toplamı, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkların kareleri toplamını ifade

eder. Aspiratör geliş süreleri için hesaplanan hata kareleri toplamı 0,012666 olarak belirlenmiştir. Düşük bir hata kareleri toplamı, lognormal dağılıma dayanan modelin Aspiratör geliş sürelerini başarılı bir şekilde tahmin ettiğini ve gerçek değerlerle uyumlu sonuçlar verdiğini gösterir. P değeri ise istatistiksel anlamlılığı değerlendirmek için kullanılan bir ölçüdür. Aspiratör geliş süreleri için hesaplanan P değeri 0,0298 olarak belirlenmiştir. P değeri, lognormal dağılımın Aspiratör geliş süreleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir.



Şekil 3.18: Mevcut Durum Simülasyonu Aspiratör

Aspiratör siparişlerinin hem geliş süreleri hem de miktarları lognormal dağılımlarını takip etmektedir. Bu durumda, lognormal dağılıma dayanan modellerin verilere iyi uyum sağladığı ve gerçek değerlere yakın tahminler sunduğu gözlemlenmektedir. Hem geliş süreleri hem de geliş miktarları açısından lognormal dağılımdan etkilenme istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu nedenle, Arena Programı'nda oluşturulan simülasyon modelinde, geliş süreleri ve geliş miktarları lognormal dağılıma göre create modülüne Şekil 3.18'de ki gibi eklenmiştir.

Simülasyon modelinde talaşlı imalat, hücreli imalat, boya ve montaj hatlarında yapılan üretim süreçleri işletmede gerçekleşen durumu aynen yansıtmak şekilde tasarlanmıştır. Bir yıllık zaman zarfında yapılan üretim ve hata sayılarını görmek amacıyla simülasyon 500 defa çalıştırılmış ve elde edilen sonuçların aspiratör imalatı için olan kısmının ortalaması Tablo 3.25'te gösterilmiştir.

Tablo 3.25: Aspiratör Mevcut Durum Simülasyonu Karşılaştırma

Aspiratör Hata Kaynakları		Ortalama	Simülasyon	Farkedilmeyen
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	2	2	1
	Motor Ayağı Kesim	3	3	1
	Karşılık Flanşları	4	4	2
	Büküm	3	3	1
Hücresele İmalat	Fan Kaynatma	3	3	2
	Fan Balans	5	5	2
	Motor Ayağı İmalatı	4	4	2
	Salyangoz İmalatı	4	4	1
	Temizlik	4	4	4
Boya	Boya	6	6	2
Montaj	Montaj	4	4	
Toplam Hatalı Makina Sayısı		24	24	18
Toplam Hata Sayısı		42	42	
Toplam Üretim Sayısı		407	419	

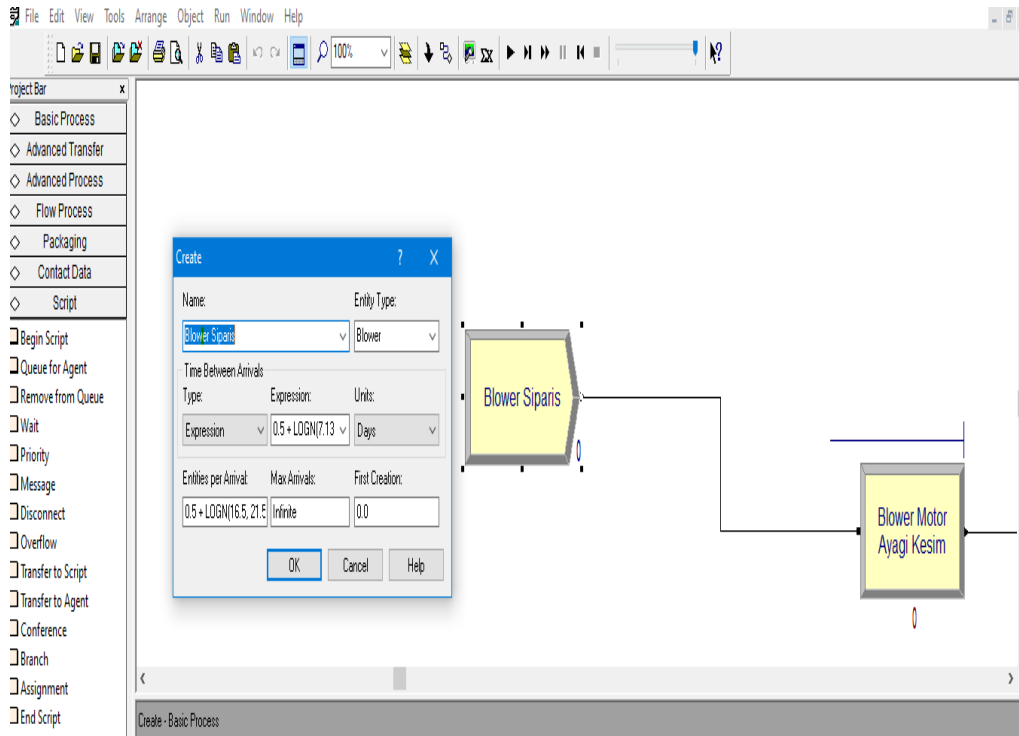
Buna göre 2019 ve 2020 yıllarının ortalaması olarak gerçekleşmiş olan 407 aspiratör üretiminin mevcut durum simülasyonunda yaklaşık %99'u oranında benzeşerek 419 aspiratör üretimi olarak gerçekleştiği görülmektedir. Toplam hata adeti %100 oranında benzeşerek 42 adet olarak gerçekleşmiştir. Toplam hatalı makine sayısı ilk yapılan hatalı işlemten itibaren fark edilmeyerek aynı makinede birden fazla hata yapılmasına neden olunan makineler düşülerek simülasyonda gözlemlenmiştir.

Aspiratör üretim sürecinin mevcut durum simülasyon verileriyle iki yıl ortalaması olarak gerçekleşen değerler arasında korelasyon analizi yapıldığında 0,999990598 oranı elde edilmiştir. Bu yüksek korelasyon değeri, mevcut durum simülasyonunun işletmenin gerçek hayatta ürettiği aspiratör sayılarını ve yapılan hata sayılarını büyük oranda temsil ettiğini göstermektedir.

➤ *Mevcut Durum Simülasyonu Blower Üretimi*

Blower siparişlerinin geliş süreleri ve miktarları için lognormal dağılıma uyduğu analiz safhasında belirtmişti. Geliş süreleri için dağılımın hata kareleri

toplamı 0,006441 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, geliş sürelerinin lognormal dağılıma dayanan modelin verilere iyi bir uyum sağladığını ve geliş sürelerini başarılı bir şekilde tahmin ettiğini gösterir. Benzer şekilde, Blower siparişlerinin geliş miktarları için de lognormal dağılım kullanılmıştır ve dağılımın parametreleri Şekil 3.19’da belirtilmiştir. Hem sipariş miktarı hem de geliş sürelerine göre elde edilen dağılımların ki kare testine göre P değerleri $< 0,005$ olarak verilmiştir, bu da lognormal dağılımın istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu gösterir.



Şekil 3.19: Mevcut Durum Simülasyonu Blower

Simülasyon modeli bir yıl için 500 defa çalıştırıldığında blower üretimi için elde edilen sonuçların ortalaması Tablo 3.26’da göstermiştir. Buna göre 2019 ve 2020 yıllarının ortalaması olarak gerçekleşmiş olan 815 blower üretiminin mevcut durum simülasyonunda yaklaşık %92,51 oranında benzeşerek 754 blower üretimi olarak gerçekleştiği görülmektedir. Toplam hata adeti %93,5 oranında benzeşerek 72 adet olarak gerçekleşmiştir.

Karşılık flanşları, giriş-çıkış borusu kaynağı, giriş-çıkış borusu yalıtımı ve çıkış konik imalatı işlemlerinde ise hata sayılarının daha yüksek olduğu

görülmektedir. Bu işlemlerde farkedilmeyen hataların sayısı da artmaktadır. Bu durum, bu işlemlerde daha fazla dikkat ve iyileştirme çalışmalarının gerekliliğini göstermektedir.

Boya ve montaj aşamalarında da hataların sayısı da oldukça yüksektir. Bu, boya ve montaj süreçlerinde ciddi iyileştirmelerin yapılması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 3.26: Blower Mevcut Durum Simülasyonu Karşılaştırma

Blower Hata Kaynakları		Ortalama	Simülasyon	Farkedilmeyen
Lazer Kesim	Motor Ayağı Kesim-Büküm	2	2	1
	Motor Korkuluğu Kesim-Büküm	5	4	2
	Şase Kesim Büküm	4	4	2
	Karşılık Flanşları	10	10	4
Hücresel imalat	Giriş Çıkış Borusu-Kaynak	5	4	2
	Giriş Çıkış Borusu-Yalıtım	5	5	2
	Çıkış Konik İmalatı	5	5	2
Boya	Boya	22	20	8
Montaj	Montaj	19	18	
Toplam Hatalı Makina Sayısı		45	49	23
Toplam Hata Sayısı		77	72	
Toplam Üretim Sayısı		815	754	

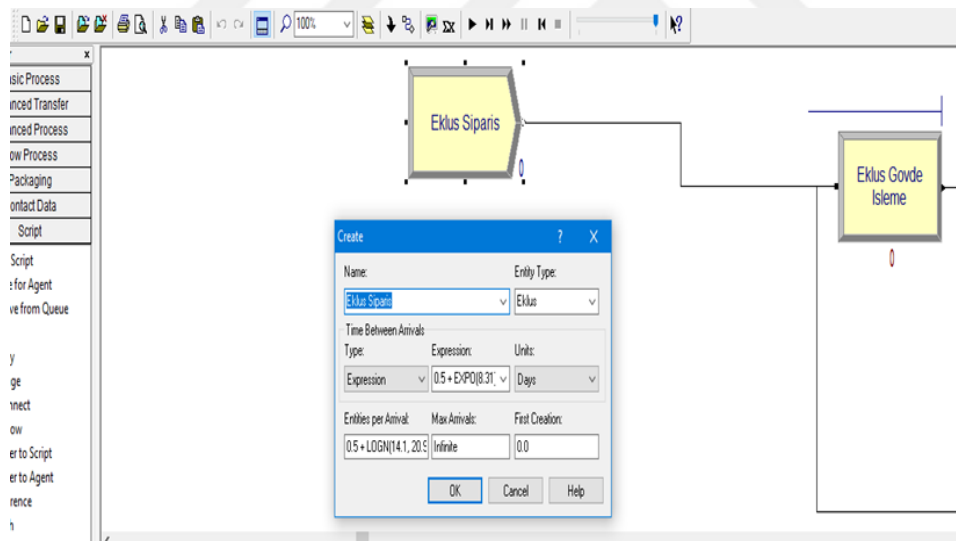
Toplam hatalı makine sayısı ilk yapılan hatalı işlemten itibaren fark edilmeyerek aynı makinede birden fazla hata yapılmasına neden olunan makineler düşülerek simülasyonda gözlemlenmiştir.

Blower üretim sürecinin mevcut durum simülasyon verileriyle iki yıl ortalaması olarak gerçekleşen değerler arasında korelasyon analizi yapıldığında 0,9999937 oranı elde edilmiştir. Bu durum mevcut durum simülasyonunun

işletmenin gerçek hayatta ürettiği blower sayısını ve yapılmış olan hata sayılarını büyük oranda temsil ettiğini göstermektedir.

➤ *Mevcut Durum Simülasyonu Eklüs Üretimi*

Eklüs ürününün geliş süreleri, dağılım olarak 0,5 eklenmiş ve ortalama değeri 8,31 olan bir Exponential (Üstel) dağılıma uygun olarak modellenmiştir. Hata kareleri toplamı ise 0,008340 olarak hesaplanmıştır. P değeri ise 0,0252'dir. Bu değer, Eklüs geliş sürelerinin Exponential dağılımdan etkilendiğini ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir. Yani, bu dağılımın Eklüs ürününün geliş süreleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve gerçek verilerle uyumlu olduğunu göstermektedir. Geliş miktarlarının ortalama değeri 14,1, standart sapması 20,9 olan Lognormal dağılıma uygun olarak modellenmiştir. Hata kareleri toplamı ise 0,088908 olarak hesaplanmıştır. P değeri ise $< 0,005$ 'tir. Eklüs ürününün geliş miktarlarına ve sürelerine göre dağılımı Şekil 3.20'de belirtilmiştir.



Şekil 3.20: Eklüs Mevcut Durum Simülasyonu

Simülasyon modeli bir yıl için 500 defa çalıştırıldığında eklüs üretimi için ve elde edilen sonuçların ortalaması Tablo 3.27'de göstermiştir. Buna göre 2019 ve 2020 yıllarının ortalaması olarak gerçekleşmiş olan 537 Eklüs üretiminin mevcut durum simülasyonunda yaklaşık %97,39'u oranında benzeşerek 523 Eklüs üretimi olarak gerçekleştiği görülmektedir. Toplam hata adeti %98,07 oranında benzeşerek 51 adet olarak gerçekleşmiştir. Toplam hatalı makine sayısı ilk yapılan

hatalı işlem den itibaren fark edilmeyerek aynı makinede birden fazla hata yapılmasına neden olunan makineler düşölerek simölasyonda gözlemlenmiştir. Buna göre 19 hatalı eklüs gerçek hayatta olduğu tespit edilirken, simölasyon modelinde farkedilmeyen hatalar düşölüdüğünde %96,87 oranıyla 32 hatalı eklüs gerçekleşmiştir.

Tablo 3.27: Eklüs Mevcut Durum Simölasyonu Karşılaştırma

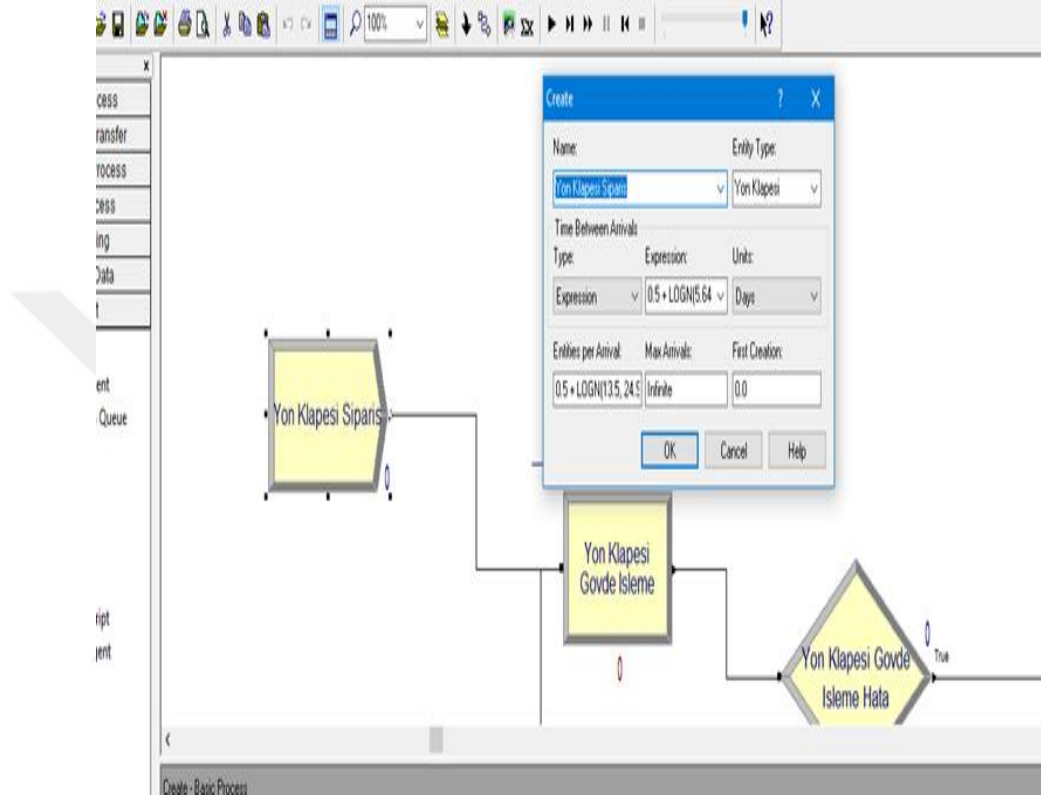
Eklüs Hata Kaynakları		Ortalama	Simölasyon	Farkedilmeyen
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	4	4	2
	Kapak İşleme	6	6	3
Hücreseİ İmalat	Kanat Kaynatma	5	5	2
	Giriş Ünitesi	6	6	2
	Banker ve Kapak Üretimi	4	4	2
	Korkuluk	8	7	3
	Kaynak	6	6	2
	Boya	7	7	3
Montaj	Montaj	6	6	
Toplam Hatalı Makina Sayısı		31	32	19
Toplam Hata Sayısı		52	51	
Toplam Üretim Sayısı		537	523	

Eklüs üretim sürecinin mevcut durum simölasyon verileriyle iki yıl ortalaması olarak gerçekleşen değler arasında korelasyon analizi yapıldığında 0,9999988 oranı elde edilmiştir. Bu durum mevcut durum simölasyonunun işletmenin gerçek hayatta ürettiğı blower sayısını ve yapılmış olan hata sayılarını büyük oranda temsil ettiğini göstermektedir.

➤ *Mevcut Durum Simölasyonu Yön Klapesi Üretimi*

Yön Klapesi ürününün geliş miktarları ve geliş süresi Lognormal dağılıma uygun olarak modellenmiştir. Şekil 3.21’de bu dağılımlar belirtilmiştir. Siparişlerin geliş sürelerinin hata kareleri toplamı ise 0,013152, geliş miktarlarının hata kareleri toplamı ise 0,058626 olarak hesaplanmıştır. Her iki dağılım içinde ki kare testine göre P değeri ise < 0,005’tir. Bu sonuçlara göre, Yön Klapesi ürününün

geliş miktarları simülasyon sonuçları ile modelin tahminleri arasında bir uyum göstermektedir. Hata kareleri toplamı, lognormal dağılım modelinin gerçek verilere yakın tahminlerde bulunduğunu ve simülasyon sonuçlarıyla uyumlu olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.21: Yön Klapesi Mevcut Durum Simülasyonu

Simülasyon modeli bir yıl için 500 defa çalıştırılmış ve elde edilen sonuçların yön klapesi için gerçekleşen ortalama değerleri Tablo 3.28’de göstermiştir. Buna göre 2019 ve 2020 yıllarının ortalaması olarak gerçekleşmiş olan 754 yön klapesi üretiminin mevcut durum simülasyonunda yaklaşık %93,92 oranında benzeşerek 711 yön klapesi üretimi olarak gerçekleştiği görülmektedir.

