

**KISITLAR TEORİSİ VE ALTI SİGMA ENTEGRASYONU: BİR
ÜRETİM TESİSİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İşletme Ana Bilim Dalı
Üretim Yönetimi ve Pazarlama Programı**

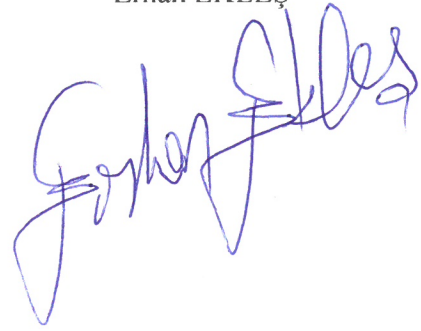
Erhan EKLEŞ

Danışman: Doç. Dr. Mevhibe AY TÜRKMEN

**Eylül 2020
DENİZLİ**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

Erhan EKLEŞ



ÖN SÖZ

Bu çalışmamı, yaşamımda bireysel aydınlanma dönemi olarak adlandırdığım dönemin kilometre taşlarından biri olarak görüyorum. Yüksek lisans eğitimini üniversite mezuniyetimden 15 yıl sonra yapmaya karar vermemdeki en önemli etken yeni şeyler öğrenmeye duyduğum istek olmuştur. Eğitim hayatı boyunca bize öğretilenlerin yaşantımıza en büyük katkısının o öğretilenleri uygulamak olduğunun bir kez daha farkına vardım.

Tez konusu olarak Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma bütünleşme modelini seçmemdeki amaç; söz konusu iki kavramın günümüz iş dünyasındaki popülerliği yanında birçok işletmenin halen bu kavramlar ile tanışmamış olması idi. Günümüzde yaşanan kaynak kısıtı ve rekabet koşulları nedeni ile işletmelerin hayatta kalabilmeleri için süreçlerinde iyileştirme yapmaları artık kaçınılmazdır. Kavram bilgilerini yüksek lisans eğitimi sırasında aldığım bu iki yönetim felsefesi ile ilgili literatür taraması yapıldığında birçok uygulama olduğunu gördüm. Bu çalışmalardan farklı olarak, bu iki felsefenin bütünleşme modeli ile ilgili çalışmaları inceleyip seçtiğim bütünleşme modelini bir üretim işletmesinde uygulamaya çalıştım.

Bu tezin hazırlanmasında öncelikle yüksek lisans eğitimimde ve tezin hazırlanma sürecinde desteğini esirgemeyen, bilgisi ve katkıları ile ışık tutan tez danışmanım Doç. Dr. Mevhibe AY TÜRKMEN'e, Amaç ve Hız kitaplarını yüksek lisans eğitimimin ilk derslerinde bana okumayı tavsiye eden ve Goldratt'ın felsefesi ile tanıştıran Dr. Öğr. Üyesi Mustafa BAYHAN'a teşekkür ederim. Çalışmamda sektör ve üretim teknolojileri ile ilgili değerli katkılarını esirgemeyen Fatih AĞIRBAŞ ve Özgür HOR'a ayrıca teşekkür ederim. Bu çalışmamı manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, aydınlanma sürecimde yaşadığım dalgalanmalarda her zaman yanımda olan ve yüksek lisans yapmama vesile olan sevgili eşim Nilay EKLEŞ'e, oğlum Eray Yılmaz'a ve kızım Nisan'a ithaf ediyorum.

ÖZET

KISITLAR TEORİSİ VE ALTI SİGMA ENTEGRASYONU: BİR ÜRETİM TESİSİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

EKLEŞ, Erhan

Yüksek Lisans Tezi

İşletme ABD

Üretim Yönetimi ve Pazarlama Programı

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Mevhibe AY TÜRKMEN

Eylül 2020, XI + 146 Sayfa

20.yy'ın ikinci yarısından itibaren başlayan kaynak yetersizliği ve artan rekabet ortamı neticesinde işletmelerin ürettikleri ürün ya da hizmetleri hedefledikleri sayıdaki müşterilere ulaştırmaları zorlaşmaya başlamıştır. Rekabet öncelikle müşterilerin beklentilerini karşılayan kaliteli ürünü yine müşterinin beklentisi olan fiyatla satabilmede yaşanmıştır. Günümüz piyasa koşullarında halen geçerliliğini koruyan fiyat rekabeti ile başa çıkabilmenin en iyi yolu müşterilere sunduğunuz ürün ya da hizmeti kaliteden ödün vermeden daha uygun maliyette üretebilmek ve uygun fiyatla piyasaya sürmektir. Günümüzde işletmeler bu amacı gerçekleştirebilmek, süreçlerini yönetebilmek için bazı yönetim felsefelerini uygulamaktadır. Bu sayede müşterilerine sundukları ürün ya da hizmeti uygun kalitede ve maliyette üretebilirler.

Bu çalışmada Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma metodolojileri ayrı ayrı tanımlanmış, bu yöntemlerin literatür taramaları ile yapılan uygulamalar ve kazanımlar hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra bu iki yöntemin bütünleşme modeli ile ilgili çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Son bölümde bir enerji kablosu üretim tesisinde bütünleşme modeli yardımı ile süreç iyileştirme çalışması yapılmıştır. Çalışma sonunda bütünleşme modelinin uygulanması ile sürece ilave ekipman yatırımı yapılarak alternatif hammadde kullanımı sağlanmış, bu sayede hammadde maliyetinde ve üretim hızında iyileştirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kısıtlar Teorisi, Altı Sigma, Bütünleşme Modeli, Enerji Kablosu Üretimi

ABSTRACT**THEORY OF CONSTRAINTS and SIX SIGMA INTEGRATION: A PROCESS
IMPROVEMENT APPLICATION IN A PRODUCTION FACILITY**

EKLEŞ, Erhan
Master Thesis
Business Administration Department
Production Management and Marketing Programme
Adviser of Thesis: Assoc. Prof. Dr. Mevhibe AY TÜRKMEN

September 2020, XI + 146 Pages

As a result of lack of resources and increasing of competition that started in the second half of 20th century, it has become difficult for businesses to deliver their products or services to the number of customers they target. Competition was primarily experienced in selling the quality product that meets the expectations of customers and the price expected of them. The best way to cope with this price competition which is still valid in today's market conditions is to be able to produce the product or service you offer to customers at a most affordable cost without sacrificing quality and launching it to the market at affordable prices. Today nearly all businesses apply some management philosophies in order to achieve this goal and manage their processes. In this way, they can produce goods or services and offer to their customers with appropriate quality and cost.

In this study, Theory of Constraints and Six Sigma methodologies are defined separately, and with the literature review information about the applications, achievements of these methods are given together. After then, the integration model of these methods was given. In the last section, with the help of this integration model, a process improvement study was carried out in an power cable production facility. At the end of the study, with the implementation of the integration model, by investing in additional equipment to the process alternative raw materials were used, thus improving the raw material cost and production speed.

Key words: Theory of Constraints, Six Sigma, Integration Model, Power Cable Production

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
SİMGELER DİZİNİ.....	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM KISITLAR TEORİSİ

1.1.Kısıt Kavramı	3
1.2.Kısıtlar Teorisinin Tanımı.....	3
1.3.Kısıtlar Teorisinin Varsayımları ve Tarihsel Gelişimi.....	5
1.4.Kısıtlar Teorisinin Temel İlkeleri	6
1.5.Kısıt Türleri.....	7
1.5.1.Pazar Kısıtları	7
1.5.2.Kaynak (Kapasite) Kısıtları.....	8
1.5.3.Malzeme Kısıtları	8
1.5.4.Lojistik Kısıtları	9
1.5.5.Yönetmel (Politik) Kısıtlar	9
1.5.6.Davranışsal Kısıtlar	9
1.6.Kısıtlar Teorisinin Bileşenleri	10
1.6.1.Kısıtlar Teorisinin Performans Ölçütleri	10
1.6.1.1.Finansal ölçütler	11
1.6.1.2.Faaliyet ölçütleri.....	12
1.6.1.3.Finansal ölçütler ve faaliyet ölçütleri arasındaki ilişki.....	13
1.6.2.Kısıtlar Teorisinin Lojistik Bileşenleri.....	14
1.6.2.1.Sürekli gelişim modeli.....	14
1.6.2.2.Davul-tampon-ip yöntemi	17
1.6.2.3.Tampon yönetimi	20
1.6.2.4.IVAT analizleri.....	20
1.6.3.Problem Çözme / Düşünce Süreci.....	26
1.6.3.1.Mevcut gerçeklik ağacı (MGA)	27
1.6.3.2.Buharlaşan bulut (BB).....	28
1.6.3.3.Gelecekteki gerçeklik ağacı (GGA)	29
1.6.3.4.Ön koşul ağacı (ÖKA).....	30
1.6.3.5.Geçiş ağacı (GA)	31
1.7.Kısıtlar Teorisinin Faydaları	33
1.8.Kısıtlar Teorisine Yönelik Eleştiriler	34
1.9.Kısıtlar Teorisi ile İlgili Literatür Taraması.....	35
1.9.1.Kavram, Literatür Taraması ve Süreç Yönetimi ile İlgili Çalışmalar	35
1.9.2.Süreç Katkı Muhasebesi, Stratejik Maliyet ve Ürün Karması Tespiti ile İlgili Çalışmalar.....	39
1.9.3.Düşünce Süreci Araçlarının Uygulandığı Çalışmalar	42

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA

2.1.Altı Sigma Kavramı	46
2.2.Altı Sigmanın Tarihçesi	47
2.3.Altı Sigmanın Temel İlkeleri	51
2.3.1.Müşteri Odaklılık	51
2.3.2.Süreçlere Odaklanma	51
2.3.3.Yönetimin Katkısı	52
2.3.4.Verilere Dayalı Karar Verme	52
2.3.5.İş Birliği.....	52
2.3.6.Mükemmele Yöneliş ve Başarısızlığa Karşı Hoşgörü	52
2.4.Altı Sigma Organizasyonu	53
2.4.1.Liderlik Konseyi.....	53
2.4.2.Uygulama Lideri.....	54
2.4.3.Sponsor (Kalite Şampiyonu)	55
2.4.4.Uzman Kara Kuşak	55
2.4.5.Kara Kuşak	56
2.4.6.Yeşil Kuşak	57
2.5.Altı Sigmanın Uygulama Aşamaları	57
2.5.1.TÖADD Yöntemi	58
2.5.2.TÖAİK Yöntemi.....	58
2.5.2.1.Tanımlama.....	59
2.5.2.2.Ölçme	62
2.5.2.3.Analiz	64
2.5.2.4.İyileştirme.....	65
2.5.2.5.Kontrol.....	65
2.6.Altı Sigma Yol Haritası.....	67
2.6.1.Temel Süreçlerin ve Kilit Müşterilerin Belirlenmesi	68
2.6.2.Müşteri Gereksinimlerinin Tanımlanması.....	68
2.6.3.Mevcut Performansın Ölçülmesi.....	69
2.6.4.İyileştirmelerin Analiz Edilmesi ve Uygulanması	69
2.6.5.Altı Sigma Sisteminin Yayılması ve Entegre Edilmesi.....	70
2.7.Başarılı Bir Altı Sigma Uygulamasının Özellikleri	70
2.8.Altı Sigma Uygulamasının Faydaları.....	71
2.9.Altı Sigma Uygulamasında Yaşanan Zorluklar	72
2.10.Altı Sigmanın Türkiye'deki Uygulamaları	72
2.11.Altı Sigma ile İlgili Literatür Taraması.....	73

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KISITLAR TEORİSİ ve ALTI SİGMA İLİŞKİSİ

3.1.Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma Yöntemlerinin Karşılaştırılması	81
3.2.Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma Bütünleşme Modeli	83
3.2.1.Jin ve Diğerleri Bütünleşme Modeli	83
3.2.2.Ehie ve Sheu Bütünleşme Modeli	87
3.2.3.Lee ve Chang Bütünleşme Modeli	89
3.3.Bütünleşme Modeli ile İlgili Eleştiriler ve Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar ..	91

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KISITLAR TEORİSİ ve ALTI SİGMA BÜTÜNLEŞME MODELİ UYGULAMASI

4.1.Uygulamanın Amacı	94
4.2.Firma Hakkında Genel Bilgiler	95
4.3.Problemin Tanımlanması	95
4.4.OG Üretim Süreç Şeması	97
4.5.Bütünleşme Modeli Uygulaması.....	99
4.5.1.Kısıtı Tanımlama	99
4.5.2.Tanımlama.....	104
4.5.3.Ölçme ve Analiz	107
4.5.4.Kısıtı Yönetme ve Sistemin Kısıta Göre Tasarlanması.....	110
4.5.5.Verileri Doğrula	118
4.5.6.İyileştirme ve Kısıtı Ortadan Kaldırma	120
4.5.7.Kontrol ve Yeni Kısıtların Tespiti.....	123
4.6.Uygulamanın Değerlendirilmesi	131
4.7.Sonuç ve Öneriler.....	134
KAYNAKLAR	137
ÖZ GEÇMİŞ	146

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Üretim Hattı (Üretim Kısıtı)	3
Şekil 2. Üretim Hattı (Pazar Kısıtı).....	3
Şekil 3. KT’de Performans Ölçütleri	10
Şekil 4. Finansal Ölçütler ve Faaliyet Ölçütleri Arasındaki Doğrudan İlişki	13
Şekil 5. Finansal Ölçütler ve Faaliyet Ölçütleri Arasındaki Dolaylı İlişki	14
Şekil 6. Sürekli Gelişim Modeli.....	15
Şekil 7. Gelişim Modeli: Devam Eden ya da Kısa Süreli?	17
Şekil 8. Davul-Tampon-İp Sistemi	19
Şekil 9. Ayrılma ve Birleşme Noktaları	21
Şekil 10. I Tesisi.....	22
Şekil 11. V Tesisi	23
Şekil 12. A Tesisi	24
Şekil 13. T Tesisi	25
Şekil 14. Mevcut Gerçeklik Ağacı	28
Şekil 15. Buharlaştan Bulut.....	29
Şekil 16. Gelecekteki Gerçeklik Ağacı	30
Şekil 17. Ön Koşul Ağacı	31
Şekil 18. Geçiş Ağacı	32
Şekil 19. 6σ Yöntem Bilimine Neden Olan Gelişmeler	48
Şekil 20. 6σ Organizasyonel Yapısı.....	54
Şekil 21. 6σ Rol ve Yapılarının Seçenekleri	57
Şekil 22. TÖAİK Yöntemi	59
Şekil 23. Süreç Haritası Sembolleri	60
Şekil 24. Histogram Çizelgesi.....	61
Şekil 25. Pareto Çizelgesi	61
Şekil 26. Sebep-Sonuç Diyagramı	62
Şekil 27. Kontrol Grafikleri	63
Şekil 28. 6σ Yol Haritası.....	68
Şekil 29. KT ve 6σ Bütünleşme Modeli.....	84
Şekil 30. KT ve 6σ Bütünleşme Modeli.....	85
Şekil 31. KT ve 6σ Entegrasyonu	88
Şekil 32. İş Akış Şeması	98
Şekil 33. Mevcut Gerçeklik Ağacı	103
Şekil 34. Sebep-Sonuç Diyagramı	109

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. KT Bileşenleri.....	10
Tablo 2. “ σ ” Seviyelerine Göre Hata Oranları.....	46
Tablo 3. İşletme Bazında 6σ 'dan Elde Edilen Kazançlar	50
Tablo 4. Genel Roller ve Kuşaklardaki Çeşitlerden Örnekler	53
Tablo 5. Kısıtlar Teorisi ve 6σ 'nın Karşılaştırılması	82
Tablo 6. KT, 6σ ve RCA Bütünleşme Modeli	91
Tablo 7. İnşaat Ciro Endeksi Değişim Oranları 2009-2020.....	96
Tablo 8. OG Ürün Grubu İhracat Rakamları	96
Tablo 9. OG Üretim Hattı Kapasite Doluluk Oranı	101
Tablo 10. SIPOC Haritası	105
Tablo 11. Müşteri Beklentileri ve İlişkili CTQ'lar	106
Tablo 12. 2017-2019 Arası Tekliflerin Siparişe Dönüşmemeye Nedenleri	107
Tablo 13. OG Kablo Tasarımında Belirlenen Hammadde Miktarları ve Maliyetleri ...	111
Tablo 14. Üretim Akış Şeması	112
Tablo 15. OG Kablosu 8km'de Tüketilen Hammadde Miktarları	113
Tablo 16. Tasarım ve Üretim Arasındaki Hammadde Ağırlık Farklılıkları.....	113
Tablo 17. Üretimde Harcanan Hammaddelerin Ağırlıkları ve Maliyetleri.....	114
Tablo 18. Cu30kV Gerçekleşen ve Hedeflenen Adam-Saat Bilgileri.....	115
Tablo 19. Cu30kV Gerçekleşen ve İyileştirilen Maliyet Bilgileri	116
Tablo 20. Cu30kV'nin GD ile Güncellenen Reçete ve Hammadde Maliyeti.....	116
Tablo 21. Cu30kV'nin GD ile Güncellenen Toplam Maliyeti	117
Tablo 22. Gelecekteki Üretim Akış Şeması	118
Tablo 23. İyileştirme Sonrası CTQ'lar.....	119
Tablo 24. Deney Tasarımında Faktörlerin Etkileri	121
Tablo 25. GD Sistem Maliyeti	121
Tablo 26. Cu45kV Tasarım ve Üretim Değerleri.....	124
Tablo 27. Cu45kV GD Öncesi Gerçekleşen Hammadde Maliyeti	125
Tablo 28. “ σ ” Değer Tablosu	126
Tablo 29. Cu45kV GD Öncesi Gerçekleşen Hammadde Maliyeti	126
Tablo 30. Al35kV Tasarım ve Üretim Değerleri	128
Tablo 31. Ekranlama Sürecinde Kullanılan Hammaddelerin Ölçüleri	129
Tablo 32. Cu45kV Ekranlama Tasarım Bilgileri	129
Tablo 33. Cu45kV Ekranlama Üretim Bilgileri.....	130
Tablo 34. Bütünleşme Modeli Uygulama Özet Tablosu.....	133

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AG	: Alçak Gerilim (0 kV – 1 kV arası şebeke gerilimleri)
BB	: Buharlaşan Bulut
BC	: Çıplak Bakır / Bare Copper
CCPM	: Kritik Zincir Proje Yönetimi / Critical Chain Project Management
CEO	: İcra Kurulu Başkanı / Chief Executive Officer
CSF	: Kritik Başarı Faktörleri / Critical Success Factors
CTQ	: Kritik Kalite Karakteristikleri / Critical to Quality
CUSUM	: Yığımlı Toplam / Cumulative Sum
DOE	: Deneysel Tasarım / Design of Experiment
DPMO	: Milyonda Hata Sayısı / Defects per Million Opportunities
DPO	: Fırsat Başına Düşen Hata Sayısı / Defects per Opportunities
DPU	: Ürün Başına Düşen Hata Miktarı / Defects per Unit
DTİ	: Davul – Tampon – İp
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması / Enterprise Resource Planning
FD	: Faktöriyel Tasarımlar / Factorial Design
FMEA	: Hata Türleri ve Etkileri Analizi / Failure Mode and Effect Analysis
GA	: Geçiş Ağacı
GD	: Gravimetrik Dozajlama
GGA	: Gelecekteki Gerçeklik Ağacı
GÖS	: Geri Ödeme Süresi
GTİP	: Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
HK	: Harmonize Kablolar
ISO	: Uluslararası Standart Organizasyonu / International Organization for Standardization
İVO	: İş Gücü Verimlilik Oranı
JIT	: Tam Zamanında Üretim / Just in Time
KK	: Kalite Kontrol
KT	: Kısıtlar Teorisi
MBNQA	: Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü / Malcolm Baldrige National Quality Awards
MGA	: Mevcut Gerçeklik Ağacı
MRP	: Malzeme İhtiyaç Planlaması / Material Requirements Planning
MTO	: Siparişe göre Üretim / Manufacturing to Order
OG	: Orta Gerilim (1 kV – 35 kV arası şebeke gerilimleri)
ÖKA	: Ön Koşul Ağacı
PAF	: Önleme, Ölçme-Değerlendirme, İç-Dış Başarısızlık / Prevention, Appraisal, Failure
PE	: Polietilen
PPCS	: Üretim Planlama Kontrol Sistemleri / Production Planning Control System
PUKÖ	: Planla – Uygula – Kontrol et – Önlem al
PUKY	: Planla – Uygula – Kontrol et – Yap
PVC	: Polivinil klorür
RCA	: Kök Neden Analizi / Root Cause Analysis

SIPOC	: Tedarikçi-Girdi-Süreç-Çıktı-Kontrol / Supplier-Input-Process-Output-Control
SOH	: Hipotezlerin Mantıksal Yapısı / Source of Hypothesis
TEI	: Türk Motor Endüstrisi / Turkish Engine Industry
TFT-LCD	: İnce Tabakalı Transistör / Thin Film Transistor – Liquid Crystal Display
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
TÖADD	: Tanımla – Ölç – Analiz et – Dizayn et – Doğrula
TÖAİK	: Tanımla – Ölç – Analiz et – İyileştir – Kontrol et
TRIZ	: Yaratıcı Problem Çözme Teorisi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
XLPE	: Çapraz Bağlı Polietilen
VOC	: Müşterinin Sesi / Voice of Customer
VZA	: Veri Zarflama Analizi

SİMGELER DİZİNİ

σ	: Standart Sapma / Sigma
Σ	: Toplam Simgesi
6σ	: Altı Sigma
C_{pk}	: Süreç Yeterlilik Endeksi
dk	: Dakika
km	: Kilometre
kV	: Kilovolt
m	: Metre
sn	: Saniye
USD	: Amerikan Doları
vb.	: Ve bazıları
yy	: Yüz yıl

GİRİŞ

XVIII. Yüzyılın ikinci yarısında Sanayi Devrimi ile ilerlemeye başlayan girişimciliğin, sanayi yatırımlarındaki artışın desteği ile ve gelişmeye başlayan kapitalizm olgusuyla hız kazan üretim olgusu, II. Dünya Savaşı sonunda ortaya çıkan kaynak yetersizliği nedeni ile duraklamaya geçmiştir. Bu tarihten sonra üretim tesisleri, eldeki yetersiz kaynak ve artan rekabet nedeni ile mevcut müşteriye koruma bununla birlikte yeni pazarlar bulma yoluna gitmişlerdir. Bu süreçte işletmeler, üretim süreçlerinde ya da yeni pazarlar bulmada belirli kısıtlar yaşamışlardır. Yaşanılan bu kısıtlar nedeni ile elde edilen kârlar azalmış bunun sonucunda işletmeler faaliyetlerini sürdürmekte ve hayatta kalabilmekte zorlanmaya başlamışlardır.

Bir işletmenin temel amaçlarından biri yıllar boyunca faaliyetini sürdürebilmek ve kazanç elde etmektir. Bunu sağlamak için üretilen ürün ya da hizmeti sunabilecekleri bir müşterinin varlığı yetmeyebilir. Bunun için işletmeler rakiplerine nazaran daha etkin ve verimli süreç yönetimi gerçekleştirmeli ve meydana gelen kısıtları yönetmeli ve ortadan kaldırmalıdır.

Günümüzde süreçlerin etkin bir şekilde yönetilmesi, darboğazların ortadan kaldırılması ve süreç performanslarının iyileştirilmesi için birçok yönetim felsefesi uygulanmaktadır. Bunlardan en önemlileri Dr. Eliyahu Goldratt'ın 1984 yılında yazdığı "Amaç" isimli kitabında bahsettiği Kısıtlar Teorisi ve temeli daha eskiye dayanmasına rağmen 1980'lerde Motorola tarafından geliştirilen Altı Sigma felsefesidir. Son dönemlerde rekabetin artması ile birlikte işletmelerin bu kavramlar hakkında daha detaylı çalışmalar yapabilecek teknolojilere ve imkânlarla ulaşabilmeleri nedeni ile bu süreç iyileştirme çalışmalarının bütünleşme modelleri de uygulanmaya başlamıştır. Bu sayede işletmeler herhangi bir uygulamanın eksik kaldığı noktayı diğeri ile kapatabilmişlerdir. Bu çalışmada da Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma felsefesinin bütünleşme modeli üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın ilk kısmında Kısıtlar Teorisi kavramı tarihçesi, bileşenleri, yöntemi ve uygulama örnekleri ile detaylı bir şekilde incelenmiş bölüm sonunda ilgili kavramın literatür taraması yapılmıştır. İkinci kısımda ise benzer çalışma Altı Sigma felsefesi için yapılmıştır. Üçüncü kısımda Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma felsefelerinin bütünleşme modeli ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir ve bütünleşme modelleri ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın son bölümünde incelemesi yapılan bütünleşme modellerinden seçim yapılarak enerji kablosu üretimi yapan bir tesiste süreç iyileştirme

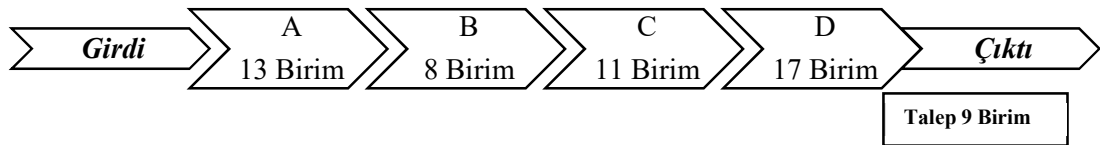
alışması yapılmıştır. Süreç iyileştirme çalışmasında amaç, satışlarda yaşanan düşüşün başlıca nedeni olan fiyat rekabetinde geride kalma kısıtına çözüm bulabilmektir. Bu amaç doğrultusunda üretim maliyetlerinde iyileştirme yapılacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KISITLAR TEORİSİ

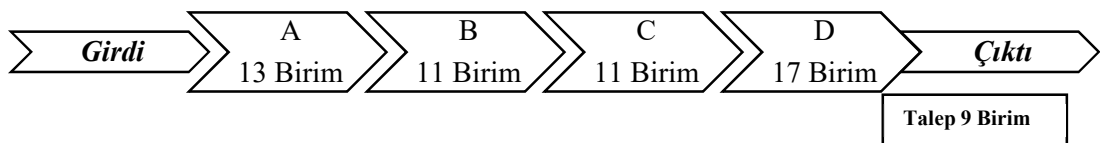
1.1.Kısıt Kavramı

Genel tanımı ile “kısıt” işletmelerin karşılaştıkları sorunlar olarak nitelendirilir. Bu kısıtlar işletmenin herhangi bir sürecinde meydana gelebilir. Üretim sürecinde karşılaşılan kısıt kavramını basit bir şekilde örneklendirebiliriz. Üretim hattı Şekil 1’de belirtildiği gibi 4 aşamadan oluşmaktadır. Üretim hattındaki kapasiteye baktığımızda tüm üretim hattı, sistemin en düşük kapasiteye sahip aşamasına bağlı olarak 8 birim üretebilmektedir. Aşama B, üretim hattının kısıtı olarak tanımlanır. Üretim kapasitesinin artırılabilmesi, sistemin iyileştirilebilmesi için bu aşamanın iyileştirilmesi gerekir.



Şekil 1. Üretim Hattı (Üretim Kısıtı)

Belirlenen aşamada bazı iyileştirmeler yapıldıktan sonra hattın Şekil 2’deki gibi olduğunu varsayalım. Bu örnekte de toplam üretim kapasitesinin talepten fazla olduğu görülmektedir. Artık kısıt üretim kısıtından çıkmış, toplam talebin düşük olduğu duruma yani pazar kısıtına dönüşmüştür. İşletme üretim kapasitesine uygun yeni pazarlar bularak stok miktarında artışın önüne geçmelidir.



Şekil 2. Üretim Hattı (Pazar Kısıtı)

Bu örnekten de anlaşılacağı gibi, herhangi bir süreçte ortaya çıkan kısıt iyileştirildikten sonra başka bir süreçte ya da sistemi etkileyen herhangi bir unsurda tekrar karşımıza çıkabilir. Kısıtlar Teorisi (KT), bu kısıtların tespiti ve giderilmesinde ve yönetilmesinde kullanılan sistematik bir yönetim felsefesidir.

1.2.Kısıtlar Teorisinin Tanımı

KT, bir ürün üretimi ya da hizmetin gerçekleştirilmesi için gerekli, birbirine bağımlı olarak çalışan süreçleri iyileştirme ve geliştirmeyi amaç edinir. KT içerisinde

birbirine bağımlı olarak ve hedefi gerçekleştirmek amacıyla çalışan bu süreçler zincir olarak tanımlanmaktadır. Süreç içerisindeki kısıt ise zincirin zayıf halkası olarak tanımlanır (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 179). Bir zincir kendisini oluşturan halkalar arasında yer alan en zayıf halka kadar sağlamdır. Bu demektir ki bir sistem içerisinde yer alan parçalar içerisinde diğerlerine nazaran daha zayıf olan parça ne ise, sistem o parçanın gücü kadar başarılı olabilir. İşletmelerin amacı, sistemdeki en zayıf halkayı ya da halkaları bulmak ve bunları ortadan kaldıracak çözümleri tespit etmektir.

KT, Dr. Eliyahu Goldratt tarafından 1980'lerin başında bir dizi kitap ve makale şeklinde geliştirilen, kısıtların yönetilmesi ve işletmenin amaçlarına ulaşmak için üretim süreçlerinin bir arada ve uyum içinde çalışması şeklinde tanımlanabilen, senkronize üretim yoluyla sürekli gelişmeyi hedef alan bir yönetim felsefesidir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 178). Goldratt'ın KT felsefesi hakkındaki en kapsamlı eseri 1984 yılı basımlı *The Goal* (Amaç) isimli kitabıdır.

KT, American Production and Inventory Control Society sözlüğünde “Dr. Eliyahu Goldratt tarafından geliştirilen lojistik, performans ölçümü ve mantıklı düşünme gibi birbirinden ayrı ancak birbiri ile ilişkili üç elemanı inceleyen yönetim felsefesi” olarak tanımlanmaktadır (Atağan, 2013, s. 11).

KT'nin amacı kısıtları tespit edip kök nedenlerini bulmak ve bu nedenleri ortadan kaldırmak için yöntemler ve projeler geliştirmektir. Teori, üretim sürecinin rekabet gücünü arttırmak için kısıtların ortaya çıkarılması, dikkatli bir şekilde yönetilmesi, uygun ürün karmasını sağlamak için bunların pazarla bağlantısının kurulması ve kısıt oluşturmeyen kaynakların programlanması uygulamalarına odaklanır (Türkmen, 2017, s. 124). Geleneksel düşünceden farklı olarak her kısıtın aslında birer ilerleme fırsatı olduğu anlayışını benimsemektedir (Aytekin, Yörükoğlu, & Akman, 2012, s. 40). Bu yaklaşım sayesinde çıktı miktarı artarken, stokların azalması ve maliyetlerin azalmasının önü açılmış olur (Türkmen, 2017, s. 124).

KT, işletmelerin üretim odaklı yaklaşımlarını eleştirir. Üretim odaklı yaklaşım, genel hatlarıyla bir işletmenin lojistik ya da üretimde yaşayabileceği herhangi bir soruna çözüm olabilmesi açısından stoğa üretim yapmayı hedefler. KT'ye göre işletmelerin odaklanması gereken satışları ve kârlılığı artıran bir üretim planlaması olmalıdır. Teori, uzun dönemde hataya neden olabilecek mamul maliyetlerine dayalı planlama yerine kısıtların yönetilmesi üzerine odaklanmayı savunmaktadır.

KT'yi uygulayan işletmelerde, ortalama olarak tedarik süresinin, üretim çevrim zamanının ve stok seviyesinin azaldığı, ürünlerin zamanında müşteriye ulaşma hızının,

süreç katkısının ve finansal göstergelerdeki iyileşmenin arttığı saptanmıştır. Teori, yaygın olarak havacılık, otomotiv, mobilya, elektronik, metal sanayi, tekstil vb. sektörlerde başarıyla uygulandığı gibi aynı zamanda, finansal kurumlar, yazılım, sağlık işletmeleri ve kamu kuruluşlarında uygulanmaktadır (Atağan, 2013, s. 15).

1.3.Kısıtlar Teorisinin Varsayımları ve Tarihsel Gelişimi

KT işletme içerisinde uygulanan geleneksel kuralların, örgüt kültürü ve politikaların altında yatan varsayımları gözden geçirmemizi sağlayan bir yaklaşımdır (Kartal, 2006, s. 3). KT'nin temel varsayımları şu şekildedir (Atağan, 2013, s. 13);

- Direkt ilk madde ve malzeme gideri dışındaki tüm giderler, faaliyet gideri olarak kabul edilir.
- İşletmelerin temel amacı kâr elde etmek ve kârlarını arttırmaktır.
- KT'ye göre her mamul için en az bir kısıt mevcuttur. İşletme içi ve işletme dışı tüm kısıtlar doğrusal programla gibi yöntemlerle yönetilmelidir.
- İşletmede mamul akışının planlaması zorunludur. Planlama yapılırken, kısıtlar tanımlanmalı, mamuller ve mamul karması arasında farklılaşma olabileceği unutulmamalıdır.

KT'nin gelişimi tarihsel anlamda üç aşamada incelenebilir. (Atağan, 2013, s. 14);

İlk olarak, 1975-1985 yılları arasında “*Davul – Tampon – İp (Drum – Buffer – Rope)*” ile ifade edilen, üretim akış ve stok yönetim sistemi olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntem kısaca taleple üretim akışını uyumlu hale getirmektir. Üretim sistemlerinin tamamında, ürünün sistemdeki ilerleyişini kontrol etmek için bazı kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Sistemde yer alan darboğaz en iyi kontrol noktasıdır. Bu noktaya “*Davul (Drum)*” adı verilir (Türkmen, 2017, s. 141).

“*Tampon (Buffer)*”, üretim içerisinde kısıtların neden olduğu belirsizliği ortadan kaldırmak için kullanılan yöntemlerdir. Zaman ve stok tamponları olarak ikiye ayrılır. Zaman tamponları da kendi içlerinde koruyucu ve nakledici tamponlar olarak ikiye ayrılır. Koruyucu tamponlar, üretim hattının başı ile sistem kısıtı arasında iken, nakledici tamponlar, üretim hattının sonu ile sistem kısıtı arasındadır (Türkmen, 2017, s. 142).

“*İp (Rope)*”, sistemdeki tüm kaynakların eşzamanlılığını sağlamak için kullanılan iletişim yöntemine denir.

KT bu dönemde üretim akış ve stok sistemi olarak ortaya çıkmaktadır. Tüm sistemin sağlıklı akışını sağlamak için kullanılan en etkili bileşen “*Tampon Yönetimi (Buffer Management)*”dir.

İkinci aşama “Akış Dünyası (*Throughput World*)” olarak ifade edilmektedir. Bu aşamada kaynakların daha etkin ve verimli kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca bu dönemde Goldratt, geleneksel muhasebe sistemi yerine maliyetleri, direkt ilk malzeme giderlerini satışların maliyeti olarak gören, direkt işçilik ve genel üretim giderlerini dönem maliyeti olarak değerlendiren verimlilik muhasebe sistemi ile hesaplamıştır. Geleneksel muhasebe sisteminde maliyet, katlanılması zorunlu bir çıktı olarak görülür. Ancak geleneksel sistem yoğun rekabet ortamında verimsiz kalmaktadır. Bu nedenle maliyet oluşumunun nedenlerinin analiz edilmesi ve uzun dönemde varılmak istenen hedefler çerçevesinde analiz edilmesi gerekir (Kırlı & Kayalı, 2010, s. 94). Stratejik maliyet yönetimi olarak adlandırılan bu yöntemin en önemli teknikleri arasında KT yer alır. KT darboğazları ortadan kaldırarak en uygun ürün karmasını belirlemeye çalışır. Bu sayede kâr maksimizasyonu sağlanmış olur.

Son aşamada ise “Düşünce Süreci (*Thinking Process*)” gelişmiştir. Bu süreçte teorinin sürekli gelişmeye nasıl katkı sağlayacağı üzerinde durulmaktadır. Düşünce süreçleri, kısıtın incelenmesi, çözüm önerilmesi, çözümlerin ön koşullarının bulunması ve uygulanması sırasında karşılaşılabilecek sorunların ortadan kaldırılmasını içerir. “Ne değişecek?”, “Neye dönüşecek?” ve “Nasıl dönüşecek?” gibi sorulara yanıt bulunması için geliştirilen yöntemler düşünce sürecini oluşturur (Onursal, Birgün, & Yazıcı, 2018, s. 334).

1.4.Kısıtlar Teorisinin Temel İlkeleri

KT bazı temel ilkeler üzerine kuruludur. Bu ilkeler şu şekilde sıralanmaktadır (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 180);

- Sistemi meydana getiren tüm parçaların performanslarının yüksek olması, sistemin tamamının performansının yüksek olması anlamına gelmez. Aynı şekilde, sistemin performansının yüksek olması, sistemi oluşturan tüm parçaların performansının yüksek olduğunu göstermez. Sistemi oluşturan parçaların optimumları toplamı sistemin optimumu anlamına gelmemektedir.
- Sistemin dâhil olduğu çevre değiştiği sürece bulunabilecek en uygun çözüm işlerliğini yitirecektir. Bu nedenle devam eden değişim sürekli yenilemeyi gerektirmektedir.
- Neyin değişeceğini bilmek sistemin şu andaki gerçeğini, amacını, büyüklüğünü ve ikisi arasındaki farkın yönünü anlamaya yardımcı olacaktır.

- Sistemdeki istenmeyen etkilerin birçoğu, yalnızca birkaç temel problemden kaynaklanmaktadır.
- Önemli olan temel problemlerin tespit edilip ortadan kaldırılmasıdır. Önemsiz problemlerin üzerinde yoğunlaşmak yalnızca maliyetleri yükseltecek ve sistem performansına olumlu yansımayacaktır.
- Sistem kısıtları İçsel Kısıtlar (Fiziksel Kısıtlar) ya da Dışsal Kısıtlar (Politik Kısıtlar) olabilir. Dışsal kısıtların tespiti ve ortadan kaldırılması içsel kısıtların tespiti ve ortadan kaldırılmasına oranla daha zor gerçekleşmektedir. Ancak dışsal kısıtların ortadan kaldırılması, içsel kısıtlara oranla sistemde daha fazla iyileşme sağlamaktadır.
- Eylemsizlik sürekli gelişim sürecinin önündeki en büyük engeldir.
- Her fikir çözüm değildir.

1.5.Kısıt Türleri

KT'nin temel yaklaşımı, daha önce de bahsedildiği gibi her işletmede, herhangi bir süreçte en az bir kısıtın var olduğudur. İşletmelerin bu kısıtları tespit edip temel amaçları olan kâr elde etmenin önündeki engelleri kaldırabilmeleri için bu kısıtların ne olduğunun anlaşılması, tanımlanması ve sınıflandırılması gerekmektedir.

Literatürde, işletme kısıtları farklı türden sınıflandırmalara tabi tutulmuştur (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 181). Ruhl (1996:44), temel olarak işletme kısıtlarını *İçsel Kısıtlar* ve *Dışsal Kısıtlar* olmak üzere iki farklı grupta sınıflandırmıştır. İçsel kısıtlar; birebir işletmelerin müdahale edebildiği kısıtlar olup, yönetim politikaları, çalışanların tutumları, üretim sürecinin kapasitesi gibi örnekler ile tanımlanabilir. Dışsal kısıtlar; işletmelerden bağımsız, müdahale edilemeyen kısıtlardır. En yaygın dışsal kısıt pazar talebidir.

Atwater ve Gagne (1997)'nin yaklaşımına göre kısıtlar pazar, kaynak, malzeme, lojistik ve yönetsel olarak sınıflandırılmıştır; Umble ve Srikanth (1995), Atwater ve Gagne (1997)'nin yaklaşımına ilave olarak davranışsal kısıtları da eklemiştirler (Ünal, 2000, s. 26)

1.5.1.Pazar Kısıtları

İşletmelerin faaliyetlerine devam edebilmesi için öncelikle ürettikleri ürün ya da hizmete uygun bir pazar talebinin olması gerekir. Pazarda oluşan herhangi bir kısıt işletmenin karlılığını direkt olarak etki edeceği ve işletmenin faaliyetlerini sürdürüp sürdürememe durumunu belirleyeceği için önemli bir kısıttır. Üretilen ürün ya da hizmete

pazarda yeteri kadar talep olmaması durumunda karşımıza çıkar. Dışsal bir kısıttır. Pazar kısıtının en önemli nedeni yanlış yönetim politikalarıdır.

1.5.2.Kaynak (Kapasite) Kısıtları

Üretim sürecindeki kısıtlar düşünüldüğünde ilk akla gelen kısıt kaynak kısıtlarıdır. Çünkü her işletmede üretim akışına etki eden kapasitesi sınırlı bir kaynak bulunmaktadır (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 182). Kaynak kısıtları, pazar kısıtının bulunmadığı durumlarda, işletme kapasitesinin pazar talebini karşılamada yetersiz olması durumunda karşımıza çıkmaktadır. Bu durum; kaynağa olan talebin, kaynağın kapasitesinden fazla olduğu anlamına gelir. Buradan hareketle; kaynak kısıtının işletmeler için içsel bir kısıt olduğu söylenebilir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 182).

Kapasite kısıtları, süreçte yer alan darboğaz ve darboğaz olmayan kaynak olarak tanımlanabilir. Darboğaz olmayan kaynaklar “kaynak kapasitesi, talep edilenden daha fazla olan kaynaklar”, darboğaz kaynak ise “kapasitesi talep edilene eşit ya da daha az olan kaynaklar” dır (Ünal, 2000, s. 27). Bir süreçte darboğaz var ise, bu kaynağın kapasitesi arttırılmadıkça talebin karşılanması mümkün olmayacaktır. Ancak bir işletmede darboğaz kaynak yoksa bile, genellikle ürün akışı zamanında önemli engellemeler yaratabilecek potansiyele sahip bir veya daha fazla kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklar “kapasite kısıtlı kaynaklar” (capacity constraint resources – CCRs) olarak adlandırılmaktadır (Ünal, 2000, s. 28).

Kapasite kısıtını ortadan kaldırmak için, fazla mesai, destekleyici ekipmanlar, kalifiye işgücü, uzmanlık gerektiren aletler, ürün ya da süreci yeniden tasarlamak, taşerondan faydalanmak gibi yollara başvurulabilir (Ünal, 2000, s. 28). Darboğaz kaynak belirlenip, bu kaynağın en yüksek kapasitede çalışması sağlandıktan sonra, darboğaz olmayan kaynakların darboğaz kaynağına uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir.

1.5.3.Malzeme Kısıtları

Ürün karması, bir işletmenin üretimini yaptığı ürünlerden oluşan yapıya verilen genel bir tanımlamadır. İşletmelerin kendi yararlarına olan en doğru ürün karmasını seçmeleri gerekir. Ürün karması kararları verilirken, geleneksel yaklaşımlar, üretimi ilgilendiren tüm maliyetleri hesaba katarak, birim kâr ve değişken maliyetleri dikkate alan ürün katkıları kullanırlar. KT’de ise, tek değişken gider olarak kabul edilen hammadde maliyetleri ile belirlenen katkılara göre ürün karması tespit edilir (Kaplan & Akçay Kasapoğlu, 2013, s. 45). Bu nedenle hammadde tedariki işletme için büyük önem taşımaktadır.