Toplam hata adeti %94,22 oranında benzeşerek 68 adet olarak gerçekleşmiştir. Toplam hatalı makine sayısı ilk yapılan hatalı işlemten itibaren fark edilmeyerek aynı makinede birden fazla hata yapılmasına neden olunan

makineler düşölerek simölasyonda gözlemlenmiştir. Buna göre 24 hatalı yön klapesi gerçek hayatta olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.28: Yön Klapesi Mevcut Durum Simölasyonu Karşılaştırma

Yön klapesi hata kaynakları		Ortalama	Simölasyon	Farkedilmeyen
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	6	6	3
	Teker İşleme	6	6	2
	Delme İşlemi	9	9	3
Hücreyel İmalat	Teker Kaynatma	11	10	4
	Çıkış Borusu Kaynatma	10	9	4
	Sensör ve Piston Ayağı	10	9	4
Boya	Boya	10	9	4
Montaj	Montaj	10	10	
Toplam Hatalı Makina Sayısı		49	44	24
Toplam Hata Sayısı		72	68	
Toplam Üretim Sayısı		754	711	

Yön klapesi üretim sürecinin mevcut durum simölasyon verileriyle iki yıl ortalaması olarak gerçekleşen değerler arasında korelasyon analizi yapıldığında 0,9999989 oranı elde edilmiştir. Bu durum mevcut durum simölasyonunun işletmenin gerçek hayatta ürettiğı blower sayısını ve yapılmış olan hata sayılarını büyük oranda temsil ettiğini göstermektedir.

3.3.4.1.2. Süreç İyileştirme Simölasyonu

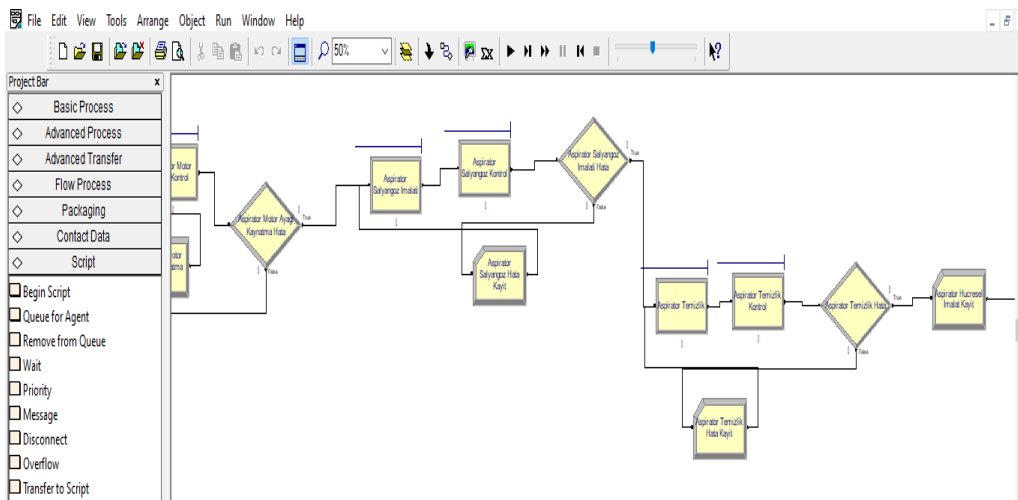
İşletmenin hata sayı ve oranlarını indirme amaçlı yapılan süreç iyileştirme simölasyonu birbirini tamamlayarak gelişen 4 aşamalı bir senaryo etrafında şekillenmiştir. Bu iyileştirme simölasyonları birbirinin devamı niteliğinde olan 4

aşamalı olan ve istendiği takdirde tek başına da uygulanabilen modeller olarak tasarlanmıştır. 1. Aşamada etkin bir kontrol mekanizmasının tesis edilmesi, 2. Aşamada talaşlı imalat ünitesinde gerçekleşen hataları önlemeye yönelik kalıp bağlama ve aşınma telafisi, 3. Aşamada ise montaj hattına yönelik önleyici bazı düzenlemeleri ele alan uygulamalar, 4. Aşamada ise boya öncesi temizlik ve zımpara işlemleridir.

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Aspiratör Üretimi*

İşletmenin tüm üretim süreçlerini dikkate alarak tasarlanan mevcut durum simülasyonunda işletmenin gerçekleştirdiği üretim ve hata istatistiklerinde görülen aynı makinada birden fazla hata yapılmış olma durumu da dikkate alınmıştır. Öyleki üretim hatlarında meydana gelen ve o an için tespit edilemeyen bir hata bir sonraki üretim sürecinin hata sebebi olabilmektedir.

İşletmenin gerçekleştirdiği 2019 yılı 367 aspiratör üretiminin 22 makinesinde 38 farklı hatalı işlem gerçekleşmiştir. Aynı şekilde 2020 yılında gerçekleşen 446 aspiratör üretiminin 25 makinesinde 41 farklı hatalı işlem gerçekleşmiştir. Buna göre 2019 yılında yapılan hatalar %57,89'u, 2020 yılında %60,98'i ve ortalama olarak ise %59,49'unda aynı makinada birden fazla hatalı işlem gerçekleştiği görülmektedir. Bu makinaların üretim sürecinde gerçekleşen ikinci ve üçüncü hataların önemli bir bölümü ilk yapılan hatalı işlemin sonucu olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3.22: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Aspiratör

Şekil 3.22’de görüldüğü gibi iyileştirme simülasyon modelinde etkin bir şekilde her bir üretim sürecinden sonra etkin bir kontrol mekanizması tesis edildiği takdirde bir sonraki üretim kademesinde hata sayısının ve oranının azaltacağını öngören bir model üzerinde durulmuştur. Böylece üretim sürecinde farkedilmediği için bir sonraki üretim kademesine geçen ve orada da bir başka hatanın sebebi olan durumların azaltılması mümkün olacaktır.

Farkedilmeyerek üretim sürecinde başka bir hatalı işlemin sebebi olan aynı aspiratörde gerçekleşen hatalar genel olarak montaj aşamasında tespit edildiği görülmektedir. Montaj personeli hatalı parçaların tespit edilmesinde mahir bir noktaya gelmiştir. Bu nedenle kontrol işleminde montaj elemanlarının görevlendirilmesinin uygun olacağı öngörülmektedir. Ortalama bir parçanın 30 ila 90 saniye arasında kontrol edilebileceği düşünülmektedir.

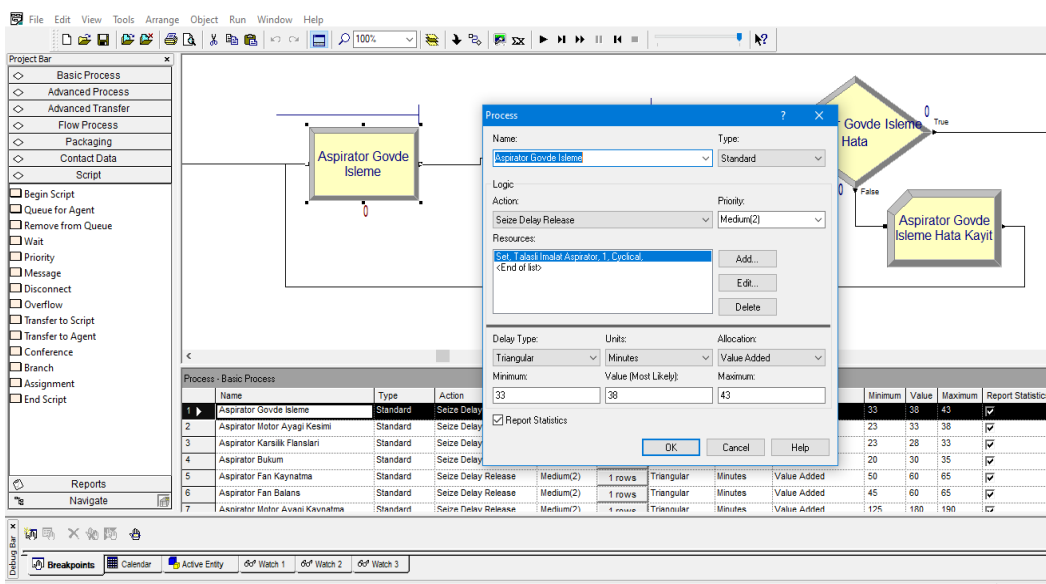
Tablo 3.29: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör

Aspiratör Hata Kaynakları		Mevcut Durum Simülasyonu	Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	2	2
	Motor Ayağı Kesim	3	3
	Karşılık Flanşları	4	4
	Büküm	3	3
Hücreyel İmalat	Fan Kaynatma	3	2
	Fan Balans	5	2
	Motor Ayağı İmalatı	4	2
	Salyangoz İmalatı	4	2
	Temizlik	4	0
Boya	Boya	6	2
Montaj	Montaj	4	2
Toplam Hatalı Makina Sayısı		24	24
Toplam Hata Sayısı		42	24
Toplam Üretim Sayısı		419	408

Mevcut durum simülasyonuna göre gerçekleşen 42 hatalı aspiratör üretiminin 24 apiratörde gerçekleştiği ve bu durumun 18 hatalı işlemin üretim sürecinde farkedilmeyerek bir sonraki üretim kademesinin hata sebebi olabildiği öngörülmektedir. Bu durum dikkate alınarak mevcut durum simülasyonunda farkedilememiş olarak belirtilen hatalar, kontrol sonrasında tespit edileceği hata oranında önemli bir azalmanın sağlanacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda hazırlanan iyileştirme simülasyonu bir yıllık üretim süresi dikkate alınarak 500 defa çalıştırılmış hata sayısını Tablo 3.29’de görüldüğü üzere 42’den 24’e indirilmesinin mümkün olabildiği değerlendirilmiştir.

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Aspiratör*

Aspiratör üretiminin 2. İyileştirme simülasyonunda her üretim departmanında yapılan işlem sonrası sonrası yapılacak kontrol sürecine ilaveten talaşlı imalat biriminde kalıp bağlama ve aşınma telafisi uygulamaları tavsiye edilmiştir. Talaşlı imalat biriminde kullanılan kesici takımlar çok kısa zamanda deforme olabilmektedir. Dolayısıyla bu takımlarda yapılan işlemler milimetrik yıpranmalar nedeniyle hedeflenen ölçülerin dışında gerçekleşecek sapmalar olabilmektedir. Bunun için ya cnc tezgahında görev alan personelin o olası sapmaları hesaplayarak işlem yapması veya gün aşırı takımların gözden geçirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.23: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Aspiratör

Talaşlı imalat sürecinde önem arz eden bir diğer husus da operatörün cnc tezgahlarında işlem yaptığı esnada titreşimler sonucunda meydana gelebilecek sapmaları önlemek adına kalıp bağlamadır. Kalıp bağlama işlemi işletmenin gerçekleştirdiği talaşlı imalat esnasında iş parçasını belirlenen pozisyonda tutulmasını sağlamaktadır. Bağlama ile parçanın üzerinde destekleme ve sıkma kuvveti uygulanır. Bu işlem Şekil 3.23’de görüldüğü gibi aspiratör üretimi için talaşlı imalat kısmında yapılan işlemlerin süresinde 3 dakikalık bir artışa neden olacaktır.

Tablo 3.30: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör

Aspiratör Hata Kaynakları		Mevcut Durum Simülasyonu	Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	2	1
	Motor Ayağı Kesim	3	1
	Karşılık Flanşları	4	2
	Büküm	3	3
Hücreyel İmalat	Fan Kaynatma	3	2
	Fan Balans	5	2
	Motor Ayağı İmalatı	4	2
	Salyangoz İmalatı	4	2
	Temizlik	4	0
Boya	Boya	6	2
Montaj	Montaj	4	2
Toplam Hatalı Makina Sayısı		24	19
Toplam Hata Sayısı		42	19
Toplam Üretim Sayısı		419	408

Süreç iyileştirme simülasyonu bir yıllık üretim zamanı dikkate alınarak 500 defa çalıştırıldığında elde edilen aspiratör üretimi simülasyon sonuçlarını ortalamasına göre Tablo 3.30’de görüldüğü gibi 408 adet yıllık aspiratör üretimi gerçekleşmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde toplam 7 adet hata, hücreyel imalat

grafikler veya videolar yoluyla gösterilmesini içerecektir. Bu şekilde, montaj personeli işlerini daha doğru ve eksiksiz bir şekilde yapabilecek, talimatlara uygun hareket edecek ve hatalar önlenmiş olacaktır.

Bunun yanı sıra, parça doğrulamasına yönelik hata önleyici tedbirler önerilmektedir. Bu tedbirler, montaj sürecinde kullanılan parçaların doğru ve uygun şekilde kullanılmasını sağlamayı amaçlar. Örneğin, otomatik doğrulama özelliği olan RFID veya barkod sistemleriyle parçaların doğruluğu ve uygunluğu kontrol edilebilmek mümkün olabilecektir. Bu sistemler sayesinde her parçanın üzerinde bir tanımlama etiketi bulunacak ve montaj sırasında parçaların doğru şekilde eşleştirilmesi sağlanacaktır. Böylece olası hataların ve karışıklıkların önüne geçilmiş olacaktır.

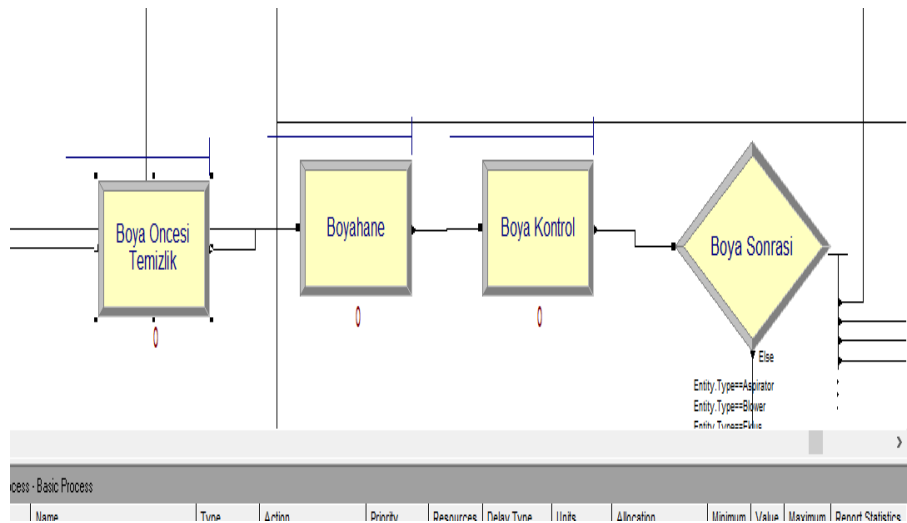
Tablo 3.31: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör

Aspiratör Hata Kaynakları		Mevcut Durum Simülasyonu	Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	2	1
	Motor Ayağı Kesim	3	1
	Karşılık Flanşları	4	2
	Büküm	3	3
Hücreyel İmalat	Fan Kaynatma	3	2
	Fan Balans	5	2
	Motor Ayağı İmalatı	4	2
	Salyangoz İmalatı	4	2
	Temizlik	4	0
Boya	Boya	6	2
Montaj	Montaj	4	0
Toplam Hatalı Makina Sayısı		24	17
Toplam Hata Sayısı		42	17
Toplam Üretim Sayısı		419	409

Süreç iyileştirme simülasyonunun 3. Aşaması bir yıllık süre için 500 defa çalıştırıldığında elde edilen simülasyon sonuçlarına Tablo 3.31’de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre 409 adet yıllık aspiratör üretimi gerçekleşmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde toplam 7 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 8 hata, boya hattında 2 hata ve montaj hattında 0 hata olmaktadır. Toplamda 17 adet hatalı işlem gerçekleşmektedir. Mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %60 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Aspiratör*

Boya öncesi gerçekleştirilen ön temizlik ve zımpara gibi işlemler, boyama sürecinde ortaya çıkabilecek hataları engellemekte ve üretilen makinelerin daha yüksek kalitede ve dayanıklı bir boya sonucuna ulaşmasına yardımcı olmaktadır. Aspiratör üretiminde boya öncesinde hali hazırda genel bir temizlik yapılmaktadır. Fakat bu süreç esnasında aspiratör parçalarının yüzeyinde oluşmuş olabilecek kir, yağ, pas ve diğer kalıntılardan arındırmaya yönelik bir zımparalama işlemi yapılmamaktadır. Şekil 3.25’de görüldüğü gibi boya öncesi temizlik eklenerek üretilen aspiratörlerin daha yüksek kalitede, dayanıklı ve uzun ömürlü olması sağlanırken boya hatalarında azalma mümkün olacaktır.



Şekil 3.25: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Aspiratör

Bu durum, aspiratör üretiminde boyama sürecinde ortaya çıkabilecek sorunları azaltarak, kabarmalar, soyulmalar veya çatlaklar gibi hataları engeller. Ön temizlik ve zımpara işlemleri, yüzeydeki düzensizlikleri ve kusurları gidererek boya sonrası görünümün daha estetik ve kaliteli olmasını sağlayacaktır.