İşletmeler için gerekli olan hammadde ve malzemenin tedarikçiler tarafından zamanında ve istenilen kalitede sağlanamaması durumunda ortaya çıkan kısıtlardır. Tedarikçinin ürünü zamanında ve kalitede teslim edemediği durumlarda bu kısıt *kısa dönemli kısıtlar*; pazarda meydana gelen tedarik sorunları da *uzun dönemli kısıtlar* olarak sınıflandırılır. Malzeme kısıtlarını engellemenin yolu, mümkün olan her ürün için alternatif tedarikçiler bulmaktır.

1.5.4.Lojistik Kısıtları

Hammadde ve malzemelerin üretim alanına ulaştırılmasında, üretim alanındaki hareketlerinde, son ürünün pazara sevk edilmesinde ve son kullanıcıya ulaştırılmasında ortaya çıkan kısıtlardır (Türkmen, 2017, s. 129). İşletmelerin planlama ve kontrol mekanizmalarından kaynaklanan herhangi bir problem meydana geldiğinde sistemde bir lojistik kısıtı olduğu söylenebilir. Lojistik kısıtları genelde üretim sisteminde oluşurlar ve değiştirilmeleri zordur. Gerçekte yöneticiler tarafından kolaylıkla fark edilmezler (Ünal, 2000, s. 29).

1.5.5.Yönetmel (Politik) Kısıtlar

Yönetmel diğer adıyla politik kısıtlar, işletmelerin çevresel değişimlere uygun bir yönetim politikasına sahip olmadığı durumlarda ortaya çıkar. Bu kısıtlar, sistem performansını olumsuz olarak etkileyen yönetim stratejileri ve politikalarıdır (Akkaya, 2015, s. 13). Bu tarz kısıtların belirlenmesi ve ortadan kaldırılması fiziksel kısıtlara nispeten daha zor olsa da işletmeye daha fazla katkı sağlamaktadır. Yönetmel kısıtlar genellikle pazarlama, muhasebe ve finansman alanlarında ortaya çıkmaktadır.

1.5.6.Davranışsal Kısıtlar

Davranışsal kısıtlar, işletme kültürünü yansıtan iş alışkanlıkları, uygulamalar ve yönetici veya çalışan davranışlarından oluşmaktadır (Akkaya, 2015, s. 14). Ne zaman bir davranış gerçekte çatışma halinde ise ve işletmenin küresel ölçümleri üzerinde negatif bir etki ile sonuçlanırsa buna davranışsal kısıt denilebilir. Bir diğer deyişle, çalışanlar tarafından gerçekleştirilen ve düşük performansa neden olan davranışlar ya da iş alışkanlıkları davranışsal kısıtları oluşturur (Türkmen, 2017, s. 129).

Örneğin, bir işletmede yöneticilerin işlerini kaybetme endişesi ile çalışanları sürekli çalışır durumda tutmaları neticesinde gerekmediği halde üretim devam edecek, yarı mamul ve mamul stoklarında gereğinden fazla artış olacaktır (Ünal, 2000, s. 30). Bu durumda da işletmenin stok maliyetlerinde artış meydana gelecektir.

1.6.Kısıtlar Teorisinin Bileşenleri

KT metodolojisinin varsayımlarını temel alan, gözle görülür kesin sonuçlar sağlayan ve sistem performansını arttıran üç temel bileşenden oluştuğu kabul edilmektedir. KT'nin bileşenleri ve alt başlıkları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. KT Bileşenleri

KISITLAR TEORİSİ BİLEŞENLERİ		
Performans Ölçütleri	Lojistik Bileşenler	Problem Çözme/Düşünce Süreci
<ul style="list-style-type: none"> Faaliyet Ölçütleri Finansal Ölçütler 	<ul style="list-style-type: none"> Sürekli Gelişim Modeli Davul - Tampon - İp Yöntemi Tampon Yönetimi IVAT Analizleri 	<ul style="list-style-type: none"> Mevcut Gerçeklik Ağacı Buharalaşan Bulut Gelecekteki Gerçeklik Ağacı Ön Koşul Ağacı Geçiş Ağacı

Kaynak: (Akkaya, 2015, s. 15)

1.6.1.Kısıtlar Teorisinin Performans Ölçütleri

KT'nin temel varsayımlarında belirtildiği gibi, işletmelerin bugün ve gelecekteki amaçları kâr elde etmek, kârlılıklarını arttırmaktır. Bu amaca ulaşmak için, işletme performansını ölçmek amacıyla, *finansal ölçütler* ve *faaliyet ölçütleri* geliştirilmiştir. Bu ölçütler Şekil 3'te belirtilmiştir.



Şekil 3. KT'de Performans Ölçütleri

Kaynak: (Kırlı & Kayalı, 2010, s. 101)

1.6.1.1.Finansal ölçütler

İşletmenin kârlılığını arttırma hedefini gerçekleştirip gerçekleştirmediğini değerlendirmede kullanılan ölçütlerdir. Bu ölçütler;

Net Kâr: İşletmenin para kazanıp kazanmadığının mutlak bir ölçütüdür (Ünal, Tanış, & Küçüksavaş, 2005, s. 435). Aşağıdaki şekilde formüle (1.1) edilir;

$$\text{Net Kâr}=(\text{Satışlar-Hammadde Maliyetleri})-\text{Faaliyet Giderleri} \quad (1.1)$$

Bir işletmenin net kârını arttırmış olması yeterli bir gösterge değildir. Aynı zamanda kazandığı paranın yeterli olup olmadığını değerlendirmek için yatırım kârlılığı gibi bir ölçüte de ihtiyaç duyar (Ünal, 2000, s. 20).

Yatırım Getirisi: Yatırım getirisi, ürünlere olan yatırımların geri dönüşlerinin toplamı olarak tanımlanabilir. Yönetimin, satışlar ile ilgili masraflarını kontrol yeteneğini ölçen bir formüldür (Kartal, 2006, s. 37). Yatırım getirisi, başka bir tanımla işletmenin para kazanma hedefinin oransal bir ölçütüdür (Ünal, Tanış, & Küçüksavaş, 2005, s. 435). Aşağıdaki şekilde formüle (1.2) edilir;

$$\text{Yatırım Getirisi}=\text{Net Kâr}/\text{Stok} \quad (1.2)$$

Nakit Akışı: Nakit akışı, işletmenin faaliyetlerine devam edebilmesi için yeterli miktarda nakit bulundurmasını ifade eder (Akkaya, 2015, s. 20). Diğer bir ifade ile işletmenin finansal yükümlülüklerini karşılayabilmesi için gerekli para miktarıdır (Ünal, Tanış, & Küçüksavaş, 2005, s. 435). Aşağıdaki şekilde formüle (1.3) edilir;

$$\text{Nakit Akışı}=\text{Net Kâr}-\text{Nakit girişi ve çıkışı açısından stoktaki değişim} \quad (1.3)$$

Finansal ölçütler, işletmelerin üst yönetim seviyelerinde, vergilendirme gibi dışsal amaçların tespitinde fayda sağlamasına rağmen, orta ve daha düşük yönetim seviyelerinde içsel amaçlar için alınan kararların ve yapılan faaliyetlerin kârlı olup olmayacağı konusunda uygulanabilir değildirler. Bu doğrultuda Goldratt ve Cox (1984), faaliyet ölçütlerini devreye koyarak, finansal ölçütler ile üretim alanı seviyesi performans ölçütleri arasında bağlantı kurmaya çalışmışlardır (Akkaya, 2015, s. 16).

1.6.1.2.Faaliyet ölçütleri

İmalat işletmelerinde kârlılık ve verimliliğini etkileyen birçok faaliyet kararları alınmaktadır. Ancak geleneksel maliyet sistemleri ve performans ölçütleri, yöneticilerin daha iyi çözümler üretmesi ve uygun kararlar alması konusunda yeterli olmamaktadır (Ünal, 2000, s. 21).

Faaliyet ölçütleri, para kazanmak amacını oldukça mükemmel ifade eden, ancak aynı zamanda fabrikanın çalışmasıyla ilgili operasyon kurallarını geliştirilmesini sağlayan ölçütlerdir (Goldratt & Cox, 2018, s. 74). Bu ölçütlerde amaç “hem stok hem de faaliyet giderleri azaltılırken süreç katkısını artırmak” olarak ifade edilmektedir (Goldratt & Cox, 2018, s. 81). Bu ölçütlerin her biri tanımında para kavramını içermektedir; süreç katkısı, sisteme giren para; stoklar, sistemin içinde tutulan para; faaliyet giderleri, süreç katkısını sağlamak için harcanan paradır (Akkaya, 2015, s. 17).

Süreç Katkısı: Süreç katkısı, işletmenin satışlar yolu ile elde ettiği paradır (Goldratt & Cox, 2018, s. 74). Bu kavram Goldratt tarafından satışlardan hammadde maliyetlerinin düşülmesi sonucu geriye kalan para olarak tanımlanmıştır. Aşağıdaki şekilde formüle (1.4) edilir;

$$\text{Süreç Katkısı} = \text{Satışlar} - \text{Hammadde Maliyeti} \quad (1.4)$$

Süreç katkısı, tek değişken maliyet olarak direkt hammadde ve malzeme giderlerini esas alır. Geleneksel yöntemden farklı olarak, direk işçilik giderleri ve genel üretim giderlerini sabit tutmaktadır.

Stok: İşletmenin üretim süreçlerinde işleyerek satmak amacıyla satın aldığı unsurlardır (Kartal, 2006, s. 39). Bu unsurlar içerisinde, tüm maddeler, yarı mamuller, satın alınmış parçalar ve satılması hedeflenen tüm katkı unsurları yer almaktadır. Elde bulundurulmuş stoklar, sadece içerdikleri hammadde maliyeti ile değerlendirilmekte, işçilik ve genel üretim giderleri dâhil edilmemektedir (Ünal, Tanış, & Küçüksavaş, 2005, s. 435).

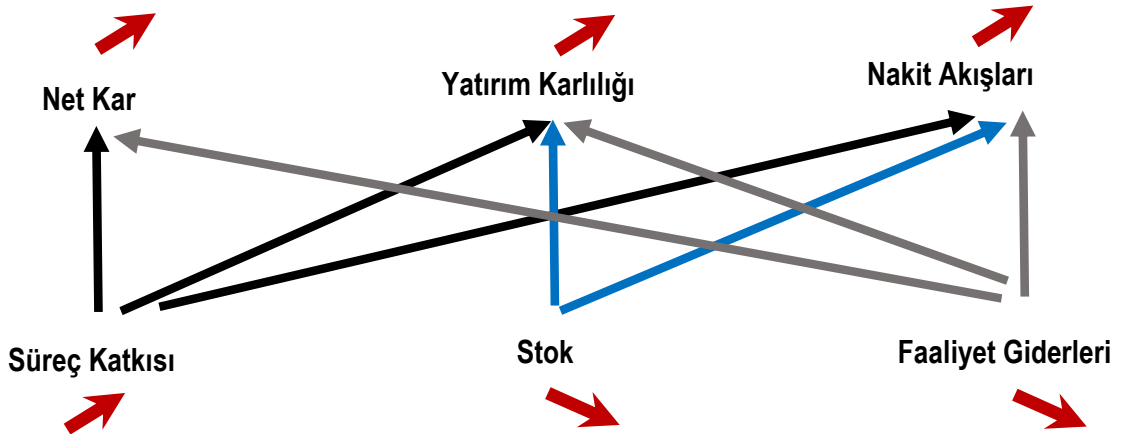
KT'ye göre, bina ve makineler de stok olarak nitelendirilmektedir. Bunun nedeni KT'ye göre sistemdeki her şeyin gerektiğinde satılabilir olmasıdır. KT'ye göre, fazla stok bulundurmak işletmenin hedefini gerçekleştirmesini engellemektedir (Ünal, 2000, s. 23).

Faaliyet Giderleri: Faaliyet giderleri, diğer bir ifade ile işletme giderleri, sistemin stoğu süreç katkısına çevirmek için yatırdığı paranın toplamıdır (Goldratt & Cox, 2018,

s. 75). Faaliyet giderleri, direkt ve endirekt işçilik, stok bulundurma giderleri, amortisman gibi üretim ve yönetim maliyetlerini içermektedir (Ünal, 2000, s. 23).

1.6.1.3. Finansal ölçütler ve faaliyet ölçütleri arasındaki ilişki

İşletmeler, finansal başarılarını net kâr, yatırım getirisi ve nakit akışı ile ölçmekte ve faaliyet ölçülerindeki değişiklikler bu finansal ölçülerde değişikliğe neden olmaktadır (Akkaya, 2015, s. 20). Finansal ölçütler ile faaliyet ölçütleri arasındaki ilişki Şekil 4'te belirtilmiştir.

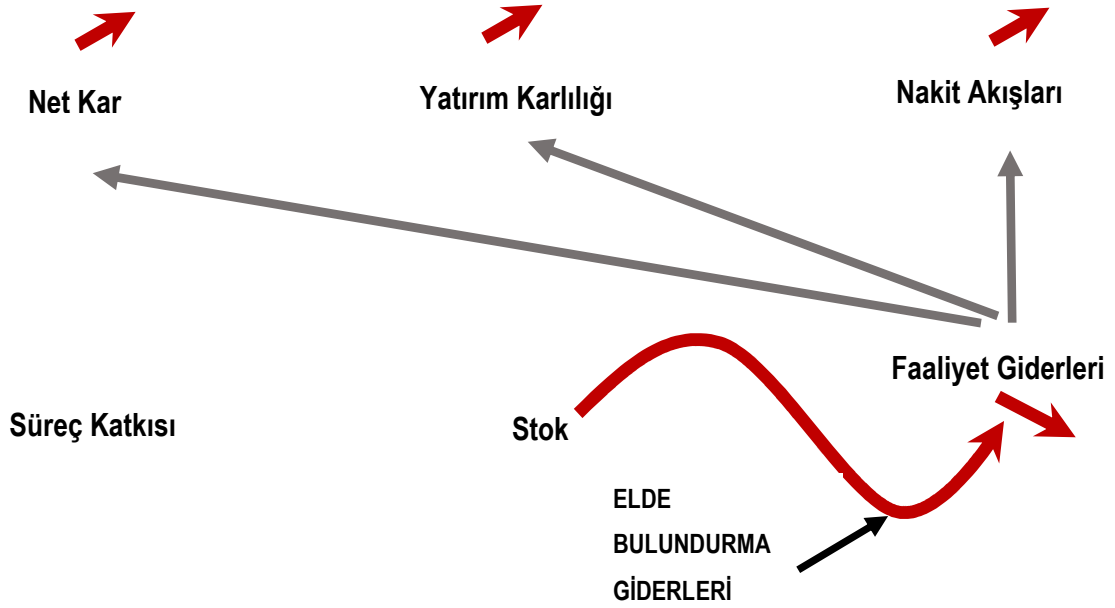


Şekil 4. Finansal Ölçütler ve Faaliyet Ölçütleri Arasındaki Doğrudan İlişki

Kaynak: (Akkaya, 2015, s. 21)

Süreç katkısı, stok ve faaliyet giderlerini olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde arttırıldığında, net kâr, yatırım kârlılığı ve nakit akışları artar. Stoklarda meydana gelen azalış ise, yatırım kârlılığı ve nakit akışlarını arttırırken, net kâr üzerinde doğrudan bir etkiye sahip değildir (Akkaya, 2015, s. 20).

Stokları elde bulundurma finansal ölçütler üzerinde dolaylı etkiye sahiptir. Bu dolaylı etki, stokların elde bulundurma maliyeti yoluyla tahmin edilmektedir. Stokları azaltmak, depolama yeri, hurda, malzemeyi yeniden işleme, faiz giderleri gibi birçok faaliyet giderini azaltmakta, bu da net kârı dolaylı olarak arttırmaktadır (Ünal, 2000, s. 24). Bu dolaylı etki Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Finansal Ölçütler ve Faaliyet Ölçütleri Arasındaki Dolaylı İlişki

Kaynak: (Ünal, 2000, s. 24)

1.6.2.Kısıtlar Teorisinin Lojistik Bileşenleri

KT'nin lojistik bileşenlerini, sürekli gelişim modeli, davul-tampon-ip yönetimi, tampon yönetimi ve IVAT analizleri oluşturmaktadır.

1.6.2.1.Sürekli gelişim modeli

Beş aşamalı sürekli gelişim modeli özellikle fiziksel kısıtların mevcut olduğu üretim süreçlerinde daha etkin sonuçlar vermektedir. Modelin uygulanması ile birlikte zamanla fiziksel kısıtlar yerini fiziksel olmayan kısıtlara, özellikle yönetimsel (politik) kısıtlara bırakmaktadır (Türkmen, 2017, s. 133). Goldratt'a göre kısıtların yönetilmesi beş aşamadan (Five Focusing Steps) oluşmaktadır.



Şekil 6. Sürekli Gelişim Modeli

Kısıtların tanımlanması: Her işletmede en az bir kısıt mevcuttur. Bu aşamada söz konusu kısıtın tanımlanması yer almaktadır. Bu kısıt içsel ya da dışsal bir kısıt olabileceği gibi, aynı anda birden çok kısıt da var olabilir. Bu aşamada kısıtların belirlenmesi ile birlikte bu kısıtların işletme hedeflerine olan etkilerine göre önceliklerinin belirlenmesi gerekmektedir (Rahman, 1998, s. 337).

Kısıtların ne şekilde yönetileceğine karar verilmesi: Bu aşama, en etkin şekilde kısıtların nasıl ortadan kaldırılabilceğinin değerlendirilmesi aşamasıdır. Kısıtların etkin bir şekilde yönetilmesi uzun dönemde başarı sağlayabilmek için önemlidir (Türkmen, 2017, s. 132). Bu aşamada en önemli nokta kısıtın türüdür. Kısıt türüne göre yönetim felsefesi oluşturulmalıdır (Atağan, 2013, s. 18). Fiziksel kısıtlar yönetsel kısıtlara göre kolay tespit edilebilen ve yönetile bilen kısıtlardır. Fiziksel kısıtlarda hedef, kısıtı mümkün olduğu kadar verimli hale getirmek olmalıdır. Yönetsel kısıtların yönetimi daha zor olmasına rağmen, ortadan kaldırılması işletmeye daha çok katkı sağlayacaktır. Yönetsel kısıtların ortadan kaldırılmaması durumunda yapılabilecek en doğru çalışma, bu kısıt yerine, çıktı miktarını arttırabilecek uygun politikaların desteklenmesi olmalıdır (Rahman, 1998, s. 337).

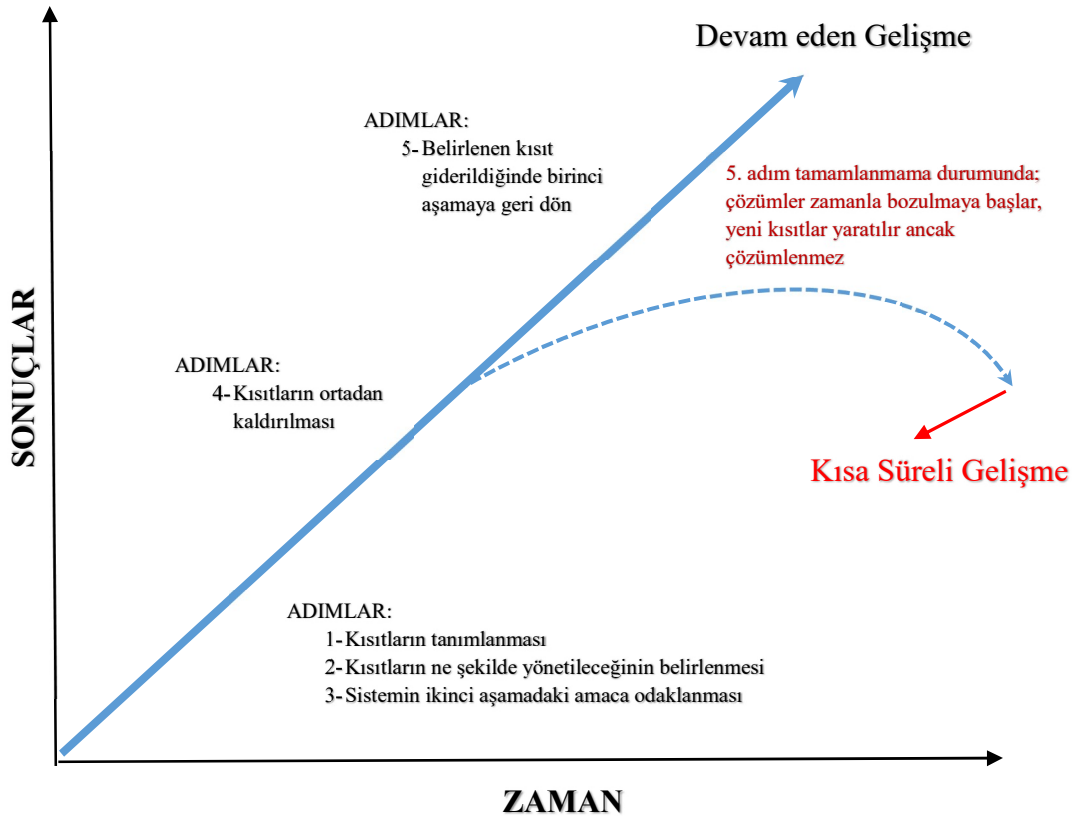
Sistemin ikinci aşamadaki amaca odaklanması: Goldratt (1990)'ın belirttiği gibi, bir sistemin performansını o sistemdeki kısıtlar belirlemektedir. Bu görüş temel

alınarak, sistemin performansını arttırabilmek için kısıtların performansının arttırılması, kısıt olmayan kaynakların, kısıtların performansını arttıracak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Aksi takdirde, kısıt olamayan kaynakların performansını arttırmak gereksiz stok artışına neden olacaktır.

Kısıtların ortadan kaldırılması: Bu adıma kadar olan çalışmalar sistemin mevcut yapısının elverdiği ölçüde yapılan çalışmalardır. Bu adımda ise daha köklü ve büyük çalışmalar yapılmaktadır (Türkmen, 2017, s. 133). Kısıtlı kaynağın kapasitesinin daha doğrusu katkısının kısıtlı olmayan kaynağa dönüşüncüye kadar arttırılmasını içeren bu aşama, ek kapasite, sermaye artırımı, fazla mesai gibi uygulamalarla gerçekleştirilmektedir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 186).

İlk aşamaya geri dönülmesi: KT'nin temeli sürekli gelişime dayandığı için mevcut kısıt ortadan kaldırıldıktan sonra ilk aşamaya dönülmeli ve yeni kısıtlar tanımlanmalıdır (Atağan, 2013, s. 19). Hiçbir çözüm ya da iyileştirme işletmelerin bulunduğu koşulların ve ortamının sürekli değiştiği günümüzde her zaman ve her koşul için uygulanabilir değildir. O nedenle işletmeler sürekli gelişimin bir parçası olarak, herhangi bir kısıt ortadan kalktığında bir diğer kısıtın çözümüne odaklanmalıdır.

Kısıtın değişmesi sistemin yapısını da değiştirecektir. İkinci aşamada sistemin diğer elemanları ilk belirlenen kısıta göre şekillendirildiği için yeni durumda sistem içerisindeki rolleri ve etkileri farklı olacaktır. İşletmeler için en tehlikeli durum, Şekil 7'de görüldüğü gibi ilk kısıt ortadan kalktığında sürekli gelişim sürecinin de tamamlanmış olduğunun düşünülmesidir (Dettmer, 1995, s. 80).



Şekil 7. Gelişim Modeli: Devam Eden ya da Kısa Süreli?

Kaynak:(Dettmer, 1995:79)

1.6.2.2.Davul-tampon-ip yöntemi

KT'ye dayanılarak türetilmiş bir planlama ve zamanlama çözümü olan davul-tampon-ip (DTİ) yöntemi sistem içi koordinasyonun sağlanması için kullanılmaktadır (Türkmen, 2017, s. 138).

Goldratt ve Cox'un çok satan iş kitaplarından olan "Amaç" (The Goal) kitabında bu kavram, kahramanın, oğlu ve izci arkadaşları ile birlikte yaptığı bir hafta sonu gezisi ile anlatılmaya çalışılmıştır. Bu gezide, kahramanın önderliğinde bir grup izci, planlanan sürede, amaçlanan bölgeye ulaşmaya çalışacaklardır. Yürüyüş, istatistiki dalgalanmalar gösteren bir bağlı olaylar dizisi olarak tasvir edilmiştir. Yürüyüş kolu imalat sistemine benzetilmiş; yürüyüş kolunun en önündeki kişi hammadde tüketen kısım olduğu için üretimin başladığı bölge olarak kabul edilmiş, sonuncu kişi yürüyüşü tamamladıktan sonra üretim tamamlanmış olarak sayılmış, süreç katkısı buna göre hesaplanmıştır. Yürüyüş kolunun en önündeki kişi ile en arkadaki kişi arasındaki mesafe de stok olarak

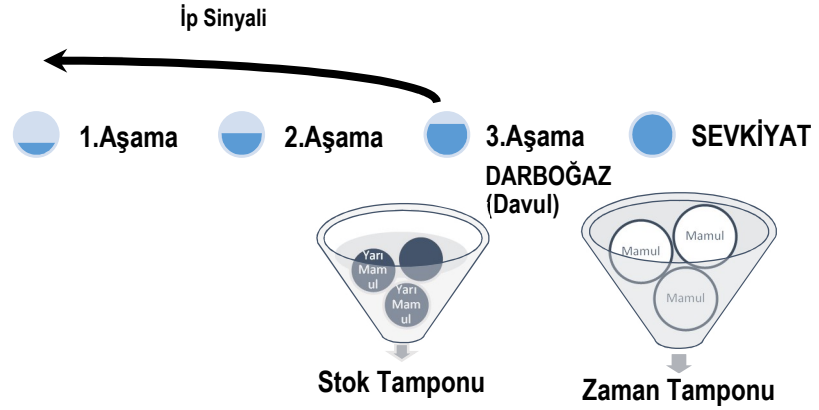
tanımlanmıştır. İşletme giderleri de yürümek için sarf edilen enerjidir. Yürüyüş mesafesi, diğer bir deyişle en öndeki ile en arkadaki arasındaki mesafe arttıkça, stokların artması anlamına gelecektir. Yürüyüş kolunda bulunan, diğer elemanlara göre en yavaş yürüyen kişi ise sistem kısıtı olarak tanımlanacak, aslında süreç katkısını belirleyen bu kısıt olduğu, yürüyüşün ne zaman tamamlanacağını belirleyen bu sistem kısıtının yani en yavaş yürüyen kişi olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer izcilerin yürüyüşü ve temposu, en yavaş yürüyen kişiye göre tekrar düzenlenmiş, yavaş yürüyen kişinin sırt çantasındaki fazlalıklar diğer izcilere dağıtılarak ve kısıt en öne alınarak, yürüyüşün planlanan sürede tamamlanması sağlanmıştır (Goldratt & Cox, 2018, s. 110-138). Alternatif olarak tüm çocukların bir ipi tutması sağlanabilir. Bu sayede, en yavaş çocuk en önde olmasa bile hızlı çocuklar fazla uzaklaşamaz. Burada ipin uzunluğu sistemdeki stok miktarına benzetilebilir. Esnek bir ipe sahip olmak hızlı çocukların, en yavaş çocuğun durmasına sebebiyet vermeden, durup ayakkabılarını bağlamalarına izin verir. Eğer ip çok uzun ise, en yavaş ve en hızlı arasındaki mesafe çok fazla olacak, diğer bir deyişle stok miktarı artacaktır. Eğer gerçek bir ip yok ise, en yavaş çocuğun temposuna uygun davul çalınır, diğerlerinin bu sesi dinleyip adım atmaları ve belli mesafe içinde kalmaları istenir (Kartal, 2006, s. 62).

DTİ sistemine göre, bir işletmedeki kısıtlı kaynaklar, ya da darboğazlar, tüm sistemin toplam üretimi belirlemektedir. Bu darboğaza “davul” adı verilir. Üretime girecek hammadde miktarı, darboğazın üretim oranına göre belirlenmelidir. Ayrıca darboğazın önüne önceden belirlenmiş zaman aralığı boyunca, darboğazın sürekli meşgul kalmasını sağlayacak stok miktarı yerleştirilmelidir (Ünal, 2000, s. 50). Darboğaz önünde bulundurulmuş stok miktarına “tampon” adı verilir. Tampon, stok tamponu olabildiği gibi, zaman tamponları da olabilir. Zaman tamponları, koruyucu ve nakledici olmak üzere ikiye ayrılır. Koruyucu tamponlar, üretim hattının başı ile sistem kısıtı arasında iken, nakledici tamponlar sistem kısıtı ile üretim hattı sonu arasındadır (Türkmen, 2017, s. 142).

Kısıtların desteklenmesi için sisteme bırakılan malzemeleri kontrol eden ve sınırlandıran, kısıtlar ve kısıt öncesi sistemler arasında bir iletişim sistemi olmalıdır (Akkaya, 2015, s. 28). Darboğazı izleyen süreçlerin çıktıları, darboğaz tarafından sınırlandırılmış durumdadır. Darboğaz öncesi süreçlerde üretim miktarı, darboğazın işleyebileceği miktardan fazla olma durumunda yarı mamul stoklarında kontrolsüz artış meydana gelecektir. Yarı mamul stokunun kontrolsüz artmasını engellemek için darboğaz ve öncesi süreçler arasında kurulan bağlantıya “ip” adı verilir (Kartal, 2006, s. 63).

DTİ sisteminin 4 ana aşaması vardır (Kartal, 2006, s. 64);

1. Üretim sistemindeki fiziksel kısıtların belirlenmesi
2. Zaman tamponu miktarının belirlenmesi
3. Üretim temposunun tasarlanması (Davul)
4. Hammadde gönderimini planlamak (İp)



Şekil 8. Davul-Tampon-İp Sistemi

Kaynak: (Akkaya, 2015, s. 29)

1. Üretim sistemindeki fiziksel kısıtların belirlenmesi: Eğer bir fabrika, üretim kapasitesi anlamında diğer üretim elemanlarına nazaran daha düşük kapasiteye sahip bir elemana ya da makinaya sahip ise ona fiziksel kısıt adı verilir. Eğer fabrikadaki üretim elemanları veya makinaların tümü fazla kapasiteye sahip ise, fabrikanın fiziksel kısıtı pazar ya da malzemelerdir. Fiziksel kısıtlar iki yol ile tespit edilir (Kartal, 2006, s. 64);

- Son üretim durumuna dayanarak, yüksek üretim yükü ya da yüksek stok seviyesi ile çalışan iş merkezleri,
- Her iş istasyonundaki ürün üretim yüklerinin ve üretim siparişlerinin değerlendirilmesi durumunda en yüksek üretim yükü ve üretim kapasitesine sahip olan kısıtlı kapasite kaynağı.

2. Zaman tamponu miktarının belirlenmesi: Üretim sistemlerinin bir kısmında, üretim miktarını arttırmak ya da kısıt altında kusursuz imalat yapabilmek için bazı koruma mekanizmalarına ihtiyaç duyulur. Bu mekanizmaların ilk amacı, ürün sevkiyatının zamanında yapılması, gecikmenin önlenmesi, diğer amacı da kısıtlı kaynağın üretim akışı içerisinde sürekliliğinin sağlanmasıdır.

3. Üretim temposunun tasarlanması (Davul): Üretim temposu fiziksel kısıta göre tasarlanması "Davul süreci" olarak adlandırılır.

Davulun tasarımı iki kısımdan oluşur. İlk kısım, kısıt merkezinde işlenecek üretim siparişlerinin kapasite değerlerini yansıtır. Son dağıtım zamanından, taşıma tampon zamanı çıkartılarak kısıt merkezindeki üretim tamamlanma zamanı hesaplanır. Eğer kapasite eksiliği nedeni ile üretim yükü üst üste geliyorsa, davulun ikinci kısmı olan, üretim yükünün davul ritmini sağlamak için düzenlenmesi başlar.

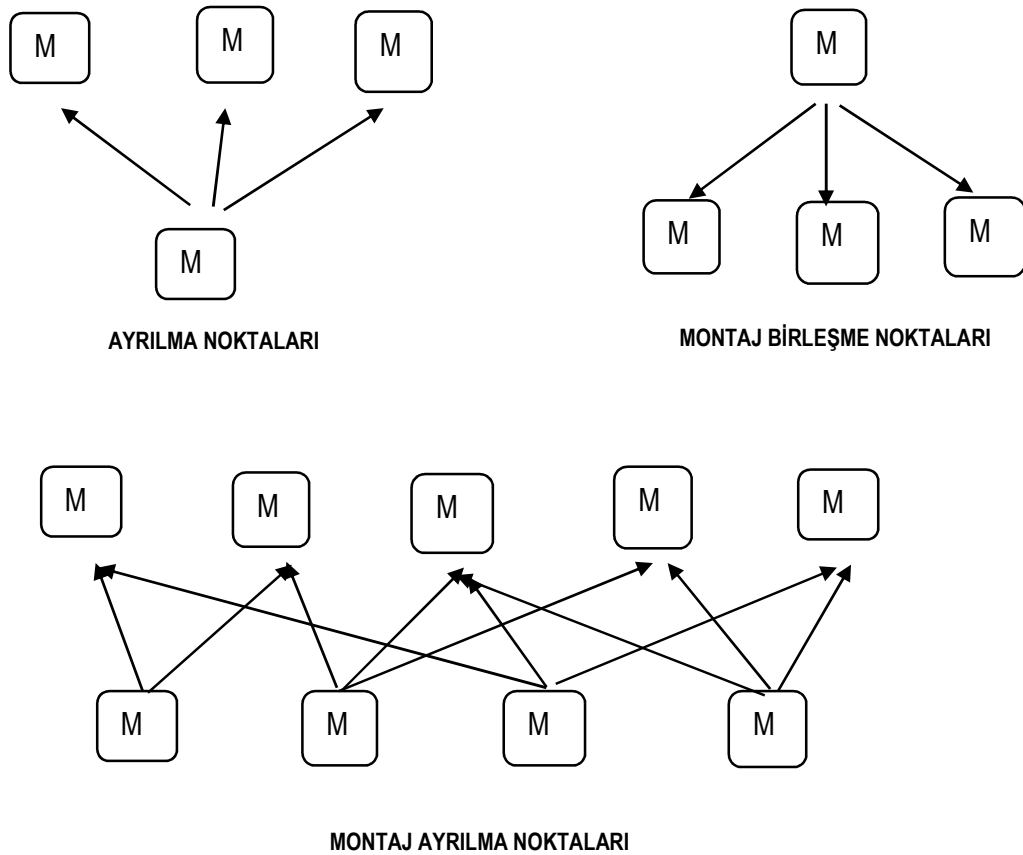
4. Hammadde gönderimini planlamak (İp): Hammadde gönderim temposu, davul temposuna göre belirlenmelidir. Üretim siparişi için hammadde çıkış zamanı üretim siparişinin kısıt merkezinin tampon zamanından davul çizelgesindeki başlangıç zamanının çıkarılması ile bulunur (Kartal, 2006, s. 66).

1.6.2.3. Tampon yönetimi

Tampon yönetimi, bir tamponda bulunan ya da bulunmayan malzemeleri denetleyen, süreç akışının aksamasını engellemek için faaliyetlerde bulunan bir yöntemdir. Tampon yönetimi ile yöneticiler gereksiz stok artışına neden olmadan, darboğazın kapasitesine bağlı olarak sistemin etkin bir şekilde yönetilmesine yardımcı olmaktadır (Akkaya, 2015, s. 29). Stok tamponlarının doğru şekilde yönetilmesi ile sistemin aksamadan ilerlemesi sağlanmakta, zaman tamponlarının yönetimi ile de bitmiş ürünlerin müşteriye zamanında teslimi sağlanmaktadır.

1.6.2.4. IVAT analizleri

IVAT analizleri, üretim sistemlerindeki malzeme ve parçaların hammadde halinden bitmiş ürüne geçişinde, genel sistem akışının belirlenmesini sağlayan bir kısıt yönetim prosedürüdür (Akkaya, 2015, s. 30). Geleneksel sınıflandırmaya göre üretim yapıları sürekli, kesikli ve proje tipi üretimdir. KT, geleneksel yapıdan farklı olarak üretim sürecini I, V, A, T şekillerine göre sınıflandırmıştır. Bu tesis tipleri ürünlerin, hammaddeden başlayarak, çeşitli iş merkezlerinden geçip son ürünlere dönüşmesi süreçlerini tanımlamaktadır. Her tesis tipi kısıt kaynaklarının bulunmasında farklı teknikler gerektiren kendine özgü karakteristiklere sahiptir (Kartal, 2006, s. 24).



Şekil 9. Ayrılma ve Birleşme Noktaları

Kaynak: (Türkmen, 2017, s. 144)

Bir tesisin yapısını belirlemek için akış diyagramları kullanılır. Ürün akış diyagramlarında üç önemli nokta bulunmaktadır (Türkmen, 2017, s. 143);

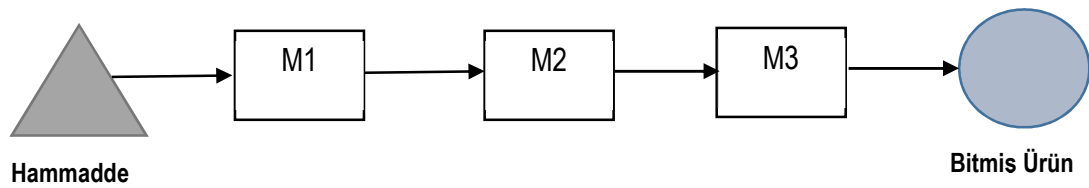
- *Ayrılma noktaları*; malzemenin akış sırasında iki veya daha fazla malzemeye ayrıldığı adımlardır.
- *Montaj birleşme noktaları*; iki veya daha fazla farklı parçanın tek bir ürün oluşturmak için montajlandığı noktalardır.
- *Montaj ayrılma noktaları*; bir dizi ortak bileşen parçasının çok sayıda ve çok çeşitli yollarla olası ana ürünleri oluşturmak için montajlandığında meydana gelir.

Herhangi bir imalat ortamı yukarıda belirtilen noktaları içerebilir. Bununla birlikte genellikle bu üç kategoriden herhangi biri baskın çıkar (Kartal, 2006, s. 24). Bu bakış açısına göre KT’de 4 farklı işletme tipi belirlenmiştir;

I tipi tesis; birinci işlemde sonra ikincinin, ardından üçüncü işlemin geldiği tesislerdir (Şekil 10). Bu tesisler standart ürün üretiminde temel metottur. Genel özellikleri şu şekilde sıralanır (Kartal, 2006, s. 26);

- Süreç içi stok miktarı azdır.
- Temel kontrol noktaları, kısıt, giriş iş merkezi, stok ve zaman tamponlarıdır.
- Yüksek hacimli üretim, standart ürün ve sabit talep söz konusudur.
- I tesisleri, sürekli ya da tekrarlı süreçler olabilir.

I tesisleri, birbirine bağımlı süreçlerden meydana geldiği için, üretim esnasında istatistiksel dalgalanmalar ile karşılaşabiliriz. Bu da çıktı üzerinde olumsuz etkiye neden olur. Bu tarz işletmelerde yüksek sermaye yatırımı gerekmektedir. Ayrıca, tezgâh hazırlık süreleri diğer yapılara göre daha fazla olup, işçilikte uzmanlaşma gerekir. Bu tesislerdeki kısıt yavaş işleyiştir.



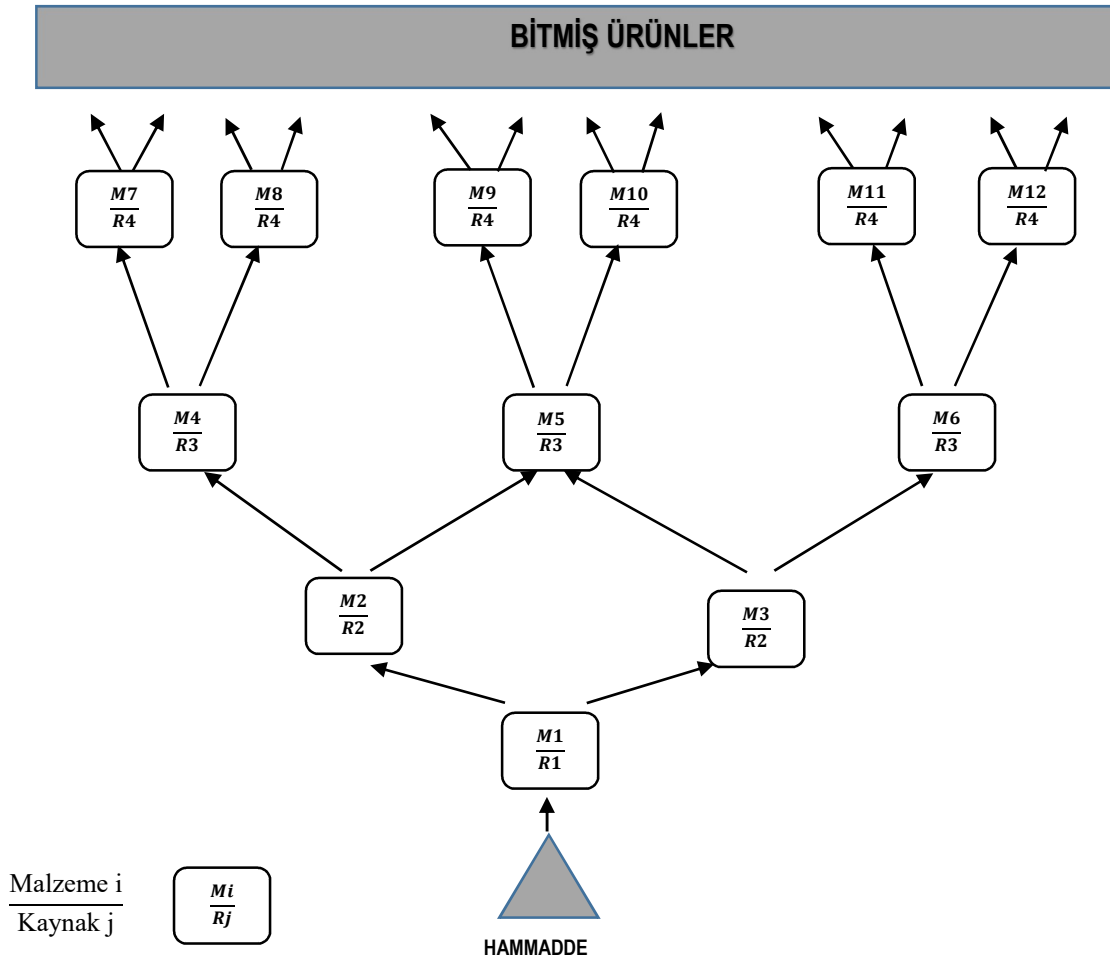
Şekil 10. I Tesisi

Kaynak: (Kartal, 2006, s. 26)

V tipi tesis; bu tür tesislerde ürün akış diyagramları, temel bir hammaddenin üretim süresi boyunca ayrıldığı ve çok çeşitli ürün üretmek için kullanıldığı yapılardır (Şekil 11). V yapılı tesislerde genellikle ayrılma noktaları ön plandadır. Kısıtlar da bu ayrılma noktalarında oluşmaktadır.

V tesislerindeki en büyük problem, ayrılma noktalarında yanlış malzemelerin kullanılmasıdır. Bu tesisleri, her bir farklı rotaya sahip aynı hammaddeden üretilen çeşitli ürünlerin olduğu bir dizi I tesisinin toplamı olarak düşünülebilir. Genel özellikleri şu şekilde sıralanır (Kartal, 2006, s. 27-28).

- Birkaç hammaddenin çok sayıda ürün oluşturmak üzere ayrılması,
- Sabit rotalama,
- Sermaye yoğun ekipman kullanımı,
- Maliyet rekabeti yapılamıyor olması,
- Düşük kâr payına sahip olması,
- Kapasitenin fazla olması,
- Hammatde ve bitmiş ürün stoklarının fazla olması,
- Etkin planlama yapılamaması,
- Verimlilik ve kullanım oranlarında düşük performans gösterilmesi.

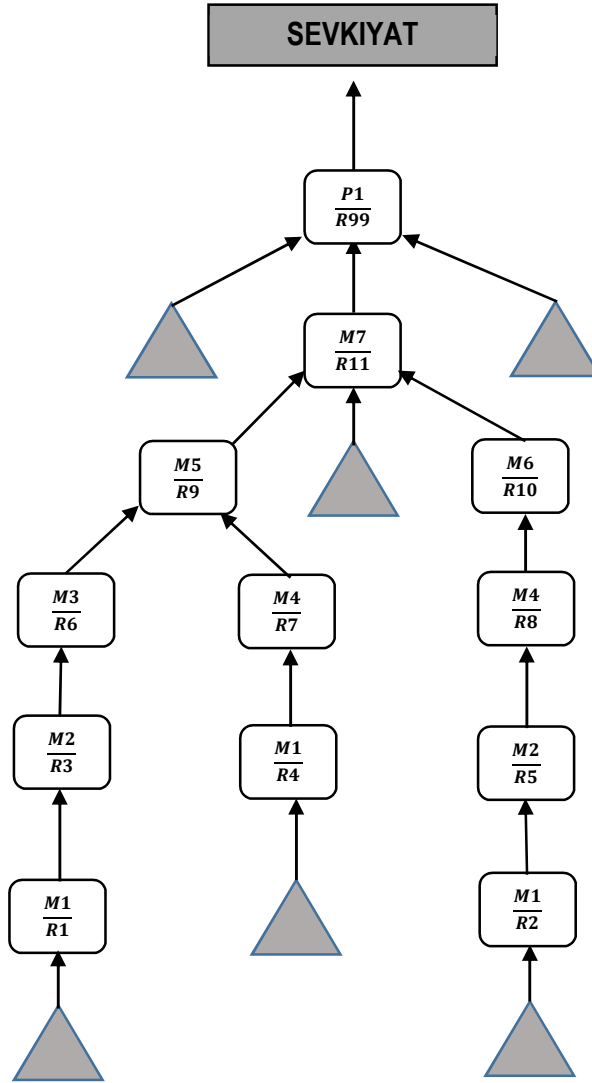


Şekil 11. V Tesisi

Kaynak: (Kartal, 2006, s. 26)

A tipi tesis; bu tür tesislerde çok sayıda satın alınmış hammadde ya da imal edilmiş yarı mamul, tek bir mamul oluşturmak için alt montajlar şeklinde birleştirilmektedir. Temel birleşme süreci bir piramidi andırmaktadır (Şekil 12). Bu tesislerin özellikleri;

- Tesisteki çok sayıda üretilmiş parça az sayıdaki son ürüne dönüşmek üzere montajlanır.
- Bileşen parçaları için üretim rotaları bir son ürün için yüksek oranda benzer değildir.
- Kullanılan makine ve parçalar genel amaçlı olarak kullanılmaya eğilimlidirler ve sıklıkla farklı işlerde kullanılır.

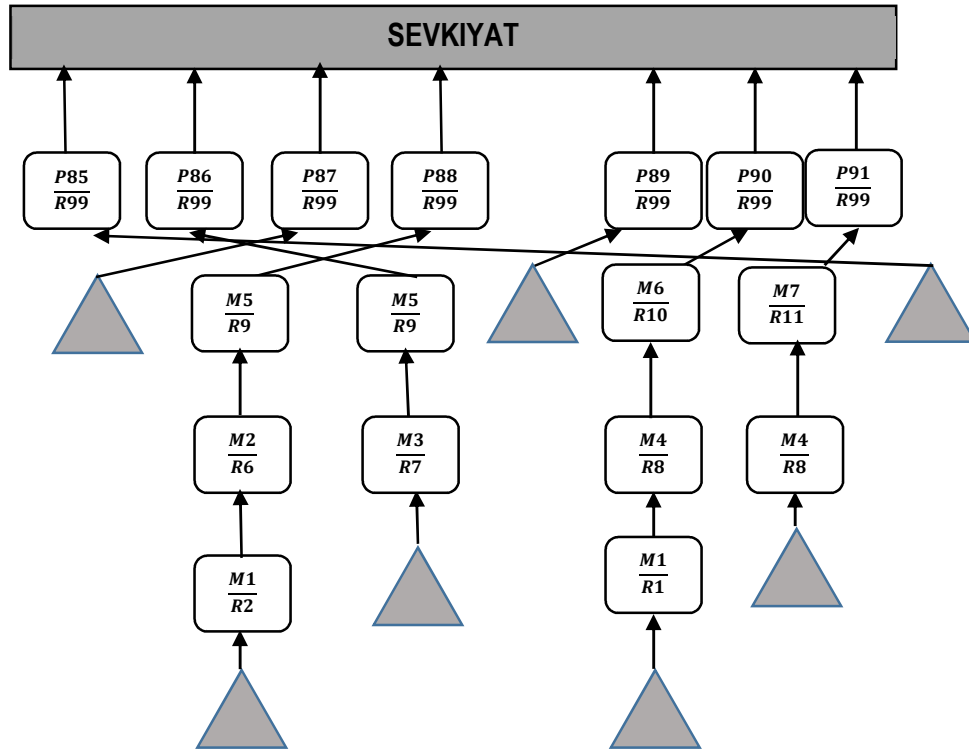


Şekil 12. A Tesisi

Kaynak: (Kartal, 2006, s. 30)

A tesislerinde, genellikle kaynakların montaj birleştirme hatlarına yanlış tahsisinden dolayı problem ortaya çıkar. Yüksek verimliliği sağlamak için büyük partiler halinde üretim yapılır. Bu sayede hazırlık zamanlarında önemli azalışlar olur (Kartal, 2006, s. 29). Bu tesislerde birincil sorun birleşecek tüm parçaların doğru zamanda nihai montaj noktasında bulunmasını sağlamak ve iş adımlarının senkronize edilmesidir (Türkmen, 2017, s. 144).

T tipi tesis; işletmelerde en fazla kullanılan yapıdır. Bu tesislerde benzer aşamalar sonucunda birden fazla son süreç çıktısı elde etmek mümkündür. Son ürün pek çok ürünün montajı ile elde edilir. Öncelikle temel parçalar üretilir ve depolanır (Şekil 13).



Şekil 13. T Tesisi

Kaynak: (Kartal, 2006, s. 31)

T tesisi, bir V ve A tesis yapılarının üzerinde olabilir ve bunların bir birleşimidir (Şahbaz, 2005, s. 37). Bu tesisin temel özellikleri;

- Üretim süresi tam olarak tahmin edilemez.
- Ortak parça kullanımı vardır.
- Montaj süreci içerisinde, parçaların ilgili siparişlere tahsis edilmesi gecikmektedir.
- İmalat büyük partiler halinde yapılmaktadır.
- Montaj hattında yarı mamul stoğu birikmiştir (Şahbaz, 2005, s. 37).

T tipi tesislerdeki en önemli sorun, süreç planının gerektirdiklerini karşılayabilmek için ortak süreç aşaması çıktılarının, belirli bir son süreç çıktıları yerine başka bir son süreç çıktısına aktarılmasıdır. Bu durum toplam süreç zamanının uzamasına neden olmaktadır. Burada kısıtın önüne bir tampon konularak, kısıt çıktısının maksimum hale getirilmesine çalışılmalıdır (Akkaya, 2015, s. 33).

IVAT analizleri, kısıtlamaların ve engellerin neden olduğu üretim miktarındaki olumsuz etkilerini azaltmak için kullanılması gereken tamponlar hakkında önemli bilgi sağlar. Bir tampon, üretim programının planlandığı gibi ilerlemesinde yedek plan görevi

görmektedir. Bir ürünün üretim süreci içerisinde yeni bir aşamaya geçtiği noktalarda, çoğu zaman sorunların ortaya çıktığı yerler kontrol noktaları olduğu için, bu noktalar tampon oluşturmak için en doğru alanlardır (Türkmen, 2017, s. 146).

V tesisleri, sık sık bir kısıt zaman tamponu ile korunması gereken bir kapasite kısıtına sahiptir. Bu nedenle bu kapasite kısıtının, üretim programında herhangi bir aksaklığa yol açmaması için stok tamponuna ve müşteri siparişlerinin planlandığı gibi teslim edilmesini sağlamak için de sevkiyat zaman tamponuna ihtiyaç duyulur (Kartal, 2006, s. 31).

A tesislerinde, birden fazla ürün için özel bileşen parçaları ortak değildir ve ihtiyaç duyulan parça miktarını talep seviyesi ile belirleyemeyiz. Bu yüzden bu tip tesislerde sıkça kapasite kısıtları bulunur. Bu nedenle A tesislerinde, hem kapasite kısıt zaman tamponları ve montaj zaman tamponları zorunludur. Ayrıca teslim tarihlerine uyabilmek için de sevkiyat zaman tamponlarına ihtiyaç duyulur (Kartal, 2006, s. 33).

T tesislerinde, stokta olmayan ürüne talep söz konusudur. Bu nedenle bitmiş ürünler için stok tamponu bulundurmak gerekir. Ancak büyük miktarda stok bulundurmak stok taşıma maliyetini artıracaktır. Bunun yerine fiziksel olarak son montaj bileşen ambarlarına yerleştirilmiş, bileşen stok tamponlarında süreç içi stok bulundurulmalıdır. Bu tamponlar, bitmiş ürün stok tamponlarını yenilemek ve müşteriye tatmin etmek için son montajda ihtiyaç duyulan tüm bileşenleri tutar (Kartal, 2006, s. 34).

1.6.3.Problem Çözme / Düşünce Süreci

Fiziksel kısıtlar yerine, çözümü ve yönetilmesi daha zor olan yönetsel ya da pazara yönelik kısıtların ortaya çıktığı durumunlar için Goldratt (1994) Düşünce Süreci'ni (Thinking Process) geliştirmiştir. Düşünce sürecinde üç soruya cevap aranmaktadır;

Ne değişecek? (What to change?): İşletmelerin sürekli gelişim için değişime ayak uydurmaları, doğru bileşenlerini değiştirmeleri gerekmektedir. Bu soruda amaçlanan temel problemi belirlemektir (Türkmen, 2017, s. 134). Sistemin mevcut durumunu analiz etmek ve temel problem üzerine odaklanmak için bu aşamada Mevcut Gerçeklik Ağacı (MGA) uygulanmaktadır (Atağan, 2013, s. 20).

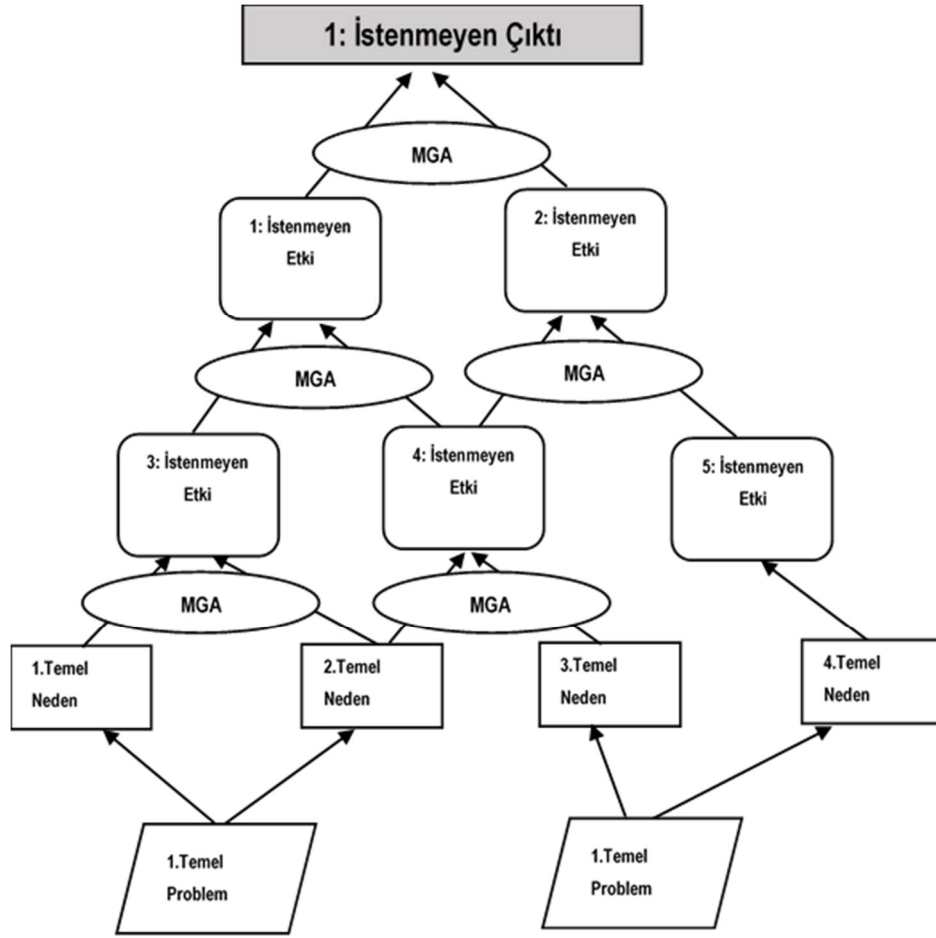
Neye dönüşecek? (What to change to?): Bu aşamada, belirlenen temel problemin çözümü için basit ve pratik çözüm yolları geliştirilmektedir. Kullanılan mantıksal araçlar; problemlerin kaynağını tespit etmeye yarayan Buharlaşan Bulut (BB) yöntemi ve olası değişikliklerin ileride yaratacağı sonuçları görmeye yarayan Gelecekteki Gerçeklik Ağacı (GGA) yöntemidir.

Değişim nasıl gerçekleşecek? (How to cause change?): Bu aşama, değişime engel olan problemlerin üstesinden gelebilmek için kullanılan Ön Koşul Ağacı (ÖKA) ve ayrıntılı uygulama planlarını içeren Geçiş Ağacı (GA) yardımı ile çözümlerin uygulanması aşamasıdır.

1.6.3.1.Mevcut gerçeklik ağacı (MGA)

Sistemin mevcut durumunu analiz etmek, problemleri daha iyi anlamak ve sistemin performansını olumsuz yönde etkileyen temel problemleri tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır (Türkmen, 2017, s. 135). MGA, çevremizde tespit ettiğimiz istenmeyen sonuçların tespiti ile başlar. Bu istenmeyen etkilerin kök nedenlerini bulmamızda yardımcı olur. MGA, değiştirildiğinde sisteme pozitif yönde katkısı en fazla olacak sorunun ne olduğunu tespit etmemizi sağlar (Şahin O. , 2008, s. 29).

Ağacın oluşumunda takip edilmesi gereken belirli bir sıra vardır (Şekil 14). Bu sıralamaya göre, öncelikle işletmede ortaya çıkan istenmeyen durum belirlenmelidir. Ardından bu istenmeyen çıktıya neden olan istenmeyen etkiler belirlenir. Daha sonra bu istenmeyen etkilerin alt nedenleri belirlenmekte, son olarak temel problemin yani kısıtın tespitine ulaşılır (Taştan & Demircioğlu, 2014, s. 65). Sonuç olarak MGA'yı istenmeyen etkiler ve onların sonuçları arasındaki neden-sonuç ilişkisini gösteren bir diyagram olduğunu söyleyebilir (Kartal, 2006, s. 44).



Şekil 14. Mevcut Gerçeklik Ağacı

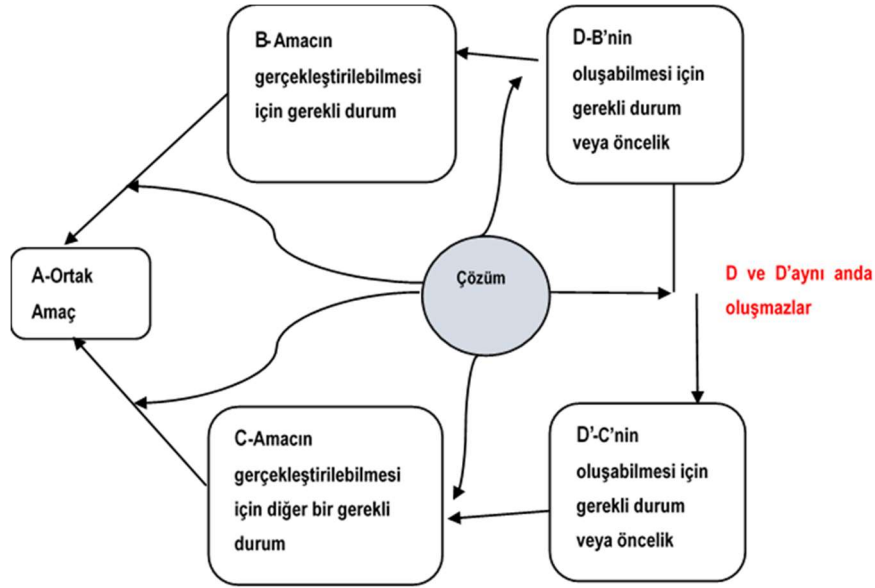
Kaynak: (Kadioğlu, 2019, s. 41)

1.6.3.2. Buharlaşan bulut (BB)

Bu yöntem, problemin var olduğu mevcut durumundan, gelecekteki istenen duruma geçişte, problemin ortadan kalkmasına destek veren bir araçtır (Türkmen, 2017, s. 136). BB, kök problemin ortadan kaldırılması için gerekli çözümlerin ortaya konduğu, çözümler arası bir çatışma olma durumunda bu çatışmaların ortadan kaldırılması için gerekli çalışmaların yapıldığı yöntemdir (Akkaya, 2015, s. 37).

BB'nin oluşturulması istenen bir amaç ile başlamaktadır. Bu amaç MGA'da belirlenen kök problemin zıttı olabilir. Amaç belirlendikten sonra gereksinimler ve ön koşullar ifade edilir. Gereksinimler, amacın başarılması için gerekli koşullar iken, önkoşullar gereksinimlerin başarılması için gerekli koşullardır. İki ön koşul çatışma durumunda olması durumunda amacın başarılması mümkün görünmez. Bu çatışmanın ortadan kaldırılması, gerekli koşulların gizli kalmış varsayımlarının ortaya çıkarılmasını

ve bu varsayımlara meydan okunmasını gerektirmektedir (Şekil 15) (Yüksel, 2011, s. 3627).



Şekil 15. Buharlaşan Bulut

Kaynak: (Kadioğlu, 2019, s. 42)

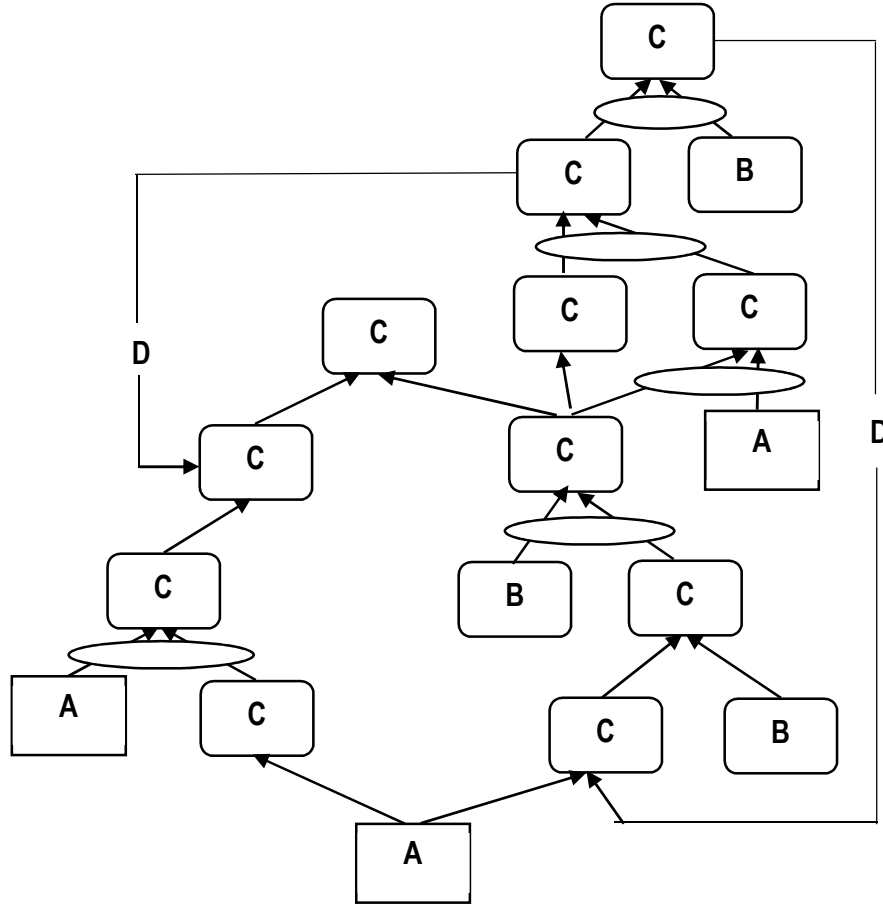
1.6.3.3. Gelecekteki gerçeklik ağacı (GGA)

GGA, mevcut sistemde gerçekleştirilecek değişiklikler ile meydana gelebilecek sonuçlar arasındaki neden sonuç ilişkisini göstermektedir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 188). GGA, organizasyonun geleceği üzerinde etkili olduğu düşünülen değişimi tanımlar, mümkün negatif taraf etkileri için uyarır. Bu tür etkiler, negatif dalları budamak olarak tanımlanan bir süreç içinde çözülür (Kıncal, 2007, s. 369). GGA ile MGA arasındaki temel ilişki, MGA'nın eğer-ise mantığı kullanılarak GGA halini almasıdır ki bu da yapılan çözümlerle istenmeyen etkilerin nasıl istenen etkilere dönüştürüleceğini göstermektedir (Onursal, Aydın, & Birgün, 2018, s. 334).

GGA ile gerçekleştirilmesi düşünülen iyileştirmelerin etkinliği, zaman, enerji ve kaynak harcamadan test edilir. Mevcut durumdan daha kötüye gidişi engeller (Türkmen, 2017, s. 136). GGA, dört karakteristik kısımdan oluşur (Gaga, 2009, s. 47);

- A; MGA'da bulunmayan, bütünleştirilecek fikirlerdir. Ağacın en alt kısmında yer alır.
- B; Sistemin gerçekliğinde şu an var olan bileşenlerdir. GGA'da bu bileşenler genelde giriş noktalarıdır.
- C; Şimdilik sistemde var olmayan bileşenlerdir. Şu anda var olan bileşenler (B) ile bütünleştirilecek fikirler (A) birleştirildiğinde C bileşeni var olacaktır.

D; GGA'da sık sık yer alan, desteklenmiş ve sürekli gelişmelerin modellerini yaratmayı ifade eden bileşenlerdir (Şekil 16).



Şekil 16. Gelecekteki Gerçeklik Ağacı

Kaynak: (Gaga, 2009, s. 47)

1.6.3.4.Ön koşul ağacı (ÖKA)

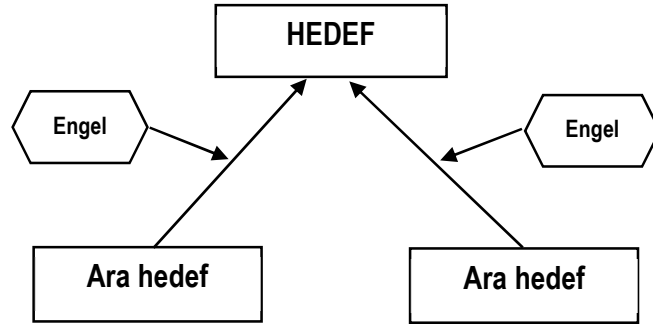
ÖKA, “nasıl değişecek” sorusuna cevap bulmaya yarayan araçtır. Uygulamanın adım adım nasıl gerçekleştiği görebilmek için ÖKA kullanılmaktadır. Bu sayede uygulama sırasında karşımıza çıkacak engelleri aşabilmek için yapılması gerekenler ve alınan kararlar tespit edilmiş olur. ÖKA, MGA ile Geçiş Ağacı (GA) arasında köprü vazifesi görür (Atağan, 2013, s. 21).

Goldratt, KT'nin bir prensibi olarak “Fikirlerin henüz bir çözüm olmadığını” belirtir. Bir şeyin çözüm olarak tanımlanabilmesi için uygulamasının bitmesi ve sistemin istenildiği gibi çalışması gerekmektedir. ÖKA'nın hedefi, BB uygulamasından itibaren bütünleştirilmeye çalışılan fikri önleyen engelleri tanımlamaktır (Gaga, 2009, s. 53). ÖKA'nın bileşenleri şu şekilde tanımlanır (Şekil 17) (Gaga, 2009, s. 54);

Hedef; ÖKA'nın amacını tanımlayan bileşenlerdir. Bunlar ağaçtaki bileşenlerin, neticede sistemin ne başaracağıdır.

Aradaki Hedef; bunlar başarılması zorunlu dönüm noktalarını tanımlayan bileşenlerdir. Bu hedefler, ana hedefleri başarma yolunda karşılaşılan engellerin üstesinden gelebilmek için yaratılır.

Engel; her iki hedef arasında, hedeflerin birbirine bağımlılığını, arasındaki ilişkiyi bozan unsurlardır. Engellerin üstesinden gelinmedikçe, sistem hedeflere ulaşmada başarısız olacaktır.



Şekil 17. Ön Koşul Ağacı

Kaynak: (Gaga, 2009, s. 53)

Sonuç olarak; ÖKA, alınan kararı ya da çözümü uygulamak için hangi faaliyetlerin nasıl bir sıra ile tamamlanması gerektiğine odaklanır. Uygulama esnasında karşılaşılan engeller ile nasıl baş edileceğini gösterir. ÖKA'nın amacı, bir faaliyetin belirlenen rotasının uygulanmasına engel bütün unsurları belirlemektir (Taştan & Demircioğlu, 2014, s. 69).

1.6.3.5. Geçiş ağacı (GA)

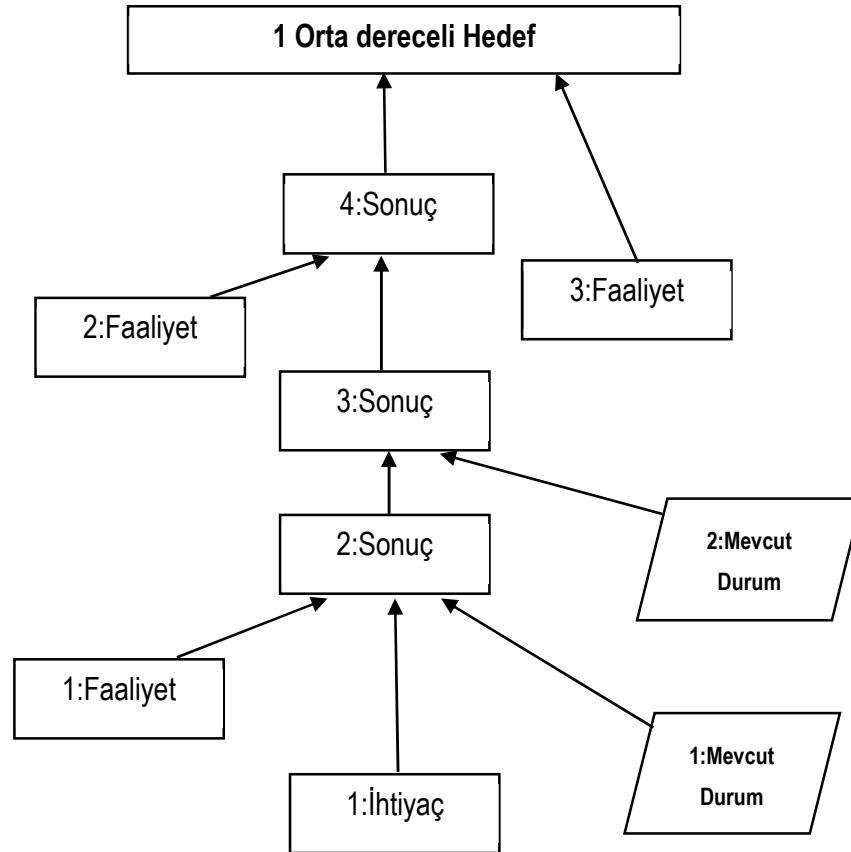
GA, işletmenin şimdiki durumundan istenen duruma geçiş yapmasını sağlayan plandır. ÖKA ile tanımlanan hedeflerin başarılması için ve istenen duruma geçişi sağlamak için verilen kararlara nasıl ulaşılabileceğini göstermekte ve adım adım rehberlik sağlamakta, bir çeşit kontrol listesi işlevi görmektedir (Türkmen, 2017, s. 137).

GA, "değişim nasıl gerçekleşecek?" sorusuna verilecek yanıtın son kısmını oluşturur (Kartal, 2006, s. 46). GA yapısından önce gelen yapı ÖKA'dır. ÖKA ile engeller belirlendikten sonra GA ile adım adım geliştirme planı oluşturulur. GA yapısı, GGA'nın herkes tarafından anlaşılabilir şekilde birbirini izleyen adımlar dâhilinde açıklanmasını sağlar (Kıncal, 2007, s. 375).

GA, sıralı bir şekilde gerçekleştirilmesi gereken adımları belirtmekle birlikte her adım için mantıksal açıklama da sağlar (Şekil 18) (Taştan & Demircioğlu, 2014, s. 70). GA'nın amaçları şu şekilde özetlenebilir (Gaga, 2009, s. 56);

- Uygulanacak yöntem için uygun metotlar geliştirmek,
- Değişim süreci yardımı ile etkin olan darboğazları etkisiz hale getirmek,
- Hedeflerde meydana gelebilecek sapmaları ortaya çıkarmak,
- İleriki çalışmalar için sonuçları diğerlerine anlatmak,
- BB ve GGA'da geliştirilen başlangıç fikirleri yürütmek,
- ÖKA'da belirlenen ara hedeflere ulaşmak,
- Kavramsal veya stratejik planlar için tedbirli çalışma planı geliştirmek,
- İstenmeyen sonuçları engellemek.

GA sayesinde planlanan her eylemin nedeni tanımlanarak, alt kademeye planın aktarılması aşamasında gerekli açıklama ve doğrulama ihtiyaçları karşılanmış olur. Bu sayede değişime karşı gösterilecek direnç te ortadan kaldırılmış olur (Kartal, 2006, s. 46).



Şekil 18. Geçiş Ağacı

Kaynak: (Taştan & Demircioğlu, 2014, s. 70)

1.7.Kısıtlar Teorisinin Faydaları

KT'nin işletmeler açısından sunduğu en önemli avantaj kısıtların belirlenip ortadan kaldırılması ve sistemde sürekli gelişimin teşvik edilmesidir. İşletmelerin öncelikli amacı maliyetlerini azaltarak kârlarını arttırmaktır. KT'nin yarı mamul stoklarındaki birikme ve darboğazların ortadan kaldırılmasındaki amacı neticesinde işletmelerdeki en önemli maliyet unsurlarından biri ortadan kaldırılmış olur. Buna ek olarak üretim süresinde meydana gelen iyileşme sayesinde siparişlerinin zamanında karşılanması da sağlanmış olur. KT'nin performans ölçütleri içerisinde yer alan, finansal ve faaliyet ölçütleri dikkate alındığında KT'nin maliyetlere odaklandığı söylenebilir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 189).

Diğer sistemlerden farklı olarak KT, yöneticilere sunduğu esneklik sayesinde işletmelerde daha verimli sonuçların ortaya çıkmasına yardımcı olacaktır. KT, işletme bütünlüğü sağlamada, ortaya konulan hedeflerin belirginliği ve çalışanların bu hedeflere ulaşmak için yapmaları gerekenlerin anlaşılabilmesi açısından oldukça etkilidir. KT'yi uygulayan işletmeler ve eldi ettikleri kazançlara ait örnekler aşağıda belirtilmiştir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 190).

- **Avery Dennison:** ofis malzemeleri, etiket ve etiket sistemleri üreten işletme, 12-18 ay içerisinde KT'yi uygulayarak pazar payını %25, satışlarını %23, üretim kapasitesini %50-300 oranında arttırmış, müşteri şikâyetlerinde %47, teslim sürelerinde %80, stoklarda %50-75 ve hurda oranında %32 düşüş sağlamıştır.
- **TBS Furniture:** Mobilya üreticisi işletme MRP sisteminden bekledikleri verimi alamayınca KT'yi uygulamışlar, bu sayede satışlarını %40 ve teslim performansını %97 arttırmıştır. Siparişlerini karşılama süresi 6-8 haftadan 7 güne çekilmiş, işletme giderleri %40, stoklar da 2 Milyon Pound azalmıştır.
- **Ford Motor:** Siparişleri karşılama süresi 10.6 günden, JIT ile 8.5 güne, KT ile 2.2 güne çekilmiştir. Müşteri memnuniyeti %75 seviyesine yükselmiştir.
- **General Motors:** KT yardımı ile iş yoğunluğu nedeni ile sistemde yığınlar oluşması kısıt olarak belirlenmiştir. Gecikme zamanı %30 azalmış, kalite artmış, yığınlar azalmıştır.
- **General Electric:** Yönetimsel zorlamaların kısıt olduğu tespit edilmiş, direkt işçiliğe ilişkin dönüşüm süresi azaltılmıştır.
- **American Lighting Standart Corporation:** Standart maliyetlere ve yeteneklere fazla odaklanması nedeni ile işletme amacından sapılması kısıt olarak

belirlenmiş, KT'nin uygulanması ile işletme kazancından %40, nakit akışında ise %60 artış sağlanmıştır.

- **Southwestern Ohio Steel:** Kısıtlara bağlı olarak kapasitede yaşanan dalgalanmalar problem olarak tespit edilmiş, KT, fiyatlama ve geliştirmede kullanılarak kısıtlarda önemli iyileştirmeler sağlanmıştır.

KT'nin işletme yöneticilerine disiplin ve yapısal gereklilik açısından sağladığı yararları şu şekilde belirtmiştir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 191).;

- Organizasyonun güncel yapısı hakkında derinlemesine inceleme imkânı,
- Uygulama sonuçları ile ortaya çıkabilecek durumların analizi ve gelişimi,
- İstenilmeyen sonuçların temel nedeninin belirlenebilmesi,
- Sistem performansının ne şekilde değişeceğinin ve sonuçlarının tahmini

Diğer sistemlerden farklı olarak KT, yöneticilere sunduğu esneklik sayesinde işletmelerde daha verimli sonuçların ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır.

1.8.Kısıtlar Teorisine Yönelik Eleştiriler

KT, daha önce de belirtildiği gibi sürekli gelişimi gerçekleştirmeyi amaç edinmektedir. Ancak kısıtları ortadan kaldırmak için ortaya atılan çözümlerin kısa süreli olması, teoriye karşı yönetilen en büyük eleştiridir.

MacArthur (1993: 50-52)'a göre (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 191), KT üretimdeki kısa vadeli maliyetlere odaklanırken; faaliyet tabanlı maliyetlendirme ise daha çok uzun dönemli maliyetlere odaklanmaktadır. Bu nedenle yöneticiler sadece KT dönüşüm muhasebesini değil aynı zamanda faaliyet tabanlı maliyetlendirmeyi de göz önüne alarak bir çalışma yapmalıdır.

Holmen (1995: 37-40)'e göre (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 191), KT'nin temel varsayımlarında direkt işçilik giderlerinin geçerli maliyet olarak görülmemesi, kısa dönemli maliyetlerle yapılan planların uzun dönemde değişmeye izin vermemesi ve sabit görülmesi de teorisinin eleştirilen yönleridir.

Günümüz koşullarının daha çok küreselleşme tarafında olması, müşteri hassasiyetindeki artış, uluslar üstü örgüt sayısının ve etkinliklerinin artması ile işletmeler Goldratt'ın KT'nin temel varsayımları içerisinde yer alan kâr elde etme ve kârlılıklarını artırma amacı yerine daha sosyal amaçlara yönelmeye zorlanmışlardır. Bu nedenle KT'nin diğer eleştirilen bir yönü olarak sadece kârı arttırmayı hedeflemesi gösterilebilir (Büyükyılmaz & Gürkan, 2009, s. 192).

1.9.Kısıtlar Teorisi ile İlgili Literatür Taraması

KT, günümüze kadar birçok akademik çalışmaya ve tezlere konu olmuş bir felsefedir. Bu çalışmalar 3 gruba ayrılarak incelenmiştir;

- Kavram, literatür taraması ve süreç yönetimi ile ilgili çalışmalar,
- Süreç katkı muhasebesi, stratejik maliyet ve ürün karması tespiti ile ilgili çalışmalar,
- Düşünce süreci araçlarının uygulandığı çalışmalar,

1.9.1.Kavram, Literatür Taraması ve Süreç Yönetimi ile İlgili Çalışmalar

Dettmer (1995), işletmelerin kaliteye ulaşmada ve kaliteyi korumada sorun yaşama nedenleri üzerine bir çalışma yapmıştır. TKY, süreç kontrolüne ve süreç iyileştirmesine odaklanırken, sistemi bir bütün olarak ele almadığı için tedarikçilerin ve müşterilerin süreçlere etkileri göz ardı edilmektedir. Dettmer, KT felsefesini ve beş odaklanma adımını açıklayarak işletmelere TKY'nin etkilerini artırmada yardımcı olabileceğinden bahsetmiştir. KT; sistemi bir bütün olarak ele alıp kısıtları ortadan kaldırarak performansı artırmakta, sistemin etkinliğini artırmak için neyin, nasıl değişeceğini tanımlamakta, günlük alınan yönetim kararlarının tüm sistemin performansına olan etkisini ölçmektedir.

Rahman (2002) yaptığı çalışmada, KT felsefesi ve uygulamaları hakkında kapsamlı bir sunum yapmış ve bu farklı uygulamalar hakkında literatür taraması yaparak çalışmaları dört sınıfa ayırmıştır. Bunlar;

1. Kavramsal; KT'nin temel prensiplerinin açıklandığı çalışmalar
2. Genişletilmiş; KT prensiplerinin farklı teorik problemlere uygulanması
3. Karşılaştırma; KT felsefesinin farklı sistemler ile kıyaslanması
4. Uygulama; KT'nin işletmelerde uygulanması

Ünal, Tanış ve Küçüksavaş (2005), yaptıkları çalışmada bir imalat tesisinde KT uygulaması varsayımı ile yarı mamul stokunda azalmayı, satışların artmasını siparişlerin tam zamanında müşteriye teslim edilmesini ve KT'nin beş odaklanma adımı ile elde edilen sonucun doğrusal programlama ile elde edilen sonuçla aynı olduğunu tespit etmişlerdir.

Kartal (2006) tez çalışmasında, KT felsefesini açıklamış, bir buzdolabı fabrikasında bulunan plastik atölyesinde karşılaşılan süreç içi stok fazlalığı problemini ele alınmıştır. Problem çözümü için kısıtlı ve kısıtsız kapasite kaynakları arasında

senkronize üretimi sağlamak için DTİ çizelgeleme sistemine dayalı bir yaklaşım geliştirmiştir.

Büyükyılmaz ve Gürkan (2009) KT'nin teorik yapısını temel alarak, teorinin temel kavramlarını incelemişlerdir. Ayrıca teorinin işletmelere sağladığı faydaları ortaya koymuşlardır. Teoriye ilişkin literatürde yer alan çalışmaları inceleyerek, klasik yaklaşımlara göre teorinin sorunların belirlenip ortadan kaldırılmasında daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Tekin ve Şahin (2014), KT yardımı ile PVC üretim işletmesinde çalışanların motivasyonlarını kısıtlayarak işletmenin başarısını olumsuz yönde etkileyen faktörleri belirlenmesine çalışmışlardır.

Escobar ve diğerleri (2015), KT uygulama adımları yardımı ile bir hastanede, hasta kayıtları ve diğer medikal kayıtların bölümler arası transferi esnasında karşılaşılan kısıtları tespit etmişler ve ortadan kaldırmaya çalışmışlardır.

Akkaya (2015), yüksek lisans tezinde boya sektöründeki bir işletmenin sentetik tiner üretim sürecinde KT'nin beş odaklanma adımını uygulayarak, siparişleri karşılamada yaşadığı kapasite yetersizliğinin çözümüne odaklanmıştır.

Yükçü ve Yüksel (2015), beş odaklanma adımı yardımı ile bir kamu hastanesinde KT kavramının uygulanabilirliğini incelemişlerdir.

Ayanoğlu ve Şakar (2015), bir kargo işletmesinde KT'nin beş adımını uygulayarak, kısıtları tanımlamış, etkin bir şekilde yönetmiş ve kısıtları ortadan kaldırarak işletmenin yoğun dönemde karşılaştığı ek talepleri karşılayabilmesini sağlamışlardır.

Demircioğlu ve Akkaya (2016), boya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin sentetik tiner üretim sürecinde beş adımlı sürekli iyileştirme sürecini uygulamışlardır. Üretim sürecinde kapasite kısıtlı kaynağını belirlemişler, en uygun ürün karmasına ulaşmışlar, kısıtların ortadan kaldırılması için gerekli önerileri sıralamışlardır (Akman & Özcan, 2017, s. 273).

Akman ve Özcan (2017), 2005 yılı ve sonrası KT konusunda Türkiye'de yazılan 31 adet makaleyi incelemişlerdir. İncelenen makaleler yıllara, yayınlandığı kaynaklara, konulara ve ilgili sektörler göre 4 gruba ayrılarak dağılımları incelenmiştir.

Karagün ve Sözen (2017), KT felsefesini tanımlamış, literatür çalışması yapmış, kapasite kısıtı üzerinde durmuştur. Bununla birlikte kapasite kullanımı ve kapasite çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir. Kısıtlı katkı payının uygulamalarda nasıl hesaplandığını matematiksel formül ile göstermiştir.

Trojanowska ve Dostatni (2017), yine KT'nin kurucusu Goldratt tarafından geliştirilen, bir proje yönetim sistemi olan Kritik Zincir Proje Yönetimi (CCPM) üzerine bir çalışma yapmışlardır. Kritik zincir, bir projede tanımlanan, projenin süresini belirleyen en uzun süreli süreçtir. CCPM'in amacı, kritik zincir sürecinin tamamlanma süresini düşürmek ya da belirlenen tarihte tamamlanmasını sağlamaktır. Bu yönetim biçimi, üretim tesisi ve servisleri farklı bölgelerde olan bir üretim tesisi için uygulanmış ve sonuçları tartışılmıştır.