Tablo 3.32: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu Aspiratör

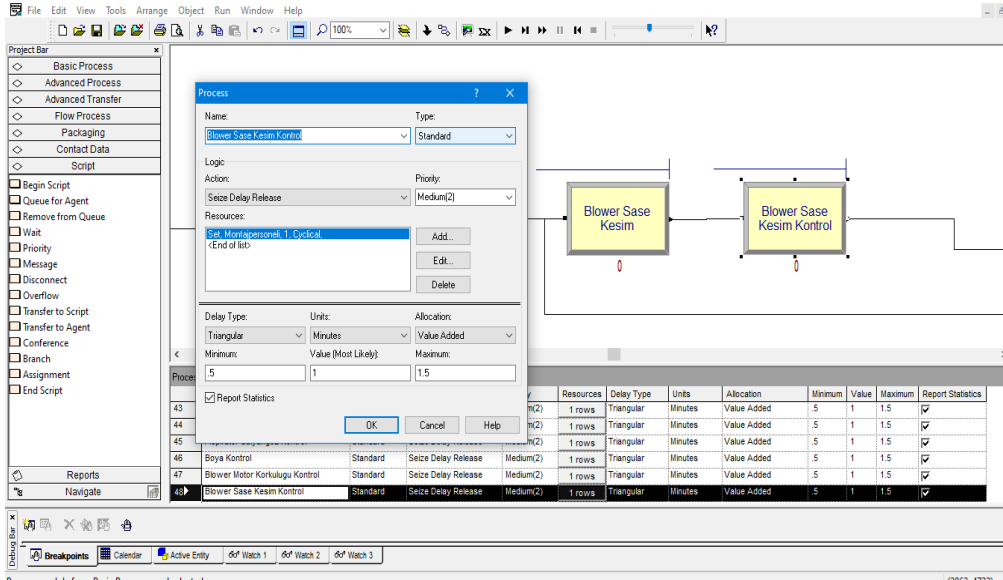
	Aspiratör hata kaynakları	Simülasyon	4. Aşama iyileştirme
Talaşlı	Gövde İşleme	2	1
	Motor Ayağı Kesim	3	1
	Karşılık Flanşları	4	2
	Büküm	3	3
Hücrel	Fan Kaynatma	3	2
	Fan Balans	5	2
	Motor Ayağı İmalatı	4	2
	Salyangoz İmalatı	4	2
	Temizlik	4	0
Boya	Boya	6	0
Montaj	Montaj	4	0
	Toplam hatalı makina sayısı	24	15
	Toplam hata adedi	42	15
	Toplam üretim adedi	419	412

Süreç iyileştirme simülasyonunun 4. Aşaması bir yıllık süre için 500 defa çalıştırıldığında elde edilen simülasyon sonuçlarına Tablo 3.32’de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre 412 adet yıllık aspiratör üretimi gerçekleşmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde toplam 7 adet hata, hücrel imalat ünitesinde 8 hata, boya hattında ve montaj hattında 0 hata olmaktadır. Toplamda 15 adet hatalı işlem gerçekleşmektedir. Mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %64 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Blower*

İşletmenin gerçekleştirdiği 2019 yılı 739 blower üretiminin 40 makinesinde 77 farklı hatalı işlem gerçekleşmiştir. Aynı şekilde 2020 yılında gerçekleşen 891 blower üretiminin 50 makinesinde 77 farklı hatalı işlem

gerçekleşmiştir. Buna göre 2019 yılında yapılan hatalar %51,95'i, 2020 yılında %64,94'ü ve ortalama olarak ise %58,44'ünde aynı makinada birden fazla hatalı işlem gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3.26: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Blower

Blower üretimindeki hatalar genellikle montaj aşamasında tespit edilmektedir. Montaj personeli, hatalı parçaları tespit etme konusunda yetenekli hale gelmiştir. Bu nedenle, kontrol sürecinde montaj elemanlarının görevlendirilmesi uygun olabilir. Şekil 3.26'da görüldüğü gibi her üretim sürecinin ardından etkin bir kontrol mekanizması kullanılması önerilmiştir. Böylece, bir aşamada fark edilmeyen ve sonraki aşamada başka bir hatalı işlemin sebebi olan durumlar azaltılabilecektir. Ortalama bir parçanın kontrol edilmesi için 30 ila 90 saniye arasında zaman tahmin edilmektedir.

Blower üretim sürecinde bir sonraki üretim kademesinin hata nedeni de olan farkedilmeyen hatalar mevcut durum simülasyonunda gösterilmiştir. Buna göre gerçekleşen 72 hatalı işlemin 23'ü ilk önce farkedilmeyerek bir sonraki üretim kademesinin hata sebebi olabilmektedir. Özellikle blower üretimi için boya ve montaj hattındaki hataların temel kaynağının daha önceki üretim aşamalarında gerçekleşmiş hataların farkedilmemesi sonucu olan hatalar olarak işletme çalışanları tarafından ifade edilmiştir. Bu durum blower üretimi için boya ve montaj süreçlerinde gerçekleşen hataların kontrol limitlerinin üzerinde olmasını

doğurmuştur. Çalıştırılan süreç iyileştirme simülasyonunun 1. Aşamasında elde edilen sonuçlar Tablo 3.33’de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre 772 adet yıllık blower üretimi gerçekleştirilmektedir. Lazer kesim ünitesinde 21 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 9 hata, boya hattında 8 hata ve montaj hattında 7 hata olmaktadır. Toplamda 45 adet hatalı işlem gerçekleştirilmektedir. Mevcut durumla karşılaştırıldığında yaklaşık %38 oranında hatalarda azalma sağlanması mümkün görülmektedir. Ayrıca kontrol limitlerinin üzerinde seyreden boya ve montaj işlemlerinde gerçekleşen hatalar daha makul düzeye çekilmiş olacaktır.

Tablo 3.33: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu
Blower

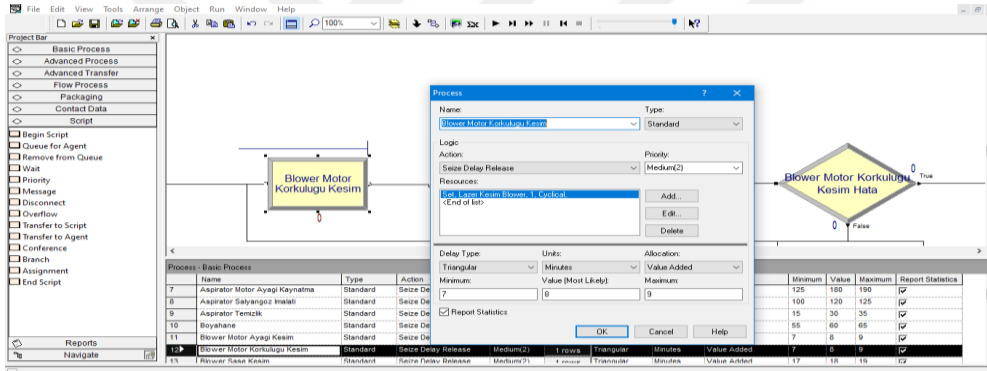
Blower Hata Kaynakları		Mevcut Durum Simülasyonu	Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama
Lazer Kesim	Motor Ayağı Kesim-Büküm	2	3
	Motor Korkuluğu Kesim-Büküm	4	4
	Şase Kesim Büküm	4	4
	Karşılık Flanşları	10	10
Hücresel imalat	Giriş Çıkış Borusu-Kaynak	4	2
	Giriş Çıkış Borusu-Yalıtım	5	2
	Çıkış Konik İmalatı	5	5
Boya	Boya	20	8
Montaj	Montaj	18	7
Toplam Hatalı Makina Sayısı		49	45
Toplam Hata Sayısı		72	45
Toplam Üretim Sayısı		754	772

Ayrıca çalışan personele belirli periyotlarla hatalar hakkında farkındalık oluşturacak eğitimler verilmesi ve çalışanların yetkinliklerinin geliştirilmesi son derece önemlidir. Bu eğitimler, çalışanların işlerini doğru ve hatasız bir şekilde yapmalarına yardımcı olacaktır. Doğru eğitim, çalışanların iş süreçlerini daha iyi anlamalarını ve etkin bir şekilde kontrol süreçlerine dahil olmalarını sağlayacaktır. Bu şekilde, hataların azaltılması için gerekli olan bilgi ve becerileri kazanmış olacaklardır. Aynı zamanda, iş gücünün yetkinliklerinin artırılmasıyla birlikte,

hata riski de azaltılmış olacaktır. Eğitimler, hataların nedenlerini anlama, kalite standartlarını takip etme, doğru işlem adımlarını uygulama ve hata önleme tekniklerini kullanma gibi konuları kapsamalıdır. Ayrıca, sürekli olarak yenilenen ve gelişen iş süreçleri ve teknolojiler hakkında bilgilendirme yapılmalıdır.

➤ Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Blower

Kalıp bağlama işlemi, lazer kesim sürecinin doğru ve stabil bir şekilde gerçekleştirilmesi için önemlidir. Eğer kalıp bağlama süreci düzgün bir şekilde yapılırsa, malzeme ve kesim kalitesinde iyileşme sağlanabilir, böylece hataların oranını azaltacaktır. Ayrıca lazer kesim ekipmanı düzenli olarak kalibre edilmeli ve kesim parametreleri doğru şekilde ayarlanmalıdır. Bu, kesim kalitesinin sürekli olarak yüksek seviyede olmasını sağlayacaktır.



Şekil 3.27: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Blower

Kalıp bağlama lazer kesim sürecinde gerçekleşen hataları büyük oranda azaltacaktır. Fakat kalıp bağlama ve kalıbı sökme işlemleri ilgili personele ekstra bir iş yükü getirmiş olacağını da belirtmek gerekir. Bu nedenle Şekil 3.27’de görüldüğü gibi lazer kesim birimlerinde yapılan tüm işlemlerde gerçekleşen üretim sürelerine ortalama 3 dakikalık artış olacaktır.

Lazer kesim ekipmanının doğru şekilde kalibre edilmesi, kesim işlemi sırasında hassas kesimlerin yapılmasını sağlar. Kesim parametrelerinin doğru ayarlanmasıyla, kesim sırasında istenmeyen sapmalar minimize edilir ve kesim hatları daha keskin ve net olur. Kesim parametrelerinin doğru ayarlanması, kesim hızını ve verimliliği etkiler. Yanlış ayarlar veya kalibrasyon eksiklikleri, kesim hızını azaltabilir veya malzemenin gereğinden fazla ısınmasına yol açabilir. Doğru ayarlamalar yapıldığında ise, daha yüksek kesim hızları ve verimli bir üretim elde

edilebilir. Yanlış ayarlanmış kesim parametreleri, malzeme üzerinde gereksiz ısınma veya termal stres oluşturabilir. Bu da malzeme kalitesinin düşmesine ve deformasyona neden olabilir. Doğru ayarlamalar yapıldığında ise, malzemenin korunması ve kesim sırasında oluşabilecek zararların minimize edilmesi sağlanır. Tüm bu hususlarda ilgili personelin eğitilmesi gerekmektedir.

Tablo 3.34: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Blower

Blower Hata Kaynakları				Mevcut Durum Simülasyonu	Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama
Lazer Kesim	Motor Ayağı	Kesim-Büküm		2	1
	Motor Korkuluğu	Kesim-Büküm		4	2
	Şase Kesim	Büküm		4	2
	Karşılık	Flaşları		10	4
Hücre sel imalat	Giriş Kaynak	Çıkış	Borusu-	4	2
	Giriş Yalıtım	Çıkış	Borusu-	5	2
	Çıkış	Konik İmalatı		5	3
Boya	Boya			20	9
Montaj	Montaj			18	7
Toplam Hatalı Makina Sayısı				49	32
Toplam Hata Sayısı				72	32
Toplam Üretim Sayısı				754	778

Blower üretim sürecinin lazer kesim bölümünde yapılacak kalıp bağlama uygulamaları ile alınacak tedbirler sonucunda yapılabilecek üretimi gösteren simülasyon sonuçları Tablo 3.34’de belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre 778 adet yıllık blower üretimi gerçekleştirilmektedir. Lazer kesim ünitesinde 9 adet hata, hücre sel imalat ünitesinde 7 hata, boya hattında 9 hata ve montaj hattında 7 hata olmaktadır. Toplamda 32 adet hatalı işlem gerçekleştirilmektedir. Mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %56 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Blower*

Montaj hattında gerçekleştirilen iş ve işlemler için görsel talimatlar hazırlanması önerilmektedir. Bu talimatlar, montaj personeline adım adım ne yapmaları gerektiğini gösteren ve işlemleri daha anlaşılır hale getiren dokümanlardır. Görsel talimatlar, yazılı talimatların yanı sıra resimler, grafikler ve semboller kullanarak bilgi aktarımını kolaylaştıracaktır. Böylece montaj personelinin doğru adımları takip etmesi ve hatalı montaj işlemlerinin önlenmesi sağlanacaktır. Montaj hattında yapılan işlemlerde hata oranlarını azaltmak için parça doğrulaması adı verilen bir hata önleme tedbiri önerilmektedir. Parça doğrulaması, montaj personelinin hatalı parçaları veya yanlış montajı erkenden tespit etmesini sağlayacaktır. Bu tedbir, örneğin parçaların şekli, boyutu veya özellikleri gibi ölçülebilir parametrelerin kontrol edilmesi yoluyla gerçekleştirilebilir. Hatalı veya uygunsuz parçaların tespit edilmesiyle hatalı montajların önüne geçilecektir. Montaj personelinin yapacağı tüm iş ve işlemlerin algoritmik olarak görsel bir talimatnameyle gösterilmesi gerekmektedir. Bu talimatname, montaj sürecinin adımlarını, sıralamasını ve gereksinimlerini içeren bir rehber olacaktır. Algoritmik olarak görsel talimatname, montaj personeline hangi adımları takip etmeleri gerektiğini belirler ve işlemleri standartlaştırır. Bu sayede insan kaynaklı hataların azaltılması ve montaj sürecinin daha tutarlı ve hatasız bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanacaktır. Montaj işlemlerinin doğruluğunu sağlamak için otomatik doğrulama sistemlerinin kullanılması önerilmektedir. Örneğin, RFID veya barkod sistemleriyle parçaların tanımlanması ve takibinin yapılması mümkündür. Bu sistemler, her bir parçanın benzersiz bir kimlik bilgisine sahip olmasını sağlar ve montaj sırasında doğru parçaların kullanılmasını kontrol edebilme imkanı sağlar. Otomatik doğrulama sistemleri, insan hatasını azaltır ve yanlış montajların önüne geçme imkanı sunar.

Montaj hattında gerçekleşen insan kaynaklı hataların önüne geçilmesi için montaj personeline yönelik hazırlanacak olan iş ve işlemlerin algoritmik olarak görsel bir talimatnameyle gösterilmesi ve otomatik doğrulama özelliği olan RFID veya barkod sistemleriyle kontrol edilmesini ön gören 3. İyileştirme simülasyon sonuçlarına göre 777 adet yıllık blower üretimi gerçekleştirilmektedir. Lazer kesim ünitesinde 9 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 7 hata, boya hattında 8 hata ve

montaj hattında 2 hata olmaktadır. Tablo 3.35’de görüldüğü gibi toplamda 26 adet hatalı işlem gerçekleşmektedir. Mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %64 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 3.35: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Blower

Blower Hata Kaynakları		Mevcut Durum Simülasyonu	Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama
Lazer Kesim	Motor Ayağı Kesim-Büküm	2	1
	Motor Korkuluğu Kesim-Büküm	4	2
	Şase Kesim Büküm	4	2
	Karşılık Flanşları	10	4
Hücre sel imalat	Giriş Çıkış Borusu-Kaynak	4	2
	Giriş Çıkış Borusu-Yalıtım	5	2
	Çıkış Konik İmalatı	5	3
Boya	Boya	20	8
Montaj	Montaj	18	2
Toplam Hatalı Makina Sayısı		49	26
Toplam Hata Sayısı		72	26
Toplam Üretim Sayısı		754	777

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Blower*

Blower üretiminde, boya öncesi gerçekleştirilen ön temizlik ve zımpara gibi işlemler, boya sürecindeki hataları ciddi oranda azaltarak daha üstün kaliteli ve dayanıklı bir boya sonucu elde etmeye yardımcı olacaktır. Bu ön işlemler, yüzeyin düzgün ve temiz olmasını sağlayarak boya malzemesinin yüzeye tutunmasını artıracaktır. Böylece, boya homojen bir şekilde yüzeye dağılırken görsel olarak blowerin kalitesi de iyileştirilir. Ayrıca, bu işlemler boyanın uzun süreli dayanıklılığını artırır, çünkü yüzeydeki kirleticilerin temizlenmesi boyanın zamanla oluşabilecek hasarlara karşı daha dirençli olmasını sağlayacaktır.

Boyahanede gerçekleşen hataların önüne geçilmesi için boya işlemi öncesinde üretilen tüm makinalar zımparalanacak ve gerekli temizliklerinin yapılacağı 4. İyileştirme önerisine göre 758 adet yıllık blower üretimi gerçekleştirilmektedir. Lazer kesim ünitesinde 9 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 7 hata, boya hattında 1 hata ve montaj hattında 1 hata olmaktadır. Tablo 3.36’da görüldüğü gibi toplamda 18 adet hatalı işlem gerçekleştirilmektedir. Mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %75 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 3.36: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu
Blower

	Blower hata kaynakları	Simülasyon	4. Aşama iyileştirme
Lazer kesim	Motor ayağı kesim-büküm	2	1
	Motor korkuluğu kesim-büküm	4	2
	Şase kesim büküm	4	2
	Karşılık flanşları	10	4
		4	2
Hücresel imalat	Giriş çıkış borusu-kaynak	5	2
	Giriş çıkış borusu-yalıtım	5	3
	Çıkış konik imalatı	20	1
Boya	Boya	18	1
Montaj	Montaj	49	18
Montaj	Toplam hatalı makina sayısı	72	18
	Toplam hata adedi	754	758
	Toplam üretim adedi		

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Eklüs*

Eklüs üretiminde farkedilmeyen hataları azaltmayı ele alan 1. Alternatif iyileştirme simülasyonu bir yıl için 500 defa çalıştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre 530 adet yıllık eklüs üretimi gerçekleştirilmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde 10 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 13 hata, boya hattında 3 hata ve montaj hattında 2 hata olmaktadır. Tablo 3.37’de görüldüğü gibi toplamda 29 adet hatalı işlem gerçekleştirilmektedir. Yaklaşık hata oranı % 43 azaltılması mümkündür.

Tablo 3.37: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs

Eklüs Hata kaynakları		Simülasyon	Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	4	4
	Kapak İşleme	6	6
Hücrel İmalat	Kanat Kaynatma	5	2
	Giriş Ünitesi	6	3
	Banker ve Kapak Üretimi	4	4
	Korkuluk	7	3
	Kaynak	6	2
Boya	Boya	7	3
Montaj	Montaj	6	2
Toplam hatalı makina sayısı		32	29
Toplam hata adedi		51	29
Toplam üretim adedi		523	530

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Eklüs*

Eklüs üretimi için yapılan ikinci iyileştirme simülasyonunda, her üniteye gerçekleştirilen kontrol işlemlerine ek olarak talaşlı imalat işlemleri için aşınma telafisi ve kalıp bağlama uygulamaları yapılmıştır. Bu ikinci simülasyon sonuçlarına göre, yıllık olarak 528 adet Eklüs üretimi gerçekleşmektedir. İkinci iyileştirme simülasyonunda, talaşlı imalat ünitesinde 3, hücrel imalat ünitesinde 13, boya hattında 3 ve montaj hattında 2 hata tespit edilmiştir. Toplamda ise 21 adet hatalı işlem gerçekleşmiştir. Tablo 3.38’de belirtildiği gibi ikinci iyileştirme simülasyonu ile mevcut durum simülasyonu karşılaştırıldığında hatalı işlemlerin sayısının 21’e düştüğü görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak %58’lik bir azalmaya işaret etmektedir. İkinci iyileştirme simülasyonu, hatalı işlemlerin azaltılmasında daha fazla başarı elde edilmesini sağlamıştır.

Tablo 3.38: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs

Eklüs Hata kaynakları		Simülasyon	Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	4	1
	Kapak İşleme	6	2
Hücreysel İmalat	Kanat Kaynatma	5	2
	Giriş Ünitesi	6	2
	Banker ve Kapak Üretimi	4	4
	Korkuluk	7	3
	Kaynak	6	2
Boya	Boya	7	3
Montaj	Montaj	6	2
Toplam hatalı makina sayısı		32	21
Toplam hata adedi		51	21
Toplam üretim adedi		523	528

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Eklüs*

Eklüs üretimi sürecindeki hataları önlemek için yapılan iyileştirme simülasyonunun 3. aşamasında, iş ve işlemlerin algoritmik bir talimatnameyle görsel olarak sunulması ve otomatik doğrulama özelliğine sahip RFID veya barkod sistemlerinin kullanılması önerilmiştir. Bu iyileştirme yöntemlerinin uygulandığı üçüncü aşama simülasyon sonuçlarına göre, yıllık olarak 534 adet Eklüs üretimi gerçekleşmektedir. Tablo 3.39'de detaylı olarak belirtilen üçüncü aşama iyileştirme simülasyonunda, talaşlı imalat ünitesinde 2, hücresel imalat ünitesinde 13, boya hattında 3 ve montaj hattında 0 hata tespit edilmiştir. Toplamda ise 18 adet hatalı işlem gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre, mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırıldığında hatalı işlemlerin sayısında yaklaşık %65'lik bir azalma olduğu görülmektedir. Bu da üretim sürecinde önemli bir iyileşme olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.39: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs

Eklüs Hata kaynakları		Simülasyon	Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	4	1
	Kapak İşleme	6	1
Hücreysel İmalat	Kanat Kaynatma	5	2
	Giriş Ünitesi	6	2
	Banker ve Kapak Üretimi	4	4
	Korkuluk	7	3
	Kaynak	6	2
Boya	Boya	7	3
Montaj	Montaj	6	0
Toplam hatalı makina sayısı		32	18
Toplam hata adedi		51	18
Toplam üretim adedi		523	534

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Eklüs*

Eklüs üretiminde ön temizlik ve zımpara gibi işlemler, boyama sürecindeki hataları azaltarak daha kaliteli ve dayanıklı bir boya sonucu elde etmeyi sağlayacaktır. Yüzeyin düzgün ve temiz olması, boya malzemesinin yüzeye tutunmasını artıracak, görsel kaliteyi iyileştirecek ve boyanın uzun süreli dayanıklılığını sağlayacaktır.

Eklüs üretiminde 4. İyileştirme simülasyonuna göre 540 adet yıllık üretimi gerçekleştirilmektedir. Tablo 3.40’de detaylı olarak belirtilen eklüs üretimi iyileştirme simülasyonu 4. Aşama sonuçlarına göre talaşlı imalat ünitesinde 2 adet hata, hücreysel imalat ünitesinde 14 hata, boya hattında 1 hata ve montaj hattında 0 hata olmaktadır. Toplamda 17 adet hatalı işlem gerçekleştirilmektedir. Mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %66 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 3.40: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu Eklüs

	Eklüs Hata Kaynakları	Simülasyon	4. Aşama iyileştirme
Talaşlı	Gövde işleme	4	1
	Kapak işleme	6	1
Hücresele	Kanat kaynatma	5	2
	Giriş ünitesi	6	2
	Banker ve kapak üretimi	4	4
	Korkuluk	7	3
	Kaynak	6	3
	Boya	7	1
Montaj	Montaj	6	0
	Toplam hatalı makina sayısı	32	17
	Toplam hata adedi	51	17
	Toplam üretim adedi	523	540

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Yön Klapesi*

Yön klapesi üretim sürecinde zaman israfının yaklaşık %80'i teker kaynatma, fırın boya, montaj, çıkış borusu ve karşılık flanşları işlemlerinde olmuştur. Dolayısıyla bu üretim işlemleri gerçekleştirilirken yapılan hata sayılarında azalmaya yönelik süreç iyileştirmeleri diğer işlemlerde gerçekleşen hatalı işlemlere yönelik yapılacak süreç iyileştirme faaliyetlerinden daha etkili zaman tasarrufu sağlayacaktır.

Tablo 3.41: Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi

Yön klapesi hata kaynakları	Simülasyon	Süreç İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	6
	Teker İşleme	6
	Delme İşlemi	9
Hücresele İmalat	Teker Kaynatma	10
	Çıkış Borusu Kaynatma	9
	Sensör ve Piston Ayağı	9
Boya	Boya	9
Montaj	Montaj	10
	Toplam hatalı makina sayısı	44
	Toplam hata adedi	68
	Toplam üretim adedi	711

Yön klapesi üretiminde farkedilmeyen hataları azaltmayı ele alan 1. Alternatif iyileştirme simülasyonu bir yıl için 500 defa çalıştırılmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar Tablo 3.41’de gösterilmektedir. Simülasyon sonuçlarına göre 717 adet yıllık yön klapesi üretimi gerçekleştirilmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde 21 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 12 hata, boya hattında 4 hata ve montaj hattında 4 hata olmaktadır. Toplamda 41 adet hatalı işlem gerçekleştirilmektedir. Yaklaşık hata oranı %40 azaltılması mümkündür.

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Yön Klapesi*

Süreç iyileştirme simülasyonunun 2. Aşamasında gerçekleşen üretim ve hatalı üretim sonuçları Tablo 3.42’de ele alınmıştır. Bu simülasyon sonuçlarına göre 706 adet yıllık yön klapesi üretimi gerçekleştirilmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde 9 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 12 hata, boya hattında 4 hata ve montaj hattında 4 hata olmaktadır. Toplamda 29 adet hatalı işlem gerçekleştirilmektedir. Mevcut durum simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %58 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 3.42: Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi

Yön klapesi hata kaynakları		Simülasyon	Süreç İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	6	3
	Teker İşleme	6	2
	Delme İşlemi	9	4
Hücresel İmalat	Teker Kaynatma	10	4
	Çıkış Borusu Kaynatma	9	4
	Sensör ve Piston Ayağı	9	4
Boya	Boya	9	4
Montaj	Montaj	10	4
Toplam hatalı makina sayısı		44	29
Toplam hata adedi		68	29
Toplam üretim adedi		711	706

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Yön Klapesi*

Simülasyonun 699 adet yıllık blower üretimi gerçekleşmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde 7 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 12 hata, boya hattında 4 hata ve montaj hattında 1 hata olmaktadır. Toplamda 24 adet hatalı işlem gerçekleşmektedir. Tablo 3.43’de de görüldüğü üzere mevcut durum simülasyonu ile süreç iyileştirme simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %65 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 3.43: Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi

Yön klapesi hata kaynakları		Simülasyon	Süreç İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama
Talaşlı İmalat	Gövde İşleme	6	2
	Teker İşleme	6	2
	Delme İşlemi	9	3
Hücresel İmalat	Teker Kaynatma	10	4
	Çıkış Borusu Kaynatma	9	4
	Sensör ve Piston Ayağı	9	4
Boya	Boya	9	4
Montaj	Montaj	10	1
Toplam hatalı makina sayısı		44	24
Toplam hata adedi		68	24
Toplam üretim adedi		711	699

➤ *Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Yön Klapesi*

Yön klapesi 4. İyileştirme Simülasyonunda 696 adet yıllık blower üretimi gerçekleşmektedir. Talaşlı imalat ünitesinde 8 adet hata, hücresel imalat ünitesinde 12 hata, boya hattında 1 hata ve montaj hattında 1 hata olmaktadır. Toplamda 22 adet hatalı işlem gerçekleşmektedir. Tablo 3.44’de de görüldüğü üzere mevcut durum simülasyonu ile süreç iyileştirme simülasyonu ile karşılaştırdığımızda yaklaşık %68 civarında hata sayısında azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 3.44: Süreç İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Karşılaştırma Tablosu Yön Klapesi

	Yön klapesi hata kaynakları	Simülasyon	4. Aşama İyileştirme
Talaşlı imalat	Gövde işleme	6	3
	Teker işleme	6	2
	Delme işlemi	9	3
Hücreli imalat	Teker kaynatma	10	4
	Çıkış borusu kaynatma	9	4
	Sensör ve piston ayağı	9	4
Boya	Boya	9	1
Montaj	Montaj	10	1
	Toplam hatalı makina sayısı	44	22
	Toplam hata adedi	68	22
	Toplam üretim adedi	711	696

3.3.5. Kontrol

Kontrol fazında mevcut durumuna ve simülasyon sonuçlarına göre sigma düzeyleri ele alınmıştır.

DPMO Bir milyon fırsatın içindeki üretim sayısı

$$DPMO = (Hata Sayısı / (Üretim sayısı \times Üretim aşaması)) \times 1.000.000$$

3.3.5.1. Gerçekleşen Üretim Sigma Düzeyleri

Aspiratör Sigma Düzeyi

İki yılda toplam 813 aspiratör üretimi gerçekleşmiş 11 farklı üretim aşaması olmakta ve 79 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (79 / (813 \times 11)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 8833$$

Aspiratör üretiminde işletme 3 sigma düzeyindedir.

Blower Sigma Düzeyi

İki yılda toplam 1630 Blower üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 154 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (154/(1630 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 10.497$$

Blower üretiminde işletme 3 sigma düzeyindedir.

Eklüs Sigma Düzeyi

İki yılda toplam 1074 Eklüs üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 101 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (101/(1074 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 10.448$$

Eklüs üretiminde işletme 3 sigma düzeyindedir.

Yön Klapesi Sigma Düzeyi

İki yılda toplam 1508 yön klapesi üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 140 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (140/(1508 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 10.315$$

Yön klapesi üretiminde işletme 3 sigma düzeyindedir.

3.3.5.2.İyileştirme Simülasyonu 1. Alternatif Sigma Düzeyleri

Aspiratör iyileştirme simülasyonu 1. alternatife göre 417 aspiratör üretimi gerçekleşmiş 11 farklı üretim aşaması olmakta ve 24 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (24/(408 \times 11)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 5348$$

Aspiratör üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Blower iyileştirme simülasyonu 1. alternatifte göre 797 Blower üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 48 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (45 / (772 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 6477$$

Blower üretiminde işletme 3 sigma düzeyindedir.

Eklüs iyileştirme simülasyonu 1. alternatifte göre 537 Eklüs üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 26 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (29 / (530 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 6080$$

Eklüs üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Yön Klapesi iyileştirme simülasyonu 1. alternatifte göre 840 yön klapesi üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 46 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (41 / (717 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 6354$$

Yön klapesi üretiminde işletme 3 sigma düzeyindedir

3.3.5.3.İyileştirme Simülasyonu 2. Alternatif Sigma Düzeyleri

Aspiratör iyileştirme simülasyonu 2. alternatifte göre 408 aspiratör üretimi gerçekleşmiş 11 farklı üretim aşaması olmakta ve 19 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (19 / (408 \times 11)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 4233$$

Aspiratör üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Blower iyileştirme simülasyonu 2. alternatifte göre 807 Blower üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 33 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (32 / (778 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 4570$$

Blower üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Eklüs iyileştirme simülasyonu 2. alternatifte göre 533 Eklüs üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 21 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (21 / (528 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 4419$$

Eklüs üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Yön klapesi iyileştirme simülasyonu 2. alternatifte göre 818 yön klapesi üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 31 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (29 / (706 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 4564$$

Yön klapesi üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

3.3.5.4. İyileştirme Simülasyonu 3. Alternatif Sigma Düzeyleri

Aspiratör üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Aspiratör iyileştirme simülasyonu 3. alternatifte göre 411 aspiratör üretimi gerçekleşmiş 11 farklı üretim aşaması olmakta ve 16 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (17 / (409 \times 11)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3779$$

Aspiratör üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Blower iyileştirme simülasyonu 3. alternatifte göre 801 Blower üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 26 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (26 / (777 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3718$$

Blower üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Eklüs iyileştirme simülasyonu 3. alternatifte göre 531 Eklüs üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 20 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (20 / (534 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3745$$

Eklüs üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Yön klapesi iyileştirme simülasyonu 3. alternatifte göre 812 yön klapesi üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 28 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (28 / (699 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3815$$

Yön klapesi üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir

3.3.5.5. İyileştirme Simülasyonu 4. Alternatif Sigma Düzeyleri

Aspiratör iyileştirme simülasyonu 4. alternatifte göre 414 aspiratör üretimi gerçekleşmiş 11 farklı üretim aşaması olmakta ve 15 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (15 / (412 \times 11)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3310$$

Aspiratör üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Blower iyileştirme simülasyonu 4. alternatifte göre 793 Blower üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 19 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (18 / (758 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 2639$$

Blower üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Eklüs iyileştirme simülasyonu 4. alternatifte göre 517 Eklüs üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 17 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (17 / (540 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3498$$

Eklüs üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir.

Yön klapesi iyileştirme simülasyonu 4. alternatifte göre 825 yön klapesi üretimi gerçekleşmiş 9 farklı üretim aşaması olmakta ve 25 hata gerçekleşmiştir. Buna göre ;

$$DPMO = (22 / (696 \times 9)) \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3512$$

Yön klapesi üretiminde işletme 4 sigma düzeyindedir

Tablo 3.45: Mevcut Durum ve Simülasyon Sigma Düzeyleri

	Mevcut Durum		1. İyileştirme		2. İyileştirme		3. İyileştirme		4. İyileştirme	
	DPMO	Sigma Düzeyi	DPMO	Sigma Düzeyi	DPMO	Sigma Düzeyi	DPMO	Sigma Düzeyi	DPMO	Sigma Düzeyi
Aspiratör	8.833	3 Sigma	5.348	4 Sigma	4.233	4 Sigma	3.779	4 Sigma	3.310	4 Sigma
Blower	10.497	3 Sigma	6.477	3 Sigma	4.570	4 Sigma	3.718	4 Sigma	2.639	4 Sigma
Eklüs	10.448	3 Sigma	6.080	4 Sigma	4.419	4 Sigma	3.745	4 Sigma	3.498	4 Sigma
Yön Klapesi	10.315	3 Sigma	6.354	4 Sigma	4.564	4 Sigma	3.815	4 Sigma	3.512	4 Sigma

Aspiratör, blower, eklüs ve yön klapesi için DPMO ve sigma düzeyleri Tablo 3.45’de belirtilmiştir. Buna göre hali hazırda sigma 3 düzeyinde olan hata düzeylerinin önerilen uygulamalarla sigma 4 düzeyine çıkartmak mümkün olacaktır. Böylece yaklaşık olarak % 68 oranında hataları azaltmak mümkün olacaktır.



4. BÖLÜM: SONUÇ VE ÖNERİLER

Müşterilerinin düşük fiyat, hız ve kalite gibi beklentilerini karşılama isteği yalın altı sigma gibi yeni üretim modellerini doğurmuştur. Yalın altı sigma müşteriler tarafından istenen ürünleri, istenilen zamanda, daha az kaynak kullanılarak üretebilmek ve müşteri için bir değer oluşturan faaliyetlere odaklanabilmeyi sağlamaktadır. Ayrıca yalın altı sigma, ürün tasarımıyla sevkiyata kadar üretimin tüm aşamalarındaki her türlü israfın yok edilmesini amaçlar. Yalın altı sigma için üretim maliyetini artıran; stoklar, gereksiz hareketler, beklemler, hatalı üretim, aşırı üretim, lüzumsuz yapılan işler, gereksiz taşımalar israf olarak kabul edilir. Bu israfların ortadan kaldırılmasıyla maliyetlerin düşürülmesi, piyasa koşullarına uyum esnekliğinin kazanılması, müşteri memnuniyetinin artırılması, nakit akışının hızlandırılması dolayısı ile işletme kârlılığının artırılması yalın altı sigma üretim modelinin amacıdır.

Çoğu işletme, rekabette avantajlı bir konum elde etmek amacıyla çeşitli yalın altı sigma dönüşüm uygulamalarını hayata geçirebilecekleri projeler geliştirmektedir. Fakat bu projelerin ciddi bir bölümü başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bu başarısızlıkların altında yatan nedenler incelendiğinde; üst yönetimin yeterince destek vermemesi, değişime gösterilen direnç, kısa zamanda sonuç alma beklentisi, gibi pek çok sebep sayılabilir.

Bir başka başarısızlık nedeni de yalın altı sigma üretim modelinin başlıca amacının unutulmasıdır. İşletmeler bazen temel amacını unutup, yalın araçların uygulamasını bir başarı kriteri olarak görebilmektedir. Bu işletmeler, ihtiyaçlarına göre bir öncelik sıralaması belirlemeden gelişigüzel belirlenmiş yalın araçları devreye almakta ve yürütmek için gereksiz olarak imkanlarını harcamaktadırlar. Bu durum yalın altı sigma düşüncesiyle çelişen bir konuma düşülebilmesine neden olmaktadır.

Değirmen makinaları imalat sektöründe sürekli artan müşteri beklentileri ve sürekli değişen talepleri gidermek, müşteri isteklerine cevap verebilmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak, günümüz rekabetçi ortamında oldukça zor hale

gelmiştir. Günümüz küresel ve rekabetçi çağında üretim sektörünün yalın altı sigma ile üretim süreçlerinin sürekli iyileştirmesi, memnun olmuş müşteri sayısını artırmak ve işletme karlılığını üst düzeye çıkarabilmek için önemli bir çözüm olarak kabul edilmektedir.

Yalın altı sigma, kaliteyi, hızı, müşteri memnuniyetini ve maliyetleri iyileştirerek hissedar değerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir iş geliştirme metodolojisidir. Bu çalışmada Çorum İlinde faaliyet gösteren bir değirmen makinaları imalatı yapan işletmenin yalın altı sigma hedeflerine projeksiyon tutulmuştur. Söz konusu işletme yalın üretime geçiş yaparak yaklaşık olarak %22'lik bir kullanım alanı kazancı elde etmiştir. Ayrıca çalışanların yürüme mesafeleri 395 metreden 330 metreye indirilerek yaklaşık %16'lık bir yürüme mesafesi kazancı elde edilmiştir. Çalışan kişi başı üretilen makine sayısı 0,25'den 0,4'a çıkartılarak %60'lık ciddi bir emek kazancı elde edilmiştir.

İşletmenin pnömatik taşıma sistemlerinde kullanılan aspiratör, blower, eklüs ve yön klapesi üretimi 2019 yılına göre 2020 yılında %20 civarında bir artışın olduğu görülmektedir. İşletme bu talep artışını zamanında karşılayabilmek için yeni personel alımı yapmış veya geçici personel kullanarak süreci yönetmeye çalışmıştır. Tecrübesiz yeni çalışanların yoğunluğunun olduğu dönemlerde hata oranları artabilmektedir. Yeni istihdam edilen ve yeterli tecrübeye sahip olmayan personelin iyi bir oryantasyon ve hazırlık eğitiminden geçirilmesi sayesinde hataları azaltmak mümkün olabilmektedir.