Wolniak ve diğerleri (2017), madencilik sektörü için elektriksel malzeme üreten bir işletmede süreç etkinliğini artırmak için KT'yi kullanmışlardır. İşletme, süreç akışını kullandığı Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) yazılımı ile takip etmektedir. Bu program yardımı ile darboğaza neden olan süreç tespit edilip çözüm yolu bulunmaya çalışılmıştır.

Yükçü ve diğerleri (2017) yaptıkları çalışmada, KT felsefesini tanımlayarak, işletmelerin kısıtlar ile baş edebilmesi için bu felsefeyi temel alıp mevcut kısıt altındaki kapasitenin etkin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında bu etkin kullanım ile ilgili örnekler vermişlerdir.

Orchard (2017), diğer çalışmalardan farklı olarak, tasarım açısından daha dar kapsamlı ve hayali kurgular ile KT'yi öğretmenlerin faydaları üzerine bir çalışma yapmıştır. Diğer çalışmaların aksine matematiksel algoritmalar ya da eşitlikler kullanmadan, kısa sürede hazırlanabilen kurgular ile KT'yi öğretmenlerin daha kolay ve hızlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Rojas ve diğerleri (2018), KT felsefesini, felsefenin darboğazları ve kısıtları tespit edip süreç iyileştirmelerine katkısını, bir grup insanla birlikte gerçekleştirdiği, uçak parçaları üreten bir işletmenin çalışmalarını yansıtan bir oyun yardımı ile göstermişlerdir.

Kishira (2018) makalesinde, Hipotezlerin Mantıksal Yapısı (SOH) yardımı ile bilimsel teorilerin gerekliliklerini inceleyerek KT'nin bilimsel bir teori olup olmadığını açıklamaya çalışmıştır.

Ikezeri ve diğerleri (2018), KT ile ilgili 1984'den günümüze kadar yayınlanan 1009 adet makaleyi incelemiştir. Yapılan bu inceleme ile ilk defa KT ile ilgili bibliyometrik analiz yapılmıştır. İncelenen makaleler sayısal olarak analiz edilmiştir.

Savcı (2018), KT'nin tanımı, tarihsel gelişimi ve amacı hakkında bilgi verdikten sonra teorinin küresel rekabet piyasası için önemi ve maliyet yönetimindeki etkisi üzerine çalışma yapmıştır. Rekabet avantajı elde edebilmek için KT yardımı ile üretilen ürün ya da hizmeti müşteriye doğru zaman, doğru yerde en ucuza ulaştırmak gerektiğini tespit etmiştir.

Urban ve Rogowska (2018), yapı malzemeleri üreten bir işletmede KT'nin uygulama adımları yardımı ile darboğazları tespit etme ve giderme yoluna gitmişlerdir.

Sorkun (2018), yaptığı çalışmada, Manisa ilinde bulunan bir katı atık işleme tesisinde, tesisin verimliliğini artırabilmek için aşılması gereken darboğazları tanımlamıştır. Bu tarz kamu işletmelerinde yaşanan en büyük problemin, yönetimlerin ortak hedefte buluşamamaları olarak görülmüştür. Bununla birlikte kısıtların temeli sosyo-ekonomik ve kültürel nedenlere dayanmıştır. Söz konusu kısıtlar üzerinde yapılacak herhangi bir iyileşme etkisini uzun zaman içerisinde gösterebilecektir.

Harish (2019), KT felsefesini tanımlamış, bir üretim tesisinde tedarik zincirinde karşılaşılan kısıtlar hakkında bilgi vermiş ve KT uygulamasının işletme tedarik zincirine katkısını incelemiştir.

Urban (2019), Kısıtlar Teorisini, orta ölçekli, yemek sektörüne ambalaj üreten bir imalat işletmesinde, beş odaklanma adımı yerine, farklı yöntemler yardımı ile kısıtları tespit etme ve giderme yoluna gitmiştir. Bu yöntemler; çevrim süresi kontrolü, ani talep artışı, sürekli iyileştirme, sipariş yapısının değişikliği gibi yöntemlerdir.

Kadıoğlu (2019), diğer yapılan araştırma ve uygulamalardan farklı olarak, genellikle imalat sektöründe uygulanan KT ve süreç yönetimi uygulamasını hizmet sektörü olan Bankacılık Sektöründe incelemiş ve uygulamıştır.

Antmen ve Erik (2019), KT varsayımı altında başa baş noktası analizine farklı bir bakış açısı getirmeye çalışmış, klasik başa baş noktası analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Klasik ve KT yardımı ile uygulanan başa baş noktası analizi ile matematiksel modelleme kurgulanarak en iyi ürün karması bulunmaya çalışılmıştır. KT yardımı ile uygulanan analiz ile elde edilen ürün karmasında 37 kat daha fazla kâr elde edilmiştir.

Garcia – Garza ve diğerleri (2019), KT uygulama adımları ile birlikte DTİ yöntemi ve ayırık olay simülasyonunu kullanarak bir üretim tesisinde süreçler arasında biriken işleri azaltma yöntemlerini bulmaya çalışmışlardır.

Kelly ve Germain (2020), Kuzeybatı Amerika'da tedarik zincirinde birçok bağımsız değişkenin bulunduğu tomruk hasadı ve işleme süreçlerinde KT uygulaması yapmış, DTİ yöntemi ile süreçleri tekrar tasarlamaya çalışmışlardır.

Mishra (2020), KT'yi proje yönetiminde yeni bir kavram olarak tanımlamış, Hindistan'da bulunan bir yol yapım projesinde KT ve CCPM kullanarak projenin tamamlanma süresinde iyileştirme yapmayı amaçlamıştır.

Alghaithi ve Sartawi (2020) yaptıkları çalışmada, darboğazların uzaktan çalışan işçilerin üretkenliğe etkilerini incelemişlerdir. Son dönemde oldukça yaygınlaşan,

çalışanın bağlı bulunduğu işletmenin ofis ya da genel merkezinde bulunmasına gerek olmadan evinden yaptığı çalışmalar uzaktan çalışma olarak tanımlanmıştır. Bu tarz çalışmalarda karşılaşılan darboğazlar KT uygulama adımları yardımı ile tanımlanmış ve çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

Aiastui ve diğerleri (2020), siparişe göre üretim yapan işletmelerde stratejik bir bakış açısı ile darboğaz seçimini ve darboğazı ortadan kaldırmayı incelemişlerdir. Çalışmada işletmeler ile ilgili detaylı bilgi verilmiş, bu işletmelerin müşterilerin hızlı artan talebini karşılamak için üretim planlama ve kontrol sistemlerini kullandıkları belirtilmiştir. Çalışma, DTİ yönteminin üretim planlama ve kontrol sistemlerinde uygulanması ve çözüm önerilerinin bulunması üzerinedir.

1.9.2.Süreç Katkı Muhasebesi, Stratejik Maliyet ve Ürün Karması Tespiti ile İlgili Çalışmalar

Ünal (2000) araştırmasında KT'yi süreç muhasebesi konusuyla birlikte yönetim muhasebesi açısından incelemiş, uygulamada ise bir imalat atölyesinde tanımlayıcı ve keşifsel olay çalışmaları ile teorinin işletme kârına olan etkisi ortaya konulmuştur.

Şahbaz (2005) tez çalışmasında, temel üretim yöntemleri ile ilgili bilgi vermiş daha sonra bir imalat tesisinde KT uygulanarak darboğaz tespit edilmiştir. Son olarak en kârlı ürün karması belirlenmiştir.

Ünal ve diğerleri (2005), inşaat tespit elemanları ve profil sistemleri üreten bir işletmede, KT'nin 5 adımını uygulayarak ve katkı muhasebesinden faydalanarak en uygun ürün karmasını belirlemişlerdir. Ayrıca mevcut kapasite kısıtının giderilmesinin işletme kârına etkisi incelenmiştir.

Kaygusuz (2005), KT'nin dayandığı temel varsayımlardan hareketle ürün karması belirleme konusunda teorik bir uygulama yapmıştır.

Ünal ve diğerleri (2006), kârlılığı artırmada ürün karmasının önemini belirtmişlerdir. Optimal ürün karması belirlemede KT'nin ve geleneksel yöntemlerden farklı olarak, hazırlık zamanı, hazırlık sayısı ve sipariş sayısı gibi dağıtım anahtarlarını kullanma yolu ile (Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi) ürün maliyetlerini doğru tespit edebilmişler ve daha yüksek kârlar elde edilebildiğini göstermişlerdir.

Kaygusuz (2006), üretim ya da satın alma kararı verirken maliyet tabanlı bir analizin yeterli olmadığını, bunun yerine kısıt süresi başına katkı payını esas alan bir analizin yapılması gerektiğini belirtmiştir. Bu durumu teorik bir örnek üzerinde incelemiştir.

Atmaca ve Terzi (2007), KT ile tam zamanında üretim yaklaşımlarını, stratejik maliyet yöntemi dikkate alarak, farklı yönleri ve benzerlikleri üzerinden karşılaştırmıştır.

Şahin (2008)'in tez çalışmasında, bir üretim tesisine geleneksel muhasebe sistemi ile KT katkı muhasebesinin karşılaştırması yapılmıştır. Tekstil sektöründe yer alan işletmenin KT katkı muhasebesi yardımı ile çözümlenen ürün karmasının daha kârlı olduğu tespit edilmiştir.

Ekerkil (2008), KT'yi göz önünde bulundurarak en uygun birleşik, ek ve yan mamul karması belirlenmesine yönelik bir algoritma geliştirmiştir. Çalışmada birleşik ve ek üretim süreci dışında birleşik üretimin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkan yan mamuller de göz önünde bulundurulmuştur.

Erol (2008), işletmelerin rekabet ortamında ayakta kalabilmeleri için öncelikli hedeflerinin kârlılıklarını artırmak olduğunu belirtmiştir. KT'nin kısıtları ortadan kaldırarak kârlılığı artırmada uygun bir araç olmasını ve stratejik maliyet yönteminde kullanılmasını incelemiştir.

Demircioğlu ve diğerleri (2010), KT'nin kurucularının teorinin odak noktası olarak maliyet yönetimini değil süreç katkısı ve kısıtların yönetimi olarak görmesinin aksine muhasebeye uygulanabileceğini belirtmişlerdir. KT ile yapılan ürün karmasının geleneksel değişken ve tam maliyet sistemine göre daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Kırlı ve Kayalı (2010), KT ve stratejik maliyet yönetimi kavramlarını ayrıntılı olarak incelemiş, kendileri tarafından tasarlanan bir örnek üzerinden en uygun ürün karması belirlenmeye çalışılmıştır.

Utku vd. (2011), KT yardımı ile kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede en uygun ürün karmasını tespit etmek için bir uygulama yapmışlar, bu ürün karmasının kârlılığa etkisini incelemişlerdir. KT'nin süreç katkı muhasebesi yaklaşımını değişken maliyet yöntemi ve tam maliyet yöntemi yaklaşımları ile kıyaslamışlardır.

Kaygusuz (2011), kâr potansiyeli belirlemede kullanılan Maliyet-Hacim-Kâr analizini incelemiş, bu analizi klasik anlayış ve KT'ye göre uygulamasını karşılaştırmalı olarak analiz etmiştir. Maliyet-hacim-kâr analizi başa baş noktası analizi ya da kâra geçiş analizi olarak da tanımlanır. Satış maliyeti, satış fiyatı ve değişken maliyetlerin kâr üzerindeki etkileri analiz edilmektedir. Sonuç olarak işletmenin genel performansını kısıtların belirlediği, kârın artırılması için kısıtların etkin olarak yönetilmesi gerekmektedir.

Kaplan ve Kasapoğlu (2013), kimya sektöründe üretim yapan bir işletmede çoklu darboğaz problemlerinde, kısıtların verimliliği düşürdüğü, üretimi azalttığı durumlar örnek alınan veriler üzerinden gösterilmiştir. Optimum ürün karması belirlemede KT'den yararlanılmış.

Akbulut ve Ertan (2015), Zonguldak ilinde yer alan bir otel işletmesinde pazar kısıtı varlığını tespit etmeye çalışmıştır. Bu kısıtı gidermek için işletmenin tur acenteleriyle yapacağı yeni anlaşmalar ile satışlarını %10 artıracaklarını öngörmüştür. Bu sayede işletmenin kârında bir artış olduğu tespit edilmiştir (Akman & Özcan, 2017, s. 270).

Demircioğlu ve Demircioğlu (2016), örnek bir işletmede üretme – satın alma kararlarında faaliyete dayalı maliyet sistemi ve KT'yi kullanmayı, elde edilen kârı geleneksel yöntemler ile elde edilen kâr ile kıyaslamayı hedeflemiştir.

Çarıkçı ve Acar (2017), yaptıkları çalışmada, KT'yi ileri maliyet yönetimi yaklaşımı olarak sınıflandırmış ve Türkiye Kamu Hastaneleri kurumuna bağlı 400 yatak ve üzeri 70 hastanenin mali ve idari işlerden sorumlu yöneticilerinin bu yaklaşım grubu içerisindeki KT'yi ne kadar tanıdıklarını ve uyguladıklarını anket yolu ile tespit etmeye çalışmışlardır. Yapılan çalışma sonunda, KT'nin Kalite Maliyetleri, Kaizen, Kıyaslama ve Stratejik Maliyet Yönetimi yaklaşımlarına nazaran hastane yöneticileri tarafından daha az uygulanabilir bulunduğu tespit edilmiştir.

Mehdizadeh ve Jalili (2018), ürün karması ve dış kaynak kullanımı problemini, KT ve bir doğrusal programlama türü olan Dal – Sınır Algoritması (Branch and Bound Algorithm) yöntemleri ile çözmeye çalışmış hem teori hem de algoritma ile elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.

Özkoç (2018), bir işletmenin geleneksel maliyet yöntemlerini kullanarak kârını arttırmada çok da başarılı olamayacağını belirtmiştir. Bu nedenle, ahşap mamul üreten bir tesiste KT ve süreç muhasebesi yardımı ile en uygun ürün karmasını bulmaya yönelik bir çalışma yapmıştır.

Akçimen ve Antmen (2019), metal sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede KT yardımı ile bulunan saat başına düşen katkı payı ele alınarak hesaplanan ürün karması ile gerçekte hesaplanan katkı payına göre elde edilen ürün karması karşılaştırılıp kârlılığa etkisini incelemiştir.

Vargün ve Doğan (2020), Çarıkçı ve Acar'ın (2017) yaptığı çalışmaya benzer olarak, KT'yi Stratejik Maliyet Yönetim Sistemleri içerisinde yer alan Dönüşüm

Muhasebesi kapsamında değerlendirip, hastanelerin bu sistem hakkında ne kadar bilgi sahibi olduklarını anket yolu ile tespit etmeye çalışmışlardır.

Albez (2020), KT'nin dayanak olarak kullanıldığı verimlilik muhasebesi yöntemi ve ilkeleri ile ilgili açıklamalarda bulunmuştur. Verimlilik muhasebesinin geleneksel muhasebe sisteminden temel farkı verimliliğin nasıl üst düzeye çıkarılacağını belirlemesidir. Albez, çalışmasında verimlilik oranı farklı iki üründen hangisinin üretilmesi gerektiğini, bunun işletmeye sağlayacağı kazancı bir örnekle açıklamıştır.

Özke (2020), metal işleme sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede KT yaklaşımı ile süreçlerin analizini yapmış, sistem kaynaklarının kapasite kullanım oranları incelenerek darboğazları tespit etmeye çalışmıştır. Bu sayede en uygun ürün karması belirlenmiştir. Üç farklı senaryo üzerinde çalışma yapılmış, en uygun senaryo; kısıtlı kaynakların daha etkin ve verimli kullanılması ve kısıtları ortadan kaldırmak için alternatif sistem modeli üretmek, seçilmiştir.

Al-Fasfus ve diğerleri (2020), Ürdün'de faaliyet gösteren üç farklı sektörden on adet endüstriyel işletme üzerinde yaptıkları araştırmada, KT uygulamasını bu işletmelerin yaklaşımını incelemişlerdir. Çalışmada KT'yi uygularken işletmelerin karşılaştıkları zorluklar ve uygulama sonunda performanslarına olan etkiler tespit edilmiştir.

1.9.3.Düşünce Süreci Araçlarının Uygulandığı Çalışmalar

Akman ve Karakoç (2005), yazılım geliştirme sürecinde, KT'yi kullanarak, süreci olumsuz etkileyen engellerin tespitini ve ortadan kaldırılmasına çalışmıştır. Düşünce süreci araçları kullanılarak örnek bir uygulama gerçekleştirmişlerdir.

Sadıç ve diğerleri (2006), KT yardımıyla, petrol ve petrol ürünlerinin dağıtım sürecini; süreci, ithalat süreci dâhil olacak biçimde, kısaltmaya yönelik önerilerini düşünce süreci araçları kullanarak geliştirmiştir. Çalışma sonunda, bir problem çözümü için teknik ayrıntı gerektiren projeler yanında pratik çözümlerinde uygulanabileceğini tespit etmişlerdir.

Kıncal (2007), KT mantıksal düşünce araçları içerisinde yer alan düşünce süreci araçları yardımı ile bilimsel makale yazım sürecini incelemiştir. GGA ile makale yazım sürecindeki problemler tespit edilmiş, ÖKA ile hedefe ulaşmayı engelleyen yapılar tanımlanmış son olarak GA ile süreci adımlar halinde gösterecek harita oluşturulmuştur.

İncekırık (2007), düşünce süreçleri tekniklerinden olan BB yöntemini kullanarak, Türkiye'nin AB'ye giriş sürecini, "Türkiye AB'ye dâhil edilmelidir ve Türkiye AB'ye dâhil edilmemelidir" şeklinde iki zıt görüşü değerlendirerek yorumlamaya çalışmıştır.

Dalan ve Yaralıoğlu (2009), MGA tekniğini kullanarak, üst düzey yöneticilerin karar verme süreçlerinde bilişim sistemlerinden yararlanma problemlerini incelemişlerdir.

Gaga (2009) tezinde, süreç, süreç yönetimi, süreç iyileştirme, KT ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi konularını teorik olarak incelemiş ve uygulama bölümünde bir hizmet işletmesinde belgelendirme süreç performansının artırılması konusunda düşünce süreçlerinin kullanımına ilişkin örnek bir uygulamayı anlatmıştır.

Oktay ve Top (2010), KT düşünce süreçleri yaklaşımının işletmenim tüm alanlarında problem çözme aracı olarak kullanıldığını belirtmiştir. Çalışmalarında düşünce süreci araçları tanımlanmış, yöneticilere *ne değişecek ne yönde değişecek, değişime ne neden olacak* gibi temel konularda nasıl cevap bulabildiklerini anlatmışlardır.

Akman ve Ural (2011), bir işletmenin yerel alan ağının internet bağlantısı sırasında güvenliğini sağlanmasında, MGA ile darboğazları tespit edip, BB yöntemi ile de çözüm önerileri geliştirmiştir.

Akman ve diğerleri (2011), MGA, BB ve GGA tekniklerini kullanarak, Türkiye’de hidrojen yakıtlı araçların yaygınlaşmasının önündeki dar boğazların tespiti ve giderilmesine çalışmışlardır.

Yüksel (2011), düşünce süreci araçlarından MGA yardımı ile üretim sürecinde istenmeyen etkilere neden olan kök problemler tanımlanmış ve kök problemin ortadan kaldırmak için BB aracından nasıl yararlanabileceğini değerlendirmiştir.

Aytekin ve diğerleri (2012), MGA, BB ve GGA tekniklerini kullanarak, kurumsal bir işletmede iç müşteri memnuniyetinin artırılmasını incelemiştir.

Öner ve Şahbaz (2013), bir kimyasal ürün üretim tesisinde, işletme yapısının iyileştirilmesi ve kurumsal yapıya dönüştürülmesi için, MGA, GGA ve GA kullanımını incelemiştir.

Taştan ve Demircioğlu (2014) işletme kârlılığını artırmayı hedefleyen yöntemlerden biri olan KT düşünce süreçlerini ve araçlarını detaylı bir şekilde incelemiştir.

Taştan ve Demircioğlu (2015), bir otel işletmesinde düşünce süreci araçları ve kalite maliyetlerini birlikte kullanarak işletme kârlılığına etkisini araştırmışlardır. Öncelikle işletmenin süreçlerindeki kısıtlar tespit edilmiş, daha sonra kalite maliyetleri PAF modeli ile yönetilmesi sonucu işletmenin kârlılığındaki değişimi belirlemeye çalışmışlardır. PAF modelinde kalite maliyetleri önleme, değerlendirme ve başarısızlık (iç ve dış) maliyetleri olarak üç gruba ayrılmıştır.

Mızrak (2017) tez çalışmasında, bir kalıp imalat tesisinde teslimat süresinde yaşanan kısıtları çözmek ve süreci iyileştirmek için KT'nin düşünce süreçlerini adım adım uygulamıştır. Sonuç olarak, KT uygulaması ile teslimat sürecinde iyileşme sağlanmıştır.

Musabeyli (2017) tez çalışmasında, tıbbi cihazlar üretimi yapan bir işletmenin lojistik operasyonlarında yaşadığı sorunları düşünce süreçleri araçlarından faydalanarak çözmeye çalışmıştır. BB yardımı ile sorunlar ve çözüm önerileri tespit edilmeye çalışılmış, GGA ile gerçekleştirilecek değişikliklerin meydana getireceği sonuçlar arasındaki neden sonuç ilişkisini göstermeye çalışmıştır.

Onursal ve diğerleri (2017), kanatlı eti üretim sektöründe KT'nin düşünce süreci araçlarından MGA, BB ve GGA kullanarak satış alanında yaşanan sorunları tanımlama ve çözüm önerileri sunmaya çalışmışlardır. Yapılan çalışmada, satış ve satın alma politikaları gözden geçirilmiş, satış ve pazarlama faaliyetleri için sonraki yıllarda bütçe ayrılmasına karar verilmiştir.

Onursal ve diğerleri (2018), lojistik kısıtları kapsamında, soğuk zincir lojistiğinde yaşanan teslimat kayıplarının MGA, BB ve GGA tekniklerini kullanarak kök nedenlerini analiz etmiş ve teslimat başarısını artırmak için başvurulacak yöntemleri belirlemişlerdir.

Erel (2019) tez çalışmasında, KT yaklaşımının yazılım geliştirme sürecine etkisini incelemiştir. Yazılım geliştirme sürecinde karşılaşılan problemler, KT düşünce süreci araçları ile çözülmeye çalışılmıştır.

Grida ve Zeid (2019), kısıtlı ve maliyetli kaynakları (doktor, yatak, hemşire vb.) bulunan sağlık sektöründe KT uygulama amacıyla sistem dinamiklerini içeren bir benzetim uygulamışlardır. MGA ve BB yardımı ile sistem kısıtları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Ekinci (2019), mobilya üretim sektöründe yaşanan İşçi Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili sorunların çözümüne yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada öncelikle, üretim sürecinde etkin olmayan bölümler Veri Zarflama Analizi (VZA) ile tespit edilmiş daha sonra etkin olmayan bu bölümlerdeki sorunlar ile ilgili olarak KT düşünce süreci araçları yardımı ile çözüm bulunmaya çalışılmıştır.

Onursal ve Yumurtacı (2019), düşünce süreci araçları yardımı ile kişilerin bireysel emeklilik sisteminden ayrılma nedenleri tespit edilip çözüm bulmaya çalışmışlardır. MGA ve BB yardımı ile mevcut durum tespiti yapıp, GGA ile hedefler belirlenmiştir. Olası negatif etkilere karşı ÖKA ve GA yardımı ile yapılması gerekenler belirlenmiştir.

Sirias (2020), Yönetim Bilgi Sistemlerinde (MIS) öğretilmesi aşamasında, konunun geniş kapsamlı olması ve dinleyiciler arasındaki farklı beklenti ve bilgi seviyesi nedeni ile sağlıklı bir denge kurmanın zor olması nedeni ile konunun daha iyi anlaşılabilmesi için kısa durum ve olaylar ile anlatma yolunu seçmiştir. Kısa durum ve olayların yazımından BB tekniği kullanılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA

2.1. Altı Sigma Kavramı

Yunan alfabesinde bir harf olan Sigma (σ), istatistikte ve istatistiksel süreç kontrolünde önemli bir ölçüt olan standart sapmanın simgesidir. Standart sapma istatistiksel olarak bir dağılıma ya da yayılma ölçüsüdür. Standart sapma ne kadar büyükse, sistem çıktıları o kadar dağınık demektir. Diğer bir deyişle, standart sapmanın büyük olması sistemin kararsız olmasına neden olur. İdeal sistemde standart sapma mümkün olduğu kadar sifira yakındır (Güler, 2013:13).

Teknik olarak bir sistemdeki σ değeri bir milyondaki hata sayısı (DPMO) olarak tanımlanır. σ değeri ne kadar büyük ise hata sayısı o kadar düşüktür (Tablo 2). Tabloda da görüldüğü gibi, Altı Sigma (6σ), bir milyonda 3,4 hata olarak tanımlanan kalite ölçümüdür. Bununla birlikte 6σ ; performans, başarı ve liderliği kalıcı hale getirmeyi hedefleyen, geniş ve kapsamlı bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifade ile 6σ , çok sayıda değerli ancak birbirinden kopuk “en iyi uygulamalar” ile sistem tasarlama, sürekli iyileştirme, bilgi yönetimi, topyekûn bir değişim ve etkinlik esaslı yönetim kavramlarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Eren N. S., 2017, s. 18).

Tablo 2. “ σ ” Seviyelerine Göre Hata Oranları

σ Değeri	% Doğru-Hatasız	% Hata	Milyonda Hata Sayısı (DPMO)
1	30,9	69,1	691.462
2	69,1	30,9	308.538
3	93,3	6,7	66.807
4	99,38	0,62	6.210
5	99,977	0,023	233
6	99,9997	0,0034	3,4

Kaynak: (Dalgıç, 2011, s. 16)

6σ , temel düzeyde, aynı anda hem verimliliği hem etkinliği iyileştirmeye yönelik bir girişimdir (Eckes, 2007, s. 11). Bir ürün ya da hizmet üreten bir süreçte sıfır hataya yaklaşan optimize edilmiş bir performans düzeyi olan 6σ , küresel ölçekte bir performans düzeyine ulaşılmasını ve bu performansın sürdürülmesini ifade eder (Sevinç, 2013, s. 4).

6σ , sürecin sonunda ortaya çıkan hatalı ürün ya da hizmeti değil tüm süreç içindeki hataları dikkate alan bir anlayışı açıklamaktadır. Süreç içinde yapılan tüm işlemlerde daha az hata yapılması için rehberlik etmektedir (Tatlı, 2013, s. 3). 6σ , işte başarıyı yakalamak,

sürdürmek ve en üst düzeye ulaştırmak için kapsamlı ve esnek bir sistemdir. 6 σ sistemi, müşteri ihtiyaçları derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanarak, iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetme üzerine kuruludur (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 13).

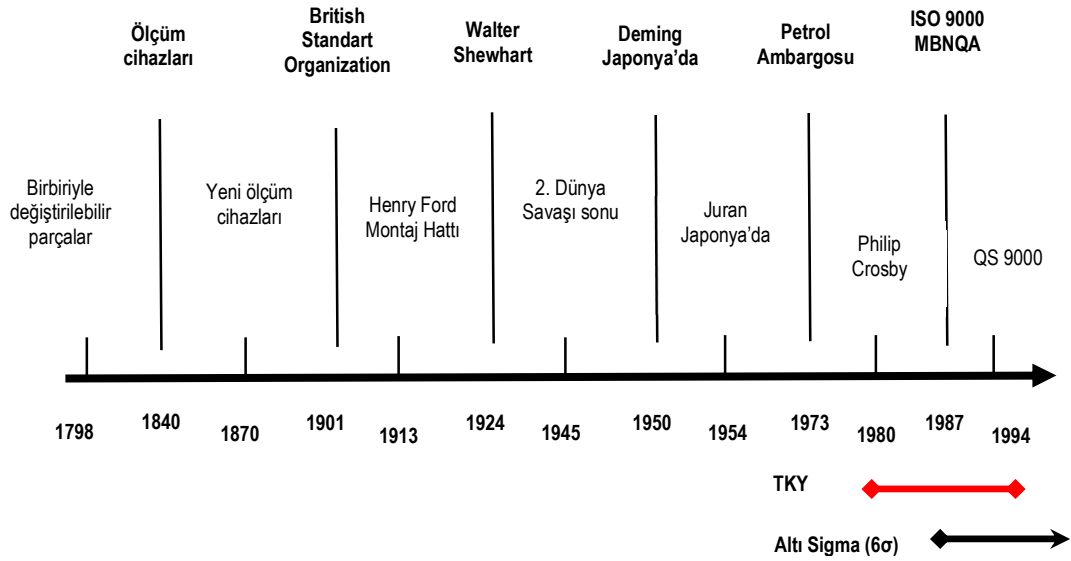
Yukarıda belirtildiği gibi kapsamlı bir sistem de olsa, 6 σ radikal değişiklikler içeren yöntemler ya da araçlar sunmaz. Daha çok sürekli iyileştirme biliminde geçmişte yapılan girişimlerin en iyilerini içeren ve gelişebilen bir yöntemdir (Durmuşoğlu, 2016, s. 4). 6 σ 'nın yararları şu şekilde sıralanabilir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 14);

- Maliyeti düşürme
- Verimin artırılması
- Pazar payının büyümesi
- Müşteri sürekliliği
- Çevrim zamanının kısalması
- Hata oranının azalması
- Kültür değişimi
- Ürün / hizmet geliştirme.

Sonuç olarak 6 σ 'yı müşteri talepleri göz önüne alınarak, süreçlerdeki dalgalanmaları en alt seviyede tutmayı amaç edinen, bunu söz konusu sistemin eğitimini almış kişilerce gerçekleştirilmesini sağlayan, tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol adımlarına sahip bir kalite yaklaşımıdır.

2.2.Altı Sigmanın Tarihçesi

6 σ , her ne kadar 1980'lerde Motorola tarafından geliştirilmiş olsa da temeli Carl Frederick Gauss'un 18.yy'ın sonlarında geliştirdiği normal dağılım ve normal eğriye dayanmaktadır (Şahin N. , 2012, s. 5). 6 σ yöntem bilimine neden olan gelişmeler tarih sırasına göre şu şekilde sıralanmaktadır (Şekil 19) (Durmuşoğlu, 2016, s. 5);



Şekil 19. 6σ Yöntem Bilimine Neden Olan Gelişmeler

Kaynak: (Durmuşoğlu, 2016, s. 5)

1798 yılında Eli Whitney, tüfeklerin montajında parçaların rastgele seçilebilmesini sağlayacak kadar birbirine benzeyen, uyan ve işlev gören, birbirileriyle değiştirilebilir parçalar üretmenin mümkün olduğunu kanıtlamıştır.

19.yy'ın ortalarında ölçüm aletlerinin evrimleşmesi ile birlikte en küçük hataların bile ölçülebilmesine imkân sağlamış, tutarlı imalat yapılabilmesinin önü açılmıştır.

20.yy'ın ilk yıllarında Frederick Winslow Taylor'ın "Bilimsel Yönetimin Kuralları" kitabı ile evrensel anlamda ilk planlı ve sistematik bir kalite yaklaşımının yönetsel fırsatlarını ortaya koyan teoriler tanımlanmıştır.

1913 yılında Henry Ford, sürekli çalışan montaj hatlarını devreye alarak, değiştirilebilen yedek parça, hurda seviyelerinde azalma gibi seri üretim modellerini hayata geçirmiştir.

84 ayrı montaj istasyonundan oluşan Model T'nin üretim hattı ile Henry Ford'un operasyon zamanlarının belirlenmesi ve operatörlerin işleri tamamlamaları için standart süreler tanımlanması ile "Yalın Üretim" in temelleri atılmıştır.

Walter Shewhart'ın 1924 yılında ortaya çıkardığı görüntü ve analiz formu ile veri toplama yöntemi, istatistiksel kalite kontrol çağının başlangıç noktası olmuştur. 6σ'nın ürün değişkenliğinde bir ölçüm standardı olarak kullanılması 1920'lerde Walter Shewhart'ın ortalamadan 3σ sapmanın süreçte iyileştirme ihtiyacını doğurduğunu ortaya koymasıyla başlamıştır. Bu tarihten itibaren süreçlerde birçok kalite ölçüm standardı

uygulanmıştır. İstatistiksel metotlar sayesinde kalite kavramı soyut boyuttan çıkıp, daha somut olan sayısal ifadelerle dönüştürülebilmiştir (Durmuşoğlu, 2016, s. 6).

İkinci Dünya Savaşı'nın sonunda Deming Japonya'yı ziyaret ederek istatistik ve Amerikan kalite sistemini bu ülke ile tanıştırmış, başarı ve başarısızlığın çalışan gücünden de öte üst yönetimin sorumluluğunda olduğunu, yaşanan kalite problemlerinin %94'ü nün bireysel hatalardan çok sistem yetersizliğinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Bu teorileri uygulayan işletmeler süreçlerini istatistiksel yöntemler ile kontrol altına almıştır. Aynı işletmeler Deming tarafından dünyaya duyurulan PUKÖ (planla, uygula, kontrol et, önlem al) olarak bilinen kalite iyileştirme yöntemini uygulamışlardır.

1970'li yıllar Japonların müşteri beklentilerini ucuz ürünlerle karşılamaya başladığı, bu sayede Amerikan pazarına egemen oldukları ve rekabet gücünü elde ettikleri dönemlerdir. Birçok Amerikalı işletme gibi Motorola'da bu dönemde pazar payını Japon üreticilere karşı kaybetmeye başlamış ve üretim hacmini en alt seviyelere çekmiştir. Aynı dönemde Motorola bünyesindeki televizyon şirketi Japonlara satılmıştır. Japonlar, televizyon üretim süreçlerindeki hata oranını %150'den %3'e kadar düşürmüşlerdir (Tatlı, 2013, s. 4).

Amerikalı işletmelerin pazar paylarını kaybetme nedenleri olarak Japon ürünlerini ucuz olduğu, müşterilerin kaliteyi yorumlamayıp sadece ucuz olmasından dolayı bu ürünleri tercih ettiği, bu nedenle kaybedilen pazar paylarını geri alacakları inancı Amerikan Kalite Derneği'nin yayınladığı raporla alt üst olmuştur. Amerikan Kalite Derneği'nin yayınladığı raporda, Japon ürünleri ile Amerikan ürünleri arasında herhangi bir kalite farkı olmadığı, Amerika ve Japonya'daki işçilik ve hammadde maliyetlerinin eş değer seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Buna ek olarak Japonların Motorola'dan satın aldıkları televizyon fabrikasında yaptığı iyileştirmeler ile süreçleri verimli hale getirip tamir maliyetlerini düşürdükleri ile ilgili bilgiler sunmuşlardır (Tatlı, 2013, s. 5).

Bu tespit üzerine Motorola yönetim takımı, kalite ve yönetim sistemlerini gözden geçirme kararı almıştır. Mikel Harry Motorola'nın süreçlerinde yaşanan varyasyonun ölçülmesinin önemini fark etmiştir. Harry ve diğerleri öncelikle hangi süreçlerin en fazla varyasyon oluşturduğu üzerinde durmuşlardır. Kötü performansa sahip süreçlerdeki varyasyonları azaltma ve kontrol altına alma yoluna gittiler. Bu sayede bu süreçlerin etkinliğini ve verimliliğini önemli ölçüde arttırdılar. Bununla birlikte işletmenin CEO'su Bob Galvin'e çalışmalarda aktif olarak yer verdiler. Galvin, Motorola'nın tüm süreçlerindeki varyasyonları yönetmeye başladı ve bu tüm yaptıklarında 6σ'yı yönetim felsefesi olarak benimsedi (Eckes, 2007, s. 14). 6σ felsefesi, Motorola'ya sağladığı etkili

çözümler ile kayıtlı olarak 16 Milyon Dolardan fazla kazanç sağladı. 1988 yılında “Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü” (MBNQA) nı alan ilk işletme oldu.

Motorola’yı daha sonra AlliedSignal ve General Electric takip etti. Allied Signal 6 σ felsefesini benimseyerek milyonlarca dolar tasarruf ediyor, küçülme ya da işçi çıkarma suretiyle maliyet azaltmaya başvurmadan müşteriler arasındaki itibarını iyileştiriyordu (Eckes, 2007, s. 15).

Yine Motorola ve AlliedSignal’da olduğu gibi General Electric, 6 σ ’yu kalite ile ilgili diğer programlardan farklı kılmaya karar verdi. General Electric yönetimi 6 σ ’ya hem resmi destek verdi hem de aktif katılımında bulundu. Bu katılım, küçülme sırasında çıkarılan işçilerden kalan işleri telafi etmek için diğer işçilere bindirilen bir yük gibi değil, bir işletmenin yönetme şekli olarak uygulandı. General Electric, 6 σ ’yu verimlilik ve etkinlikle iyileştirmeyi artırmak için en etkileyici şekilde kullanan işletmelerden biriydi. İlk uygulamadan iki yıl sonra 320 milyon dolardan fazla tasarruf sağlamış, sonraki yıllar bu rakam katlanarak devam etmiştir (Eckes, 2007, s. 16). Dünya’da çoğu işletme 6 σ felsefesini kullanarak kısa sürede başarılı sonuçlar elde etmiştir (Tablo 3) (Ülgen, 2014, s. 8).

Tablo 3. İşletme Bazında 6 σ ’dan Elde Edilen Kazançlar

İşletmeler	Kazançlar	Yıl
General Electric (GE)	1.5 Milyar \$	3 yıl
Motorola	2.2 Milyar \$	2,6 yıl
AlliedSignal	1.2 Milyar \$	2 yıl
ABB	900 Milyon \$	1 yıl
Texas Instruments	600 Milyon \$	1,8 yıl
Nokia	300 Milyon \$	2 yıl
Siebe PLC	100 Milyon \$	9 ay

Kaynak: (Ülgen, 2014, s. 8)

Türkiye’de 6 σ ’yu uygulamaya başlayan ilk işletme, Eskişehir’de faaliyet gösteren, çoğunluk hissesi General Electric’e ait TEI (Turkish Engine Industry) olmuştur. İşletme 1996 yılında süreçlerinde 6 σ uygulamaya başlamıştır (Ülgen, 2014, s. 9).

1998 yılında Arçelik, 6 σ ’yu uygulamaya başlayan ilk Türk sermayeli işletme olmuştur. Başlangıçta sadece üretim süreçlerinde 6 σ kullanmaya başlayan işletme, 2002 yılında hizmet süreçlerinde de uygulamaya başlamıştır. 6 σ ’nın Türkiye’de yaygın olarak kullanılma amacı verimlilik ve maliyet avantajı sağlamaktır. Türkiye’de bu felsefeyi uygulamaya başlayan işletmelerin tahmin edilen σ seviyeleri 2,5-3,5 seviyesindedir.

2.3.Altı Sigmanın Temel İlkeleri

6 σ ile amaçlanan en önemli husus süreçlerde hata oranının mümkün olduğunca en aza indirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda istenilen kalite düzeyine ulaşılması için üç ana faktör üzerinde durulmalıdır; müşteri, süreçler ve çalışanlar (Sevinç, 2013, s. 27).

Pande ve diğerleri, Toplam Kalite Yönetimi (TKY)'nin temel ilkeleri olan, müşterilere odaklanma, süreçlere odaklanma, herkesin katılımı, verilere dayalı karar verme ve sürekli gelişme ilkelerini temel alıp geliştirerek 6 σ 'nın ilkelerini meydana getirmişlerdir (Dalgıç, 2011, s. 21).

2.3.1.Müşteri Odaklılık

Bir işletmenin başarılı olabilmesi için müşterilerinin istek ve beklentilerini mümkün olduğu kadar karşılaması gerekir. Bu nedenle 6 σ 'da en büyük önem müşteriye verilir. 6 σ 'da performans ölçümleri müşteri ile başlar. 6 σ yönetim sistemi müşterinin sadece bugüne ait ihtiyaçlarına odaklanmaz. Gelecekteki ihtiyaç ve beklentiler de tahmin edilmeli, işletmenin rekabet avantajları ile birleştirilmeye çalışılmalıdır (Dalgıç, 2011, s. 21).

2.3.2.Süreçlere Odaklanma

Bir işletmede faaliyetlerin olduğu yer, 6 σ yaklaşımında süreç olarak adlandırılır. 6 σ uygulamalarında bugüne kadar kazanılan büyük kazançlar, süreçlerin müşterilere değer sağlamak amacıyla kullanımı ile gerçekleşmiştir (Sevinç, 2013, s. 29). 6 σ 'nın süreçlere odaklanmasını üç strateji ile tanımlanabilir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 69);

Süreç İyileştirme: "Süreç iyileştirme" terimi, performansı olumsuz etkileyen sorunların temel nedenlerini ortadan kaldıracak biçimde, odaklanmış çözümler üretme stratejisini ifade eder. Sorun ya da sıkıntıya yol açan birkaç kilit etkeni ortadan kaldırmak için çözüm bulmak ve bunlara odaklanmak önemlidir. Bu nedenle, 6 σ projelerinin büyük bölümü süreç iyileştirme girişimleridir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 70).

Süreç Tasarımı: Süreç iyileştirme çalışmalarının, teknoloji, müşteri talepleri ve rekabet alanlarında yüksek değişim hızına ayak uyduramaması nedeni ile 1990'ların başında yeniden tasarlama (reengineering) ortaya çıkmıştır. Süreç tasarımıdaki hedef, süreci iyileştirmek değil onu başka bir süreçle değiştirmektir. Bu da, "6 σ tasarımı" olarak anılan, müşteri taleplerine bağlı, veri ve testlerle kontrol edilen yeni ürünler ve yeni hizmetler üretmek için 6 σ ilkelerinin kullanıldığı ürün/hizmet tasarımı ifade eder (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 70).

Süreç Yönetimi: Bu aşamada, süreçler belgelenir ve başından sonuna dek yönetilir. Müşteri gereksinimleri tanımlanır ve sürekli güncellenir. Süreç sahipleri ile birlikte tüm yöneticiler süreç performanslarını gerçek zamanlı olarak değerlendirerek, sorun ve fırsatlara doğru tepkiyi vermek için gerekeni uygular (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 74).

2.3.3.Yönetimin Katkısı

6 σ 'nın temel başarısı, işin en tepesindekilerin bu yönetime inancı ve bağlılığı ile orantılıdır. Bu başarı, yöntemin başarı ile uygulandığı, Motorola, Allied Signal ve General Electric örneklerinde açıkça görülmüştür. Bir işletme ya da bölümün yöneticisi, sadece ayakta kalmanın yeterli olmadığını söylediğinde ve sürekli başarıyı yakalamak için değişimin artık kaçınılmaz olduğuna karar verdiğinde, o işletme 6 σ 'yı kullanmak için yeterince olgunlaşmış demektir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 83).

2.3.4.Verilere Dayalı Karar Verme

6 σ yöntemi uygulamalarında, hataların tespit edilip çözüm bulunabilmesi için sadece deneyim ve önseziyle dayanmak yeterli değildir. İstatistiksel ve bilimsel analizler sonucu elde edilmiş kapsamlı verilerle karar verilmesi gerekmektedir (Aktar, 2017, s. 19). Kısa vadede bile, bu ölçümlerden elde edilen bilgi, acil ve/veya potansiyeli yüksek yatırımların nerelere yapılacağı konusundaki kararlarda belirleyici olur. Doğru veri ve ölçümlerle karar almak, performansla ilgili sorunların gerçek doğasına inmemizi sağlar. Sorunlar geçici midir ya da önemsiz midir, süreçlerin yenilenmesini gerektiren durumlar nelerdir onlar tespit edilir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 115).