Hataların oluşmasını önleyen bir başka durum ise kontrol mekanizmasının aktif olarak tesis edilmesidir. Çoğu zaman bir imalat biriminde yapılmış hatalı işlem farkedilmemesi halinde daha sonraki imalat süreçlerinde gerçekleşecek hatanın kaynağı olabilmektedir. Kontrol mekanizması dinamik olarak tesis edilmesi halinde önceki imalat hücrelerinde yapılan hatanın daha sonra gerçekleşecek hatalara sebep olmasının önüne geçilmiş olacaktır.

Sorunları önlemek için pratik ve kesin çözümler bulan veya yöntemler üreten bir metodoloji olan poke yoke işletmenin hatalarını önlemek adına başvurması gereken bir yöntemdir. Uygulama alanı çok geniş olan ve özellikle hata

oranını düşürmek isteyen işletmelerin istifade ettiği oldukça kullanışlıdır. Özellikle tezgahlarda parça üretiminde etkilidir.

İşletme talaşlı imalat süreçlerinde yaşadığı sorunlarını çözmek amacıyla mutlaka bağlama kalıbı ve aşınma telafisi uygulamalıdır. Kalıp bağlama süreci belki üretim zamanının 2-3 dakika artmasına neden olabilmektedir. Fakat hata oranlarını ciddi manada azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca talaşlı imalatda kullanılan kesici takımlar gün aşırı deforme olmaktadır. Bu deformasyonun sonucu olarak olabilecek sapmalar bazen çok ciddi sonuçlar doğurabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için gün aşırı kesici takımların değiştirilmesi veya ilgili personelin bu durumla alakalı hesaplamaları yaparak gerekli tedbirleri alması gerekmektedir. Tabi bu konuda yetişmiş personeli bulmak çok kolay değildir. Burada özellikle talaşlı imalat biriminde çalışan personelin iyi eğitilmesi önem arz etmektedir.

İşletme yalın üretime geçiş sürecinde işçilerden ciddi bir dirençle karşılaşmamıştır. Normalde yalın üretim çalışan işçiler tarafından iş yüklerini artırdığı gerekçesiyle çok benimsenen bir model değildir. Bu nedenle de çalışanlar genelde yalın üretime geçişte direnç gösterirler. İşletmenin bu süreci dirençle karşılaşmadan yönetmesini yalın üretimden elde ettiği kazancı çalışanlarına prim olarak paylaşması olduğunu söylenebilir. Çalışan dikkatsizliklerinin hata ve firelerin önemli bir kaynağı olmaktadır. Çalışanları dikkat konusunda motive etmek adına en az hata yapan personele prim verilebilir. Bu sayede çalışanlar motive olacaktır.

Algoritmik olarak görsel bir talimatnameyle gösterilen iş ve işlemlerin otomatik doğrulama özelliği olan RFID veya barkod sistemleriyle dikkate alınarak tasarlanan düzeneklerin hataları önlemektedir. Bu düzenekler, montaj hattındaki üretim sürecini daha verimli, güvenli ve ekonomik hale getirecektir.

Fabrikalarda boya hattından önce yapılan temizlik ve zımpara işlemleri boyanın daha iyi görünüm kazanmasını, boya tüketiminde azalmayı ve boyanın daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Zımpara işlemi sayesinde yüzeydeki boya, kir, yağ ve diğer kirleticiler temizlenmiş olmaktadır. Bu işlemler, boyanın daha iyi yapışmasına ve daha uzun ömürlü olmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca

yüzeydeki çizikleri, çentikleri ve diğer kusurları da giderilmektedir. Bu yapılan boya öncesi ön temizlik sayesinde boya hattında karşılaşılabilecek hatalı üretimlerin önüne geçilmiş olmaktadır.

Sonuç olarak; tez çalışmasının uygulama bölümünde ele alınan işletmenin ürettiği ürünlerde yapılan hata sayısı ve oranlarını şu şekilde azaltmak mümkün olabilmektedir:

- İmalat biriminde etkin kontrol mekanizması tesis ederek,
- İşe yeni başlayan personeli üretim süreçlerine dahil etmeden önce eğitimden geçirerek,
- Halihazırda işletmede çalışan mevcut personelin düzensiz aralıklarla hatalar konusunda farkındalık eğitimleri alması sağlanarak,
- Yalın altı sigma uygulayarak elde edilen kazancın bir kısmı çalışan personelin maaşına yansıtılarak,
- Talaşlı imalat ünitelerinde kalıp bağlamadan başlanılan işlerin önlenmesi sağlanarak,
- Talaşlı imalatlarda kullanılan kesici takımların doğru kullanımı sağlanarak,
- CNC tezgahlarında çalışan personelin aşınma telafisi konusunda gerekli eğitimleri alması sağlanarak,
- Motaj hattında hataları önleyici olarak hazırlanacak olan iş ve işlemlerin algoritmik olarak görsel bir talimatnameyle gösterilmesi ve otomatik doğrulama özelliği olan RFID veya barkod sistemlerinin kullanılması sağlanarak,
- Boya işlemi öncesinde yapılan temizlik ve zımpara işlemleri sayesinde boya işleminin kalitesi ve dayanıklılığının artırılması sağlanırken boyama maliyeti ve hata sayılarının azalması sağlanarak,

Bu öneriler simülasyon yöntemi uygulanarak test edilmiş ve yaklaşık olarak % 70 düzeyinde hataların azaltılmasının mümkün olduğu görülmüştür. KOBİ ölçeğindeki işletmeler DMAIC yöntemini uygulayarak hata oranlarını azaltma noktasında önemli başarılar elde edebilirler. Yalın altı sigma KOBİ'ler için değerli bir araçtır ve işletmelerinin verimliliğini artırmak, maliyetlerini azaltmak ve müşteri memnuniyetini artırmak isteyen işletme sahiplerinin kullanabileceği etkili bir yöntemdir. KOBİ ölçeğindeki işletmelerin iş süreçlerini, ürünlerini ve hizmetlerini daha yüksek kalite standartlarına uygun hale getirmesine ve bu sayede müşteri memnuniyetini artırmasına yardımcı olabilmektedir.

Yalın altı sigma, küçük işletmelerin verimliliğini ve karlılığını artırabilecek bir araç olmasına rağmen, bazı dezavantajları da olabilmektedir. Yalın altı sigma, işletmenin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmesi gereken karmaşık bir metodolojidir. Bu nedenle, eğitim, danışmanlık ve diğer maliyetler gibi yüksek maliyetlere sahip olabilmektedir. Küçük işletmeler, yalın altı sigma uygulamasının maliyeti ve yönetimiyle başa çıkmakta zorlanabilmektedir. Personel eğitimi, proje yönetimi ve veri analizi için yeterli kaynaklara sahip olmayan küçük işletmeler için yalın altı sigma uygulaması bazı zor süreçleri içinde barındırabilmektedir. Ama yalın altı sigma uygulamasının küçük işletmelere büyük faydaları olabileceği, işletmelerin daha etkili ve verimli hale getirilebileceği unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- Adams, C., Gupta, P. ve Wilson, C. (2007). Six sigma deployment. Routledge.
- Aka, A., Isah, A. D., Eze, C. J. ve Timileyin, O. (2019). Application of lean manufacturing tools and techniques for waste reduction in Nigerian bricks production process. Engineering, Construction and Architectural Management.
- Aktan, C. C (2012). Organizasyonlarda toplam kalite yönetimi. Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 4(2), 249-256.
- Akyüz, N. Ç. ve Çetin, C. (2009). Yalın organizasyon ilkeleri ve uygulamaları üzerine bir araştırma. Öneri dergisi, 8(32), 1-14.
- Aljumaili, A. T. (2014). Why six sigma is important for organization?. (Unpublished Master thesis) Al-Turath University College.
- Anderson, S. (2002) Poka-yoke:mistake-proofing as a preventive action, The Informed Outlook Reprint, cilt 7, no. 3.
- Antony, J. (2004). Some pros and cons of six sigma: an academic perspective. The Tqm Magazine.
- Antony, J., Snee, R. ve Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. International Journal of Quality & Reliability Management.
- Antony, J. ve Gupta, S. (2019). Top ten reasons for process improvement project failures. International Journal of Lean Six Sigma.
- Arunagiri, P. ve Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of major lean production waste in automobile industries using weighted average method. Procedia engineering, 97, 2167-2175.
- Aslantaş, Tangut. (2014). Yalın üretim felsefesi, yöntemleri ve kanban tekniğinin otomotiv sektörüne uygulanması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Arslandere, M., & Tekin, M. (2017). Üretimde hata önleme aracı olarak poka-yoke sistemi ve bir uygulama örneği. Kesit akademi dergisi, (11), 339-350.
- Atalay, O. ve Kılıç, Ö. (2015). Balık kılçığı yöntemi ile mobil vinç kazası olası

- nedenlerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(1), 73-78.
- Axelrod, R. (1997). Advancing the art of simulation in the social sciences. In *Simulating Social Phenomena*. ss. 21-40). Berlin, Heidelberg.
- Avunduk, H.. (2019). Yalın altı sigma: bir pet şişirme makinasında süreç iyileştirme uygulaması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(70), 633-653.
- Aydın, H. (2018). Yalın yönetim anlayışının çalışanların motivasyonuna ve hizmet kalitesine etkilerine yönelik bir araştırma, (Yayımlanmamış Doktora Tezi) İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul.
- Balcı, Osman. (1994). Validation, verification, and testing techniques throughout the life cycle of a simulation study. *Annals of Operations Research*, 53(1), 121-173.
- Banks, J. (2005). *Discrete event system simulation*. Pearson Education India.
- Batchelor, R. (1994). *Henry Ford mass production, modernism, and design* (Vol. 1). Manchester University Press.
- Becker, R. M. (1998). *Lean manufacturing and the Toyota production system*. Encyclopedia of World Biography.
- Belu, N., Ionescu, L. M., Misztal, A., & Mazăre, A. (2015, October). Poka Yoke system based on image analysis and object recognition. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 95, No. 1, p. 012138). IOP Publishing.
- Besterfield, D. H., Besterfield-Michna, C., Besterfield, G. H., Besterfield-Sacre, M., Urdhwareshe, H., & Urdhwareshe, R. (2014). *Total Quality Management Revised Edition: For Anna University*, 3/e. Pearson Education India.
- Black, J. T. (2007). Design rules for implementing the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3639-3664.
- Brits, H. J. (2018). A quest for waste reduction at institutions of higher learning: Investigating the integration of Six Sigma and Lean Six Sigma methodologies with total quality management. *South African Journal of Higher Education*,

32(4), 37-50.

Borges Lopes, R., Freitas, F. ve Sousa, I. (2015). Application of lean manufacturing tools in the food and beverage industries. *Journal of Technology Management & Innovation*, 10(3), 120-130.

Bossel, H. (2018). *Modeling and simulation*. AK Peters/CRC Press.

Cellier, F. E., & Kofman, E. (2006). *Continuous system simulation*. Springer Science & Business Media.

Cesur, N. (2004), İşletmelerde yeni ilke; yalın üretim, *Verimlilik Dergisi*, Sayı: 28, ss. 7-16.

Chiarini, A. (2011). Japanese total quality control, TQM, Deming's system of profound knowledge, BPR, Lean and Six Sigma: Comparison and discussion. *International journal of lean six sigma*, 2(4), 332-355.

Chiarini, A. (2012). *Lean organization: from the tools of the Toyota Production System to lean office* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

Chiarini, A. ve Vagnoni, E. (2015). World-class manufacturing by Fiat. Comparison with Toyota production system from a strategic management, management accounting, operations management and performance measurement dimension. *International Journal of Production Research*, 53(2), 590-606.

Chiarini, A. (2015). *Sustainable Operations Management*. Springer.

Chiarini, A., Baccarani, C. ve Mascherpa, V. (2018). Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. *The TQM Journal*, 30(4), 425-438.

Çimen, M., & Deniz, S. (2017). Six sigma approach and examples from healthcare organizations. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, (1), 6-9.

Charantimath, P. M. (2017). *Total quality management*. Pearson Education India.

Chen, L. ve Meng, B. (2010). The application of value stream mapping based lean production system. *International journal of business and management*, 5(6), 203.

Chowdhury, S. D. (2014). *Strategic roads that diverge or converge: GM and Toyota*

- in the battle for the top. *Business Horizons*, 57(1), 127-136.
- Conzemius, A. ve O'Neill, Jan. (2009). The power of SMART goals: Using goals to improve student learning. Solution Tree Press.
- Çakır, E. (2019). *Yalın altı sigma: teori ve uygulama*. Hiperlink eğit. ilet. yay. san. tic. ve ltd. sti..
- Dağlıoğlu, G. ve Aksoy, K. (2009). Altı Sigma Nedir?. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 18(2), 132-139.
- Davis, R. C. (2007). Shipbuilders of the Venetian arsenal: workers and workplace in the preindustrial city (Vol. 109). JHU Press.
- Davim, J. P. (2018). Progress in lean manufacturing. Springer.
- Dedhia, N. S.. (2005). Six sigma basics. *Total Quality Management & Business Excellence*, 16(5), 567-574.
- Dekier, L. (2012). "The Origins and Evolution of Lean Management System", *Journal of International Studies*, Vol. 5, No 1, pp. 46-51.
- Dennis, P. (2017). Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system. Crc press
- Dominici, G. ve Palumbo, F. (2013). Decoding the Japanese lean production system according to a viable systems perspective. *Systemic Practice and Action Research*, 26(2), 153-171.
- Dora, M., & Gellynck, X. (2015). Lean Six Sigma implementation in a food processing SME: a case study. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(7), 1151-1159.
- Doran, G. T. (1981). There's a SMART way to write management's goals and objectives. *Management review*, 70(11), 35-36.
- Eaton, M. (2013). The Lean Practitioner's Handbooks. Kogan Page Publishers.
- Ebrahimpour, M. (1985). An examination of quality management in Japan: implications for management in the United States. *Journal of Operations Management*, 5(4), 419-431.

- Eckes, G. (2003). Six Sigma for everyone. John Wiley & Sons.
- Ehrgott, M. (2012). Vilfredo Pareto and multi-objective optimization. *Doc. math*, 447-453.
- Elbert, M. (2013). Lean production for the small company. Boca Raton: Crc Press.
- Emadi, A. (2011). Transportation 2.0. *IEEE Power and Energy Magazine*, 9(4), 18-29.
- Fritzson, P. (2014). Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 3.3: a cyber-physical approach. John Wiley & Sons.
- Fujimoto, T. (1999). The evolution of a manufacturing system at Toyota. Oxford university press.
- Galli, B. J. (2018). What risks does lean six sigma introduce?. *IEEE Engineering Management Review*, 46(1), 80-90.
- Gaikwad, L. M. ve Sunnapwar, V. K. (2021). Effect of Lean Practices on Organizational Performance. In *Lean Manufacturing IntechOpen*.
- Gerger, A. ve Demir, B.. (2010). Otomotiv Servis Hizmetlerinde Yalın Altı Sigma Kullanımı İle Servis Müşteri Memnuniyet Oranının Arttırılmasına Yönelik Bir Örnek. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1), 33-47.
- Gerger, A. Fırızan, A. R. (2010). Yalın altı sigma projelerinin başarısız olma nedenleri reasons of failure ın lean six sigma projects. *Journal of Yasar University*, 20(5), 3383-3393.
- Gibra, I. N. (1975). Recent developments in control chart techniques. *Journal of quality technology*, 7(4), 183-192.
- Goh, M., & Goh, Y. M. (2019). Lean production theory-based simulation of modular construction processes. *Automation in Construction*, 101, 227-244.
- Gorny, A. (2017). Identification of occupational accident causes by use the Ishikawa diagram and Pareto principles. *Economics & Management*, 1(1), 384-388.
- Gupta, S. ve Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241-249.

- Güner, M. ve Acar, E. (2022) Hazır giyim sektöründe üretim süreçlerine RFID teknolojisinin entegrasyonu ve yatırım değerlendirmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24(2), 690-699.
- Grosfeld-Nir, A. Ronen, B. ve Kozlovsky, N. (2007). The Pareto managerial principle: when does it apply?. International Journal of Production Research, 45(10), 2317-2325.
- Halpern, R.. (1997). Down on the Killing Floor: Black and White Workers in Chicago's Packinghouses, 1904-54 University of Illinois Press, Vol. 295.
- Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J. ve Sterlike, S. (2016, July). History and theoretical foundations of takt planning and takt control. In Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 24), Boston, MA, USA (pp. 20-22).
- Harris, R., Harris, C., ve Wilson, E. (2003). Making materials flow: a lean material-handling guide for operations, production-control, and engineering professionals. Lean Enterprise Institute.
- Harry, M. J., & Schroeder, R. (2000). Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. A Currency Book, published by doubleday, a division of Random House Inc.
- Heaton, Herbert. (2017). Industrial revolution. In The causes of the industrial revolution in England (pp. 31-52). Routledge.
- Heizer, J. H., & Render, B. (2017). Üretim Yönetimi-Sürdürülebilirlik Ve Tedarik Zinciri Yönetimi, Çev., Prof. Dr. Umut Rıfat Tuzkaya (11. Baskı). Palme Yayıncılık, Ankara.
- Hicks, J. R. (1939). The foundations of welfare economics. The economic journal, 49(196), 696-712.
- Hill, C. (2018). Reformation to industrial revolution: 1530-1780. Verso Books.
- Hines, P. Holweg, M., ve Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. International journal of operations & production management.

- Hira, D. S. (2009). *System simulation*. S. Chand Publishing.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management* 25 (2): 420-437.
- Hu, Y., Peng, K. Q., Liu, L., Qiao, Z., Huang, X., Wu, X. L., ... & Lee, S. T. (2014). Continuous-flow mass production of silicon nanowires via substrate-enhanced metal-catalyzed electroless etching of silicon with dissolved oxygen as an oxidant. *Scientific reports*, 4(1), 1-5.
- Ingle, S. ve Roe, W. (2001). Six sigma black belt implementation. *The TQM Magazine*.
- Isac, C. ve Isac, A. (2002). Considerations of poka-yoke device in total quality management. *Universitas Publishing House Petroșani–Romania*, 2(3), 102-105.
- Isniah, S., Purba, H. H. ve Debora, F. (2020). Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 4(1), 72-81.
- Jasti, N. V. K. ve Kodali, R. (2015). Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867-885.
- Jirasukprasert, P., Garza-R. J. A., Kumar, V. ve Lim, M. K. (2014). A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Jones, D., & Womack, J. (2002). *Seeing the whole*. Lean Enterprise Institute, Brookline.
- Kansoy, O. ve Dirgar, E. (2008). Altı sigma yaklaşımı. *Qualitative Studies*, 4(1), 14-23.
- Karnopp, D. C., Margolis, D. L. ve Rosenberg, R. . C. (2012). *System dynamics: modeling, simulation, and control of mechatronic systems*. John Wiley & Sons.
- Katko, N. S. (2013) *The Lean CFO: Architect of the Lean Management System*. Productivity Press.

- Kayacan, B., Özdemir, Y., Irmak, Y. (2016). Geçmişten Günümüze Montajı Kullanıcı Tarafından Yapılan Mobilyaların Sektördeki Yeri, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, C. 15, S. 30, ss: 153-166.
- Kilpatrick, J. (2003). Lean principles. Utah Manufacturing Extension Partnership, 68(1), 1-5.
- Klein, M. (2000). Two alternatives to the Shewhart X control chart. *Journal of Quality Technology*, 32(4), 427-431.
- Krishnan, B. Radha., & Prasath, K. Arun. (2013). Six Sigma concept and DMAIC implementation. *International Journal of Business, Management & Research (IJBMR)*, 3(2), 111-114.
- Kubiak, T. M., & Benbow, D. W. (2016). The certified six sigma black belt handbook. Quality Press.
- Kumar, U. D., Crocker, J., Chitra, T. ve Saranga, H. (2006). Reliability and six sigma. Springer Science & Business Media.
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. *Production Planning and Control*, 17(4), 407-423.
- Lander, E., ve Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International journal of production research*, 45(16), 3681-3698.
- Lambert, D. M. (2008). Supply chain management: processes, partnerships, performance. Supply Chain Management Inst.
- Laureani, A., Antony, J. ve Douglas, Alex. (2010). Lean six sigma in a call centre: a case study. *International journal of productivity and performance management*.
- LeMahieu, P. G., Nordstrum, L. E., ve Cudney, Elizabeth. A. (2017). Six Sigma in education. *Quality Assurance in Education*.
- Lian, Y. H., ve Van Landeghem, H. (2002). An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing. In *Proceedings 14th European*

Simulation Symposium (pp. 1-8). c) SCS Europe BVBA.

Liker, J. K., ve Convis, G. L. (2012). *Toyota way to lean leadership: Achieving and sustaining excellence through leadership development*. McGraw-Hill Education.

Liker, J. K. (2003). *The Toyota Way*.

Lewis, M. A. (2000). Lean production and sustainable competitive advantage. *International journal of operations & production management*.

Maleyeff, J. (2006). Exploration of internal service systems using lean principles. *management decision*.

Mann, D. (2005). *Creating a lean culture: tools to sustain lean conversions*. Productivity Press.

Mahdavi, I., Javadi, B., Fallah-Alipour, K., & Slomp, J. (2007). Designing a new mathematical model for cellular manufacturing system based on cell utilization. *Applied mathematics and Computation*, 190(1), 662-670.

Santoso, r. (2007). *Menurunkan service claim rate cap deco scratch dengan metoda six sigma pada pt. Lg electronics indonesia* (doctoral dissertation, universitas mercu buana jakarta).

Nasution, A. A., Siregar, I., Nasution, T. H., Syahputri, K., & Tarigan, I. R. (2018). Lean Manufacturing Applications in the Manufacturing Industry. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 220, p. 02005). EDP Sciences.

Nicholas, J. (2016). Hoshin kanri and critical success factors in quality management and lean production. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(3-4), 250-264.

Nolan, M. (1994). *Visions of modernity: American business and the modernization of Germany*. Oxford University Press.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.

Ohno, T. ve Bodek, N. (2019). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.

- Ortiz, Chiris A., & Park, Murry (2011). Visual controls: applying visual management to the factory. CRC press.
- Öztürk, İ. (2017). Altı sigma, yalın üretim ve yalın altı sigma metodolojisinin tarımsal işletmelerde verimlilik ve kalite üzerine etkisi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20(3), 201-208.
- Özveri, Onur. ve Çakır, Engin (2012). Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2), 17-36.
- Patel, V. C., ve Thakkar, H. (2014). Review on implementation of 5S in various organization. International Journal of Engineering Research and Applications, 4, 774-779.
- Pienkowski, M. (2014). Waste measurement techniques for lean companies. International Journal of Lean Thinking, 5(1), 9-24.
- Prabowo, H. A., Suprpto, Y. B., & Farida, F. (2018). The evaluation of eight pillars total productive maintenance (TPM) implementation and their impact on overall equipment effectiveness (OEE) and waste. Sinergi, 22(1), 13-18.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). Six sigma handbook. McGraw-Hill Education.
- Pazek, K. (2021), Lean Manufacturing, IntechOpen, London.
- Raghunath, A., & Jayathirtha, R. V. (2013). Lean Six Sigma approach for auto component manufacturing SMEs. In Proceedings of International Simulation Conference of India.
- Raifsnider, R., & Kurt, D. (2004). Lean Six Sigma in higher education: Applying proven methodologies to improve quality, remove waste, and quantify opportunities in colleges and universities. Xerox White Paper, 1-10.
- Raisinghani, Mahest S., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G., & Daripaly, P. (2005). Six Sigma: concepts, tools, and applications. Industrial management & Data systems.
- ReVelle, J. B. (2004). Six sigma. Professional Safety, 49(10), 38-47.
- Rother, M., & Harris, R. (2001). Creating continuous flow: an action guide for

- managers, engineers & production associates. Lean Enterprise Institute.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda. Lean enterprise institute.
- Ross, S. M. (2022). Simulation. Academic Press.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). Lean construction: From theory to implementation. *Journal of management in engineering*, 22(4), 168-175.
- Sargent, Robert. G. (2010, December). Verification and validation of simulation models. In *Proceedings of the 2010 winter simulation conference* (pp. 166-183). IEEE.
- Schumpeter, J. A. (1949). Vilfredo Pareto (1848-1923). *The Quarterly Journal of Economics*, 147-173.
- Shimbun, N. K. (1989). Poka-yoke: improving product quality by preventing defects. Crc Press.
- Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma—getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Sohal, A. S. ve Egglestone, A. (1994). Lean production: experience among Australian organizations. *International journal of operations & production management*.
- Sunder, M. V. (2013). Synergies of lean six sigma. *IUP Journal of Operations Management*, 12(1), 21.
- Suzaki, K. İmalatta mükemmellik yolu: sürekli iyileştirme teknikleri. Otoyol Sanayi AŞ, 2005.
- Styhre, A. (2001). Kaizen, ethics, and care of the operations: Management after empowerment. *Journal of Management Studies*, 38(6), 795-810.
- Taghizadegan, S. (2010). *Essentials of lean six sigma*. Elsevier.
- Tapiero, C. S. (1996). *The Management of Quality and its Control*. Great Britain: Chapman & Hall.
- Tjahjono, Benny., Ball, P., Vitanov, V. I., Scorzafave, C., Nogueira, J., Calleja, J., ...

- & Yadav, A. (2010). Six Sigma: a literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Tseng, M. M., & Jiao, J. (2001). Mass customization. *Handbook of industrial engineering*, 3, 684-709.
- Toma, S. G., ve Naruo, S. (2017). Total quality management and business excellence: the best practices at Toyota Motor Corporation. *Amfiteatru Economic Journal*, 19(45), 566-580.
- Uluskan, M. (2017). Türkiye'nin Altı Sigma Uygulama Haritası. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 131-144.
- Vinod, M., Devadasan, S. R., Sunil, D. T., & Thilak, V. M. M. (2015). Six Sigma through Poka-Yoke: a navigation through literature arena. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81(1), 315-327.
- Wahab, A. Natasya A., Mukhtar, M., ve Sulaiman, R. (2013). A conceptual model of lean manufacturing dimensions. *Procedia Technology*, 11, 1292-1298.
- Warnecke, H. J., ve Hüser, M. (1995). Lean production. *International journal of production economics*, 41(1-3), 37-43.
- Wilson, L. (2010). *How to implement lean manufacturing*. McGraw-Hill Education.
- Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*. Industrial Press Inc..
- Wittenberg, G. (1994). *Kaizen—The many ways of getting better*. Assembly Automation.
- Womack, J. P., Jones, D. T. ve Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster.
- Womack, J. P., ve Jones, D. T. (2015). *Lean solutions: how companies and customers can create value and wealth together*. Simon and Schuster.
- Woehrle, S. L. ve Abou-Shady, L. (2010). Using dynamic value stream mapping and lean accounting box scores to support lean implementation. *American Journal of Business Education (AJBE)*, 3(8), 67-76.
- Woodbury, R. S. (1960). *The Legend of Eli Whitney and Interchangeable Parts*,

Technology and Culture, Vol. 1, No. 3, pp. 235-253.

Yang, Kai (2005). Design for six sigma for service. McGraw-Hill Education.

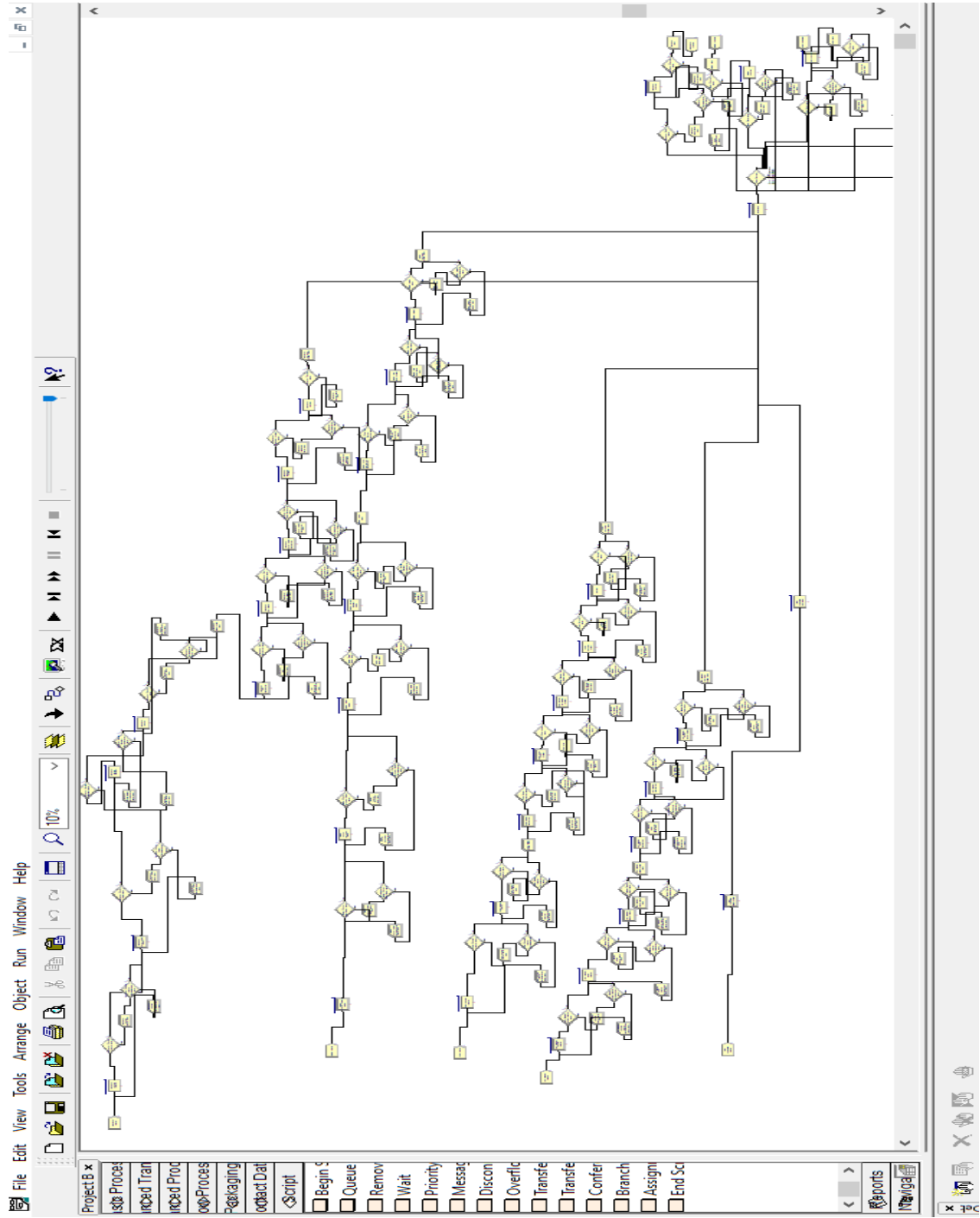
Yenihan, Bora. (2017). Bir Sosyal Politika Aracı Olarak Sosyal Güvenlik: Dünya’da ve Türkiye’de Gelişimi Üzerine Bir İnceleme. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 15(30), 177-196.

Yusoof, S., Iylia, F., MNSR, H., Zamziba, N., & Toriry, S. (2016). Relationship Between Economic, Political and Technology Factors: Case Study on Toyota Company. *International Journal of Academic Research in Public Policy and Governace*, 3(1), 53-58.

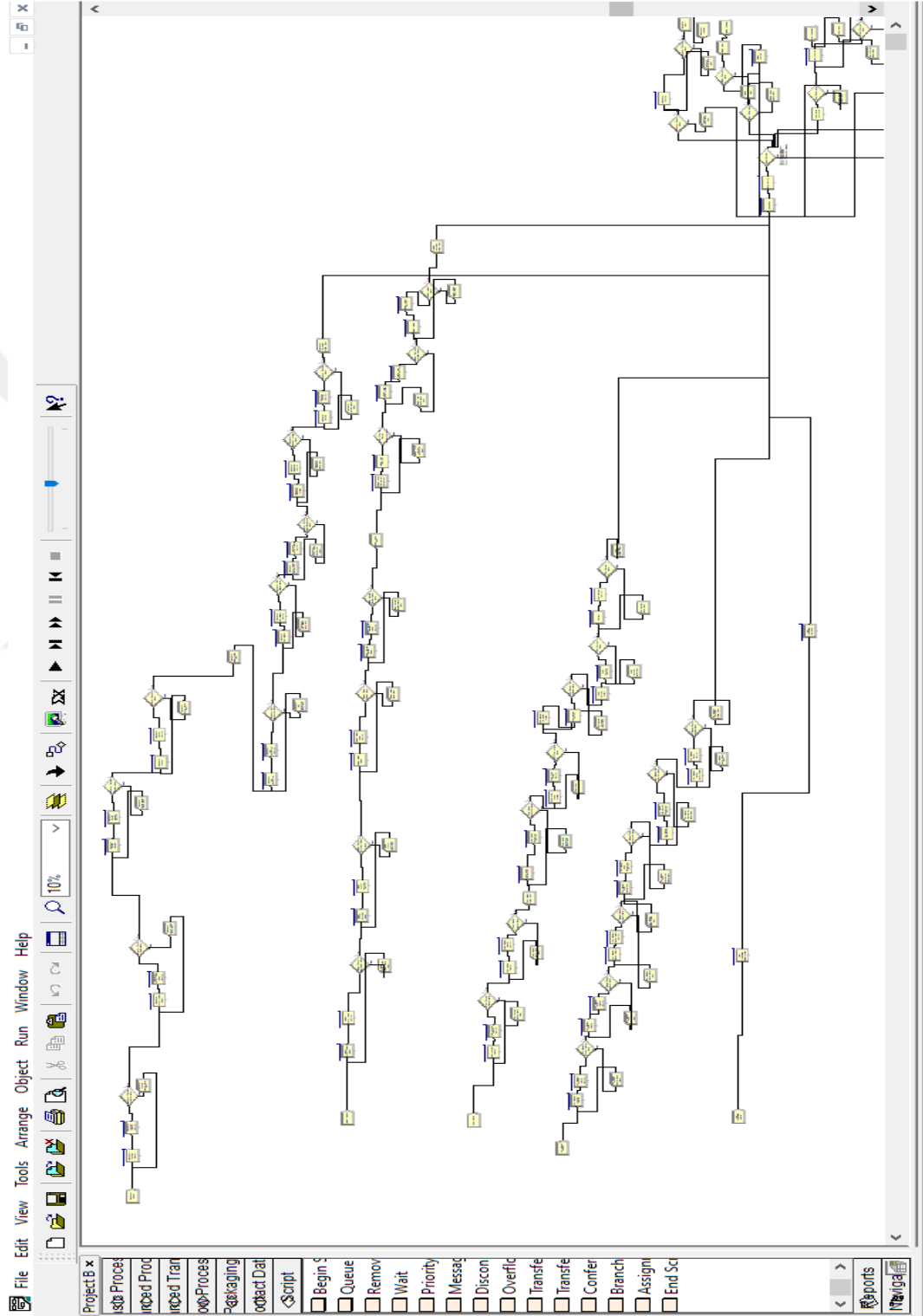
Zan, Luka. (2004). Accounting and management discourse in proto-industrial settings: the Venice Arsenal in the turn of the 16th century. *Accounting and Business Research*, 34(2), 145-175.

Zerenler, M., & Karaboğa, K. (2014). Müşteri memnuniyetinin sağlanmasında hataların önlenmesine yönelik üretim odaklı bir bakış açısı: Poka-Yoke sistemleri. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (31.1), 263-275.