2.3.5.İş Birliği

İşletmeler, müşteriye bir değer sunmak için birlikte çalışması gereken gruplar ile yani tedarikçileri ve tasheronları ile birlikte uyumlu çalışmak durumundadır. 6 σ sistemi, gerçek bir ekip çalışmasını destekleyecek ortamı ve yönetim yapısını oluşturabilir (Durmuşoğlu, 2016, s. 15). 6 σ için sınırsız iş birliği hem son kullanıcıların gerçek taleplerini hem de bir süreç ya da üretim zincirindeki iş akışını anlamayı gerektirir (Sevinç, 2013, s. 30).

2.3.6.Mükemmele Yöneliş ve Başarısızlığa Karşı Hoşgörü

6 σ yöntemi işletme çalışanlarını riski üstlenmeleri ya da yapılan hatalardan ders almaları durumunda farklı uygulamaları deneme konusunda teşvik etmektedir. Bu durum işletmeyi hatalara karşı hoşgörülü davranmasını sağlar ve mükemmele doğru yönlendirir.

Bu sayede verimlilik, performans ve müşteri memnuniyetinde artış meydana gelir (Bircan & Köse, 2012, s. 110).

Başlangıçta mükemmelle yöneliş ile başarısızlığa karşı hoşgörülü olmak birbirleri ile çelişen iki kavram gibi görünse de birbirlerini tamamlar niteliktedirler. Hiçbir işletme, kendisi için en uygun yöntem ve çözümü arayış içerisinde olmadan 6σ noktasına yaklaşamaz. Bulunan bu yöntem ve çözümler her zaman risk barındırır (Aktar, 2017, s. 21).

2.4.Altı Sigma Organizasyonu

6σ yöntemine başlarken yapılması gereken temel işlerden biri, uygulamada yer alacak kişileri ve rolleri tanımlamak ve bu rollerin sorumluluklarını netleştirmektir. 6σ hedeflerinin, uygulama planının, bütçenin, mevcut personel ve kaynakların da içinde olduğu bu bir dizi etkin alınacak kararlarda belirleyici etkiye sahiptir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 163).

6σ, işletmelerde kendine özgü bir organizasyonel yapı oluşturur. Başarılı bir uygulama için 6σ projelerinde çalışacak ekip üyelerinin görev ve sorumluluklarının tanımlanması gerekir (Türkmen, 2017, s. 114). 6σ organizasyonunda tüm personele aldıkları eğitime göre farklı yetki, sorumluluk ve unvanlar verilir. Verilen bu unvanlar, işletmeler arasında farklılık gösterebilir (Dalgıç, 2011, s. 32).

Tablo 4. Genel Roller ve Kuşaklardaki Çeşitlerden Örnekler

Genel Rol	Kuşak ya da diğer Roller
Liderlik Konseyi	Kalite Konsey, 6σ Yönetim Komitesi
Sponsor	Şampiyon, Süreç Sahibi
Uygulama Lideri	6σ Müdürü, Kalite Lideri, Uzman Kara Kuşak
Rehber	Uzman Kara Kuşak ya da Kara Kuşak
Ekip Lideri	Kara Kuşak ya da Yeşil Kuşak
Ekip Üyesi	Ekip Üyesi ya da Yeşil Kuşak
Süreç Sahibi	Sponsor ya da Şampiyon

Kaynak: (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 169)

2.4.1.Liderlik Konseyi

Üst yönetim tarafından desteklenmeyen hiçbir 6σ uygulaması başarıya ulaşamaz. Bu konsey, üst yönetim tarafından oluşturulan, yürütülen 6σ projesinin etkinliğini sağlamak ile görevli kuruldur. Belirli dönemlerde toplanan konsey, 6σ projesinin ilerleyişini gözlemler, uygulamada görülen sapma ya da hataları belirleyip çözüm

bulmaya çalışır. Konseyin görevleri şu şekilde sıralanabilir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 164);

- 6 σ girişimi bünyesindeki rolleri saptar ve bunların alt yapısını oluşturur
- Uygun projeleri seçer ve bunlara kaynak ayırır
- Projelerdeki ilerlemeyi düzenli olarak değerlendirir, fikir ve destek verir
- 6 σ projelerine (bireysel olarak) “sponsor” sıfatıyla destek verir
- 6 σ çabalarının, işletmenin net kârını nasıl etkilediğinin niceliksel olarak saptanmasına katkıda bulunur
- İlerlemeleri değerlendirir, rehavete kapılmaya meydan vermemek için çalışma bünyesindeki kuvvetli ve zayıf yönleri sürekli tanımlar ve kontrol eder
- En iyi uygulama örneklerini kuruluş çalışanlarıyla, tedarikçiler ile ve müşteriler ile paylaşır



Şekil 20. 6 σ Organizasyonel Yapısı

Kaynak: (Korucu, 2013, s. 66)

2.4.2.Uygulama Lideri

6 σ çalışmaları oldukça fazla zaman ve enerji gerektirdiği için, üst düzey yöneticiler çalışmaların idari yükünü, günlük ilerlemeyi ve lojistiğini yönetmesi için birini görevlendirir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 166). İşletme bazında 6 σ planlamalarını yürüten, raporlamada katkıda bulunan, uygulamalardaki en aktif birimdir (Korucu, 2013, s. 67). Başlıca görevleri şunlardır (Türkmen, 2017, s. 117);

- 6σ eğitim planlarını oluşturmak ve eğitimlerin bu plana uygun olarak yerine getirilmesini sağlamak,
- Gerekğinde 6σ eğitimi konusunda eğitim kuruluşları ve danışmanlık şirketlerinden yardım almak,
- 6σ konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak,
- Proje seçimleri ve takımların oluşmasında Kalite Şampiyonuna yardımcı olmak,
- Belirlenen projeleri ve projeler için oluşturulan takımları onaylamak,
- Takımların ihtiyaçlarını kontrol etmek, yetkisi dâhilinde takım ihtiyaçlarını gidermek. Yetkisini aşan durumlarda Liderlik Konseyine bilgi vermek,
- İyileştirme projelerini takip ederek sonuçları Liderlik Konseyine iletmek.

2.4.3.Sponsor (Kalite Şampiyonu)

Sponsor, iyileştirme projelerini “Liderlik Konseyi” adına gözlemleyen kişi ya da kişilerdir. TKY çemberlerinde iyileştirme konularının seçimi ve projenin yürütülmesi tamamen çember üyelerinin sorumluluğunda iken, 6σ’da bir miktar yönlendirme söz konusudur. Bu yönlendirme takımların inisiyatiflerine ve yaratıcılıklarına zarar vermemeli, fakat işletme amaçlarına doğrudan katkı sağlamayan projelerle zaman harcanmaları önlenmelidir (Türkmen, 2017, s. 117). Sponsorun görevleri şunlardır (Aktar, 2017, s. 33),

- 6σ projesini tanımlamak, geliştirmek ve ulaşılmak istenen amacı belirlemek,
- 6σ projesinde görevli organizasyon çalışmalarına liderlik edecek “Kara Kuşak” ve daha basit projelere liderlik edecek “Yeşil Kuşak” personelini seçmek,
- 6σ projesinin uygulanması için engel teşkil eden politik sınırlar ile kısıtlamaları kaldırmak.

2.4.4.Uzman Kara Kuşak

Uzman kara kuşaklar, 6σ felsefesini, amaçlarını ve uygulamasını derinliğine kavramış kişilerdir (Güler, 2011, s. 74). 6σ konusunda üst düzey bilgiye sahip olan bu uzmanlar, projenin başlangıcında genellikle işletme bünyesindeki çalışanlardan değil, danışmanlık şirketlerinden dış kaynak kullanımı şeklinde kullanılabilir. Bu durumun en önemli eksikliği, dışarıdan gelen uzmanın süreçler hakkında yeterli bilgiye sahip olmamasıdır. İşletme bünyesinde yetişen ve uzman kara kuşak eğitimini alan kişi ile projenin yürütülmesinde karşılaşılan en büyük problem ise söz konusu kişinin bu roldeki deneyim eksikliğidir. Bu nedenle işletme içerisinde yetişen uzman kara kuşakların

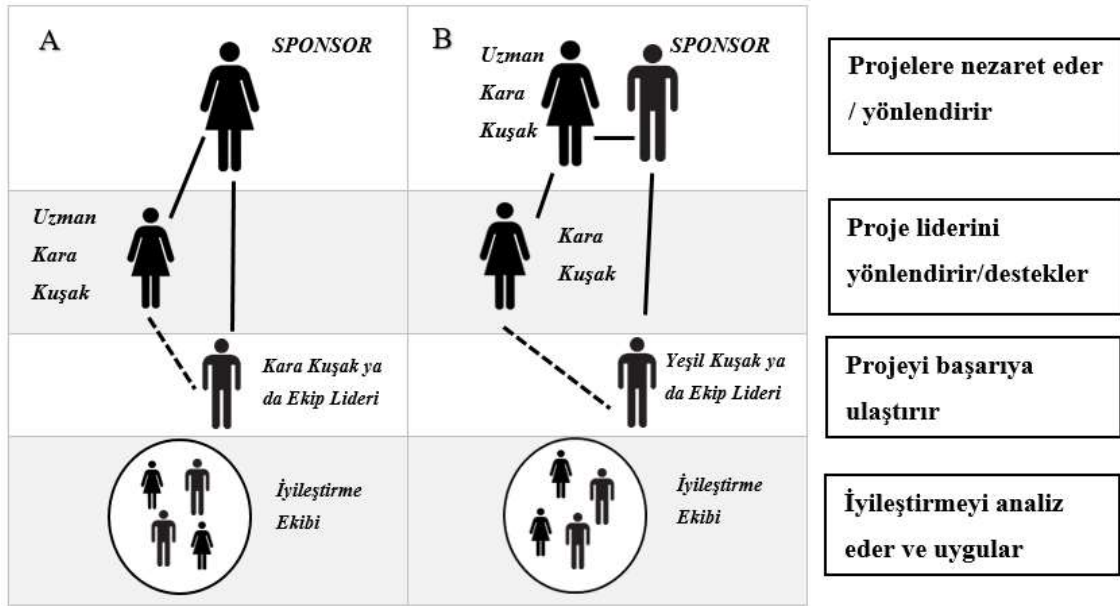
başarılı olması için birden çok projede yer alması gerekir (Türkmen, 2017, s. 118). Uzman kara kuşakların başlıca görevleri şunlardır (Korucu, 2013, s. 68);

- Süreç iyileştirme takımlarına başta istatistiksel yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her türlü teknik konuda yardımcı olmak,
- Sponsorlara projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak,
- Projelerde elde edilen sonuçları Uygulama Lideri için bir araya getirmek ve özetlemek,
- 6σ konusunda eğitim vermek,
- 6σ'nın organizasyon çapında benimsenmesini sağlamak.

2.4.5.Kara Kuşak

Kara kuşaklar 6σ araçları hakkında çok iyi bilgiye sahip olan, bu araçları projelerinde başarı ile uygulayan, projelerin uygulanabilmesi için gerekli yapıyı oluşturan ve bu yapıya öncülük eden kalite yürütücüleridir (Aktar, 2017, s. 34). Kara kuşaklar iyileştirme takımının lideridir ve iyileştirme projesinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur (Durmuşoğlu, 2016:17). Kara kuşakların başlıca görevleri şunlardır (Korucu, 2013:69);

- İyileştirme projesini belirlemek, konu, kapsam ve değişikliklerini Sponsora sunmak,
- Takım üyeleri arasında iş ve görev dağılımı yapmak,
- İyileştirme projesini yönetmek ve zamanında tamamlanmasını sağlamak,
- Bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirleyip Sponsora sunmak,
- Takım üyelerine 6σ araçlarının kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamak.



Şekil 21. 6σ Rol ve Yapılarının Seçenekleri

Kaynak (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 170)

2.4.6. Yeşil Kuşak

Yeşil Kuşaklar, ekip liderleri olan Kara Kuşaklar gibi tam zamanlı olarak çalışmak zorunda olmayan ekip üyeleridir. Yeşil kuşaklar bir veya birden fazla ekipte yer alabilirler (Güler, 2011, s. 75). Yeşil kuşakların başlıca görevleri şu şekildedir (Ülgen, 2014, s. 24);

- 6σ yaklaşımını uygulayarak somut sonuç alma konusunda gerekli yeterliliği göstermek,
- 6σ projelerini yönetmek veya proje ekiplerine katılmak,
- Yerel iyileştirme projelerinde ekiplere liderlik etmek, 6σ bilgisini paylaşmak.

2.5. Altı Sigmanın Uygulama Aşamaları

Kalite akımının ortaya çıkışından bu yana süreçler üzerinde birçok iyileştirme ve uygulama modelleri uygulanmıştır. Bunların pek çoğu W. Edwards'ın geliştirdiği, veri tabanlı süreç iyileştirmesinin temel mantığını tanımlayan, Planla – Uygula – Kontrol Et – Yap ya da PUKY adımları üzerine kuruludur, (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 75). PUKY adımlarını kısaca açıklamak gerekirse;

- Planla; Mevcut performans değerlendirmesi yapılır. Performans düşüklüğüne neden olan sorun ve problemler ile ilgili veriler toplanır. Sorunların temel nedenleri tanımlanır ve yönetilir. Olası çözümlerden potansiyeli en yüksek olanın deneme aşamasıdır.
- Uygula; Planlanan çözümün pilot uygulamasının gerçekleştirildiği aşamadır.

- Kontrol et; İstenen sonuca ulaşıp ulaşılmadığını anlamak için deneme sonuçlarının ölçüldüğü aşamadır. Eğer sorun tespit edilirse iyileştirme çabalarının önündeki engeller saptanır.
- Yap; Denenen çözüme ve yapılan değerlendirmelere bağlı olarak çözümü kalıcı olacak biçimde detaylandırma ve geliştirme aşamasıdır.

6 σ uygulamaları genel olarak bu dört aşama üzerine kuruludur. 6 σ 'yı benimseyen işletmelerin uyguladığı yöntemler incelendiğinde söz konusu yöntemlerin işletmelere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Ancak tüm yöntemler iki uygulamaya dayanmaktadır.

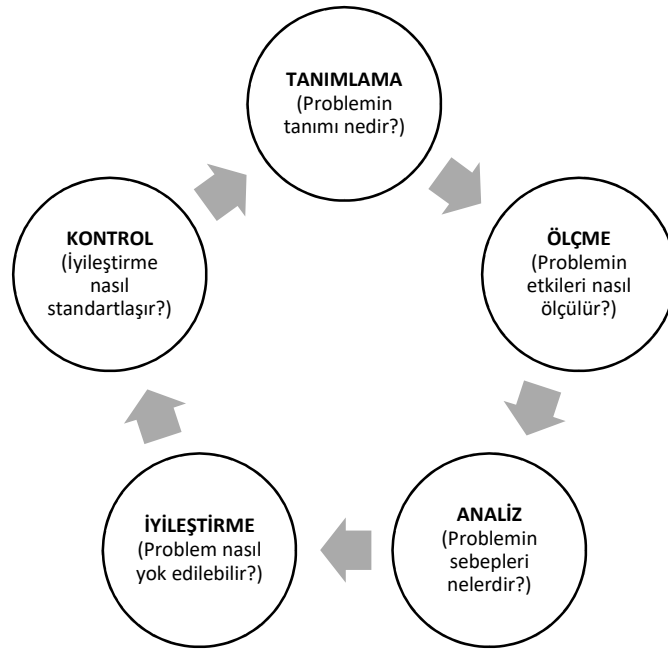
Bunlar TÖAİK (Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, Kontrol et) ve TÖADD Tanımla, Ölç, Analiz et, Dizayn, Doğrula) yöntemleridir (Durmuşoğlu, 2016, s. 19). TÖAİK yöntemi, üretim ortamında mevcut süreç ve yöntemlerin tasarımı ve iyileştirmesi için uygulanırken, TÖADD yöntemi daha çok yeni süreç, ürün veya hizmet tasarımı ya da mevcut σ seviyesinin 5 σ gibi yüksek seviyede olduğu durumlarda uygulanır (Pacheco, 2014, s. 335).

2.5.1.TÖADD Yöntemi

Mevcut bir ürün ya da süreç optimize edilmesine karşın, halen müşteri beklentileri karşılanamıyor ise TÖADD yönteminin kullanılması daha doğru olacaktır. Günümüzün dinamik dünyasında hızla değişen müşteri ve pazar taleplerine cevap verebilmek için süreç ya da ürün geliştirme tasarımlarının hızlı bir şekilde tamamlanması beklenmektedir. Deneysel Tasarım, Kalite Fonksiyon Yayılımı, FMEA gibi yöntemler ürün geliştirme sürecinde kullanılan araçlardan bazılarıdır (Durmuşoğlu, 2016, s. 20).

2.5.2.TÖAİK Yöntemi

Bu yöntem, 1995 yılında 6 σ yönteminin hizmet sunan işletmelerde de kullanılmaya başlanması ile değişime uğramış, Ölçme-Analiz-İyileştirme ve Kontrol aşamalarına Tanımlama aşamasının eklenmesi ile son halini almıştır (Aktar, 2017, s. 22). TÖAİK, tanımında da geçen İyileştirme aşaması ile daha çok süreç iyileştirmelerinin yer aldığı 6 σ uygulamalarında kullanılırken, Pande ve diğerleri (2018), bu yöntemi süreç iyileştirmeleri uygulamaları yanında süreç tasarımı/yeniden tasarım uygulamalarında da kullanmıştır.



Şekil 22. TÖAİK Yöntemi

Kaynak: (Turan & Turan, 2019, s. 115)

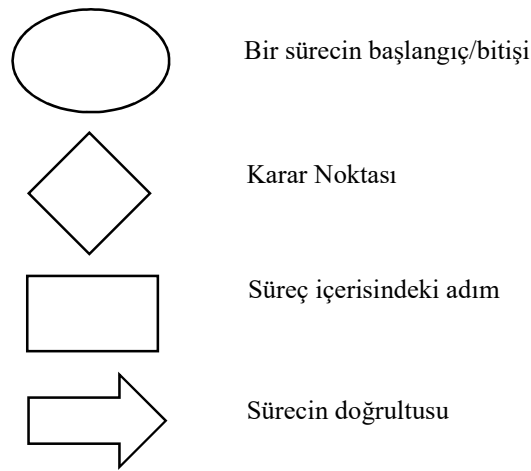
2.5.2.2. Tanımlama

TÖAİK yönteminin ilk adımı olan “Tanımlama” aşaması, 6σ projelerinin amaç ve kapsamının tanımlandığı aşamadır. Bu aşamada öncelikle belirlenen müşteri beklenti ve ihtiyaçları doğrultusunda ortaya çıkan problemin tanımı, problemin hedefi ve problem çözüldükten sonra elde edilecek getiri belirlenir. Uygulama lideri, sponsor, uzman kara kuşak ve ekip üyeleri belirlenir. Problem çözümü için gerekli kaynaklar ve organizasyonel destek ihtiyacı belirlenir. Süreç haritası oluşturulur.

Tanımlama aşamasında üç istasyon bulunur (Eckes, 2007, s. 36);

- *Tüzük*; 6σ ekibinin işi yapabilmesi için gerekli amacı ve motivasyonu sağlayan belgeler topluluğudur. Tüzük işin yapılma nedenini, problemin tanımını, proje kapsamını, hedef ve amaçlarını, süreçlerin zaman çizelgesini, proje ekibinin rolleri ve sorumluluklarını içerir.
- *Müşteriler, ihtiyaçları ve beklentileri*; Müşteri, iyileştirmesi hedeflenen ürün, hizmet ya da süreci alan kişidir. Her müşterinin tedarikçisinden karşıladığı bir ya da birçok ihtiyacı vardır. Karşılanan her ihtiyaçta o ihtiyaç ile ilgili beklentiler vardır.
- *Yüksek düzey süreç haritası*; Süreç haritası Şekil 23’deki semboller kullanılarak aşağıdaki sırayla oluşturulmalıdır;

1. Süreçlerin adlandırılması
2. Süreçlerin başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesi
3. Sürecin çıktısının belirlenmesi
4. Sürecin müşterilerinin belirlenmesi
5. Sürecin tedarikçilerinin belirlenmesi
6. Sürecin girdilerinin belirlenmesi
7. Sürecin başlangıç ve bitiş noktaları arasında yer alan beş ila yedi yüksek düzey adımın kararlaştırılması.

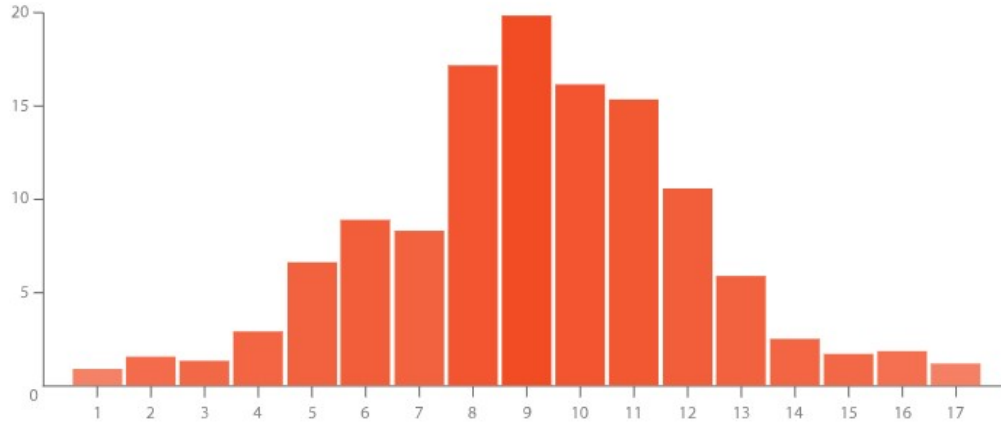


Şekil 23. Süreç Haritası Sembolleri

Kaynak: (Eckes, 2007, s. 41)

Tanımlama aşamasında histogram (sıklık) çizelgesi, pareto analizi, beyin fırtınası yöntemi, sebep-sonuç (balık kılıcı) diyagramı gibi yöntemler yoğunlukla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, müşteri sesi, yakınlık diyagramı, ürün başına hata oranları (DPO) ve kalite öncelik belirleme yöntemlerinden de faydalanılmaktadır (Aktar, 2017, s. 24).

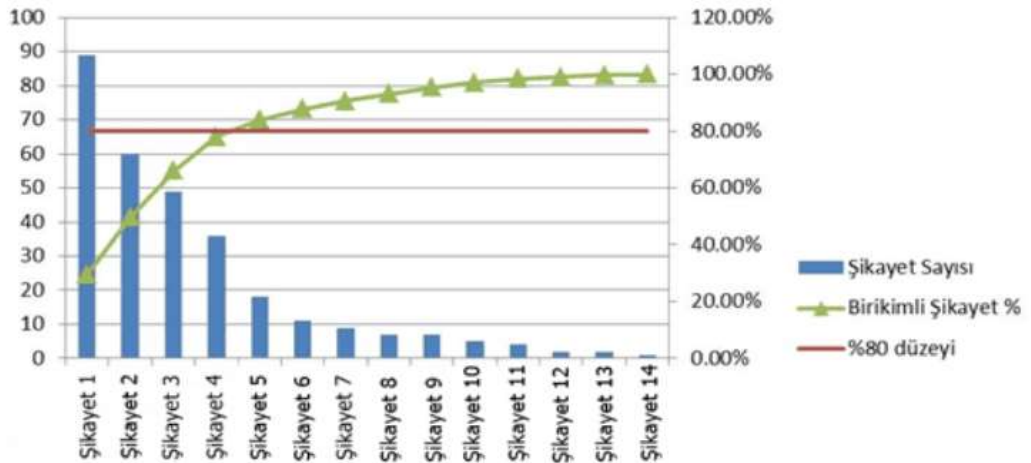
Histogram ya da sıklık çizelgesi, bir ana kütleli sıklığı (frekans) dağılımını ve dengelenmişliğini grafik olarak ifade eden çizelgedir (Şekil 24) (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 468)



Şekil 24. Histogram Çizelgesi

Kaynak: (Ribeca, 2020)

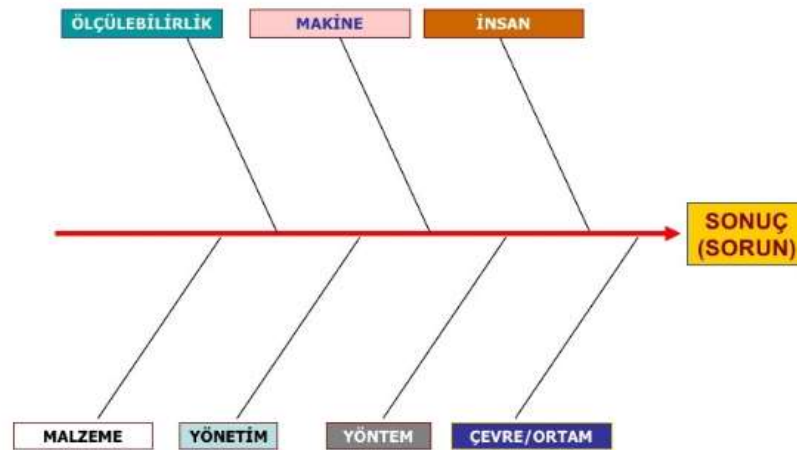
Pareto yöntemi diğer bir adıyla 80/20 kuralı, Vilfred Pareto'nun, nedenlerin azınlıkta ama önemli (%20) kısmının yarattığı etkinin, çoğunlukta ama önemsiz (%80) olanlarının etkisine kıyasla daha büyük olduğunu gösteren araştırmasına dayanır. Pareto çizelgesi; kolonlar halinde, büyükten küçüğe doğru sıralanmış niteliksel veriden yararlanır. En sık görülen durum (en üstteki sıra) ilk olarak gösterilir; birimlerin (olguların) %20'sinin, sorunların %80'inin kaynağı olduğunu gösterir; her bir kategorideki/sıradaki yüzdeleri takip etmek için kümülatif bir yöntem kullanır (Şekil 25) (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 473).



Şekil 25. Pareto Çizelgesi

Kaynak: (Seisoğlu, 2020)

Sebep-sonuç diyagramı ilk olarak Tokyo Üniversitesi'nde çalışmakta olan Prof. Kaoru Ishikawa tarafından geliştirilmiştir. Bu nedenle Ishikawa Diyagramı ya da Balık Kılçığı Diyagramı olarak ta adlandırılır. Bu yöntem, yatay bir çizgi üzerine kollar çizilmesi ile sebeplerin gruplanmasına dayalı bir sistemdir. Sahip olduğu şekil itibari ile problemin ana sebeplerinin belirlenmesine yardımcı olur (Şekil 26) (Aktar, 2017, s. 24).



Şekil 26. Sebep-Sonuç Diyagramı

Kaynak: (Global Enstitü, 2020)

Beyin fırtınası, bir işletme içindeki çalışanların bir sorun hakkında bir araya gelerek herhangi bir soruna çözüm bulmak için karşılıklı fikir alışverişinde buldukları grup çalışmalarıdır. Bu çalışmada farklı görüşler bir araya gelerek, ortak çözüm bulmaya çalışılır.

2.5.2.2.Ölçme

TÖAİK yönteminin ikinci aşaması olan “Ölçme” aşaması, 6σ projesinin uygulanacağı, iyileştirilecek ya da yeniden tasarlanacak süreç performansının mevcut durumunun tespit edilmesidir.

6σ ölçümünün ilkesi, süreç akışı öncesi etkenler (tedarikçiler, hammaddeler, süreçler ve işlemler) ve değişkenler (X'ler) ile bunların müşteri tatmini, bağlılık ve karlılık (Y'ler) arasındaki ilişkiyi anlamaktır. Burada belirtilen değişkenler (X'ler), süreçte akış sonrası olayları önceden tahmin edebilmek için ölçeceğimiz etkenlerdir. Örneğin, hammadde siparişindeki çevrim zamanında bir artış olduğunu görürsek, geç teslimde de bir artış olacağını önceden bilebiliriz (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 255).

Ölçümün gerçekleşmesi gereken üç temel alan vardır. Bunlar (Eckes, 2007, s. 42);

1. İşinizi yapmanız için önemli olan girdi ölçütleri; tedarikçilerimize verilen anahtar kalite ölçütleri,
2. Süreç ölçütleri; süreç verimliliğimizin ölçütleri (döngü süresi, maliyet, değer, işgücü),
3. Müşterilerimizin beklentilerini ne kadar karşıladığımızı gösteren ölçütler; çıktı ölçütleri.

Ölçüm aşaması öncelikle hangi sorulara yanıt bulmaya çalıştığımızın tespiti ile ölçeceğimiz performansın belirlenmesi ile başlar. Daha sonra izini sürmeye veya hesaplamaya çalıştığımız etkenin tanımlanması gerekir. Veri kaynağı tanımlanır, ölçüyü sağlayan verinin nasıl bulunacağı ya da gözlemlenebileceği belirlenir. Toplanan veriler bir liste yani bir bütün haline getirilir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 258).

Ölçme aşamasında en çok kullanılan yöntemler ise; veri toplama planları, pareto analizi, hata türü ve etkileri analizi, süreç sigması ve süreç yeterliliği kontrol grafikleridir (Aktar, 2017, s. 25).

Veri toplama planları, işletmelerin tedarikçilerine, hammaddelerine, süreçlerine, üretim maliyetlerine, üretilen ürünleri ve çalışanları gibi veri kaynaklarından elde edilen bilgilere dayanılarak gerekli faaliyet planlarının yapılmasıdır (Aktar, 2017, s. 25).

Kontrol grafikleri, süreç performansını, ortalamayı ve kontrol sınırlarını gösteren özel bir zaman çizelgesi ya da işleyiş çizelgesidir. Süreç içerisindeki sıradan ve özel nedenlerin belirlenmesine yardımcı olur (Pande ve diğerleri, 2018:471).



Şekil 27. Kontrol Grafikleri

Kaynak: (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2014, s. 188)

Hata türü ve etkileri analizi (FMEA), süreçlerdeki olası hataları oluşmadan önce belirlemek, önceliklendirmek ve ortadan kaldırmak için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. FMEA, yüzlerce hata türü için iyileştirme planlamasının yapılması yerine, sistemin bütünü üzerinde en büyük katkıyı sağlayacak hata türlerini önceliklendiren bir yöntemdir. Bu sayede değer katmayacak iyileştirme çabaları için zaman ve emek kaybının önüne geçilmiş olur (Yetimler, 2018, s. 9).

2.5.2.3. Analiz

Bu aşama anahtar ürünlerin ya da süreç performanslarının ölçümlerinin analiz edilmesi işlemlerinin kararlaştırıldığı aşamadır. Ölçme aşamasında sağlanan veriler analize tabi tutularak problemlerin ve hataların temel nedenleri tespit edilmeye çalışılmaktadır (Aktar, 2017, s. 26).

Analiz aşaması üç adımdan meydana gelmektedir (Eckes, 2007, s. 48);

1. *Veri analizi*; TÖAİK'in ölçüm aşamasında toplanan verilerin, özellikle ekibin müşteri beklentilerin etkililiğini iyileştirmek gibi bir hedefi varsa, analiz edilmesi gerekir. Veri analizinin türü verinin kesikli mi sürekli mi olduğuna bağlıdır. Kesikli veri türlerinden yaygın olarak kullanılan istatistiksel araçlar Pareto analizi ve pasta grafiğidir.

Sürekli veri türlerinde ise frekans dağılım kontrol formları ile koşum diyagramları kullanılır. Frekans dağılım kontrol formları sayesinde sürece etki eden faktörlerin neler olduğu konusunda bilgi sahibi olabiliriz. Koşum diyagramı sayesinde verilerde herhangi bir kayma ya da eğilim olup olmadığını tespit edebiliriz. Sürekli veriler kesikli verilere göre süreç hakkında daha doğru bilgi verdiği için tercih edilmelidir.

2. *Süreç analizi*; daha ayrıntılı bir süreç haritası çıkarmayı ve en büyük verimsizliklerin nerede olduğunu bulmak için haritanın daha ayrıntılı analiz edilmesini içerir. Alt süreç haritaları yardımı ile ekibin daha sonra değiştirme ya da ortadan kaldırma girişiminde bulunması gerekecek olan verimsiz ya da katma değer katılmamış adımlar ortaya çıkacaktır. Alt süreç haritası çıkarıldıktan sonra bir süreç müşteri tarafından değerli bulunuyorsa, o süreç sayesinde ürün ya da hizmette fiziksel bir değişim oluyorsa o sürecin değer katan bir süreç olduğu belirlenir. Bu ölçütlere uymayan süreçler değersiz süreçler olarak tanımlanır.

3. *Kök neden analizi*; uygun yapıldığı takdirde, 6σ proje ekibinin çalışmasının kök neden analizi kısmı projenin başarısı için temel unsurdur. Kök neden

analizinde proje ekibi mevcut performansın olası tüm açıklamaları hakkında çözümleri sıralar. Bu analizde kullanılan yöntemler, beyin fırtınası, neden-sonuç analizi ve serpilme diyagramıdır.

2.5.2.4.İyileştirme

“İyileştirme” aşaması analiz aşamasında bulunan probleme yol açan temel nedenler üzerinde durmayı ve tanımlama aşamasında belirlenen iyileştirme hedeflerine ulaşmak için bu tür problemleri ortadan kaldırmayı hedeflemektedir (Dalgıç, 2011, s. 48).

Eğer proje ekibi, analiz aşamasında kök neden analizi adımı kapsamlı bir iş çıkartırsa, TÖAİK yönteminin iyileştirme aşaması hızlı, kolay ve tatmin edici bir şekilde gerçekleşir (Eckes, 2007, s. 65).

İyileştirme aşaması, Deney Tasarımı (DOE) ve regresyon analizi ile modellerin oluşturulması ile başlar. DOE, ileri düzey istatistiksel araçlar yardımı ile özellikle süreç girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkileri matematiksel modeller ile ortaya koymaktadır (SPAC Danışmanlık, 2020). Regresyon analizi, bir veya daha çok değişkenin birbirleri ile olan ilişkisini ölçmek için kullanılan analiz metodudur.

İyileştirme aşamasının ikinci adımı çözüm önerilerinin oluşması ve çözümün seçilmesidir. Son aşama pilot deneme ve iyileştirme planının yapılmasıdır (Korucu, 2013, s. 61).

Çözümleri uygularken proje ekibinin çözümleri öncelik sırasına koyması, bunları gruplar halinde uygulaması ve uygulamanın hemen ardından σ 'nın yeniden hesaplanması tavsiye edilmektedir. Bunun nedeni çoğu zaman proje ekibinin hedef ve amaçlarına, önerilen çözümlerin hepsini uygulamadan ulaşılabilecek olmasıdır (Eckes, 2007, s. 65).

2.5.2.5.Kontrol

İyileştirme aşamasında elde edilen kazanımların devamlılığı ve artırılması için yapılması gerekenler bu aşamada ortaya çıkar. Başka bir ifadeyle iyileştirilmiş bir sürecin, iyileştirilmiş bir şekilde devamlılığının sağlanması için; kontrol planları hazırlanmalı ve gerçekleştirilmelidir (Eren N. S., 2017, s. 29).

Kontrol aşamasında öncelikle iyileştirme öncesi ve sonrası farklar ortaya konur. Bu farkları ortaya koymak için Önce-Sonra Analizi yapılır. Ardından standardizasyon, kolaylık sağlama ve güven verme açısından uygulanır. Daha sonra İstatistiksel Süreç Kontrol Yöntemleri kullanılarak proje tamamlanır. Bu yöntemler bir süreci sürekli denetlemek ve süreçteki değişkenliği ya da kararsızlığı yaratan koşulları belirlemekte kullanılan metot ya da gereçlerdir (Korucu, 2013, s. 62).

Bu aşamada kullanılan yöntemler; \bar{x} ve \bar{R} şemaları, p şemaları, c şemaları, zaman serileri metotları, diğer kontrol grafikleri ve CUSUM (yığınlı toplam) kontrol grafikleridir (Eren N. S., 2017, s. 30).

TÖAİK yöntemini kısaca özetlemek gerekirse (Eckes, 2007, s. 69);

- Proje tüzüğünün nasıl oluşturulacağı, müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin nasıl tanımlanacağı, mevcut sürecin yüksek düzey bir haritasının nasıl çıkarılacağı TÖAİK yönteminin “Tanımlama” aşamasını,
- Proje ekibinin sonuç olarak temel σ performansını hesapladığı bir veri toplama planının nasıl oluşturulacağı ve uygulanacağı TÖAİK yönteminin “Ölçme” aşamasını,
- Proje ekibinin topladıkları veriler ile süreci ayrıntılı olarak analiz ettikleri, her şeyden önemlisi beyin fırtınası gerçekleştirdiği ve mevcut σ performansının kök nedenleri olduğuna inandıkları bir dizi süreç değişkenini onayladıkları aşama TÖAİK yönteminin “Analiz” aşamasını,
- Proje ekibi tarafından çözümlerin üretildiği ve σ seviyesini yükseltecek çözümün uygulama olarak seçildiği aşama “İyileştirme” aşamasını,
- Son olarak, ekibin iyileştirilmiş sürecin σ performansının sürdürülmesini sağladığı, bu sürekliliğin teknik olarak nasıl kontrol edildiğinin belirlendiği aşama da “Kontrol” aşamasını tanımlar.

Birçok işletme 6σ iyileştirme projelerini uygularken TÖAİK yöntemini ya da bu yöntemin farklı tiplerini benimsemişlerdir. TÖAİK yönteminin diğer iyileştirme yöntemlerine kıyasla bazı üstünlükleri şunlardır (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 198-199);

- Mevcut “sürekli iyileştirme” modelinin başarısız olduğunu ya da yalnızca ender olarak kullanıldığı tespit edildiğinde, TÖAİK yöntemi 6σ 'yı işinizi iyileştirme konusunda bütünüyle farklı ve daha etkili bir yaklaşım olarak konumlandırmaya yardımcı olur.
- Yeni ve daha iyi bir iyileştirme yönteminin sunulması, bilinen araçları öğrenmede, kullanmada ve bu araçlara yenilerini eklemeye insanlara yeni bir olanak tanıması açısından olumlu bir yaklaşımdır.
- TÖAİK yöntemi, ortak bir yöntem dili olması nedeni ile bölümler arası çabaların ve iyileştirme sürecinin başından sonuna kadar olumlu sonuç vermesi beklenir.

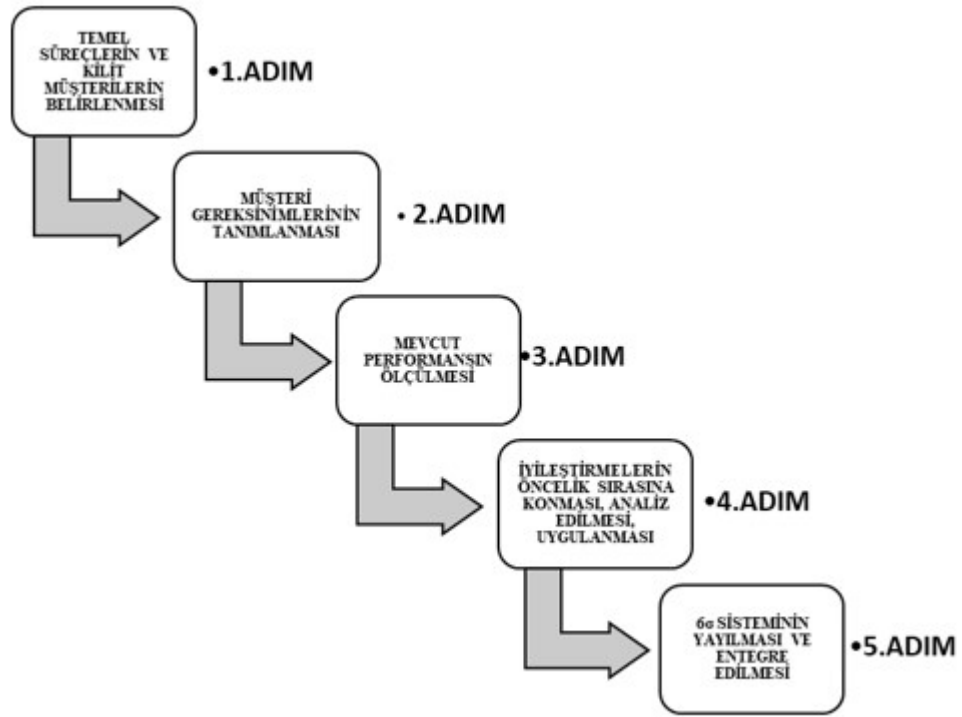
- TÖAİK yöntemi, “müşteri” ve “ölçüm” unsurlarına diğer yöntemlere nazaran daha çok vurgu yapmaktadır.
- TÖAİK yönteminin seçilmesi ile iyileştirme yolunda hem “süreç iyileştirmesi” hem de “süreç tasarımı/yeniden tasarım” adımları sunulabilmektedir.

2.6.Altı Sigma Yol Haritası

6σ sisteminin oluşturulması ve iyileştirmelerin başlaması için ideal bir yol haritası oluşturulmalıdır. İdeal bir yol haritası oluşturmanın faydaları şu şekilde sıralanabilir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 109);

- İşletmenin, süreçler ve müşterilerin iç içe geçmiş olduğu bir sistem olduğu daha iyi kavranır.
- 6σ iyileştirmelerinden olabilecek en iyi biçimde yararlanılır, kaynaklar en verimli şekilde kullanılır ve doğru kararlar alınır.
- Uygun bir yol haritası ile daha sağlıklı ön bilgiye ulaşılır ve en uygun projenin seçilmesi sağlanmış olur. Bu sayede iyileştirmelerin çevrim süresi kısalmış olur.
- İyileştirmeden elde edilen maddi kazançlar, artan müşteri memnuniyeti ve azalan hatalar gibi göstergeler daha somut şekilde görünür,
- Değişimi destekleyecek ve sonuçları daim kılacak güçlü bir altyapı oluşturulur.

İdeal bir 6σ yol haritası her işletme için farklı olabilir. Şekil 28’de ideal bir yol haritası tarif edilmiştir. Ancak bu adımların sırası işletmeler tarafından farklı şekilde uygulanabileceği gibi belirtilen adımlardan bazıları aynı anda da uygulanabilir. Yukarıda belirtilen faydaları elde edebilmenin en etkin yolu yol haritasını Şekil 28’de gösterildiği sıra ile takip etmektir.



Şekil 28. 6σ Yol Haritası

Kaynak: (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 108)

2.6.1. Temel Süreçlerin ve Kilit Müşterilerin Belirlenmesi

Günümüzde, işletmelerin giderek daha küresel yapıya kavuşmaları, sundukları ürün ve hizmet çeşitliliğindeki artış buna rağmen daralan müşteri kitleleri nedeni ile büyük resmi görmeleri zorlaşmıştır. Bu adım, önemli süreçleri ve kilit müşterileri tanımlayarak işletmelerin büyük resmi görmelerini sağlar. Bu adımın hedefi, işletmedeki en kritik süreçleri belirlemek, bu süreçlerin bölümler arasındaki etkileşimini ve bu etkileşimin müşteriler ile olan yansımalarını tanımlamaktır (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 110). 6σ yol haritasının ilk adımında aşağıdaki sorulara yanıt aranmaktadır (Aktar, 2017, s. 37);

- Ana süreçler ve işletme için değer yaratan süreçler hangileridir?
- Müşterilere sağlanan ürünler ve hizmetler nelerdir?
- İşletmenin süreç akışı nasıldır?

2.6.2. Müşteri Gereksinimlerinin Tanımlanması

6σ yaklaşımının en zorlu adımı, müşteri gereksinimlerinin tanımlanmasıdır. Müşterilerin işletmeden tam olarak ne istediğini anlamak için kapsamlı bir çalışma yapmak gerekir. Bu adımda asıl hedef, süreç yeterliliğinin ölçülebileceği ve müşteri

memnuniyetinin garantileneceği, gerçek müşteri değerlendirmeleri üzerine kurulu performans standartları oluşturmak ve “müşterinin sesi” veri toplama programına hizmet edecek stratejileri oluşturmak ve geliştirmektir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 112-113). Bu adımda aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır (Aktar, 2017, s. 37);

- Üretilen ürün ve hizmetler kimler içindir?
- Müşterinin tatmini için neler gereklidir?

2.6.3.Mevcut Performansın Ölçülmesi

Mevcut durum ile müşteri taleplerinin ne kadar iyi karşılandığını ve bu karşılamanın gelecekte nasıl sürdürüleceğini irdeleyen aşamadır. Bu adımda hedef tanımlanabilir müşteri gereksinimlerini dikkate alarak her bir sürecin performansını doğru olarak değerlendirmek, kilit çıktıları ve hizmet özelliklerini ölçmek için bir sistem kurmaktır (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 114).

Bu adımda aşağıdaki sorulara yanıt aranmaktadır (Aktar, 2017, s. 38);

- Öncelikler nasıl belirlenmelidir?
- Önceliklerin belirlenmesinde dikkate alınacak kıstaslar nelerdir?
- 6σ yönteminde uygulanabilecek en iyi iyileştirme stratejisi nedir?

Bu adım, performanstaki iyi ya da kötü değişimleri izleme, uyarı sinyallerine ya da fırsatlara çabucak yanıt verme gücünü kazandırır. Kısa vadede bile, bu ölçümlerden elde edilen bilgi, acil ve/veya potansiyeli yüksek yatırımların nerelere yapılacağı konusundaki kararlarda belirleyici olur. Ayrıca bu adım sayesinde en iyi iyileştirme stratejileri seçilmiş olur. Özellikle satış ekibinin müşterilerine verdiği taahhütler ile bu taahhütleri karşılama durumu da bu adım sayesinde tespit edilmiş olur (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 115).

2.6.4.İyileştirmelerin Analiz Edilmesi ve Uygulanması

Bu adımda hedef, iyileşme potansiyeli yüksek olan alanları belirlemek, gerçek analizler ve yaratıcı düşüncenin yardımı ile süreç esaslı çözümler geliştirmektir. Bu adım sayesinde bulunan yeni çözüm ve süreçler etkin bir şekilde uygulanarak etkin ve sürdürülebilir kazançlar elde edilmiş olur (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 116). 6σ yöntemi sayesinde işletmeler müşterilerini daha iyi anlayabilirler. Bu sayede faaliyetlerini ve süreçlerini daha iyi yönetebilirler. İşletme çalışanları, beyin fırtınası yardımı ile iyileştirmeye yönelik fikir ve düşüncelerin açık açık ifade edebilmektedir (Aktar, 2017, s. 38).

2.6.5. Altı Sigma Sisteminin Yayılması ve Entegre Edilmesi

Bu son adımda, performans artışı sağlayan ürünlerin ve hizmetlerin irdelenmesini, bu ürün ve hizmetlerin yerine getirilmesi için gerekli süreç ve prosedürlerin düzenli ölçülmesi hedeflenir (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 117). 6σ yol haritasının tamamlandığı bu adımda aşağıda belirtilen faaliyetlerin gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir. (Aktar, 2017, s. 39),

- Gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarının devamlı takip edilmesi gerekir.
- Müşterilerin ve çalışanların ihtiyaçları karşılanmış olmalıdır.
- İşletme stratejilerinin üretilen ürünler, sunulacak hizmetler ve süreçlere uyarlanması gerekir.
- Bütün organizasyonun söz konusu bu araçlar yardımı ile ulaşılmak istenen düzeye getirilmesi gerekir.

2.7. Başarılı Bir Altı Sigma Uygulamasının Özellikleri

6σ uygulamasının işletme tarafından hedeflenen sonuçlara ulaşabilmesi için bazı özelliklere sahip olması ve bu özelliklerinde tüm çalışanlar tarafından benimsenmesi gerekmektedir. 6σ uygulamasının liderleri incelendiğinde, söz konusu uygulamanın başarılı olabilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerektiği belirlenmiştir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Türkmen, 2017, s. 110);

Yönetimin Katılımı ve Desteği: Başarılı 6σ uygulamaları incelendiğinde, GE, Motorola ve Allied Signal gibi işletmelerin üst yönetiminin 6σ uygulamalarına hem resmi destek verdiği hem de aktif katılımında buldukları tespit edilmiştir. Bir işletme ya da alt bölüm yöneticisi sürekli başarıyı yakalamak için değişimin artık kaçınılmaz olduğuna karar verdiğinde, o işletme 6σ'yı uygulamak için yeterince olgunlaşmış demektir.

Kültürel Değişim: 6σ'nın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için tüm işletmeye uyarlanması gerekir. Bu uyarılama esnasında işletmenin kültürel yapısından büyük değişimler meydana gelebilir. Üst yönetim dâhil tüm çalışanların bu kültürel değişime ayak uydurmaları, direnç göstermemeleri 6σ'nın başarısı için önemlidir.

İletişim: İletişim planı 6σ'nın nasıl çalıştığını ve çalışanların işleri ile nasıl ilgili olduğunu içermeli ve bu plan çalışanlara yeteri kadar anlatılmalıdır. Bu sayede değişime karşı direnç engellenmiş olur. (Dalgıç, 2011, s. 60). 6σ çalışmaları konusundaki gelişmelerin, başarıların, başarısızlıkların ve bunların nedenlerinin çalışanlarla paylaşılması, uygulamanın hedefe ulaşma ihtimalini arttıracaktır (Türkmen, 2017, s. 112).

Organizasyonel Altyapı: 6σ proje ekiplerinin organizasyon yapısının gerçeğine uygun olarak yapılandırılması gerekir (Türkmen, 2017, s. 110). Organizasyonlar üst yönetimden en alt kademeye kadar, Liderlik Konseyi, Uygulama Lideri, Sponsor, Uzman Kara Kuşak, Kara Kuşak, Yeşil Kuşak ve Ekip Üyeleri olarak yapılandırılmalıdır.

Eğitim: Doğru 6σ eğitimi, çalışanlara 6σ'nın araçlarını, tekniklerini ve temellerini anlatmak için daha açık bir fikir vermektedir. Eğitim, tüm ekip çalışanlarının 6σ tekniklerini benimsemesine ve etkin bir şekilde uygulamasına yardımcı olur (Dalgıç, 2011, s. 61). Yeterli seviyede ve kaliteli 6σ eğitiminin verilmesi, uygulamanın başarıya ulaşmasında önemli bir etkidir.

Proje Yönetiminin Etkinliği: Proje sürecinde yöneticilerin proje yönetimi konusunda bilgi ve tecrübeye sahip olması, 6σ uygulamasının başarısı için gereklidir.

6σ'nın Tüm Paydaşlar ile İlişkilendirilmesi: Başarılı bir 6σ uygulaması, hedef müşteri kitlesi, işletme içerisindeki tüm çalışanlar ve tedarikçiler ile ilişkilendirilmelidir. Proje süresince tedarikçilerin aktif katılımı desteklenmelidir. 6σ projesinde yer alacak çalışanlar, elde edilecek başarıya göre çeşitli özendirme, terfi ve ödüller ile teşvik edilmesi gerekir. Son olarak başarılı bir 6σ uygulamasının müşterinin sesini ve müşteri odaklılık kıstaslarına sahip olması gerekir.

2.8. Altı Sigma Uygulamasının Faydaları

6σ uygulaması son dönemlerde işletmeler arasında oldukça yaygın hale gelmiştir. Bu uygulamanın kalite gibi soyut bir unsurda sağladığı veriyi sayısal ifade etme gücü en temel özelliğidir (Türkmen, 2017, s. 112). Tüm dünyada uygulanan 6σ yöntemleri incelendiğinde, yöntemin genel faydalarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 14);

- Maliyeti düşürmeye yönelik çalışmaların yapılması,
- Verimlilik artışına neden olması,
- Müşterinin talepleri göz önüne alındığı için, müşterilerin işletmenin sunduğu ürün ya da hizmete bağlılığını koruma altına alması,
- Müşteri bağlılığına bağlı olarak, pazar payının artırılmasının hedeflenmesi,
- Çevrim zamanının kısılması,
- Hatanın en aza indirilmesi,
- Problemler oluştuğundan sonra değil, oluşmadan önce onları çözmeye odaklı önleyici yaklaşımın bir kültür olarak benimsenmesi (Şahin N. , 2012, s. 53),

- Sayısal yöntemlere dayalı sonuçlar üzerinden hareket edildiği için daha doğru sonuçlar elde edilmesidir.

Bu faydalar dışında 6σ'nın pek fazla bilinmeyen bazı potansiyel kazançları da mevcuttur. Bunlar (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2018, s. 15);

- 6σ, birbirinden çok farklı birçok alanda (stratejik planlama, müşteri hizmetleri vb.) uygulanabilir, maksimum sonuçlar elde edilebilir,
- 6σ'nın sağlayacağı kazançlar ister bir işletmenin bütününde ister tek bir bölümde uygulansın daima elle tutulur özelliktedir.
- 6σ'nın hizmet sunan kuruluşlarda ve üretim harici faaliyetlerde sağladığı potansiyel kazançlar "teknik" ortamlar ile aynı derecede (hatta belki de daha fazla) önemlidir.
- 6σ, daha iyi fikirler üretmeleri için insanlara esin kaynağı olmakta ve onları daha yüksek performansa teşvik etmektedir. Bu da bireysel yetenekler ile üstün teknik beceriler arasında bir uyum oluşturur.

2.9.Altı Sigma Uygulamasında Yaşanan Zorluklar

6σ uygulaması işletmeler için büyük faydalar sağlaması yanında bazı sıkıntıları da beraberinde getirir. 6σ uygulamasına başlamadan önce proje seçiminin titizlikle yapılması gerekir. Uygun olmayan bir projenin seçilmesi durumunda, zaman, emek ve para kaybı meydana gelmektedir.

İnsan doğası gereği yaşadığı, alıştığı düzenden ve kültürden farklı bir düzene uymaya karşı direnç gösterir. 6σ uygulamaları farklı bir kültür oluşturma özelliğinin başlıca olumsuz özelliği olduğu söylenebilir. Çünkü yeni bir kültür oluşturmak işletme çalışanlarının bu yeniliğe adaptasyonunu geciktirebilir. Bununla birlikte çalışanların bu yeniliğe geçiş motivasyonunu da olumsuz biçimde etkileyecektir.

6σ uygulamalarının eğitim masrafları oldukça yüksektir. GE, uygulamanın ilk yıllarında 200 milyon doların üzerinde yatırım yapmıştır. Bir kara kuşak çalışan eğitimi 15.000/50.000 dolar, yeşil kuşak eğitimi ise 5.000/10.000 dolar arasında değişmektedir. Her bir çalışanın ortalama eğitim masrafı 200 dolar civarındadır (Türkmen, 2017, s. 113).

2.10.Altı Sigmmanın Türkiye'deki Uygulamaları

Dünya'da geniş bir kullanım alanı olan 6σ, Türkiye'de de birçok işletme tarafından uygulanmaktadır. Kırılgan ülke ekonomimiz, dönemsel yaşanan finansal ve siyasi krizler, işletmelerin maliyetlerini kontrol etme ve kârlılıklarını yüksek seviyede tutma isteğine neden olmaktadır. 6σ uygulamaları, verimliliğe odaklanan yaklaşımı,

maliyetleri düşürme hedefi ve müşteri sesine duyarlı olması nedeni ile Türk işletmeler için tercih edilen bir uygulama olmalıdır.

Uluskan'ın yaptığı araştırmaya göre (2017:139), Türkiye'de 6σ uygulamalarının büyük çoğunluğu, ülkenin en büyük sanayi şehirlerinde yapılmaktadır. Sektörel dağılımlar göz önüne alındığında 6σ'nın en fazla uygulandığı sektör, teknik açıdan en çok detaya sahip olması ve karma süreçler içermesi nedeni ile Makine Sanayi sektörüdür. Bu sektörün öncüleri Arçelik, Bosch, Borusan ve Ford Otosan 6σ'yı uygulayan işletmelerdendir.

Makine Sanayi'yi sırasıyla Kimya Sanayi, Gıda, İçecek ve Tütün Sanayi izlemektedir. Gıda ve İçecek Sanayi devlerinden Pınar 6σ'yı uygulayan işletmelerdendir.

Gıda Sanayi'yi Tekstil, Konfeksiyon ve Deri Sanayi takip etmektedir. Tekstil Sektörü öncülerinden Coats, Yünsa, Bossa, Söktaş ve Sasa Polyester 6σ'yı benimseyen işletmeler arasında yer almaktadır.

Tekstil Sektörünü Maden ve Metalurji Sektörü takip etmektedir. Bu sektörde yine Borçelik ve Hayes Lemmerz 6σ açısından öne çıkmaktadır. Orman ürünleri Sanayi'nde İstikbal, Mondi, Boytaş Mobilya ile Viking Kâğıt 6σ uygulayan işletmeler arasındadır.

Çimento, Cam, Seramik Sanayi'nde Çimsa, Kütahya Porselen, Vitra ve Kalekim 6σ uygulamasında önemli işletmeler olarak ortaya çıkmaktadır. Hizmet sektöründe ise Türkiye genelinde 6σ uygulamaları genel olarak özel eğitim ve araştırma hastanelerinde, Eskişehir Tramvay İşletmesi gibi ulaştırma hizmeti ve lojistik işletmeleri bulunmaktadır.

2.11.Altı Sigma ile İlgili Literatür Taraması

Nonthaleerak ve Hendry (2006), 1991 ve 2004 yılları arasında yaptıkları literatür çalışmasında 6σ ile ilgili yapılan araştırmaları 4 gruba ayırmışlardır;

- *Tanımlayıcı*; 6σ'nın bir işletme bilgisi varlığı olup olmadığı aranmaksızın yapılan açıklama ve tanımlama çalışmalarıdır.
- *Deneysel*; Bir veri tabanına, ikincil bir veri kaynağına bağlı olarak yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalar genel olarak akademik bir çalışmanın ürünüdür. Deneysel çalışma olarak nitelenmesi, çalışmanın anket ya da görüşme gibi bir açık araştırma tekniğine dayandığını gösterir.
- *Kavramsal*; Herhangi bir deneysel veriye dayanmadan kavramsal olarak yapılan araştırmaların sınıflandırıldığı çalışmalardır.
- *Literatür taraması*; 6σ ile ilgili literatür taramasının yapıldığı araştırmalardır.

Nonthaleerak ve Hendry'nin yaptığı gruplamaya göre sınıflandırılan bazı çalışmaları şu şekilde sıralayabiliriz;

Bothe (2001), "Quality Engineering" adlı yayında yaptığı kavramsal çalışmaya göre, süreç yeterlilik tahmininden önce sürece yapılacak 1.5 vardiya ilavenin işletmenin süreç yeterlilik endeksi (C_{pk})'ni artıracığını belirtmiştir.

Rasis, Gitlow ve Popovic (2002), "Quality Engineering" dergisinde yaptıkları analizde, hayali bir örnek olay uygulaması üzerinden TÖAİK yöntemi ile Yeşil Kuşak projesi gerçekleştirmişlerdir. Aynı ekip 2003 yılında bu çalışmanın 2. Bölümünü gerçekleştirmişlerdir.

Coronado ve Antony (2002), "The TQM Magazine" de yayınladıkları literatür taraması ile müşteri odağı ve memnuniyeti (CSF) ile ilişkili etkin 6σ projelerini incelemişlerdir.

Elliott (2003), "Industrial Engineer" dergisinde yaptığı tanımlayıcı çalışma ile 6σ yönteminin analizini yapmış ve uygulama adımlarının açıklamasını yapmıştır.

Rowlands (2003), "Engineering Management" dergisinde, 6σ ve kalite metodolojisini tanımlamış, 6σ 'nın belirleyici özelliklerinden bahsetmiştir. Tanımlayıcı bir analiz yapmıştır.

Antony (2004), "The TQM Magazine" dergisinde yayınladığı araştırma ile 6σ 'nın faydalarını ve eksiklerini belirtmiş, yöntemin geleceği ile ilgili kavramsal bir çalışma yapmıştır.

Koch, Yang ve Gu (2004), "Structural and Multidisciplinary Optimisation" dergisinde yaptıkları analiz ile otomotiv endüstrisinde TÖADD yöntemi uygulayarak 6σ uygulamasını tanımlamaya çalışmışlardır.

Haikonen, Savolainen ve Jarvinen (2004), "Journal of Manufacturing Technology Management" dergisinde yaptıkları deneysel çalışma ile süreç iyileştirmesinde yönetim kademesinin rolünü analiz etmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonunda yönetim kademesinin süreç iyileştirmesinin başarılı ve sürekli olabilmesi için 6σ 'yı kavrayan ilk grup olması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Hoerl, Rodebaugh ve Snee (2004), "Annual Quality Congress Proceedings" yayınında yaptıkları tanımlayıcı çalışma ile W.R. Grace adındaki bir üretim tesisinde 6σ uygulamasının, istatistikçi ve Kuşak profesyonellerinin kariyerleri üzerindeki etkiyi incelemişlerdir.

Edgeman ve Bigio (2004), "Quality Progress" dergisinde yaptıkları çalışma ile 6σ 'nın; 1. Yalın üretim ile bütünleşmesi, 2. Bio-fiziksel, çevresel, sosyal ve teknolojik

bütünleşmesi, 3. Kamu sektöründe artan uygulamaları, 4. Yalın tasarım ve 5. 6σ'yı güçlendiren diğer uygulamalar ile ilgili analizlere yer vermişlerdir.

Yang (2004), "International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage" isimli yayında yaptıkları kavramsal çalışma ile TKY ve 6σ'nın bütünleşme modelini geliştirmişlerdir. Bu model, müşteri sadakati ve işletme performansını stratejik hedef olarak belirlemiştir. Bu model Tayvan'da bulunan işletmelerde başarı ile uygulanmıştır.

Banuelas ve Antony (2004), "The TQM Magazine" de yayınlanan çalışmaları ile iki çok uluslu işletmenin TÖAİK ve TÖADD yöntemleri seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini test etmişlerdir.

Bu literatür taramasından farklı olarak incelenen diğer ve daha güncel çalışmalarda;

Pyzdek (2000), 6σ metodolojisini, yöntemini, uygulama adımlarını tanımlamıştır. 6σ yöntemi ile işletmelerin elde edeceği kazanımlar hakkında bilgiler vermiştir.

Ediller ve Orbak (2005), binek otomobillerde kullanılan bir ürünün iki kritik ölçüm değerine ait değişkenleri azaltmak için TÖAİK yöntemini uygulayarak süreçlerde kısa vadeli iyileştirmeler elde etmişlerdir (Aktar, 2017:52).

Çalışkan (2006), TKY ve 6σ yaklaşımı ile ilgili bilgiler vererek bu iki yaklaşımın benzerlik ve farklılıklarına değinmiştir. 6σ temelde problemlere ölçülebilir çözümler üretmek ve süreçlerde optimizasyonu sağlama üzerinde dururken, TKY müşteri ve çalışan motivasyonunu ön planda tutan, hızlı ve zamanında hizmet, üründe yenilik sunmaktadır.

Kumar vd. (2008), çalışmalarında 6σ uygulamalarının doğru yapılmadığı takdirde işletmelerde maliyet artışına neden olabileceği belirtilmiştir. Çalışmada, doğru yöntemlerin belirlenmesi için iki farklı model sunulmuştur (Durmuşoğlu, 2016, s. 12).

Calia vd. (2009), 1995-2007 yılları arasında farklı ülkelerde farklı organizasyonlar tarafından yapılan 2096 adet çevre kirliliğini önleme projesini maliyetleri bakımından incelemiş, 6σ çalışmaları ile çevre kirliliğini önlenmesini %62 oranında artırılabilceğini öngörmüşlerdir (Durmuşoğlu, 2016, s. 12).

Öztürk (2010) tez çalışmasında, otomotiv sektöründe 6σ uygulamasını TÖAİK modeli ile uygulayarak incelemelerde bulunmuştur. Süreç iyileştirme çalışmasının hedef alındığı uygulamada, sonuç bölümünde süreçlere olumlu katkı yapacak önerilerde bulunulmuştur.

Dalğar vd. (2010), 6σ yaklaşımını bir maliyet yönetim aracı olarak değerlendirmişlerdir. Bu yaklaşımın maliyet yönetim aracı olarak kullanılmasının işletmelere fayda sağladığını tespit etmişlerdir (Aktar, 2017, s. 54).

Hsu vd. (2011), Tayvan'da TFT-LCD üretim sektöründe 6σ uygulaması üzerine bir çalışma yapmışlardır. İşletmeler arasında kritik x'ler ana kart ve ekran olarak belirlenmiştir. Üretim süreçlerinde 6σ uygulanarak kalitenin yüksek, israfın düşük olduğu süreçler hedeflenmiştir (Durmuşoğlu, 2016, s. 13).

Dalgıç (2011) tezinde, 6σ'nun temel özelliklerini anlatarak, Türkiye'de 6σ uygulamalarını gerçekleştiren öncü işletmelerdeki çalışmalarını incelemiş ve uygulama örnekleri ile çalışmaların detayları anlatılmıştır.

Güler (2011), 6σ metodolojisini teorik olarak ele alıp açıklamış, daha sonra dayanıklı tüketim malları sektöründe faaliyet gösteren Türkiye'nin önde gelen işletmelerden birinde anket uygulaması ile işletmedeki algılama hakkında bilgi vermiştir. Bu algı özellikle beyaz yaka çalışanlar üzerinde değerlendirilmiştir.

Bircan ve Köse (2012) yaptıkları araştırmada, Sivas ve Kayseri illerinde faaliyet gösteren sanayi işletmelerinin Toplam Kalite'yi ne ölçüde uygulayabildikleri, Toplam Kalite'yi artırmaya yönelik çalışmalarını, 6σ felsefesi hakkında bu işletmelerin düşündüklerini ve uygulamaya ne kadar hazır olduklarını ölçmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak her iki ilde yer alan işletmelerin %65,3'ünün TKY alanında danışmanlık hizmeti aldıkları ancak TKY çalışmalarını geleneksel işletme kültürü anlayışları nedeni ile hayata geçiremedikleri görülmüştür. İşletmelerin %62,7'si 6σ hakkında bilgi sahibi değildir. Yönetici özelliklerinin bu felsefeyi uygulamak için yeterli altyapılarının olmadıkları görülmüştür.

Şahin (2012), subap üreticisi bir işletmenin müşterisinin kendisi için üretilen subaplarda değişikliğe gitmesi ile mevcut tezgâhlarının yetersiz kalmasını ve bu durumu 6σ yaklaşımı ilke çözmesini incelemiştir. Balık Kılıcı Diyagramı ve FMEA ile problemlerin ana nedenleri bulunmaya çalışılmıştır. 6σ yaklaşımı sonunda problemler için σ seviyeleri, 1,68 ve 1,69 iken, iyileştirmeler sonrasında 4,64 ve 4,89'a yükseltilmiştir.

Elmacı vd. (2013), TKY içerisinde 6σ yaklaşımının işletme performansını artırmada nasıl kullanılması gerektiğini incelemişlerdir. Çalışma Ford Otomotiv Sanayi A.Ş.'nin İnönü Fabrikası çalışanlarının servis memnuniyetlerinin %10 oranında artırılması hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak 690 çalışana uygulanmıştır. Anket sonuçları minitab programında analiz edilmiştir. Sonuç olarak 6σ yaklaşımının

kalite/inovasyon geliştirme araçlarını kullanarak müşteri memnuniyetinin arttığını, servis memnuniyetinin de ortalama 3.49 puandan, 4,02 puana çıktığını tespit etmişlerdir (Aktar, 2017, s. 55).

Korucu (2013), TKY kapsamında uygulanan Kaizen ve 6 σ tekniklerini incelemiştir. Türkiye’de üretim sektöründe faaliyet gösteren ve bu uygulamaları süreçlerinde kullanan iki işletme analiz edilmiştir. Analizler sonucunda Kaizen ve 6 σ teknikleri doğru şekilde uygulandığında kalite kayıplarının yok edildiği ve verimliliğin arttığı görülmüştür.

Tatlı (2013), otomotiv sektöründe öncü bir işletmede işgücü verimliliği sağlamak amacıyla yapılan 6 σ uygulaması ile ilgili incelemede bulunmuştur. Araç başı işçilik metriğinde yapılan 6 σ projesi sayesinde iyileştirme öncesi 1 olan σ değeri, iyileştirme sonucunda 2,57 değerine getirilerek başarı sağlanmıştır.

Sevinç (2013), otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede 6 σ yaklaşımı kullanarak V227 kodlu taşıt parçasının sistemdeki tahliyesinin kontrol süreci üzerinde birtakım iyileştirmeler yapmıştır. İyileştirmeler sonunda işletmenin elde edeceği zaman, işgücü ve parasal yönden kazanımlar istatistiksel veriler ile desteklenerek anlatılmıştır.

Ülgen (2014), 6 σ uygulayan işletmelerin etkinliklerini belirlemek ve kıyaslamada bulunmak amacıyla 10 yurtiçi, 2 yurtdışı işletmenin yer aldığı 12 işletme için VZA ile çıktı temelli etkinlik değerlendirmesi yapmıştır. Literatür araştırmaları ve işletmelerin 6 σ uygulamalarından beklentileri göz önüne alınarak üç girdi ve iki çıktıdan oluşan model oluşturulmuştur. Girdi değişkenleri olarak 6 σ eğitimi alan kişi sayısı, Kara Kuşak sertifikalı sayısı ve proje süreleri belirlenmiş olup çıktı değişkenleri olarak projelerden sağlanan getiri ve proje kalite puanları alınmıştır. 12 işletmeden 5 tanesinin 6 σ uygulamalarında etkin bir işleyişe sahip olduğu kalan 7 işletmenin ise etkin bir işleyişe sahip olmadığı tespit edilmiştir. Etkin işleyişe sahip olmama nedeni olarak, proje getirisi sağlanamaması ya da projeler için doğru getiri hesabı yapılamaması tespit edilmiştir.

Durmuşoğlu (2016), imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin çalışma alanındaki her bir sürecin ergonomik risk analizleri Sue Rodgers yöntemi ile yapılarak risk seviyeleri belirlenmiştir. Ergonomi bilimi, imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin çalışma alanlarındaki riskli noktaları elimine edebileceği veya risk seviyesini indirgeyebileceği, işçi sağlığı ve iş güvenliği konularında iyileştirmeler yapabileceği, çalışanların çalışma kalitesini artırabileceği, çalışan bağlılığı ve sadakatini geliştirebileceği, dolayısıyla işletmenin rakiplerine göre ön plana çıkarabileceği bir bilim dalıdır. Sue Rodgers yöntemi yüksek risk teşkil eden süreçlerin 6 σ yöntemi ile orta ve

düşük seviyelere belirli bir hedef çerçevesinde indirgenmesidir. Yapılan çalışma ile yüksek riskli bölgelerin %75'inde iyileştirme sağlanmıştır.

Aktar (2017), 6 σ yönteminin kapsamından bahsederek Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren üretim işletmelerinin bu yöntemi maliyet yönetim aracı olarak kullanılabilirliğini tespit etmek amacıyla 130 işletmeye anket çalışması yapmıştır.

Uluskan (2017) çalışmasında Türkiye'de 6 σ uygulamasının coğrafi olarak dağılımını incelemiştir. 1000 işletme ile yapılan araştırmada 265'inin 6 σ uyguladığı tespit edilmiş, işletme adı, buldukları şehir, endüstri kolu açısından incelenip kaydedilmiştir. Ülkemizdeki 6 σ uygulamalarına yönelik istatistiksel veriler ortaya çıkarılmıştır.

Eren (2017), süreç iyileştirme yöntemleri; TKY, Kaizen, 6 σ , Tam Zamanında Üretim, Yalın Yönetim ve Poke Yoke yöntemlerini açıklamış, 6 σ ve tarihsel gelişimini ayrıntılı olarak ele almıştır. Türkiye ve Dünyadaki 6 σ uygulamalarından bahsettikten sonra bir pizza işletmesinde 6 σ uygulaması ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Yetimler (2018), beyaz eşya sektöründe devreye alma sürecindeki dijital göstergeli ankastre fırın için 6 σ uygulamalarını incelemiştir. İlk olarak devreye alma sürecinde olan yeni ankastre fırın için FMEA uygulanmıştır. Bu çalışma ile ürün müşteriye ulaşmadan, hatta seri üretim sürecine geçilmeden önce olası hataların bulunup giderilmesi hedeflenmiştir. Daha sonra FMEA tekniğinin Risk Öncelik Sayısı yüksek bulunan süreçlerinden bir tanesi olan cehennemlik emaye hataları 6 σ araçları ile incelenmiştir. Son olarak, tedarikçi değerlendirme sürecinde DOE uygulaması kapsamında yeni tedarikçiden gelen lamba ve hâlihazırda kullanılan lambalar farklı model fırınlarda ve farklı voltajlarda çalıştırılıp ömür test sonuçları gözlemlenerek tedarikçi değerlendirmeleri yapılmıştır.

Uçan (2019), iş sağlığı ve güvenliği yönetiminde 6 σ kullanılmasının sağlayabileceği faydalar üzerine bir çalışma yapmıştır. Türkiye'de faaliyet gösteren bir beyaz eşya üretim tesisinde 6 σ uygulaması öncesi ve sonrası bir yıllık iş kazaları verilerinin istatistiksel incelemesi yapılmıştır. Araştırma sonunda, 6 σ uygulaması ile birlikte çalışan sayısı artmasına rağmen bir yıllık süreçte kaza sayısının azaldığı görülmüştür.

Ülen (2019), Antalya ilinde bulunan beş yıldızlı bir otel işletmesinde hizmet sürecinin iyileştirilmesine yönelik 6 σ uygulaması yapmıştır. Otel müşterilerinden anket yolu ile elde edilen geri bildirimler analiz edilmiştir. Çalışmada TÖAİK adımları takip edilmiştir. Hizmet süreci iyileştirmesinde kullanılan Servqual Ölçeği (Algılanan

Kalite=Algılanan Hizmet – Beklenen Hizmet) ile müşterilerin beklediği ve aldığı hizmet kalitesi arasında fark olup olmadığı incelenmiştir.

Dakhil (2019), lisans eğitimi veren üniversitelerdeki müfredatın mezun olan öğrencilerin endüstride ihtiyaç duyulan bilgi ve beceriye sahip olmasında yeterli olmadığını tespit etmiştir. Müfredat geliştirme amacı ile 6σ'nın kalite geliştirme yaklaşımı ile sayısal bir metodoloji kullanılmıştır.

Turan ve Turan (2019) yaptıkları çalışmada, enerji yönetiminin etkinliği için süreç iyileştirmeye dayanan yalın 6σ metodunun kullanımını incelemişler, enerji yönetim sürecinde veriler yalın 6σ felsefesi ile ele alınarak israfların azaltılacağı vurgulamışlardır. Felsefenin uygulanması TÖAİK yöntemiyle yapılmıştır. Uygunsuzlukların tespiti noktasında yalın 6σ'nın daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Karabulut (2019), 6σ'nın TÖAİK adımlarını izleyerek, tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede uygulamıştır. Akış diyagramları, kök neden analizi ve ölçüm diyagramları yardımı ile verimsizlik kaynakları tespit edilip iyileştirmeler yapılmıştır.

Boangmanalu ve diğerleri (2020), ilaç üretimi yapan bir işletmede ürün paketlemesi sırasında ortaya çıkan hataları minimuma indirmek için 6σ ve Yaratıcı Problem Çözme Teorisini (TRIZ) kullanmışlardır. Paketleme süreci sırasında meydana gelen, ilacın zarar görmesi, paketlemenin kötü olması, ürünün tam dolmaması ve paket içinde kırılması gibi uygunsuzlukların yaşandığı tespit edildi. Çalışmada FMEA ve TRIZ metotları kullanılarak DPMO 16.981'den 1.547'ye düşürülmüştür.

Hazır (2020) tez çalışmasında, elektronik kart üretimi yapan bir işletmede müşteri memnuniyetini ve aynı zamanda kârlılığını artırmak için kart imalatı sırasında meydana gelen hataları azaltmak için 6σ uygulaması yapmıştır. İlk aşamada üretimde kullanılan cihazların kalibrasyonunu incelemiş, daha sonra deney tasarımı yardımı ile hatalarda etkili olan süreç ya da kaynakların tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

Stavinuk ve diğerleri (2020), 6σ uygulama adımı olan TÖAİK'i uygulayarak araç filosu yönetiminde etkin bir yönetim sağlamışlardır. Uygulama sayesinde filoda yer alan araçların bakım maliyetleri, yakıt maliyetleri, araçların uygunluğu ve istenildiğinde araç bulunabilmesi gibi özelliklerde iyileşme sağlanmıştır.

Abid ve diğerleri (2020), Pakistan'daki sağlık sisteminde yaşanan problemlerin 6σ yardımı ile tespit edilip çözüm önerilerin sunulması ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Araştırmada Pakistan'daki hastanelerde bulunan ilaç yetersizliği, sağlık personelinin yetersizliği, yatak yetersizliği ve düşük hasta başına düşen doktor oranının iyileştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Çalışma tüm hastanelerdeki kalite departmanı çalışanların katkısı

ile yapılmış ve Kritik Başarı Faktörleri (CSF) tespit edilmiştir. Çalışma sonunda 6σ'nın uzun vadede Pakistan'daki sağlık sektörünün gelişmesinde olumlu katkısı olabileceği belirtilmiştir.

Rebull ve diğerleri (2020), TÖAİK uygulama adımlarını, yiyecekler için kullanılan konserve kutularının imalatını yapan bir işletmede nakit akışında meydana gelen açıkları önlemek için kullanmışlardır. 6σ'nın yönetim ve finans süreçlerinde uygulanması açısından örnek teşkil eden bir çalışmadır.

Ikumapayi ve diğerleri (2020) yaptıkları çalışmada 6σ ve Yalın Üretimi ayrı ayrı incelemiş her ikisinin yöntemi ve yararları hakkında incelemeler yapılmıştır. Çalışmada ayrıca her iki modelin bütünleşme modeli olan Yalın 6σ ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Ali (2020), Etiyopya Üniversitesi kantininde gıda atıklarını azaltmak için 6σ'nın TÖAİK uygulama adımlarını ve AB'nin 2008/98/EC direktifi ile tanımlanan 5 adımlı Gıda Kazanımı Hiyerarşi'si çerçevesinde kullanmayı amaçlamıştır. Pareto Analizi ve Balık Kılıçığı Diyagramları gıda atığının temel nedenlerini tespit etmek için kullanılmıştır.

Sithole ve Nyembwe (2020), 3D yazıcı teknolojisinde kullanılan, hızlı kum döküm sürecinde kumları birbirlerine yapıştırmak için kullanılan katkı malzemesinin kalitesini artırmak için 6σ yöntemini uygulamışlardır. TÖAİK adımları uygulanarak kullanılan katkı malzemesinin girdi kalitesinin son ürün kalitesini doğrudan etkilediği tespit edilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KISITLAR TEORİSİ ve ALTI SİGMA İLİŞKİSİ

Bu bölümde KT ve 6σ yöntemleri amaç, yöntem ve hedef doğrultusunda karşılaştırılacak, ardından her iki modelin birlikte kullanıldığı bütünleşme modeli hakkında bilgi verilecektir.

3.1.Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma Yöntemlerinin Karşılaştırılması

6σ , işletme kârlılığını, performansını, üretimini ve müşteri memnuniyetini artırmayı bununla birlikte işletmenin operasyonel maliyetini düşürmeyi hedefleyen sistematik bir yaklaşımdır. Kwark ve Anbari (2006)'ye göre 6σ aşağıdaki beş metodun birleştirilmesini içerebilir (Lee & Chang, 2012, s. 453);

1. Toplam kalite yönetimi ya da sürekli kalite iyileştirmesi
2. Müşteriye odaklanma
3. Çoklu analiz yöntemi
4. Finansal performans
5. Proje yönetimi

KT'nin amacı, işletmenin şimdi ve gelecekte amaçlarına, hedeflerine ulaşabilmesi için tüm sistemin kapasitesinin artırılmasıdır. KT, 6σ 'nın tespit etmekte daha iyi olduğu, süreçlerde bulunan teknik kısıtlara yoğunlaşmaktan öte süreçlere müdahale eden yöntemler, prosedürler ve paradigmlar ile ilgilenir (Lee & Chang, 2012, s. 454). Kısaca 6σ niceliksel araçlar ile teknik konularla ilgilenirken, KT daha çok niteliksel analizler ile çözüm bulmaya çalışır.

6σ , sistemin tedarikçi ve müşteri arasındaki zincirde yer alırken, KT daha çok sistem içerisinde kısıtlı kapasiteye sahip en zayıf halka ve bu halkanın sistemin bütünü ile olan bağlantısı arasında yer alır.

6σ yaklaşımı, kök nedenleri bulmak için balık kılçığı diyagramı gibi geleneksel kalite araçları ile bir problemin birden çok kök nedenini bulmaya çalışır. Bu yaklaşım basit yapıdaki organizasyonlar için yeterli iken gelişmiş ve karmaşık yapıdaki sistemler için yeterli gelmeyebilir. KT'nin kök neden analizi, düşünce süreçlerinde yer alan GGA gibi araçlar ile sürecin geneline yayılan problemler için detaylı çözüm bulma üzerinedir.

6σ 'nın değer yaklaşımı, müşterilerin talebinin ve beklentilerinin karşılanması üzerine iken, KT'nin değer yaklaşımı daha çok sistem içerisinde bulunan kısıtlardan en üst seviyede fayda sağlama amacı ile kullanılması üzerinedir.

Nave (2002), 6 σ ve KT'yi her iki teorinin temel varsayımları, uygulama adımları, organizasyona etkileri ve eksik yönleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır (Tablo 5). Bu çalışmaya göre; eğer bir organizasyon süreç çıktılarındaki dalgalanmayı en aza indirmeye ve süreç çıktılarının standart olmasına odaklanıyorsa 6 σ 'ya; kısıtlara ve çıktı miktarının artmasına odaklanıyorsa KT'ye odaklanmalıdır.

Tablo 5. Kısıtlar Teorisi ve 6 σ 'nın Karşılaştırılması

Yöntem	6 σ	KT
Amaç	Dalgalanmayı en aza indirmek	Kısıtları yönetmek
Uygulama Adımları	1.Tanımlama 2.Ölçme 3.Analiz 4.İyileştirme 5.Kontrol	1.Kısıtı tanımlama 2.Kısıtı yönetme 3.Sistemin kısıta göre düzenlenmesi 4.Kısıtın ortadan kaldırılması 5.İlk adıma dönülmesi
Odak Noktası	Problem odaklı	Kısıt Odaklı
Varsayımlar	Bir problem var. Sayısal değerlemeler mevcut. Eğer süreçlerdeki dalgalanma azaltılırsa çıktı miktarı artacaktır.	Hız ve üretim miktarı üzerinde durulur. Var olan sistemler uygulanır. Tüm süreçler birbirinden bağımsızdır.
Öncelikli Etki	Çıktı miktarı standartlaşır	Hızlı çıktı
İkincil Etkiler	Daha az israf. Hızlı çıktı. Daha az stok. Yöneticiler için performans ölçümü. İyileşen kalite.	Daha az israf. Daha az stok. Çıktı maliyet muhasebesi. Performans ölçüm sistemi. İyileşen kalite.
Eleştiriler	Sistemlerin birbiri ile ilişkisi göz ardı edilmektedir. Süreçler bağımsız şekilde gelişir.	Minimum çalışan girdisi. Veri analizlerinin değerlendirilmemiş olması.

Kaynak: (Nave, 2002, s. 77)

6 σ , güçlü ancak sınırlı kapasiteye sahip bir yöntemdir. Karmaşık yapıdaki sistemler için bütünsel bir kalite yönetim sistemi değildir. Bu nedenle kapsamlı bir çözüm üretebilmesi ve performans iyileşmesi sağlayabilmesi için doğru kök neden analizi yapma ve tespit edilen problem ile ilgili kapsamlı çözüm sunabilmek için desteklenmesi gerekir (Lee & Chang, 2012, s. 455). KT, sistem kısıtlarını belirleyerek ve düşünce süreçleri araçları yardımı ile doğru kök neden analizi yaparak bu desteği sağlamış olur.

KT düşünme sürecine MGA ile sistemdeki çeşitli sorunları tespit etmek ile başlar ve daha sonra bu sorunların kök nedenlerini belirlemek için titiz neden-sonuç mantığı oluşturur. 6 σ , Balık Kılıçığı (Ishakawa) diyagramı gibi geleneksel kalite araçları ile kök nedenleri arar ve tek bir sorunun kök nedenini araştırır. Bu durum nispeten basit sistemler

için uygundur. Ancak karmaşık problemlerin çözümünde yeterli değildir. 6σ , sistem boyunca dengeye doğru yönelirken, KT mevcut kısıta odaklanma biçiminde kimi zaman kısa süreli de olsa dengesizliğe neden olabilecek bir bakış açısına sahiptir (Türkmen, 2017, s. 187).

3.2.Kısıtlar Teorisi ve Altı Sigma Bütünleşme Modeli

Her ne kadar KT ve 6σ uygulamaları farklı felsefeler olsalar da birçok işletme bu felsefelerin her ikisini de çözüm yöntemi olarak kullanabilir. Bazı yöneticiler KT ve 6σ yöntemlerini birleştirerek her ikisinden de fayda sağlamak isterler. Bu iki yöntemin birleştirilmesi ile iş akışını hızlandırmayı hedeflerken, süreç çıktılarında görülen değişimler de azaltılmaya çalışılır. Ancak küçük ölçekli işletmelerde başarının temeli iyileşmeyi risk almadan sağlayacak olan doğru projenin seçimi ile sağlanabilir.