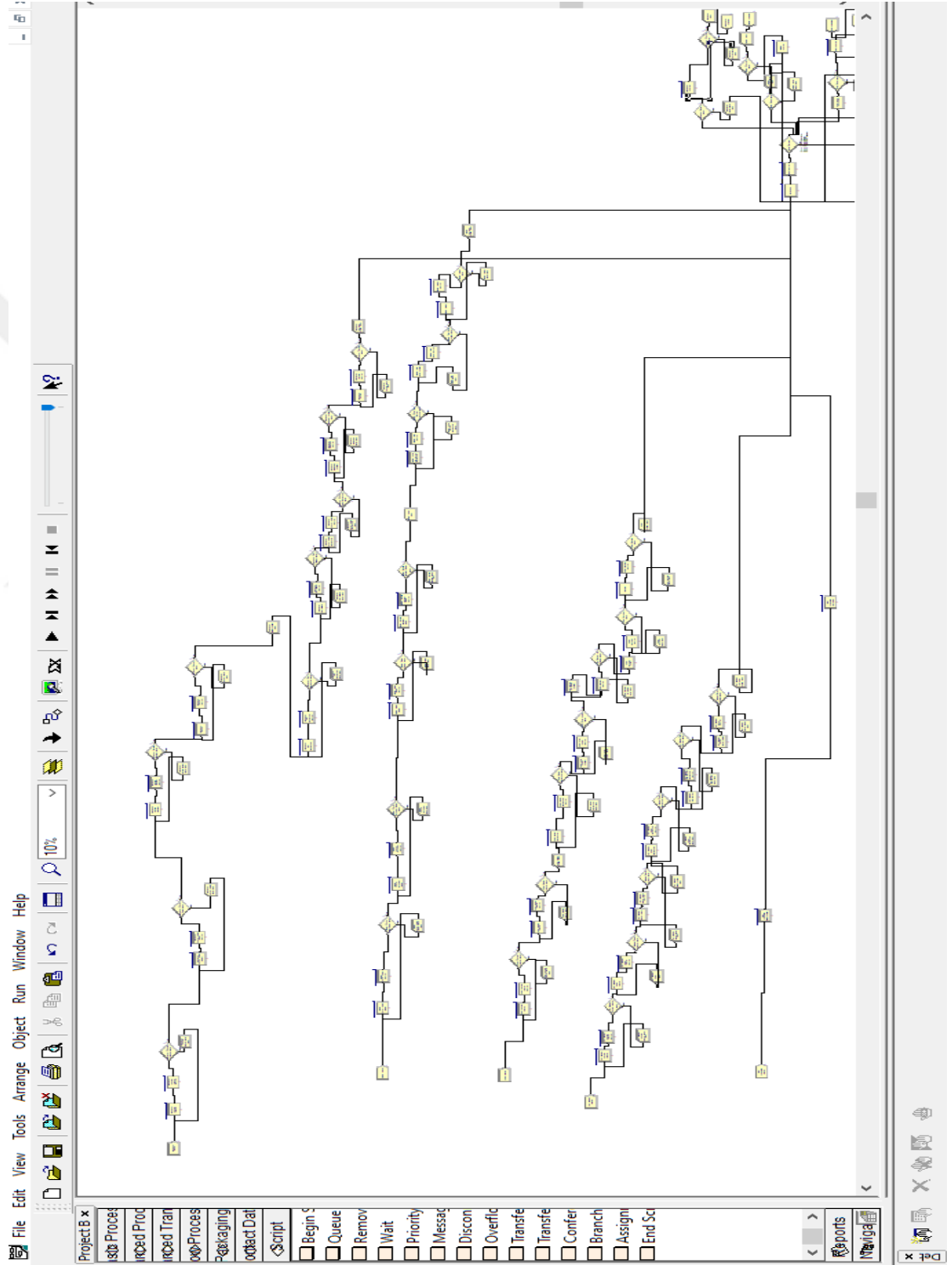
Ek1: Mevcut Durum Simülasyonu



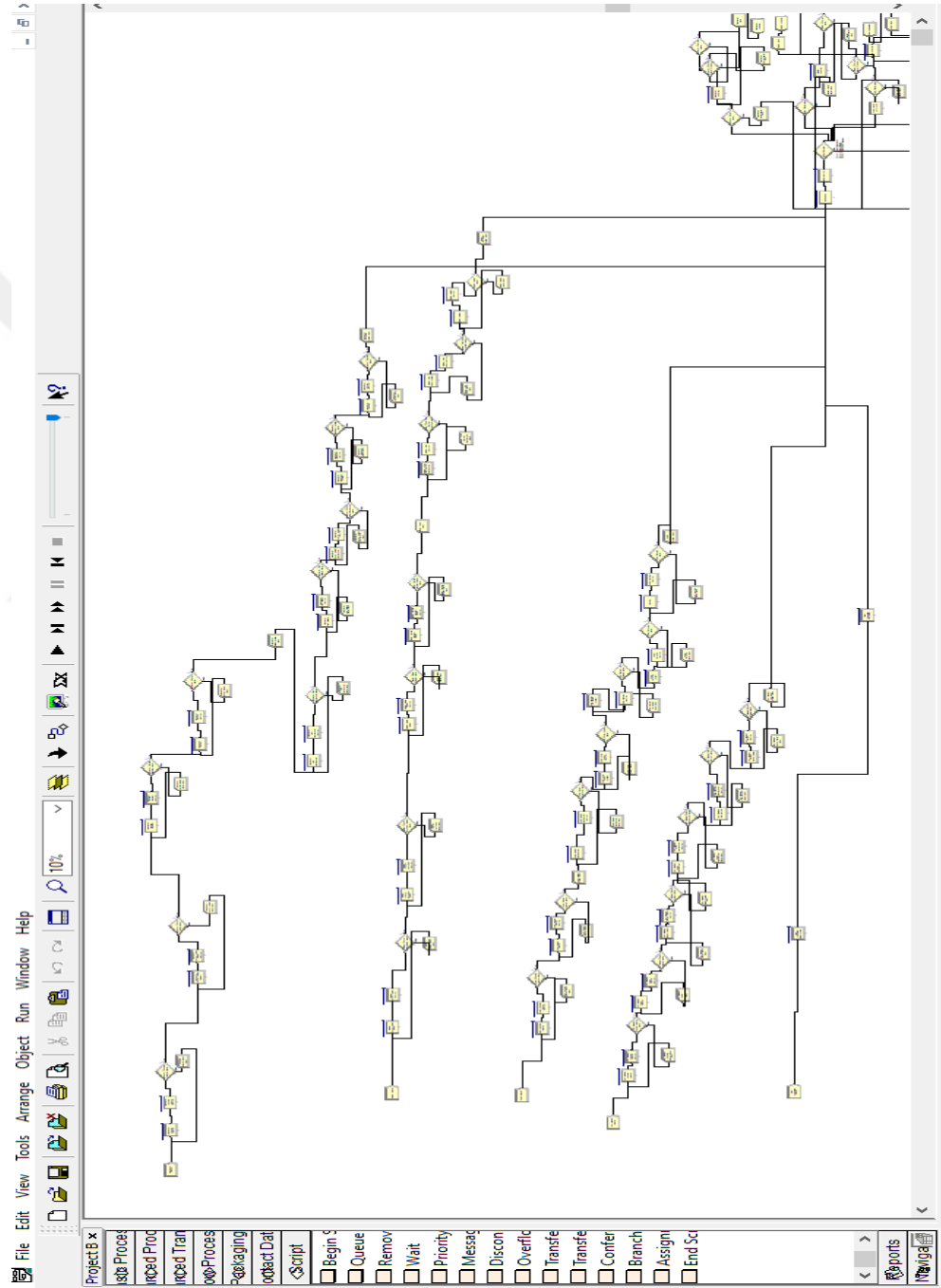
Ek 2: İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama



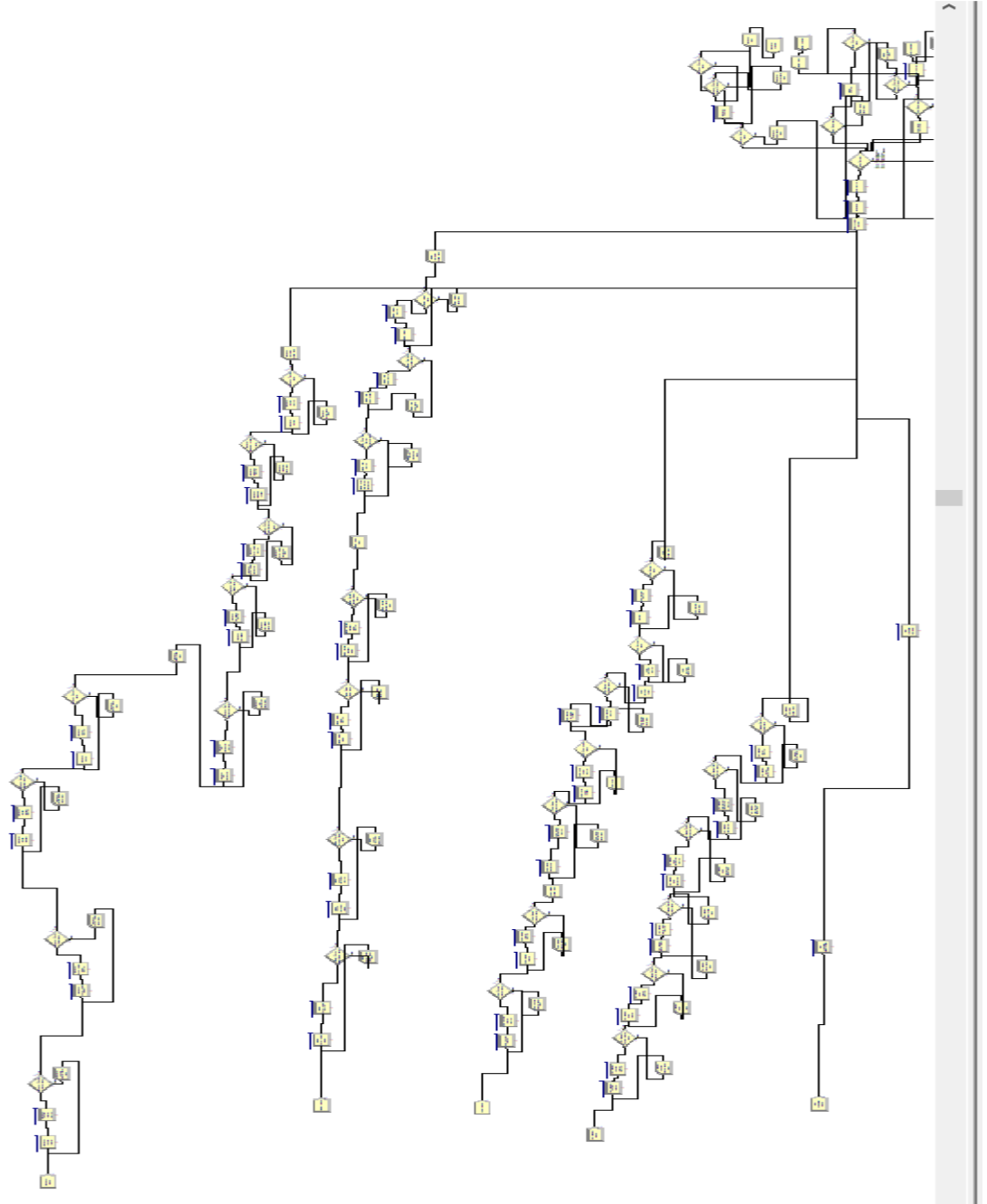
Ek 3: İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama



Ek 4: İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama



Ek 5: İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama



Ek 6: Mevcut Durum Simülasyonu Sonuç Raporu

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aspirator Boya Farkedilmeyen Hata	2.2700	< 0,16	0.00	11.0000
Aspirator Boya Hata Kayit	5.6280	< 0,27	0.00	16.0000
Aspirator Bukum Farkedilmemis Hata Kayit	1.3340	< 0,11	0.00	7.0000
Aspirator Bukum Hata Kayit	3.3000	< 0,20	0.00	14.0000
Aspirator Fan Balans Hata Kayit	4.7260	< 0,24	0.00	18.0000
Aspirator Fan Kaynatma Farkedilmemis Kayit	1.9020	< 0,14	0.00	11.0000
Aspirator Fan Kaynatma Hata Kayit	3.2660	< 0,20	0.00	14.0000
Aspirator Farkedilmemis Fan Balans Hata Kayit	1.9080	< 0,14	0.00	8.0000
Aspirator Farkedilmemis Salyangoz Hata Kayit	1.4400	< 0,11	0.00	7.0000
Aspirator Govde Isleme Farkedilmeyen Kayit	0.9800	< 0,09	0.00	6.0000
Aspirator Govde Isleme Kayit	2.3040	< 0,16	0.00	10.0000
Aspirator Hucrese Imalat Kayit	419.42	< 13,28	118.00	986.00
Aspirator Karsilik Flanlari Hata Kayit	4.4000	< 0,23	0.00	19.0000
Aspirator Karsilik Flaslari Farkedilmemis Hata Kayit	1.7460	< 0,13	0.00	8.0000
Aspirator Kayit	418.74	< 13,26	118.00	986.00
Aspirator Montaj Hata Kayit	4.1400	< 0,22	0.00	16.0000
Aspirator Motor Ayagi Farkedilmemis Kaynatma Kayit	1.6800	< 0,12	0.00	7.0000
Aspirator Motor Ayagi Farkedilmeyen Kayit	1.2080	< 0,11	0.00	8.0000
Aspirator Motor Ayagi Hata Kayit	2.7920	< 0,18	0.00	12.0000
Aspirator Motor Ayagi Kaynatma Kayit	4.2720	< 0,22	0.00	15.0000
Aspirator Salyangoz Hata Kayit	3.6440	< 0,21	0.00	15.0000
Aspirator Talasli Imalat Kayit	438.46	< 15,58	118.00	1670.00
Aspirator Temizlik Hata Kayit	4.1020	< 0,21	0.00	13.0000
Blower Boya Hata Kayit	20.4820	< 0,61	6.0000	48.0000
Blower Cikis Konik Hata Kayit	4.8400	< 0,22	0.00	16.0000
Blower Farkedilmemis Boya Hata Kayit	8.1040	< 0,32	2.0000	21.0000
Blower Farkedilmemis Konik Hata Kayit	1.9440	< 0,14	0.00	9.0000
Blower Giris Borusu Farkedilmemis Hata	1.7180	< 0,12	0.00	7.0000
Blower Giris Borusu Kaynatma Hata	4.0820	< 0,21	0.00	14.0000
Blower Hucrese Imalat Kayit	754.83	< 15,93	289.00	1482.00
Blower Karsilik Flanslari Farkedilmemis Hata Kayit	3.9820	< 0,20	0.00	13.0000

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Blower Karsilik Flanslari Hata Kayit	9.9900	< 0,35	2.0000	24.0000
Blower Kayit	754.00	< 15,92	289.00	1482.00
Blower Lazer Kayit	769.13	< 16,40	289.00	1482.00
Blower Montaj Hata Kayit	18.0120	< 0,52	3.0000	38.0000
Blower Motor Ayagi	0.8980	< 0,09	0.00	5.0000
Farkedilmemis Hata Kayit				
Blower Motor Ayagi Kesim Hata Kayit	2.3840	< 0,14	0.00	9.0000
Blower Motor Korkulugu	1.6300	< 0,11	0.00	7.0000
Farkedilmemis Hata Kayit				
Blower Motor Korkulugu Hata Kayit	4.3740	< 0,20	0.00	11.0000
Blower Sase Farkedilmemis Hata Kayit	1.5180	< 0,11	0.00	7.0000
Blower Sase Hata Kayit	3.7700	< 0,19	0.00	12.0000
Blower Yalitim Farkedilmemis Hata Kayit	2.0040	< 0,13	0.00	8.0000
Blower Yalitim Hata Kayit	5.2300	< 0,23	0.00	16.0000
Diger Makina Kayit	1536.52	< 17,74	801.00	1879.00
Eklus Banker ve Kapak Farkedilmeyen hata Kayit	1.5580	< 0,12	0.00	8.0000
Eklus banker ve kapak hata kayit	3.9600	< 0,19	0.00	14.0000
Eklus Boya Farkedilmeyen Kayit	2.6500	< 0,16	0.00	10.0000
Eklus Boya Hata Kayit	6.7040	< 0,27	0.00	16.0000
Eklus Farkedilmemis Kaynakm Hata Kayit	2.4640	< 0,15	0.00	9.0000
Eklus Giriş Unitesi Hata	5.9820	< 0,25	0.00	17.0000
Eklus Giriş Unitesi Farkedilmeyen Hata	2.4580	< 0,15	0.00	8.0000
Eklus Govde Isleme Farkedilmemis Hata Kayit	1.8280	< 0,13	0.00	9.0000
Eklus Govde Isleme Hata Kayit	3.5240	< 0,19	0.00	13.0000
Eklus Hucresel Imalat Kayit	524.39	< 10,72	260.00	912.00
Eklus Kanat Kaynatma Farkedilmemis Hata Kayit	2.1100	< 0,13	0.00	8.0000
Eklus Kanat Kaynatma Hata Kayit	5.4160	< 0,23	0.00	17.0000
Eklus Kapak Isleme Hata Kayit	5.8200	< 0,23	0.00	17.0000
Eklus Kapak Isleme Farkedilmemis Hata Kayit	2.9020	< 0,17	0.00	13.0000
Eklus Kayit	523.24	< 10,69	259.00	911.00
Eklus Kaynak Hata Kayit	6.0380	< 0,26	0.00	17.0000
Eklus Korkuluk Farkedilmeyen Hata Kayit	2.9560	< 0,16	0.00	11.0000
Eklus Korkuluk Hata Kayit	7.4920	< 0,29	0.00	19.0000
Eklus Montaj Hata Kayit	5.8820	< 0,25	0.00	17.0000

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Eklus Talasli Imalat Kayit	560.96	< 12,84	271.00	1107.00
Yon Klapesi Boya Hata Kayit	9.0060	< 0,31	0.00	18.0000
Yon Klapesi Cikis Borusu Hata Kayit	8.8840	< 0,33	0.00	22.0000
Yon Klapesi Delme Hata Kayit	8.5640	< 0,33	0.00	23.0000
Yon Klapesi Delme Islemi Farkedilmeyen Hata Kayit	3.3700	< 0,19	0.00	13.0000
Yon Klapesi Farkedilmemis Teker Kaynatma Kayit	4.2280	< 0,20	0.00	14.0000
Yon Klapesi Farkedilmeyen Hata Kayit	3.7460	< 0,19	0.00	12.0000
Yon Klapesi Govde Isleme Farkedilmeyen Hata Kayit	2.5400	< 0,14	0.00	9.0000
Yon Klapesi Govde Isleme Hata Kayit	6.1960	< 0,26	0.00	18.0000
Yon Klapesi Hucrese Imalat Kayit	711.38	< 15,14	88.0000	1165.00
Yon Klapesi Kayit	710.82	< 15,13	88.0000	1165.00
Yon Klapesi Montaj Hata Kayit	9.6880	< 0,33	0.00	22.0000
Yon Klapesi Piston Farkedilmemis Hata Kayit	3.7100	< 0,18	0.00	12.0000
Yon Klapesi Piston Hata Kayit	9.2600	< 0,33	0.00	21.0000
Yon Klapesi Talasli Imalat Kayit	715.04	< 15,24	88.0000	1171.00
Yon Klapesi Teker Isleme Farkedilmeyen Hata Kayit	2.3600	< 0,15	0.00	9.0000
Yon Klapesi Teker Isleme Hata Kayit	6.1180	< 0,26	0.00	18.0000
Yon Klapesi Teker Kaynatma Hata Kayit	10.3200	< 0,34	1.0000	22.0000