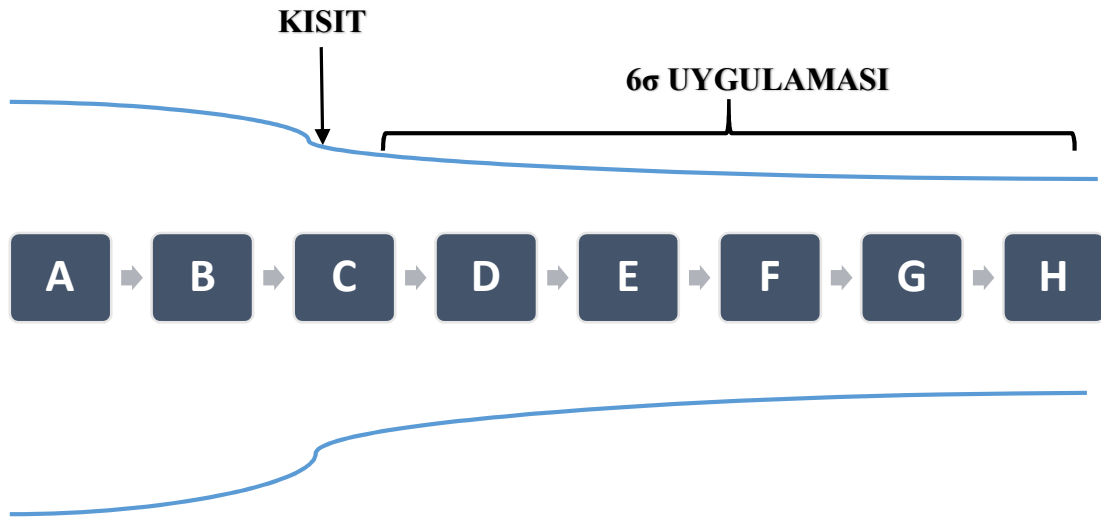
Yapılan literatür araştırmasında; KT ve 6σ 'nın birlikte uygulanmasına dayalı bütünleşme modeli öngören üç farklı yaklaşım tespit edilmiştir. Bu yaklaşımlar şunlardır;

1. Jin ve diğerlerinin (2009) savunduğu KT ve 6σ bütünleşme modeli yaklaşımı,
2. Ehie ve Sheu'nun (2005) savunduğu KT ve 6σ bütünleşme modeli yaklaşımı
3. Lee ve Chang'ın (2012) savunduğu KT, 6σ ve Kök Neden Analizi (RCA) bütünleşme modeli yaklaşımı

3.2.1.Jin ve Diğerleri Bütünleşme Modeli

Jin ve diğerleri (2009) savundukları KT ve 6σ bütünleşme modelinin temelinde 6σ karmaşık problemler için derinlemesine çözümler üretirken KT sistemdeki darboğazları tespit edip bunları gidermeye çalışmaktadır.

Savunulan bu model Jin ve diğerleri tarafından sonraki süreçlerde tespit edilen kısıtın ortadan kaldırılmasının anlamlı bir iyileşme modeli sağlamayacağı durumlarda 6σ yöntemini uygulayacak kadar yeterli bütçesi olmayan işletmeler için tavsiye edilmektedir. Birbirinden farklı süreçlerin yer aldığı bir tesiste, kapasitenin daraldığı, darboğazın olduğu noktadan itibaren devam eden süreçlerde 6σ 'nın uygulanması en doğru çözümdür (Şekil 29).



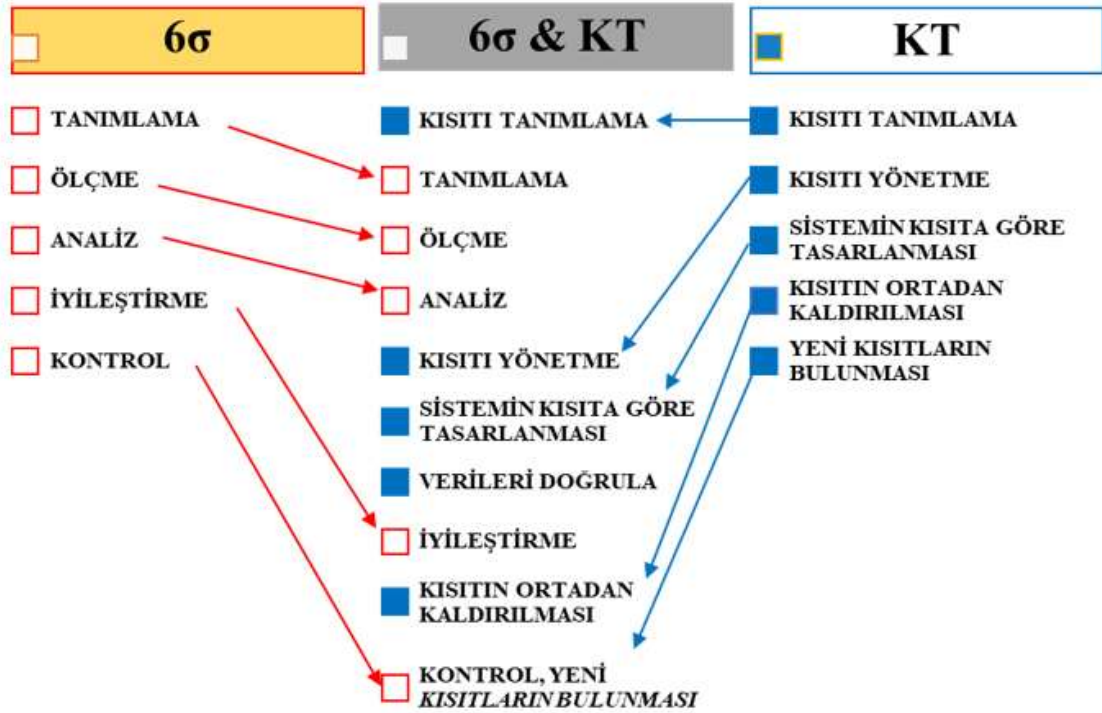
Şekil 29. KT ve 6σ Bütünleşme Modeli

Kaynak: (Jin, Abdul-Razzak, Elkassabgi, Zhou, & Herrera, 2009, s. 87)

Bütünleştirilmiş modelde KT ve 6σ'nın uygulama adımları ayrı ayrı uygulanır. Bu adımlar birleştirilerek tek bir uygulama adımı ortaya çıkarılır (Şekil 30).

Kısıtı Tanımlama; Kısıtı tanımlama adımı genel durumun analiz edilerek temel probleme ulaşıldığı adımdır. Bu adımda, problemi tanımlamak ve işletmeye etkisini çözümlmek için MGA ve GGA gibi düşünce süreci araçları kullanılır. Tespit edilen probleme göre sistem kısıtını belirlemek için iş akış şemalarından ya da değer akış haritalarından faydalanılır.

Tanımlama; Bu adım 6σ yöntemini başlatan kısımdır. Bütçe kısıtı nedeni ile bu adımda sadece en belirgin Kritik Kalite Karakteristikleri (CTQ) dikkate alınır. CTQ kısaca, iç ve dış müşteri taleplerini, tercihlerini tanımlayan parametrelerdir. Bu parametreler, iç ve dış müşteri memnuniyeti ile buluşan, ilgilenilen ürün veya sürecin performans ölçütlerini ve sınırlarını belirlememize yardımcı olacak olan ölçülebilir değerleri bulmak adına anahtar niteliği taşımaktadır. Ürün geliştirmelerine ve tasarım çalışmalarına yön verir, şekillendirir. Bu adımda bir önceki adımda kullanılan düşünce süreci araçları kullanılabilirdiği gibi, problemlere nümerik değerler verilen gösterge panelleri, projeye etki diğer faktörlerin incelendiği Tedarikçi-Girdi-Süreç-Çıktı-Müşteri analizi olarak nitelendirilen SIPOC analizleri ya da müşteri talepleri konusunda bilgi veren Müşterinin Sesi Analizleri gibi araçlar kullanılabilir.



Şekil 30. KT ve 6σ Bütünleşme Modeli

Kaynak: (Jin, Abdul-Razzak, Elkassabgi, Zhou, & Herrera, 2009, s. 87)

Ölçme; Kısıtlardan sonra seçilen CTQ'ların tanımlandığı adımdır. Bu adımda istatistiksel araçlar kullanılır. Burada tanımlanan ölçütlerinin tüm işletme elemanları tarafından anlaşılabilir özellikte olması gerekir. Histogram, Pareto Analizi, Kalite Kontrol Grafikleri bu adımda en yaygın kullanılan istatistiksel araçlardır. Süreçlerde insan etkisinin yüksek olması durumunda Gage R&R olarak tanımlanan tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik analizini yapmak olumlu sonuç verecektir. Bu sayede süreçte görevli operatörler arasında aynı parça ve aynı ölçüm aleti ile elde edilen sonuçlar kıyaslanmış olur. Bu ölçümler arasında herhangi bir değişim olup olmadığı belirlenir.

Analiz; CTQ'ların kök nedenlerini bulmak için yapılan faaliyetler bu adımda tanımlanır. İş Akış Şemaları sayesinde değişken faktörlerin bulunduğu süreçler tespit edilir. Balık Kılçığı Diyagramı ile problemlerin sebepleri neden-sonuç ilişkileri kurularak tespit edilmeye çalışılır. Hata türleri ve etkileri analizi (Failure mode and effects analysis /FMEA) kullanılarak problemi meydana getiren faktörler ortaya çıkma sıklığı, etki şiddeti ve olasılıklarına göre sıralanır. Regresyon analizi kullanılarak söz konusu faktörler ile meydana gelen uygunsuzluklar ve problemler ile ilişkileri tanımlanır. Bu adımın önemi,

sürece zarar veren ve daha sonraki adımlarda geliştirilecek olan problem çözümünü bulmaktır.

Kısıt Yönetme; Bu aşamada kısıta geri dönülür ve maksimum seviyede kullanımı amaçlanır. Mevcut kaynaklar yardımı ile kısıtın çözülmesine çalışılır. Bu aşamada kullanılan araçlar, farklı kısıt türlerinin bulunması nedeni ile farklı analizler kullanılarak belirlenir.

Sistemin Kısıta Göre Tasarlanması; Bu aşamada tüm süreçler kısıta göre tasarlanır. Darboğaz önündeki iş yoğunluğu azaltılır. Bunun için değer akış şemaları ve DTİ yönteminden faydalanılır.

Verileri Doğrula; Modelin bu aşaması, iyileşmenin sağlanabilmesi için verilerin doğrulandığı aşamadır. Kısıtın yönetildiği ve sistemin kısıta göre tasarlandığı bir önceki aşamalarda CTQ'larda herhangi bir değişiklik olup olmadığının doğrulanması gerekir. Veriler doğrulanmadan herhangi bir iyileştirme yapılamaz.

İyileştirme; Bu aşamada Deneysel Tasarım (DOE) uygulaması ve felsefesi kullanılarak en uygun iyileştirme yapılmaya çalışılır. DOE, ileri düzey istatistiksel araçlar ile üretim süreçlerinde girdi ve çıktılar arasındaki ilişkileri matematiksel modeller ile ortaya koymaya çalışır. Bu sayede süreç çıktılarını en uygun değere çıkartabilmek için uygulanması gereken kıstaslar deneme yanılma ya da her seferinde faktör çalışması yapılmasına gerek duyulmadan bilimsel yöntem kullanılarak belirlenmiş olur. Deneysel öncesi ve sonrası testler (Pre-test / Post-test) yardımı ile yapılacak iyileştirmenin sürece ne kadar katkı sağlayacağı konusunda fikir alınmaya çalışılır.

CTQ'da iyileşme sağlandıktan sonra, üst yönetim bütçeyi göz önüne alarak, 6σ projesi ile devam etme ya da dar boğazı genişletme yolunu tercih etmelidir. Buradaki tercih, hangi seçeneğin işletme için en iyisi olduğuna karar vermek ile ilgilidir. Eğer bütçe herhangi bir seçeneği seçmek için bile yeterli değil ise, son adıma geçilir, finansal iyileştirme yapılana kadar beklenir.

Kısıt Ortadan Kaldırma; Bu adım, kısıtın ortadan kaldırıldığı, sistemden uzaklaştırıldığı adımdır. Bu adımda iş gücünü arttıran ya da süreçleri daha da etkin hale getirmek için yatırımlar; yeni makine, ilave personel ya da üretim binası vb. devreye alınır. Kısıtları ortadan kaldırmak için daha iyi çözümler bulunabilir ise yatırım yapma zorunluluğu aranmaz.

Kontrol, Yeni Kısıtların Tespiti (İlk adıma dönülmesi); Bu son adım, sürekli gelişimi ve iyileşmeyi sağlamaya yöneliktir. Sürekli gelişimi ve iyileşmeyi kontrol etmenin ve gözlemlemenin en iyi yöntemi Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO)

tarafından hazırlanan, uluslararası alanda uygulanacak kalite sistem standartlarının belirlendiği kalite yönetim sistemlerini uygulamaktır. En bilinen kalite yönetim sistemi ISO'nun aktif üyelerinden ABD, İngiltere ve Kanada'nın oluşturduğu Teknik Komite tarafından 1987 yılında yayınlanan ISO 9000 Kalite Sistem Standartlarıdır. Projenin başarı bir şekilde ilerlediğini gözlemek için, takım üyeleri sonuçları sürekli gözlemlemelidir. Grafıksel analizler, istatistiksel çalışmalar ve gözleme dayalı çalışmalar ile CTQ'ların karşılanıp karşılanmadığı tespit edilmelidir.

Bu bütünleşme modeli sayesinde kısıtın üretim kapasitesi arttırıldığı gibi, üretimde oluşabilecek dalgalanmanın da önüne geçilmiş olur. Yeni kısıt tespit edildiği durumda model, yeni kısıtın bulunduğu bölgeden tekrar başlatılır.

Jin ve diğerkleri (2009) bütünleşme modelinin küçük işletmelerde ya da kısıtlı bütçeye sahip işletmelerde uygulamasının daha doğru olduğunu tespit etmişler ve bu tespiti paralel olarak modeli 8 valfli otomobil motoru mono blok parçası üretim hattı olan bir tesiste uygulamıştır. Model, süreçlerde kısıt tespit edildikten sonra 6σ 'nın uygulanması ile başlar. Bütünleşme modeli, her iki uygulamayı da kapsadığı için, işletmenin kendisine en uygun gelişim modelini tespit etmesine olanak sağlar. Bütünleşme modelinin uygulanması ile üretim kapasitesi saatte 18,7 parçadan 22,4 parçaya çıkmış, süreçler arasında biriken işler %60 azalmış ve süreçlerdeki değişkenlik %0,73'e düşmüştür.

3.2.2.Ehie ve Sheu Bütünleşme Modeli

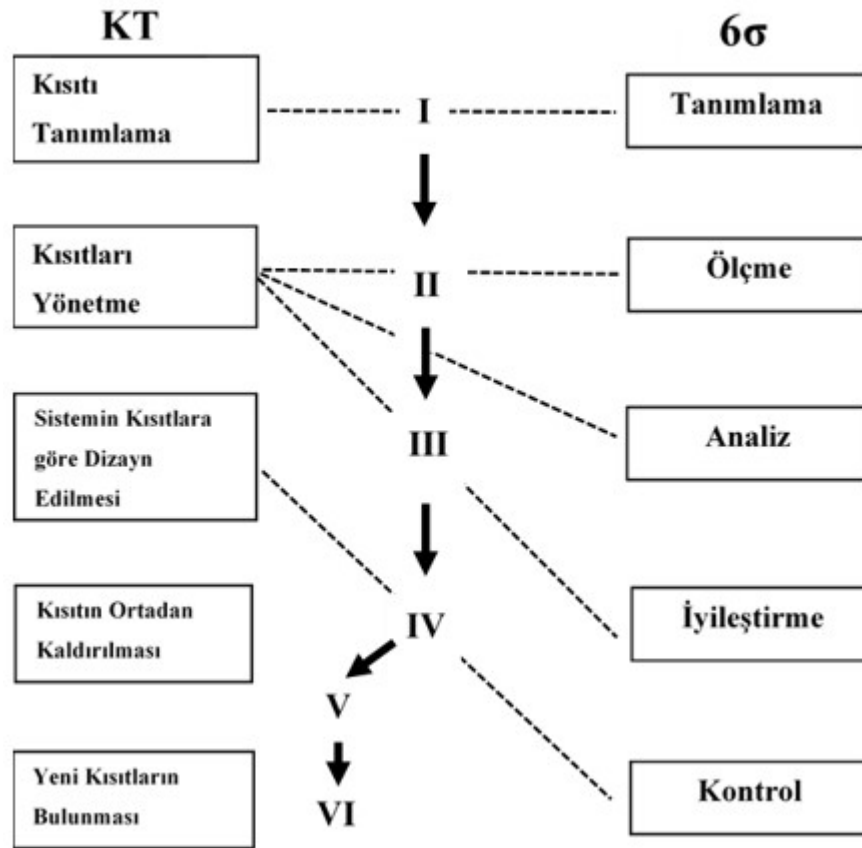
Ehie ve Sheu (2005:2)'ya göre, KT'nin beş adımlı sürekli gelişim modeli ile 6σ 'nın TÖAİK yöntemi birçok işletmede başarılı bir şekilde uygulanabilmiştir. Her ne kadar farklı kelimeler, tanımlamalar kullanılsa da her iki yöntem kilit değişkenlerin tanımlanmasında, kritik ölçümlerin tasarlanmasında, önemli süreçlerin geliştirilmesinde, gelişimi desteklemek için mevcut yapının değiştirilmesinde ve iyileştirilen sonuçların gözlemlenmesinde birbirleri ile tutarlı sonuçlar vermektedir. Daha da fazlası, bu iki yöntem birbirini tamamlamaktadır. Ehie ve Sheu (2005:2)'ya göre, KT ve 6σ 'nın bütünleşmesinin üç faydası bulunmaktadır;

1. Kısıtlar istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilir, ölçülür ve kontrol edilir. Bu sayede problemlerin ve kararların tüm organizasyon tarafından anlaşılması sağlanmış olur.
2. Darboğazın analiz edilecek ilk nokta olması, muhtemel bir finansal kazanımın daha fazla olmasına neden olacaktır.

3. 6σ işletmenin tek bir bölümü tarafından uygulanmaz. Sistemin tamamına uyarlanabilmesi için KT'den destek alır.

Bu bütünleşme modelinin bakış açısında; KT, sürekli gelişim için bir çerçeve görevi görürken 6σ belirli istatistiksel araçlar ve mühendislik teknikleri sağlayarak değişikliklerin uygulanmasına yardımcı olur (Şekil 31).

Her iki uygulama için de birinci adım, müşteri ihtiyaçlarını karşılama ve sistem verimliliğini artırmak için performans iyileştirmesini engelleyen mevcut kısıt ve problemleri belirlemektir (Türkmen, 2017, s. 185).



Şekil 31. KT ve 6σ Entegrasyonu

Kaynak: (Ehie & Sheu, 2005, s. 3)

İkinci ve üçüncü adımlar mevcut süreçlerin kapasitelerinin ölçülmesi aşamalarıdır. İkinci adım, KT'nin uygulamadaki ikinci adımına benzer nitelikte olup kısıtların yönetildiği aşamadır. Mevcut performansın tespit edilmesi ile birlikte çözülmesi gereken problem ya da kısıtın kök nedeninin bulunma aşamasıdır. Aynı adımda 6σ tarafında iki aşama tamamlanır, ölçme ve analiz. Kök nedenler belirlendiğinde bütünleşmiş yaklaşımın üçüncü adımında geleneksel 6σ sürecinin iyileştirme aşaması uygulanır.

İyileştirme aşaması sorunun temel nedenlerini ortadan kaldırmak için anahtar üretim, mühendislik ve istatistiksel tekniklerin kullanıldığı aşamadır (Türkmen, 2017, s. 185).

Dördüncü aşama, yapılan değişikliklerin sistemin geri kalan unsurları tarafından doğru bir şekilde desteklenmesidir. Örneğin, yöneticilerin bazı yönetim politikalarını değiştirmeleri yapılan bu değişikliklerin de çalışanlar tarafından desteklenmesi gerekebilir. Gözden geçirilmiş bir süreç için genellikle eğitim gereklidir (Ehie & Sheu, 2005, s. 3).

Beşinci ve altıncı adım genel olarak KT uygulama adımlarından alınmıştır. Mevcut süreçlerde yapılan iyileştirmeler, müşteri ihtiyaçlarını ya da amaçları karşılamak için yeterli değil ise yöneticilerin mevcut kapasitenin artırılması için ilave yatırım yapmaları gerekebilir. Son olarak, yöneticiler üretim sisteminin sürekli değişen doğasına dikkat etmeli ve yeni kısıtların varlığını sürekli izlemelidirler.

Ehie ve Sheu (2005), KT ve 6 σ bütünleşme modelini aks üretimi yapan bir fabrikada uygulamıştır. Bu yeni modelde, KT; sistem kısıtları ve çıktıları belirleyerek, 6 σ ; farklı istatistiksel araçlar, değer analizleri ve kontrol listeleri gibi yöntemler yardımı ile kök nedenler bularak iyileştirmeye yön vermiştir. Uygulama yapılan üretim tesisinde bütünleşme modeli ile ilgili tüm çalışanlara gerekli eğitimin verilmiş olması, değişime karşı oluşabilecek olan direnci kırmış, modelin başarıya ulaşmasına katkı sağlamıştır.

3.2.3. Lee ve Chang Bütünleşme Modeli

Lee ve Chang (2012) yaptıkları çalışmada, KT ve 6 σ ile birlikte Kök Neden Analizini (RCA) de üretim süreçlerinde performans artırıcı yöntemler olduğunu belirtmiştir. Çalışmada öncelikle her üç yöntemin güçlü ve zayıf yönleri belirtilmiştir. RCA genel anlamda, sistemsel bakış açısı ile problemlerin daha iyi anlaşılması ve kök nedenlerinin tespiti üzerine yoğunlaşmaktadır. Kullanıldığı alanlar şunlardır;

- Üretim organizasyonlarında hatalı ürün sayısını azaltmak,
- Hizmet organizasyonlarında süreçlerde yaşanan sorunların çözümünde,
- Sağlık sektöründe hastaların güvenliğinin artırılması

RCA beş uygulama adımından meydana gelmektedir;

1. Problemin tanımlanması,
2. Problemin anlaşılması; olayların, süreçlerin tanımlanması, gözden geçirilmesi, iş akış şemalarının hazırlanması,
3. Kök nedenin tanımlanması; Pareto Analizi, 5 Neden soruları ve FMEA yardımı ile kök nedenin tespiti,

4. Düzeltici faaliyet; yeni süreçler ya da yeni materyaller oluşturarak düzeltici faaliyetlerin oluşturulması, problemin tekrar meydana gelmesinin engellenmesi,
5. Yeni sistemin gözlemlenmesi; düzeltici faaliyetin etkinliğinin izlenmesi.

Lee ve Chang (2012;454) KT ve 6σ'nın birbirinden bazı temel unsurlar ile ayrıldığını belirtmişlerdir;

- 6σ, sistemde tedarikçi ve müşteri arasındaki süreçlerin birbirleri ile bağlantısına yoğunlaşır. KT ise daha çok sistem kısıtının diğer süreçler ile olan bağlantısı ile ilgilidir.
- 6σ, veri tabanlı bir felsefe olup daha çok teknik analizlere dayanan niceliksel bir analizdir. Bunun yanında KT mantık tabanlı olup daha çok niteliksel analiz olarak tanımlanır.
- 6σ'nın kök nedeni bulma yaklaşımı balık kılıcı diyagramı gibi geleneksel kalite araçları ile sağlanır. Ancak bu yaklaşım, basit problemlerin kök nedenini bulmada yeterli olsa da karmaşık organizasyonel sistemler için uygun değildir. KT'nin kök neden yaklaşımı, MGA, GGA gibi düşünce süreci araçları ile mantıklı birkaç kök neden bulmaya çalışarak titiz bir yaklaşım ortaya koyar.
- 6σ, kalite kökeninden dolayı, süreçler ve çıktılar arasındaki değişimin en az seviyede olmasına odaklanır. Bunun yanında KT, süreçler içerisinde tespit edilen en büyük değişkenin olduğu noktaya odaklanarak çözüm bulmaya çalışır.
- 6σ yaklaşımı müşterinin beklentilerinin karşılanmaya çalışıldığı bir yöntemdir. KT ise müşteri beklentileri ile birlikte pazarın beklentilerine de odaklanır.

Lee ve Chang (2012), KT ve 6σ ile birlikte RCA'yı karşılaştırmalı olarak inceleyerek, bu üç yöntemin güçlü ve zayıf yönlerini sıralamış, üretim sürecinin performansını artırmak için bu yöntemlerin birbirini nasıl tamamlayabileceğini araştırmıştır. Bütünleşme modelinde KT çatı görevi görerek, kısıtın tanımlanması ve çıktıların tespiti yapılmış, 6σ ile istatistiksel araçlar ve teknikler kullanılarak gelişim için özellikli süreçler tanımlanmıştır. RCA ile de proje takımının beyin fırtınası yaparak süreçlerde meydana gelen problemlerin kök nedenlerini bulması için gerekli yöntemler sağlanmıştır.

Lee ve Chang, KT, 6σ ve RCA için beş adımlı bir bütünleşme modeli gerçekleştirmişlerdir. Bu modelin uygulama adımları Tablo 6'da belirtilmiştir.

Birinci adım tüm stratejilerde aynıdır; gelişmeyi ve küresel performansı olumsuz yönde etkileyen kısıtların tespit edilmesidir. İkinci ve üçüncü adımlar mevcut süreçlerin

kapasitelerini belirlemeleri açısından KT'nin uygulama adımlarına benzer. Kök nedenin tespiti ikinci adımdadır. 6σ'nın iki aşaması, ölçme ve analiz yine bu adım ile ilgilidir.

Tablo 6. KT, 6σ ve RCA Bütünleşme Modeli

Adımlar		KT Adımları	6σ Adımları	RCA Adımları
1.Adım	Strateji ve Süreç Analizi	Sistem kısıtlarının tanımlanması	Proje ve ihtiyaçların tanımlanması	Problemi Tanımlamak
				Problemi Anlamak
2.Adım	Neden-Sonuç-Neden Analizi	Sistemin kısıta göre uyarlanması	Performansın ölçülmesi	Problemin kök nedenlerinin tespiti
			Nedenlerin analiz edilmesi	
3.Adım	Düşünce süreci araçlarından MGA ve GGA gibi araçlar ile yapılan analizler	Sistemim kısıta göre uyarlanması	Süreçlerin iyileştirilmesi	Düzeltilici faaliyet
4.Adım	Kalite Fonksiyon Yayılımı Matrisi	Kısıtların performansının artırılması	Kontrol	Sistemin gözlemlenmesi
5.Adım	En iyi performans gösteren uygulamanın seçilmesi	Kısıtın ortadan kaldırılması		
		İlk aşamaya geri dönülmesi		

Kaynak: (Lee & Chang, 2012, s. 457)

Üçüncü adım, kısıtın analizi ve diğer istatistiksel teknikleri içerir. Bu adımda iyileştirme için uygulanacak olan adımlar kontrol edilir ve gözlemlenir. Dördüncü adım, iyileştirme için uygulanan tekniğin tüm sistem tarafından desteklendiği aşamadır. 6σ yönteminin başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli tablo ve analizler kullanılır. Son adım yine KT'den alınmıştır. Eğer tespit edilen kısıtta yapılan iyileştirme hedefe ulaşmak için yeterli değil ise farklı bir kısıta yönelmek gerekir.

3.3.Bütünleşme Modeli ile İlgili Eleştiriler ve Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Genel anlamda KT ve 6σ temel prensipleri açısından incelendiğinde birbirini tamamlayan noktalar olduğu görülmektedir. Bu nedenle her iki yöntemde kullanıldığı bütünleşik bir model kullanmanın yararı olabilir.

Pacheco (2014), KT ve 6σ'nın bir üretim sürecinde bütünleşme modelinin kullanılması durumunda birbirleri ile uyumlu ve uyumsuz yönlerini tespit etmeye çalışmıştır. Ayrıca her iki yöntemin temel prensiplerini incelemiştir. Sonuç olarak her iki yöntemin birbirleri ile uyumlu birçok yönü olduğunu tespit etmiş, ancak bazı kritik

noktalarda hangi yöntemin zayıf ya da güçlü olduğunu tespit etmede eksiklikleri olduğunu belirtmiştir. Pacheco (2014) yaptığı çalışmada aşağıda belirtilen kritik faktörlerin bütünleşme modelinde herhangi bir karşılığı olmadığını, bu konular ile ilgili yeterli bir çalışma olmadığını belirtmiştir;

1. Organizasyonun ihtiyaçlarına göre, her modelin doğru elementi nasıl seçilecek?
2. İşletme önceliklerini nasıl belirleyecek? Değişkenliği mi azaltmalı? Kayıpları azaltıp iş akışını mı iyileştirmeli? Kısıtları mı ortadan kaldırmalı?
3. Bütünleşme modelinde, işletmenin kültürü, amaçları, güçlü ve zayıf yönleri doğru teşhis edilebilecek mi?

Pacheco (2014), her iki yöntemin birbirine olan etkisini incelemek ve bütünleşme modelini daha detaylı kavrayabilmek için aşağıdaki konuların da incelenmesi gerektiğini belirtmiştir;

- Bütünleşme modelinin performansını ölçmek için hangi parametreler ve göstergeler kullanılmalı ve hangi aşamada uygulanmalıdır?
- Her iki modelinde aynı anda uygulandığı durumda işletmenin baskın kültürü ne olacak ve nasıl şekillenecektir?

Nave'ye göre (2002), KT ve 6σ 'nın en çok kullanılan bütünleşme modeli; KT ile kısıtın tespit edilip söz konusu kısıtı çözmek veya ortadan kaldırmak için 6σ 'nın kullanılmasıdır. Bu yöntem her iki disiplinin aynı anda uygulanması için en doğru yöntem gibi görünse de 6σ 'nın hedefinin müşteri memnuniyeti olması, KT'nin de süreçlere odaklanması sorun yaratmaktadır. Üretilen ürün ya da hizmetin pazar talebini karşılayamadığı durumlarda ortaya çıkan kısıtı ortadan kaldırabilmek için süreçlerde yapılacak herhangi bir kapasite artışı projesi, süreç çıktılarında meydana gelen dalgalanmaları azaltmaya yönelik bir 6σ projesi ile ortak bir hedef belirleyemeyecektir. Diğer taraftan, kısıtın bulunduğu süreçte meydana gelecek herhangi bir kapasite artışı ciddi bir değişime neden olmadan gerçekleşse bile, 6σ projesi sadece kısıtın olduğu sürece odaklandığı ve diğer süreçlerde kullanılmadığı için başarılı bir proje olarak nitelendirilemeyecektir.

Nave (2002) yaptığı çalışmada, yalın düşünce, 6σ ve KT'yi işletmelerin iyileştirme ve gelişim yöntemleri olarak ele almış ve bu üç farklı yöntemin karşılaştırmalı analizini yapmıştır. Bu yöntemlerin, uygulama adımlarını, varsayımlarını, odak noktalarını, birincil ve ikincil etkileri ile zayıf noktalarını karşılaştırmıştır. İşletmelerin kendilerine en uygun yöntemi seçmek için bu noktalara dikkat etmeleri gerektiğini

belirtmiştir. Nave'ye göre işletmenin sahip olduğu kültür bu yöntemlerin seçilmesindeki en önemli ölçütlerden biridir.

- Eğer işletmenizde analitik çalışmalar, veri analizleri, grafikler vs. önemli değerlerden ise, 6σ daha uygun bir yöntemdir.
- Eğer işletmenizde, tüm çalışanların katılımına ihtiyaç duyulmayan bir sistem yaklaşımı benimseniyor ve çalışanlar ile yöneticiler arasında ayırım söz konusu ise KT yaklaşımı başlangıç için en uygun yöntemdir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KISITLAR TEORİSİ ve ALTI SİGMA BÜTÜNLEŞME MODELİ UYGULAMASI

Bu bölümde, KT ve 6 σ bütünleşme modelinin bir üretim tesisinde yapılan uygulaması hakkında bilgi verilecektir. Bu kapsamda, öncelikle yapılan uygulamanın amacı ve önemi belirtilecek ardından işletme hakkında ve uygulama yapılacak üretim hattı hakkında bilgiler verilecektir. Daha sonra KT ve 6 σ bütünleşme modeli adımları seçilen üretim hattında uygulanacak ve uygulama sonrası durum değerlendirmesi yapılacaktır.

4.1.Uygulamanın Amacı

Bu uygulamanın amacı, üretim tesislerinde yer alan herhangi bir süreçte ortaya çıkan performans düşüklüğünün nedenlerinin tespit edilmesi, çözüm yollarının bulunması ve uygulanmasıdır. Öncelikle performans düşüklüğüne neden olan kısıt ya da kısıtlar tespit edilip, teknik analizler yardımı ile ölçümleri yapılacaktır. Ardından KT ve 6 σ bütünleşme modeli uygulama adımları takip edilerek çözüm yolları tespit edilip çözümün uygulaması gerçekleştirilecektir.

Yapılan literatür taramasında KT ve 6 σ modellerinin ayrı ayrı olarak birçok üretim tesisinde uygulandığı tespit edilmiştir. Ancak her iki modelin aynı anda uygulandığı bütünleşme modeli ile ilgili yeterli çalışma bulunamamıştır. Bu çalışmanın diğer bir amacı benzer konuda literatürde bulunan az sayıda kaynağın içerisinde olabilmek ve katkı sağlayabilmektir.

Bütünleşme modeli, enerji kablosu üreten bir işletmede bulunan orta gerilim enerji kablosu üretim sürecinde uygulanmıştır. İşletme, son dönemde bu ürün grubunda rekabetçi olamamış ve ciddi pazar kaybına uğramıştır. Pazar kaybının başlıca nedenlerini şu şekilde sıralanmıştır;

- Türkiye’de birkaç üreticinin aynı ürün grubunda üretime başlaması.
- Pazara giren yeni üreticiler nedeni ile son ürün fiyatına dayalı rekabetinin artması.
- İç pazarda yaşanan daralma.

İşletme, iç pazarda yaşanan daralmaya rağmen, söz konusu ürün için ihracat potansiyelini koruduğunu, özellikle Orta Doğu’daki birkaç büyük proje için rekabet

gücünü tekrar kazanması gerektiğini belirlemiştir. Bu nedenle üretim maliyetlerini düşürmeyi hedeflemiş, bu hedef doğrultusunda mevcut sürecin üretim maliyeti artışına neden olan kısıtlarının tespiti, analizi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması için KT ve 6σ bütünleşme modelini kullanmıştır.

4.2.Firma Hakkında Genel Bilgiler

XYZ Kablo A.Ş. 1970'li yılların başında Denizli'de kurulmuş bir aile şirkettir. Başlangıçta bakır döküm ve küçük çapta kablo imalatı yapan işletme 2000'li yılların başında üretim hattını çeşitlendirerek ve ihracata başlayarak önemli atılımlar gerçekleştirmiştir. 200'ün üzerinde çalışanı bulunan işletme günde 3 vardiya şeklinde üretim yapmaktadır. Üretimini yaklaşık %80'ini Avrupa ve Orta Doğu'ya ihraç etmektedir.

İşletmenin ürettiği ve tamamı ulusal ve uluslararası kalite değerlendirme kuruluşları tarafından belgelendirilmiş ürünler şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

- Çıplak Bakır İletkenler (BC)
- Harmonize Kablolar (HK)
- Alçak Gerilim Enerji Kabloları (AG)
- Orta Gerilim Kabloları (OG)

İşletme Türkiye'deki en büyük enerji kablosu üreticileri içerisinde ilk 5'de yer almaktadır. İşletmenin kısa ve orta vadeli hedefi, listedeki yerini korumak ve satış kârlılığını muhafaza etmektir. OG grubu ürünler yüksek katma değere sahip ürünler olduğu için kâr marjı diğer ürün grupları ile karşılaştırıldığında daha yüksek olup rekabet koşulları bu ürün grubu için yoğundur. İşletme ortalama kâr marjını %3-%4 arasında olduğunu, OG ürün grubu için ise %4 olarak bildirmektedir.

4.3.Problemin Tanımlanması

İşletmenin içerisinde bulunduğu enerji kablosu sektörü, tüm dünyada yapı ve inşaat sektörünün gelişmesine paralel hareket etmektedir. 2013 ve sonrası hızlanan inşaat sektörü son dönemlerde her ne kadar yavaşlasa da özellikle havalimanı, köprü, otoyol gibi büyük projeler ile tekrar hareketlenmiştir. Tablo 7'de Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanından alınan, 2017-2019 yılları arası takvim etkilerinden arındırılmış inşaat ciro endeksi görülmektedir. İnşaat sektörü ile yakından ilişkili enerji kablosu üretim sektöründe özellikle OG ürün grubu alt yapı projelerinde kullanıldığı için sektörün büyümesine en hızlı tepki veren ürün grubudur.

Tablo 7. İnşaat Ciro Endeksi Değişim Oranları 2009-2020

Yıl	Ay	Endeks	Yıllık değişim (%)	Yıl	Ay	Endeks	Yıllık değişim (%)	Yıl	Ay	Endeks	Yıllık değişim (%)
2017	01	75,7	18,5	2018	01	114,0	50,5	2019	01	146,0	28,1
	02	80,5	16,9		02	137,4	70,8		02	107,2	-22,0
	03	107,9	24,2		03	144,2	33,6		03	168,8	17,1
	04	117,1	18,8		04	161,9	38,3		04	139,8	-13,7
	05	131,6	24,9		05	190,7	44,9		05	152,9	-19,8
	06	149,2	17,8		06	186,6	25,1		06	136,0	-27,1
	07	131,1	34,3		07	172,6	31,6		07	164,8	-4,6
	08	162,7	39,3		08	202,3	24,4		08	166,3	-17,8
	09	187,8	52,3		09	197,0	4,9		09	166,7	-15,4
	10	170,3	32,7		10	213,0	25,1		10	170,3	-20,0
	11	186,2	22,6		11	186,6	0,2		11	192,2	3,0
	12	337,9	15,9		12	351,1	3,9		12	387,3	10,3

Not: İnşaat ciro endeksi ve değişim oranları, 2009-2020; [2015=100]

Kaynak; (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020) www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1022

TÜİK verilerine göre 8544.601.09019 GTİP numaralı OG ürünlerinin 2017 -2019 yılları arası miktar ve Amerikan Doları (USD) olarak ihracat rakamları incelendiğinde 2018 yılında bir azalma görülse de 2019 yılında ciddi bir artış olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. OG Ürün Grubu İhracat Rakamları

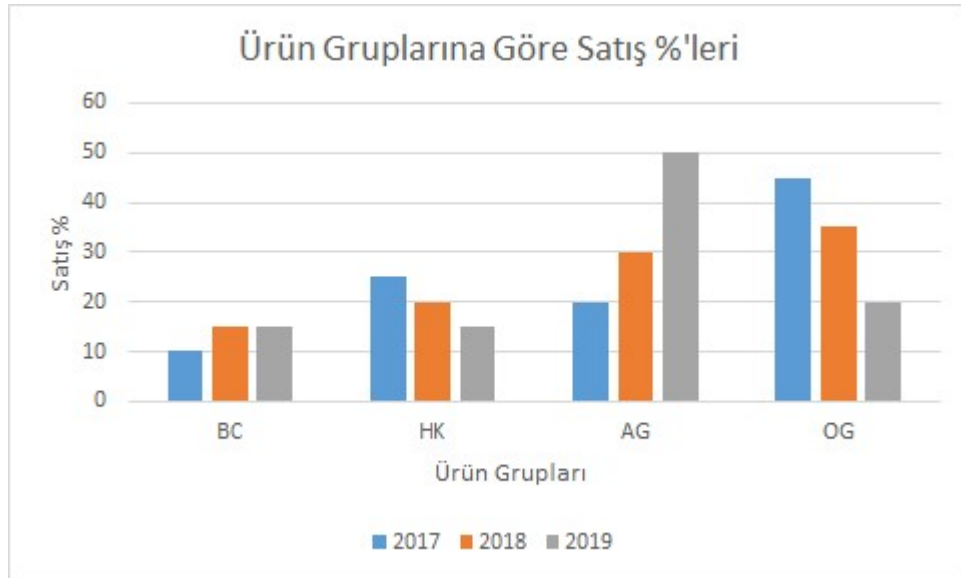
Yıl	HS12	HS12 adı	İhracat Miktar (KG)	İhracat Tutar (USD)
2017	854460109019	Diğer bakır iletkenler (gerilim>1000V)	7.734.647	38.581.829
2018	854460109019	Diğer bakır iletkenler (gerilim>1000V)	6.314.111	34.801.573
2019	854460109019	Diğer bakır iletkenler (gerilim>1000V)	11.149.647	50.332.063

Kaynak; (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020) <https://iz.tuik.gov.tr/#/showcase/>

Tüm bu bilgiler ışığı altında OG ürün grubu için hem iç piyasada hem de ihracat piyasasında 2017-2019 yılları arasında satışlarda bir artış gözlemlenmesi beklenmiştir. Ancak 2017-2019 yılları arasında işletmenin ürettiği ürün gruplarının satış oranları incelendiğinde OG grubu satışında son dönemde belirgin bir düşüşün yaşandığı görülmektedir. Grafik 1’de işletmenin 2017-2019 yılları arası ürün gruplarına göre ayrılmış satış rakamları yer almaktadır. Söz konusu ürün grubunda üretim kapasitesi hedeflenen satış rakamlarına ulaşmak için yeterli olmasına rağmen rekabetten dolayı istenilen hedeflere ulaşamamıştır. İşletme, 2020 ve sonrası yıllar için bu gruptaki satış

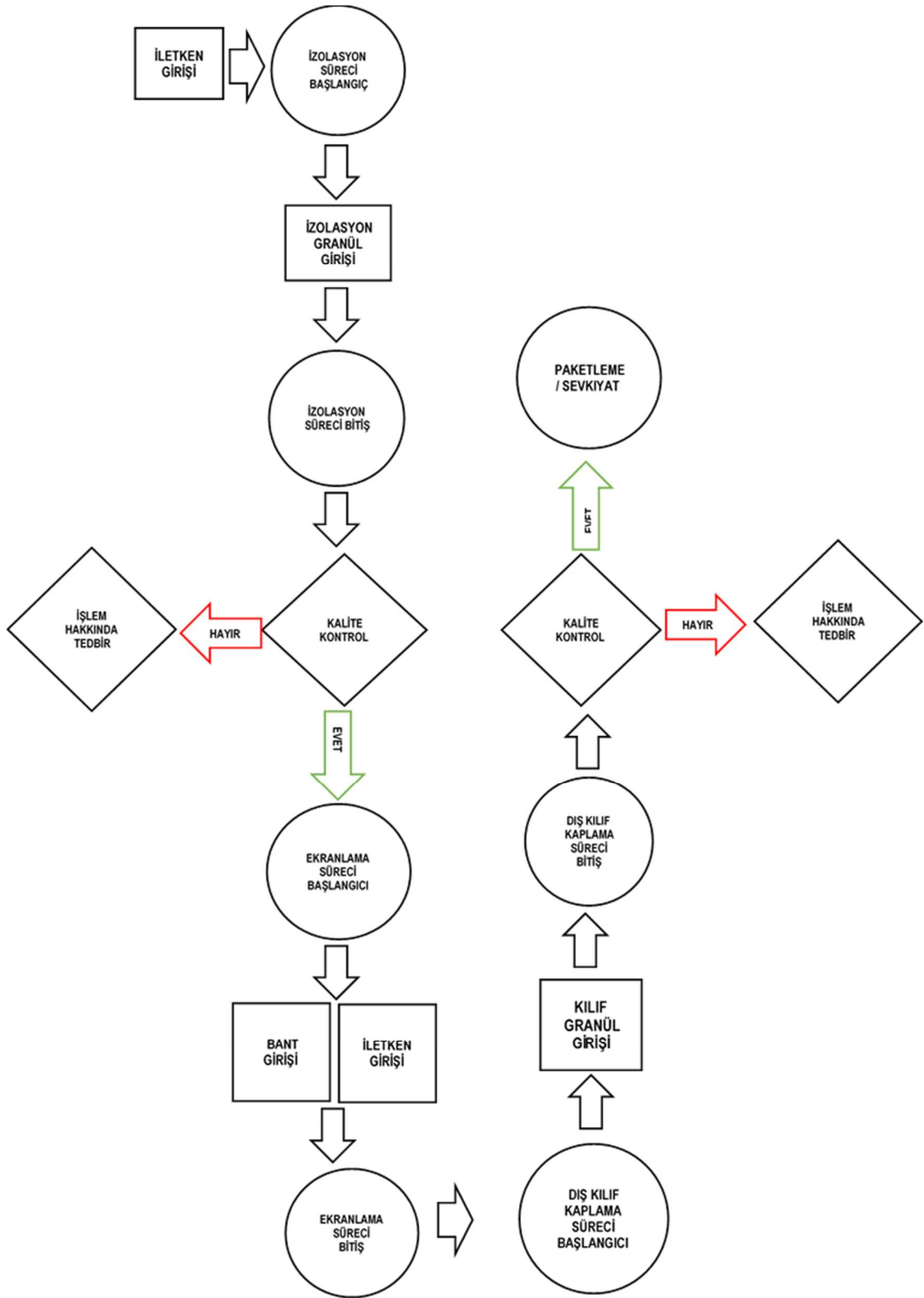
rakamlarını arttırmayı hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda OG üretim sürecinde herhangi bir kısıtın var olup olmadığının tespiti, analizi, sürecin kısıta göre tasarlanması ve gerekli iyileştirme çalışmalarının yapılması amaçlanmıştır.