Ek 7: İyileştirme Simülasyonu 1. Aşama Sonuç Raporu

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aspirator Boya Hata Kayıt	2.2380	< 0,15	0.00	11.0000
Aspirator Bukum Hata Kayıt	3.2860	< 0,20	0.00	15.0000
Aspirator Fan Balans Hata Kayıt	1.9720	< 0,13	0.00	9.0000
Aspirator Fan Kaynatma Hata Kayıt	1.9600	< 0,14	0.00	10.0000
Aspirator Govde Isleme Hata Kayıt	2.1480	< 0,15	0.00	12.0000
Aspirator Hucrese Imalat Kayıt	408.18	< 13,20	102.00	998.00
Aspirator Karsilik Flanlari Hata Kayıt	4.3580	< 0,23	0.00	16.0000
Aspirator Kayıt	407.53	< 13,18	102.00	995.00
Aspirator Montaj Hata Kayıt	1.6480	< 0,13	0.00	11.0000
Aspirator Motor Ayagi Hata Kayıt	2.6240	< 0,18	0.00	15.0000
Aspirator Motor Ayagi Kaynatma Kayıt	1.5980	< 0,12	0.00	9.0000
Aspirator Salyangoz Hata Kayıt	2.2100	< 0,16	0.00	10.0000
Aspirator Talasli Imalat Kayıt	429.55	< 15,62	105.00	1432.00
Aspirator Temizlik Hata Kayıt	0.4180	< 0,06	0.00	4.0000
Blower Boya Hata Kayıt	8.4460	< 0,32	0.00	20.0000
Blower Cikis Konik Hata Kayıt	4.8360	< 0,22	0.00	13.0000
Blower Giris Borusu Kaynatma Hata Kayıt	1.6920	< 0,12	0.00	6.0000
Blower Hucrese Imalat Kayıt	772.38	< 16,22	257.00	1476.00
Blower Karsilik Flanslari Hata Kayıt	10.2440	< 0,36	1.0000	24.0000
Blower Kayıt	771.53	< 16,19	257.00	1464.00
Blower Lazer Kayıt	785.38	< 16,76	257.00	1521.00
Blower Montaj Hata Kayıt	7.4060	< 0,28	0.00	18.0000
Blower Motor Ayagi Kesim Hata Kayıt	2.5000	< 0,15	0.00	9.0000
Blower Motor Korkulugu Hata Kayıt	4.4680	< 0,21	0.00	14.0000
Blower Sase Hata Kayıt	3.9480	< 0,19	0.00	12.0000
Blower Yalitim Hata Kayıt	2.1600	< 0,14	0.00	8.0000
Diger Makina Kayıt	1542.05	< 17,32	883.00	1885.00
Eklus banker ve kapak hata kayıt	3.9960	< 0,21	0.00	14.0000
Eklus Boya Hata Kayıt	2.8420	< 0,16	0.00	12.0000
Eklus Giris Unitesi Hata Kayıt	2.5180	< 0,15	0.00	11.0000
Eklus Govde Isleme Hata Kayıt	3.6500	< 0,19	0.00	12.0000
Eklus Hucrese Imalat Kayıt	530.84	< 10,94	199.00	916.00
Eklus Kanat Kaynatma Hata Kayıt	1.8880	< 0,13	0.00	9.0000
Eklus Kapak Isleme Hata Kayıt	5.9840	< 0,24	0.00	13.0000
Eklus Kayıt	529.50	< 10,92	197.00	910.00

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Eklus Kaynak Hata Kayit	2.3640	< 0,15	0.00	8.0000
Eklus Korkuluk Hata Kayit	3.1660	< 0,17	0.00	10.0000
Eklus Montaj Hata Kayit	2.4880	< 0,14	0.00	8.0000
Eklus Talasli Imalat Kayit	567.36	< 12,57	223.00	1028.00
Yon Klapesi Boya Hata Kayit	3.6300	< 0,18	0.00	13.0000
Yon Klapesi Cikis Borusu Hata Kayit	3.6360	< 0,19	0.00	11.0000
Yon Klapesi Delme Hata Kayit	8.7840	< 0,32	1.0000	22.0000
Yon Klapesi Govde Isleme Hata Kayit	6.1780	< 0,27	0.00	18.0000
Yon Klapesi Hucrese Imalat Kayit	716.54	< 15,19	264.00	1164.00
Yon Klapesi Kayit	715.91	< 15,18	264.00	1163.00
Yon Klapesi Montaj Hata Kayit	3.8880	< 0,19	0.00	11.0000
Yon Klapesi Piston Hata Kayit	3.7500	< 0,19	0.00	12.0000
Yon Klapesi Talasli Imalat Kayit	719.91	< 15,23	264.00	1183.00
Yon Klapesi Teker Isleme Hata Kayit	6.0340	< 0,26	0.00	17.0000
Yon Klapesi Teker Kaynatma Hata Kayit	3.9760	< 0,20	0.00	12.0000

Ek 8: İyileştirme Simülasyonu 2. Aşama Sonuç Raporu

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aspirator Boya Hata Kayıt	2.1740	< 0,14	0.00	8.0000
Aspirator Bukum Hata Kayıt	3.0040	< 0,18	0.00	11.0000
Aspirator Fan Balans Hata Kayıt	1.8620	< 0,13	0.00	7.0000
Aspirator Fan Kaynatma Hata Kayıt	1.9120	< 0,14	0.00	10.0000
Aspirator Govde Isleme Hata Kayıt	0.9300	< 0,09	0.00	5.0000
Aspirator Hucrese Imalat Kayıt	408.62	< 13,10	84.0000	971.00
Aspirator Karsilik Flanlari Hata Kayıt	1.6040	< 0,12	0.00	8.0000
Aspirator Kayıt	408.09	< 13,10	84.0000	971.00
Aspirator Montaj Hata Kayıt	1.6440	< 0,13	0.00	7.0000
Aspirator Motor Ayagi Hata Kayıt	1.0860	< 0,10	0.00	7.0000
Aspirator Motor Ayagi Kaynatma Kayıt	1.5820	< 0,13	0.00	9.0000
Aspirator Salyangoz Hata Kayıt	2.1320	< 0,15	0.00	9.0000
Aspirator Talasli Imalat Kayıt	425.55	< 14,35	84.0000	1187.00
Aspirator Temizlik Hata Kayıt	0.4080	< 0,06	0.00	6.0000
Blower Boya Hata Kayıt	8.6120	< 0,30	2.0000	22.0000
Blower Cikis Konik Hata Kayıt	3.0400	< 0,16	0.00	10.0000
Blower Giriş Borusu Kaynatma Hata Kayıt	1.8720	< 0,12	0.00	7.0000
Blower Hucrese Imalat Kayıt	778.20	< 15,50	258.00	1331.00
Blower Karsilik Flanslari Hata Kayıt	4.3420	< 0,19	0.00	14.0000
Blower Kayıt	777.50	< 15,49	258.00	1322.00
Blower Lazer Kayıt	794.94	< 16,04	258.00	1428.00
Blower Montaj Hata Kayıt	7.3580	< 0,28	0.00	17.0000
Blower Motor Ayagi Kesim Hata Kayıt	1.0220	< 0,09	0.00	6.0000
Blower Motor Korkulugu Hata Kayıt	1.8040	< 0,12	0.00	7.0000
Blower Sase Hata Kayıt	1.5620	< 0,11	0.00	8.0000
Blower Yalitim Hata Kayıt	2.0560	< 0,13	0.00	8.0000
Diger Makina Kayıt	1552.55	< 17,97	878.00	1887.00
Eklus banker ve kapak hata kayıt	4.0440	< 0,18	0.00	11.0000
Eklus Boya Hata Kayıt	2.8580	< 0,16	0.00	9.0000
Eklus Giriş Unitesi Hata Kayıt	2.4800	< 0,15	0.00	8.0000
Eklus Govde Isleme Hata Kayıt	1.3740	< 0,11	0.00	6.0000
Eklus Hucrese Imalat Kayıt	529.85	< 10,50	249.00	907.00
Eklus Kanat Kaynatma Hata Kayıt	1.7720	< 0,13	0.00	8.0000
Eklus Kapak Isleme Hata Kayıt	2.4100	< 0,15	0.00	9.0000
Eklus Kayıt	528.44	< 10,49	249.00	903.00

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Eklus Kaynak Hata Kayit	2.3700	< 0,15	0.00	12.0000
Eklus Korkuluk Hata Kayit	3.0380	< 0,17	0.00	10.0000
Eklus Montaj Hata Kayit	2.4520	< 0,14	0.00	8.0000
Eklus Talasli Imalat Kayit	569.50	< 13,05	249.00	1286.00
Yon Klapesi Boya Hata Kayit	3.6840	< 0,19	0.00	11.0000
Yon Klapesi Cikis Borusu Hata Kayit	3.6180	< 0,18	0.00	13.0000
Yon Klapesi Delme Hata Kayit	3.5740	< 0,18	0.00	12.0000
Yon Klapesi Govde Isleme Hata Kayit	2.5100	< 0,15	0.00	10.0000
Yon Klapesi Hucrese Imalat Kayit	706.92	< 14,40	243.00	1129.00
Yon Klapesi Kayit	706.27	< 14,38	243.00	1129.00
Yon Klapesi Montaj Hata Kayit	3.7500	< 0,19	0.00	16.0000
Yon Klapesi Piston Hata Kayit	3.8100	< 0,19	0.00	11.0000
Yon Klapesi Talasli Imalat Kayit	709.78	< 14,47	243.00	1130.00
Yon Klapesi Teker Isleme Hata Kayit	2.3680	< 0,14	0.00	10.0000
Yon Klapesi Teker Kaynatma Hata Kayit	4.0380	< 0,20	0.00	13.0000

Ek 9: İyileştirme Simülasyonu 3. Aşama Sonuç Raporu

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aspirator Boya Hata Kayıt	2.2220	< 0,15	0.00	12.0000
Aspirator Bukum Hata Kayıt	3.2160	< 0,19	0.00	14.0000
Aspirator Fan Balans Hata Kayıt	1.8080	< 0,13	0.00	9.0000
Aspirator Fan Kaynatma Hata Kayıt	1.8620	< 0,14	0.00	11.0000
Aspirator Govde Isleme Hata Kayıt	0.9160	< 0,09	0.00	6.0000
Aspirator Hucrese Imalat Kayıt	409.48	< 12,89	107.00	1075.00
Aspirator Karsilik Flanlari Hata Kayıt	1.6520	< 0,12	0.00	9.0000
Aspirator Kayıt	408.46	< 12,86	107.00	1074.00
Aspirator Montaj Hata Kayıt	0.3480	< 0,06	0.00	5.0000
Aspirator Motor Ayagi Hata Kayıt	1.0700	< 0,10	0.00	6.0000
Aspirator Motor Ayagi Kaynatma Kayıt	1.7940	< 0,13	0.00	8.0000
Aspirator Salyangoz Hata Kayıt	2.1040	< 0,15	0.00	10.0000
Aspirator Talasli Imalat Kayıt	429.38	< 14,82	107.00	1370.00
Aspirator Temizlik Hata Kayıt	0.3580	< 0,05	0.00	3.0000
Blower Boya Hata Kayıt	8.4400	< 0,33	1.0000	23.0000
Blower Cikis Konik Hata Kayıt	2.8740	< 0,16	0.00	9.0000
Blower Giriş Borusu Kaynatma Hata Kayıt	1.7980	< 0,13	0.00	7.0000
Blower Hucrese Imalat Kayıt	778.64	< 17,15	360.00	1475.00
Blower Karsilik Flanslari Hata Kayıt	4.0660	< 0,20	0.00	12.0000
Blower Kayıt	776.72	< 17,02	360.00	1475.00
Blower Lazer Kayıt	790.43	< 17,28	376.00	1476.00
Blower Montaj Hata Kayıt	1.5100	< 0,11	0.00	6.0000
Blower Motor Ayagi Kesim Hata Kayıt	0.9640	< 0,09	0.00	5.0000
Blower Motor Korkulugu Hata Kayıt	1.6920	< 0,13	0.00	7.0000
Blower Sase Hata Kayıt	1.6000	< 0,12	0.00	8.0000
Blower Yalitim Hata Kayıt	2.1900	< 0,14	0.00	8.0000
Diger Makina Kayıt	1564.39	< 16,77	933.00	1891.00
Eklus banker ve kapak hata kayıt	4.3600	< 0,20	0.00	13.0000
Eklus Boya Hata Kayıt	2.9340	< 0,16	0.00	10.0000
Eklus Giriş Unitesi Hata Kayıt	1.9420	< 0,13	0.00	7.0000
Eklus Govde Isleme Hata Kayıt	0.9460	< 0,09	0.00	6.0000
Eklus Hucrese Imalat Kayıt	535.52	< 11,37	208.00	962.00
Eklus Kanat Kaynatma Hata Kayıt	1.8660	< 0,13	0.00	9.0000
Eklus Kapak Isleme Hata Kayıt	1.2480	< 0,10	0.00	6.0000
Eklus Kayıt	533.61	< 11,36	208.00	961.00

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Eklus Kaynak Hata Kayit	2.4040	< 0,15	0.00	11.0000
Eklus Korkuluk Hata Kayit	3.0420	< 0,16	0.00	9.0000
Eklus Montaj Hata Kayit	0.4720	< 0,06	0.00	5.0000
Eklus Talasli Imalat Kayit	569.84	< 12,58	214.00	1009.00
Yon Klapesi Boya Hata Kayit	3.4680	< 0,19	0.00	11.0000
Yon Klapesi Cikis Borusu Hata Kayit	3.7560	< 0,18	0.00	11.0000
Yon Klapesi Delme Hata Kayit	3.2460	< 0,17	0.00	14.0000
Yon Klapesi Govde Isleme Hata Kayit	2.4580	< 0,14	0.00	7.0000
Yon Klapesi Hucrese Imalat Kayit	700.28	< 15,14	141.00	1136.00
Yon Klapesi Kayit	698.52	< 15,10	141.00	1109.00
Yon Klapesi Montaj Hata Kayit	0.7440	< 0,08	0.00	4.0000
Yon Klapesi Piston Hata Kayit	3.5440	< 0,18	0.00	11.0000
Yon Klapesi Talasli Imalat Kayit	702.90	< 15,22	141.00	1141.00
Yon Klapesi Teker Isleme Hata Kayit	2.3480	< 0,14	0.00	8.0000
Yon Klapesi Teker Kaynatma Hata Kayit	4.0620	< 0,20	0.00	13.0000

Ek 10: İyileştirme Simülasyonu 4. Aşama Sonuç Raporu

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aspirator Boya Hata Kayıt	0.2560	< 0,04	0.00	3.0000
Aspirator Bukum Hata Kayıt	3.1740	< 0,19	0.00	13.0000
Aspirator Fan Balans Hata Kayıt	1.8740	< 0,13	0.00	8.0000
Aspirator Fan Kaynatma Hata Kayıt	1.9540	< 0,14	0.00	10.0000
Aspirator Govde Isleme Hata Kayıt	0.9280	< 0,09	0.00	6.0000
Aspirator Hucrese Imalat Kayıt	413.61	< 13,92	128.00	964.00
Aspirator Karsilik Flanlari Hata Kayıt	1.6180	< 0,12	0.00	9.0000
Aspirator Kayıt	411.54	< 13,78	128.00	947.00
Aspirator Montaj Hata Kayıt	0.3340	< 0,05	0.00	4.0000
Aspirator Motor Ayagi Hata Kayıt	0.9740	< 0,09	0.00	5.0000
Aspirator Motor Ayagi Kaynatma Kayıt	1.6500	< 0,12	0.00	8.0000
Aspirator Salyangoz Hata Kayıt	2.0460	< 0,15	0.00	8.0000
Aspirator Talasli Imalat Kayıt	431.44	< 15,16	128.00	1100.00
Aspirator Temizlik Hata Kayıt	0.3760	< 0,06	0.00	4.0000
Blower Boya Hata Kayıt	0.5720	< 0,07	0.00	4.0000
Blower Cikis Konik Hata Kayıt	2.9720	< 0,16	0.00	9.0000
Blower Giris Borusu Kaynatma Hata Kayıt	1.7080	< 0,12	0.00	7.0000
Blower Hucrese Imalat Kayıt	760.21	< 15,21	331.00	1388.00
Blower Karsilik Flanslari Hata Kayıt	3.9600	< 0,20	0.00	13.0000
Blower Kayıt	758.15	< 15,21	331.00	1388.00
Blower Lazer Kayıt	774.41	< 15,73	331.00	1440.00
Blower Montaj Hata Kayıt	1.3840	< 0,11	0.00	7.0000
Blower Motor Ayagi Kesim Hata Kayıt	0.9820	< 0,09	0.00	7.0000
Blower Motor Korkulugu Hata Kayıt	1.6940	< 0,12	0.00	7.0000
Blower Sase Hata Kayıt	1.5480	< 0,12	0.00	9.0000
Blower Yalitim Hata Kayıt	2.1740	< 0,14	0.00	8.0000
Diger Makina Kayıt	1541.21	< 17,12	957.00	1874.00
Eklus banker ve kapak hata kayıt	4.2580	< 0,20	0.00	13.0000
Eklus Boya Hata Kayıt	0.6720	< 0,07	0.00	4.0000
Eklus Giris Unitesi Hata Kayıt	2.0920	< 0,13	0.00	7.0000
Eklus Govde Isleme Hata Kayıt	0.8580	< 0,08	0.00	5.0000
Eklus Hucrese Imalat Kayıt	541.45	< 11,30	194.00	947.00
Eklus Kanat Kaynatma Hata Kayıt	1.9760	< 0,13	0.00	8.0000
Eklus Kapak Isleme Hata Kayıt	1.3700	< 0,11	0.00	7.0000
Eklus Kayıt	539.73	< 11,30	194.00	947.00

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Eklus Kaynak Hata Kayit	2.5240	< 0,15	0.00	9.0000
Eklus Korkuluk Hata Kayit	3.1720	< 0,17	0.00	9.0000
Eklus Montaj Hata Kayit	0.4740	< 0,06	0.00	4.0000
Eklus Talasli Imalat Kayit	579.73	< 13,40	195.00	1118.00
Yon Klapesi Boya Hata Kayit	0.8100	< 0,08	0.00	5.0000
Yon Klapesi Cikis Borusu Hata Kayit	3.6020	< 0,18	0.00	12.0000
Yon Klapesi Delme Hata Kayit	3.3280	< 0,18	0.00	11.0000
Yon Klapesi Govde Isleme Hata Kayit	2.5040	< 0,15	0.00	10.0000
Yon Klapesi Hucrese Imalat Kayit	696.79	< 14,80	189.00	1123.00
Yon Klapesi Kayit	695.42	< 14,79	189.00	1117.00
Yon Klapesi Montaj Hata Kayit	0.7740	< 0,08	0.00	6.0000
Yon Klapesi Piston Hata Kayit	3.5300	< 0,18	0.00	11.0000
Yon Klapesi Talasli Imalat Kayit	699.87	< 14,83	189.00	1135.00
Yon Klapesi Teker Isleme Hata Kayit	2.4120	< 0,15	0.00	10.0000
Yon Klapesi Teker Kaynatma Hata Kayit	3.9900	< 0,19	0.00	12.0000