Grafik 1. XYZ İşletmesinin Ürün Gruplarına Göre Satış Yüzdeleri



4.4. OG Üretim Süreci Şeması

OG üretim süreci yüksek teknolojiye sahip ekstrüder hattında iletkenin üzerine yarı iletken ve yalıtkan izole malzemesinin yüksek sıcaklık ve basınç altında kaplanması ile başlar. Kalite kontrol onayından geçen, bakır ya da alüminyum iletkenler üç adet farklı kapasiteye sahip ekstrüder ile aynı anda üç katman halinde; iç yarı iletken, yalıtkan ve dış yarı iletken malzeme ile kaplanır. Bu malzemelerin mekanik özellikleri ve kalınlıkları üretilen kablonun bağlı bulunduğu uluslararası kablo standartlarına uygun olmak zorundadır. Yarı iletken tabaka ve yalıtkan tabakanın kalınlıkları kablonun yapısına ve tasarımına göre değişiklik gösterir. İletken üzerindeki yarı iletken ve yalıtkan malzemelerin, yaklaşık 200 metre uzunluğundaki bir hat boyunca kapalı bir tüp içerisinde azot gazı yardımı ile soğutulurak kimyasal yapılarında değişim meydana gelir. Kürleme adı verilen bu işlemde başlangıçta eriyik halde olan malzemeler işlem sonunda katı hale gelir. Bu süreç sonunda uygulanan yarı iletken ve yalıtkan malzemeler kalite kontrol tarafından kablonun bağlı olduğu standart ve şartnameye göre boyut ve mekanik açıdan kontrol edilir. Onaylanan makaralar bir sonraki aşamaya gönderilir.



Şekil 32. İş Akış Şeması

Standartta belirtilen koşullara uyulmama durumunda söz konusu makara için tedbir uygulanır. Sonraki aşama kaplı iletken üzerine topraklama görevi gören bakır tellerin ve bakır bandın kaplandığı ekranlama süreci ile devam eder. Bu iletken ve bandın altına, kablo dış yüzeyi zarar görmemesi için yarı iletken bir bant uygulanır. Kullanılan bakır iletken ve bandın toplam ağırlığı kablo yapısına ve tasarımına göre yine uluslararası standartlarda belirtilmiştir. En son işlemde kabloyu dış etkilerden koruyan ve kablonun çalışması esnasında çevreye zarar vermesini engelleyen yalıtkan özellikte dış kılıf kaplama uygulanır. Uygulanan bu yalıtkan malzeme PVC ya da polietilen esaslı plastiklerdir. Bu malzemeler granül halde iken, kablo yapısına uygun ekstrüderlerde yüksek sıcaklıkta eriyik hale getirilerek kablo yüzeyi kaplanır. Bu süreç sonunda kalite kontrol kablonun elektriksel testlerini yapar ve kablonun standartlara uygun olarak üretilip üretilmediğini tespit eder. Eğer testler başarılı bir şekilde sonuçlanırsa kablo paketlenip sevk edilmek için paketleme bölümüne gönderilir (Şekil 32).

4.5.Bütünleşme Modeli Uygulaması

OG üretim sürecinde kısıtların tespiti, analizi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması için KT ve 6σ bütünleşme modeli uygulaması yapılacaktır. Yapılan literatür taramasında 3 farklı bütünleşme modeli tespit edilmiştir. Bu modellerden Jin ve diğerlerinin (2009) oluşturduğu KT ve 6σ bütünleşme modeli uygulama adımları süreç iyileştirmesinde kullanılacaktır. Bu modelde birbirinden farklı süreçlerin yer aldığı tesislerde darboğazın olduğu noktalardan itibaren 6σ uygulanması en doğru çözümdür. Ayrıca bu model kısıtın ortadan kaldırılmasının anlamlı bir iyileşme sağlayamayacağı durumlarda 6σ yöntemini uygulayacak kadar yeterli bütçesi olmayan işletmeler için tavsiye edilmektedir. Bu modelin seçilme nedeni, uygulama adımlarının diğer modeller ile karşılaştırıldığında daha detaylı olması ve iyileştirme yapılması planlanan OG üretim sürecinin birbirinden farklı süreçlerden meydana gelmesidir. İşletme, piyasa koşullarının günden güne zorlaştığı bu dönemde süreç iyileştirmesi için tek başına 6σ uygulaması yapmanın maliyetine de katlanmak istememektedir. Şekil 30'da belirtilen bütünleşme modelinin uygulama adımları sırası ile uygulanacaktır.

4.5.1.Kısıtı Tanımlama

Başlangıç adımı olan kısıtı tanımlama adımı, genel durumun analiz edilerek temel probleme ulaşıldığı adımdır. Temel problemi tanımlamak ve sürece etkisini incelemek için KT'nin düşünce süreci araçlarından yararlanılacaktır.

OG ürün grubunda, 2017-2019 yılları arasında, Türkiye’de gerçekleşen büyük alt yapı projeleri ve yatırımlar ile ihracatta yaşanan artış göz önüne alındığında talepte ve buna bağlı olarak OG ürün satışında belirgin bir artış görülürken, işletmenin satış rakamlarının düştüğü gözlemlenmiştir. Bu düşüşün nedenlerini tespit etmek amacıyla, işletmede yetkili Satış Müdürü, OG Üretim Sorumlusu, Kalite Kontrol Müdürü ve Fabrika Müdürü’nden oluşan bir proje takımı oluşturulmuştur. Proje takımı öncelikle satışlardaki düşüşün ana nedenlerini tespit etmeye çalışmıştır. OG ürün grubu maliyeti inşaat ve altyapı harcamalarında toplam proje maliyetinin yaklaşık %9,5’ini oluşturmaktadır. OG ürün grubu, alt yapı projelerinde inşaat, makine ve peyzaj kalemleri ile kıyaslandığında proje başında belirtilen maliyete nazaran proje sonunda gerçekleşen tutar ile büyük sapma gösterir (Coşkun & Ekmekçi, 2012, s. 51). Bu nedenle yatırımcılar özellikle OG ürün grubunun uygun maliyetle olmasını öncelikle tercih ederler. Bununla birlikte OG ürün grubu kablolar yer altına döşendiği için herhangi bir arıza durumunda kablonun değiştirilmesi ya da tamir edilmesi için zeminin kazılması gerekecektir. Böyle bir durum altyapı maliyetini artıracığı için kablonun uzun çalışma sürelerine dayanıklı, kalitesinin de yüksek olması gerekir. Son olarak, OG ürünlerinin kullanıldığı projeler genel olarak süreli ve zamanında teslim edilmesi gereken projelerdir. Ürünlerin zamanında teslim edilmesi gerekir. Bu bilgiler ışığında, proje ekibinin de tecrübelerine dayanarak, satışlarda meydana gelen düşüşün ana nedenlerinin şu şekilde tespit edilmiştir;

- Müşterilerin ürün satış fiyatında beklentilerini karşılayamamak, diğer üreticilerin teklif ettiği fiyatlar ile rekabet edememek,
- Müşterilerin ürün kalite beklentilerini karşılayamamak,
- Ürünleri zamanında teslim edememek.

2017-2019 yılları arasında işletmenin müşterilerinden ve sertifikalı olduğu kalite kuruluşlarından aldığı, ürün kalitesi ile alakalı toplam 62 şikâyetten hiçbiri OG ürün grubu ile ilgili olmadığı tespit edilmiştir. Yine aynı dönem içerisinde kalite kuruluşlarının yaptıkları genel denetimlerde OG ürün grubu ya da üretim hattı ile ilgili herhangi bir uygunsuzluk tespit edilmemiştir.

İşletmenin OG üretim hattının kapasite doluluk oranları Tablo 9’da gösterilmiştir. Bu veriler ışığında satışlardaki düşüşün temel nedeni olarak satış fiyatında müşteri beklentilerini karşılanamaması, fiyat rekabetinde başarılı olunamaması belirlenmiştir. OG ürünlerinin satış fiyatlarını etkileyen en önemli unsur hammadde ve üretim maliyetleridir. Satış müdüründen alınan verilere göre, OG ürün grubunda ürün

maliyetinin %94-95'ini hammadde giderleri, %4-5'ini işçilik ve elektrik giderleri, kalan %1'lik kısmını da genel yönetim giderleri oluşturmaktadır. Bu nedenle ürün satış fiyatları ile rekabet edebilmek için üretim süreçlerinde, hammadde giderlerinde iyileştirme yapılması gerekmektedir.

Tablo 9. OG Üretim Hattı Kapasite Doluluk Oranı

Yıllara Göre Kapasite Doluluk Oranları	
Yıl	% Doluluk
2017	31,60
2018	38,90
2019	29,40

Sonuç olarak hammadde ve üretim süreçlerinin dâhil olduğu toplam üretim giderinin yüksek olmasını kısıt olarak tanımlayabiliriz. Bu kısıtı ve kısıtın istenmeyen etkilerini incelemek ve bu etkilerin kök nedenlerine ulaşabilmek için KT düşünce süreci araçlarından MGA kullanılmıştır.

OG Üretim Sorumlusu, OG Üretim hattı çalışanları ve Kalite Kontrol Müdürü ile yapılan görüşme sonrasında OG üretim sürecinde üretim maliyetini artıran etkiler şu şekilde sıralanmıştır;

- **Üretim hızı düşüktür;** OG üretim hattında üretim hızı ürün tipi ve metrajına göre farklılık göstermektedir. Üretim hızı 2,5 metre/dakika ile 8 metre/dakika arasında değişir. Diğer üretim hatları ile kıyaslandığında, üretim hattının iş yoğunluğunun tam olduğu bir aylık süre içerisinde toplam üretim miktarı 300-350 ton arasında olabilir. Diğer hatlarda ise bu miktar aylık 1.500-1.700 ton arasındadır.
- **Kullanılan hammaddelerin maliyeti yüksektir;** OG üretim hattında kullanılan hammaddeler, kabloların akım taşıma kapasitesi ve hassasiyeti nedeni ile yüksek kalitede mühendislik plastikleridir. Bu ürünlerin maliyeti ortalama 2,00 USD/kg'dır. Diğer ürün gruplarında ise ortalama maliyet 1,45 USD/kg seviyesindedir.
- **Üretim öncesi hazırlık süresi uzundur;** OG üretim hattında, kullanılan hammaddelerin belirli bir sıcaklığa ulaşması, hattın ısıtma ve soğutma tüplerinin üretim için gerekli sıcaklık değerine ulaşması için 1-2 saat beklenmesi gerekmektedir. Ayrıca, üretilen kablo tipinden, kesit ya da anma gerilimi farklı bir kablonun üretimine geçmek istenirse makine ısılarının

kapatılıp soğuması beklenir. Ekstrüder içerisinde kalan hammaddeler temizlenir ve yeni üretim için tekrar hazırlık yapılır. Bu süre yaklaşık 1 vardiya yani 8 saat sürmektedir.

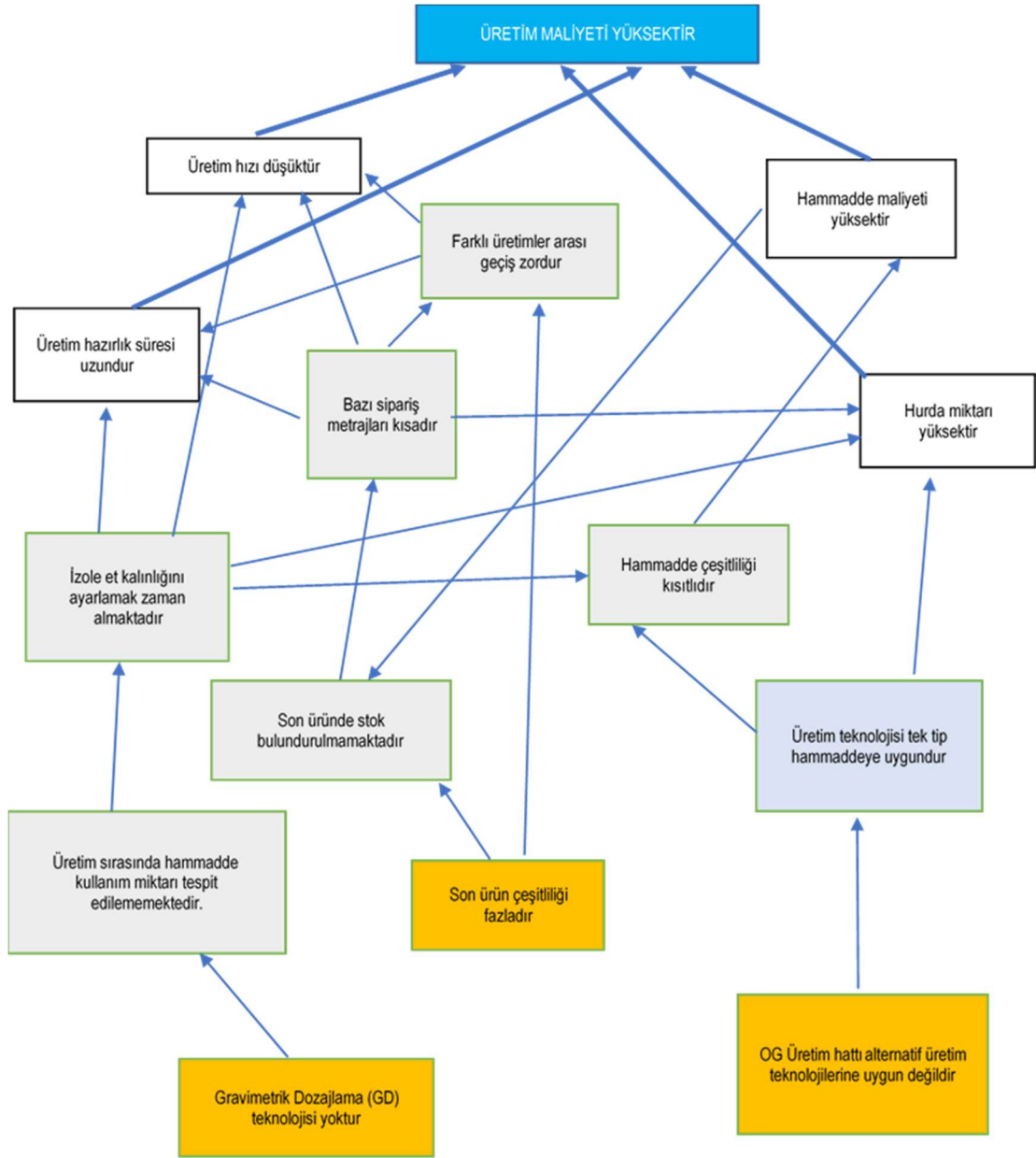
- **Birim üretim başına çıkan hurda miktarı yüksektir;** OG üretim hattı kapalı bir sistem olduğu için üretimin başlangıcında, kablonun tasarımına uygun olan yalıtkan kalınlıklarına ulaşabilmek ve bu kalınlıkların doğru olup olmadığını ölçebilmek için belirli bir miktar üretim yapılmaktadır. Üretilen bu kısım eğer standartlara uygun değil ise hurdaya atılmaktadır. Yıllık üretim ve çıkan hurda miktarı göz önüne alındığında her üretim başına 15–20 metre arasında değişmektedir. İşletmenin belirlediği maksimum hurda metrajı üretim başına 20 metredir.

Belirtilen tüm etkiler belirli değişkenlerden kaynaklanmaktadır. Örneğin üretim hızının düşüklüğü, hammadde maliyetinin yüksek olması ya da hazırlık süresi gibi nedenler kullanılan hammaddelere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Üretim sürecinde yapılacak herhangi bir değişiklik ile yine üretim hızı, çıkan hurda miktarı gibi etkiler azaltılabilir. Bu nedenle bu etkiler gerçek problemler değil kök sebeplerin sonuçlarıdır. MGA oluşturularak bu etkiler ile kök sebepler arasında neden-sonuç ilişkisi ortaya konulmaya ve MGA yardımı ile kök neden tespit edilmeye çalışılmıştır.

OG üretim sürecindeki etkiler listelendikten sonra bu etkilerin nedenleri araştırılmıştır. Tüm etkilerin birbirleri arasındaki etki – neden – etki ilişkisi analiz edilerek MGA meydana getirilmiştir. Etkilerin birbirleri arasındaki ilişki “Eğer... ise” mantıksal ifadesi ile yorumlanır.

Okların başlangıç yönünden bitiş yönüne doğru şu şekilde okunur;

- Eğer izole et kalınlığını ayarlamak zaman alıyor ise üretim hazırlık süresi uzundur.
- Eğer üretim teknolojisi tek tip hammaddeye uygun ise ve bazı sipariş miktarları kısa ise hurda miktarı yüksektir.
- Eğer son ürün çeşitliliği fazla ise son üründe stok bulundurulmamaktadır.



Şekil 33. Mevcut Gerçeklik Ağacı

Oluşturulan MGA'ya göre kök problemler şu şekilde belirlenmiştir;

1. OG üretim hattı alternatif üretim teknolojilerine uygun değildir.
2. Gravimetrik Dozajlama (GD) teknolojisi yoktur.
3. Son ürün çeşitliliği fazladır.

Tespit edilen kök problemler içerisinde, son ürün çeşitliliğinin fazla olması OG ürün grubunun doğası gereğidir. Bu ürün grubu farklı çevresel koşullarda, farklı alt yapı projeleri ve uygulamalarda kullanıldığı için birbirinden farklı birçok kablo üretilmek zorundadır. Bu nedenle bu kök neden üzerinde bir iyileştirme yapılamaz.

Şekil 33'deki MGA incelendiğinde üretim sırasında hammadde kullanım miktarı tespit edilemediği için izole et kalınlığını ayarlayanın zaman aldığı bunun da üretim hazırlık süresini arttırdığı ve üretim hızını düşürdüğü belirtilmiştir. Kısıt kavramı göz önüne alınarak, OG üretim sürecinin izole et kalınlığının ayarlanmaya çalışıldığı başlangıç sürecini darboğaz olarak tanımlayabiliriz. GD teknolojisi ile OG üretim süreci başlangıcında hammadde miktarları hızlı bir şekilde ayarlanabileceği için bu darboğaz iyileştirilmiş olacaktır. Yine aynı GD teknolojisi ile farklı üretim teknolojileri kullanılabilir. Kullanılan hammadde miktarı ve farklı hammadde kullanımı üretim maliyetine doğrudan etki edebildiği için bu kök neden üzerinde durulacaktır. Bu teknoloji sayesinde üretimin her aşamasında hammadde kontrolü yapılabilecek ve alternatif yapıdaki hammaddeler kullanılarak üretim maliyetleri düşürülebilecektir. Kısıt, GD teknolojisinin OG üretim hattında bulunmaması olarak belirlenmiştir.

4.5.2.Tanımlama

Tanımlama aşaması, bütünleşme modelinde 6σ yönteminin kullanılmaya başlandığı aşamalarıdır. İlk olarak bu aşamada CTQ'lar tespit edilip, bütünleşme modeline uygun olarak en kritik olanları seçilecektir. Kritik CTQ'ların seçiminde OG sürecinin daha detaylı bir tanımlamasını yapabilmek için SIPOC (Supplier – Input – Process – Output – Customer) haritasından yararlanılacaktır (Tablo 11). SIPOC haritasında bulunan unsurlar şu şekilde tanımlanır (Arıkan, 2009, s. 70);

- Tedarikçi (Supplier); Süreçte girdi olarak kullanılacak hammadde, bilgi ve diğer kaynakları sağlayan kişi, süreç ya da işletmedir.
- Girdi (Input); Süreçte kullanılan, tedarik edilen hammadde, bilgi ve diğer kaynaklardır.
- Süreç (Process); Değer yaratan ya da yaratmayan adımlardır.
- Çıktı (Output); Süreç sonrasında elde edilen, iç ya da dış müşteriye gönderilen ürün, hizmet ya da bilgidir. Tercihen CTQ'ları vurgulayanlar seçilir.
- Müşteri (Customer); Süreç sonunda yer alanlar, son kullanıcılarıdır.

Tablo 10. SIPOC Haritası

TEDARİKÇİ	GİRDİ	SÜREÇ	ÇIKTI	MÜŞTERİ
Kalite Kontrol (KK)	KK onayı verilen iletken	<i>İzolasyon başlangıç süreci</i>	İzoleye hazır iletken	OG operatörü
Yarı iletken granül üreticisi	Yarı iletken granül	<i>İzolasyon süreci</i>	İzoleli iletken	KK, Ekranlama Operatörü
İzole malzeme üreticisi	XLPE malzeme			
OG operatörü	İzoleli iletken	KK	KK onayı verilen izoleli iletken	Ekranlama operatörü
KK	KK onayı verilen izoleli iletken	<i>Ekranlama başlangıç süreci</i>	Ekranlanmaya hazır izoleli iletken	Ekranlama operatörü
Bakır bant üreticisi	Ekranlanmaya hazır izoleli iletken	<i>Ekranlama süreci</i>	Ekranlı izoleli iletken	Dış kılıf operatörü
Tel dairesi	Bakır bant			
	Bakır Tel			
Ekranlama Operatörü	Ekranlı izoleli iletken	<i>Dış kılıf başlangıç süreci</i>	Dış kılıfa hazır kablo	Dış kılıf operatörü
PE, HDPE üreticisi	PVC granül	<i>Dış kılıf süreci</i>	Dış kılıflı kablo	KK, Paketleme/sevkiyat operatörü
PVC granül dairesi	PE, HDPE granül			
Dış kılıf Operatörü	Dış kılıflı kablo	KK	KK onayı verilen dış kılıf kaplı kablo	Paketleme/sevkiyat operatörü
Paketleme/sevkiyat Operatörü	KK onayı verilen dış kılıf kaplı kablo	<i>Sevk</i>	Paketlenmiş Kablo	OG siparişi veren müşteri (Dış müşteri)

SIPOC haritası yardımı ile süreçlerin her adımında ilgili olan müşteriler listelenip kritik CTQ'lar tespit edilebilecektir. Bunun için "Müşterinin Sesi" (VOC) analizinden yararlanılacaktır (Tablo 11). VOC analizi için SIPOC haritasında tanımlanan müşteriler ile bire bir görüşmeler yapıp ürün ya da ürün özellikleri ile ilgili talepleri, beklentileri listelenmiştir. OG üretim hattı sorumlusu, OG operatörü ve ekranlama operatörü ile görüşmüş ve taleplerini listelemiştir. Üretim müdürü, dış kılıf operatörü ve paketleme sevkiyat operatöründen bilgi almıştır. Satış müdürü, OG siparişi veren müşterilerin beklentilerini listelemiştir. Son olarak KK müdürü de her operasyon için kalite planlarından belirtilen ürün özelliklerini dikkate alarak beklentilerini listelemiştir.

SIPOC haritası ve VOC analizi yardımı ile bütünleşme modelinin tanımlama adımı gerçekleşmiş olur.

Tablo 11. Müşteri Beklentileri ve İlişkili CTQ'lar

MÜŞTERİ	VOC	CTQ
KK	-İletken özellikleri standartta belirtilen değerler ile uyumlu olmalı	-İletken direnç ve ağırlık değerleri standartlara ve KK çizelgelerine, üretim parametrelerine uygun olacak
	-İzole kalınlıkları ve mekanik değerleri standartta belirtilen değerlere uygun olmalı	-İzole kalınlığı standartlara uygun olmalı, çap dalgalanması olmamalı -İzole malzemesinin test değerleri standartları karşılamalı
	-Dış kılıf et kalınlığı ve bitmiş kablunun akım taşıma değeri kablo tasarımına ve standardına uygun olmalı	-Dış kılıf et kalınlığı, kablunun tüm yüzeyinde aynı kalınlığa sahip olmalı, standardın belirttiği değerlere uygun olmalı. Dış yüzey ve markalama düzgün olmalı. -Bitmiş kablunun yüksek gerilim testi dayanıklılık sonucu belirtilen standartlara uygun olmalı.
OG operatörü	-İzolesi çekilecek iletken OG hattında kullanıma uygun olmalı	-İletkenin yüzeyi düzgün ve tam dairesel olacak. Ovallık olmayacak. İletkeni meydana getiren teller birbirinin üzerine bindirme yapmayacak.
	-Kullanılan izole ve yarı iletken malzeme OG hattında kullanıma uygun olmalı	-Kullanılan izole ve yarı iletken malzemeler, hattın maksimum kapasitede ve hızda çalışmasına uygun olmalı. Ayrıca üretim sonrasında ekstrüderlerde kalıntı bırakmamalı, kolayca temizlenebilmeli.
	-Tek tip ve marka hammadde kullanılmalıdır	-Hammadde kullanımında, farklı tip ve marka ürünler tercih edilebilmeli. Alternatif üretim teknikleri uygulanabilmesi için farklı tekniklere uygun hammaddeler bulundurulmalı. Kullanımdan sonra, kullanılan hammaddeler makinelerden kolaylıkla temizlenebilmeli.
	-Üretimin başlangıç aşamasında, kapalı devre hat sistemi olduğu için kullanılan hammadde miktarı net olarak tespit edilebilmelidir.	-OG üretim hattı kapalı devre bir sistem olduğu için üretimden çıkan ürünün izole kalınlığı ölçülememektedir. GD sistemi ile kullanılacak hammadde ağırlığı sisteme girilebilir ve otomatik olarak istenilen kalınlıkta izole kaplanabilir. Ayrıca X-Ray cihazı ile kalınlık sürekli sabit tutulur.
Ekranlama operatörü	-İzolesi çekilen makara ekranlamaya uygun olmalı	- İzolesi çekilen makaraların yüzeyi düzgün, kablo tam dairesel olmalıdır.
	-İş emirlerinde ekranlama yapı bilgisi detaylı olarak verilmez.	-Ekranlama için kullanılacak yarı iletken, su tutucu bant, bakır tel ve bakır bent bilgileri, ölçüleri detaylı olarak verilmelidir.
Dış kılıf operatörü	-Ekranlanan makara dış kılıf sürecine uygun olmalıdır.	-Ekranlanan makarada kullanılan bant ve teller, kablo yapısına uygun olmalı. Üst üstü gelen katmanlar kablo dış yüzeyini bozmamalı
	-Kullanılacak hammadde bilgileri ve uygulama kalınlıkları detaylı şekilde belirtilmelidir.	-İş emirlerinde kablo yapısı ile ilgili her türlü bilgi bulunmalıdır. Hatalı üretime izin verilmemelidir.
Paketleme/ sevkiyat operatörü	-Üretimi tamamlanan makaranın KK'leri yapılmış, tüm değerler standartlara ve müşteri şartnamelerine uygun olmalıdır.	-Ürünlerin test değerleri kablunun üretiminde esas alınan standartlara uygun olmalıdır.
	-Sevk boyları, kablo yapısına uygun ve maksimum çaptaki makaralara uygun olmalı	-Müşteri tarafından talep edilen sevk boyları, mevcut ya da üretilebilecek makara boyutlarına uygun uzunlukta ve ağırlıkta olabilir.
OG siparişi veren müşteri (Dış müşteri)	-Diğer alternatiflerden daha uygun fiyat -Standartlara ve kablo tasarımına uygun kaliteli ürün. Ek ve bağlantı elemanlarına uygun çapta üretilmiş olmalı. -Projeler genel olarak ihale koşullarına bağlı altyapı projeleridir. Ürünlerin zamanında teslim edilmesi önemlidir.	-Ürünün teklif edilen satış fiyatı, rakiplerin önerdiği fiyatlar ile aynı ya da daha düşük olmalı. Zamanında teslim edilmeli. Kalite normlarını karşılamalı.

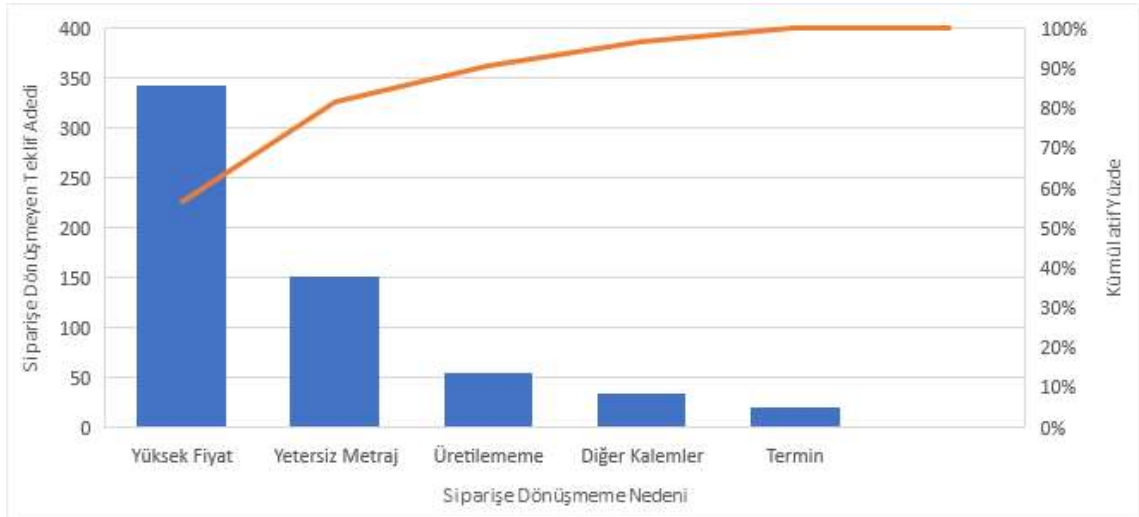
4.5.3.Ölçme ve Analiz

Temel problem olan belirtilen satışlardaki düşüşün nedenlerini tespit edebilmek için, Satış Müdürü'nden alınan veriler doğrultusunda, 2017 -2019 yılları arasında siparişe dönüşmeyen OG tekliflerinin analizi yapılmıştır. Belirtilen dönemde 606 adet müşteri talebinin siparişe dönüşmediği tespit edilmiştir. Siparişe dönüşmeme nedenleri sıralanarak baskın nedenin ne olduğu “Pareto Analizi” yardımı ile tespit edilmeye çalışılmıştır (Grafik 2). Siparişe dönüşmeme nedenlerini belirlemek için satış müdürü tarafından ilgili satış temsilcilerine belirtilen dönem içerisinde müşterileri ile yaptıkları yazışmaların dökümünü çıkarmaları istenmiştir. Müşteriler tarafından iletilen OG ürün teklif taleplerinin siparişe dönüşmeme nedenleri Tablo 12'deki şekli ile sıralanmıştır.

Tablo 12. 2017-2019 Arası Tekliflerin Siparişe Dönüşmeme Nedenleri

Tekliflerin Siparişe Dönüşmeme Nedeni	Adet	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Teklif edilen fiyatın yüksek bulunması	343	57	57
Sipariş edilmek istenen kablo metrajının üretim miktarı için yeterli olmaması	152	25	82
Mevcut OG hattının üretim için yeterli olmaması	55	9	91
Projede yer alan diğer kalemlerin üretilmemesi	35	6	97
İstenilen kablo temin süresinin sağlanamaması	21	3	100
TOPLAM	606	100	

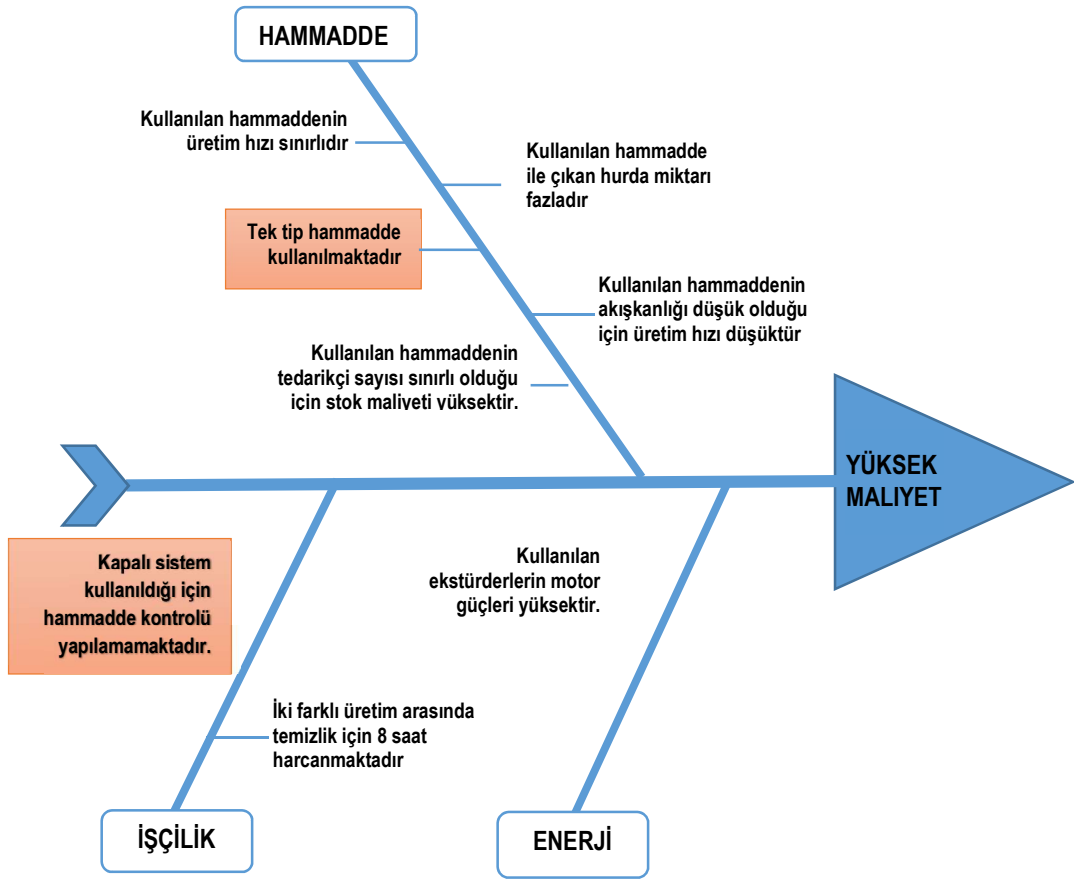
Grafik 2. Siparişe Dönüşmeme Nedenlerinin Pareto Analizi



Pareto analizinde de görüldüğü gibi, tekliflerin siparişe dönmemesi nedeni teklif edilen fiyatların yüksekliği ve müşteriden gelen talebin yetersiz oluşudur. İşletme, en uygun seviyedeki sipariş metrajını tek bir kablo tipi için 10 kilometre (km) olarak tespit etmiştir. 10 km altında gelen herhangi bir talepte OG üretim hattında harcanacak hazırlık ve temizlik süresi artar. Bu nedenle birim ürün başına çıkacak hurda miktarı da artış gösterir. Bu durum ilave maliyete neden olacağı için teklif edilen fiyat da yüksek olacaktır.

Bütünleşme modelinin bu aşamasında teklif edilen fiyatın yüksek olması durumunun kök nedenlerini balık kılıçığı diyagramı olarak ta bilinen sebep-sonuç diyagramı ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Şekil 34'te yer alan sebep-sonuç diyagramı proje takımı ile yapılan görüşme sonunda ortaya çıkarılmıştır. Teklif edilen fiyatın yüksek olma nedenleri ve buna etki eden temel nedenler sıralanmıştır. Ürün fiyatını belirleyen en temel unsur maliyettir. Maliyeti oluşturan unsurlar hammadde, işçilik ve enerji gideri ile genel yönetim giderleridir. Genel yönetim giderleri, işletmenin yıl içerisindeki yönetim fonksiyonları, kamu ilişkileri, hukuk işleri vb. giderleri teşkil eder. Ürün maliyetine doğrudan etkisi göz ardı edilmiştir. Alt unsurlar olarak hammadde, işçilik ve enerji giderleri belirlenmiştir.

Hammadde unsurunda tanımlanan yüksek maliyet nedenleri içerisinde, tek tip hammadde kullanımından kaynaklı nedenler olduğunu söyleyebiliriz. Kullanılan tek tip hammadde nedeni ile alternatif malzemeler hakkında denemeler yapılamamakta, bu nedenle üretimin hız sınırı aşılamamakta, çıkan hurda miktarı değişmemekte, belirli tedarikçiler dışında farklı tedarikçiler ile çalışılamamaktadır.



Şekil 34. Sebebi-Sonuç Diyagramı

İşçilik unsurunda tanımlanan nedenler; OG üretim hattında hammadde kontrolünün yapılamaması ve iki üretim süreci arasında temizlik için 8 saat kullanılması olarak belirtilmiştir. Bu unsurlardan en önemlisi hem kullanılan hammaddeye hem de işçiliğe doğrudan etki ettiği için kapalı bir sistemin kullanılıyor olmasıdır. OG üretim hattının başlangıcında iletken üzerine kaplanan yarı iletken ve yalıtkan malzemeleri ekstrüder devirleri ayarlanarak uygulanır. Standardın şart koştuğu kalınlıkta kaplama yapabilmek için ekstrüder devri artırıp azaltılarak malzemelerin az ya da çok akışı sağlanır ve iletkenin üzerine kaplanır. Ancak OG üretim hattı 180 metre uzunluğunda kapalı bir sistem olduğu için uygulanan malzemenin uygun kalınlıkta olup olmadığı en az 200 metre üretim yapıldıktan sonra alınan numunelerin ölçülmesi ile tespit edilebilir.

Enerji unsurunda tanımlanan neden OG üretim hattında kullanılan ekstrüderlerin motor güçlerinin yüksek olmasıdır. Kullanılan hammaddenin akışkanlığı düşük olduğu için (hammadde kısmında belirtildiği gibi) motorlar daha fazla güç harcamaktadır. Akışkanlığı daha düşük malzemeler kullanılması sayesinde harcanan motor gücü azalacaktır.

Sıralanan bu kök nedenlerden en etkilileri üretimin başlangıcında malzeme akışını ve kontrolünün tam olarak yapılamaması, hazırlık ve temizlik sürecinin uzun sürmesi ve hammadde kullanımının sınırlı olmasıdır.

Bütünleşme modelinin ikinci ve üçüncü adımını kısaca özetlemek gerekirse;

- İkinci aşama 6 σ yönteminin başlangıç noktasıdır. Burada öncelikle SIPOC ve VOC analizleri yardımı ile CTQ'lar tespit edilmeye çalışılmıştır.
- Ardından pareto analizi yardımı ile ölçüm yapılarak en önemli görülen CTQ'nun kök nedenleri tespit edilmiştir.
- Son olarak tespit edilen kök nedenin sebep-sonuç diyagramı oluşturularak proje ekibi ile beyin fırtınası yapıp temel sebep bulunmaya çalışılmış ve bulunan temel sebepler diyagramda belirtilmiştir.

4.5.4.Kısıt Yönetme ve Sistemin Kısıta Göre Tasarlanması

Bu aşamada tekrar KT'ye dönülerek öncelikle tespit edilen kısıt, problem ya da kök nedenin sistem performansını maksimum seviyeye çıkartmak için kullanımı amaçlanır. Bu amaca uygun olarak, kullanılan hammadde ile en uygun maliyetli ürün elde etmeye ya da daha uygun ürün maliyeti oluşturan alternatifler tespit edilmeye çalışılacaktır.

Tespit edilen kısıt fiziksel bir kısıttır. GD sistemi kullanılarak OG üretim sürecinde kablonun yalıtkan tabakasını oluşturan çapraz bağlı polietilen (XLPE) malzemenin üretimin başlangıcı ve devamında kalınlığı doğru ve istikrarlı şekilde kontrol edilebilecektir. Bu sayede gereğinden fazla malzeme kullanılmasının önüne geçilerek gereksiz maliyet artışı engellenmiş olacaktır.

Bu aşamada mevcut yapının neden olduğu malzemenin kontrol edilememesi durumu ve bu durumun yarattığı maliyet artışı şu şekilde örneklendirilebilir:

İşletmenin 2019 yılı içerisinde yaptığı tüm OG üretiminin %33'lük kısmını oluşturan 30 kilovolt (kV) gerilime sahip bakır iletkenli bir kablo seçilmiştir. Tablolarda bu kablo **Cu30kV** kodu ile tanımlanmıştır. Söz konusu kablonun tasarım değerlerinin tanımlandığı uluslararası kablo standardında, kabloda bulunan yarı iletken ve XLPE katmanının kalınlık değerleri belirtilmiştir. Bu değerler referans alınarak kabloda bulunması gereken hammaddelerin miktarları Tablo 13'te belirtilmiştir.

2019 yılı muhasebe kayıtlarından alınan fatura bilgilerine göre, OG üretiminde kullanılan hammaddelerin dolar bazında maliyetleri yine aynı tabloda belirtilmiştir. Birim hammadde maliyetleri ile tasarımda hesaplanan hammadde ağırlıkları çarpılarak ürünün

kilometre maliyeti 20.070 USD olarak hesaplanmıştır. Ürün maliyetine en fazla etki eden unsurlar hem ana iletken olarak hem de ekranlama olarak kullanılan bakırdır. Bakır iletkenler fabrikanın tel dairesinde hazırlanıp OG üretim hattına sevk edilmektedir. Bununla birlikte bizim bütünleşme modelini uyguladığımız OG üretim hattında kullanılan XLPE ve yarı iletken tabakanın Cu30kV ürünün maliyetine etkisi toplamda %8,1'dir.

Tablo 13. OG Kablo Tasarımında Belirlenen Hammadde Miktarları ve Maliyetleri

<i>Cu30kV</i>					
<i>Kullanılan Hammadde</i>	<i>Kalınlık (mm)</i>	<i>Kullanım Miktarı (kg/km)</i>	<i>Birim Maliyet (USD/kg)</i>	<i>Toplam Maliyet (USD/km)</i>	<i>Maliyet içerisindeki oranı (%)</i>
Bakır		2.650	6,25	16.562,5	82,5
Yarı İletken İzole	1,05	120	2,10	252	1,3
XLPE	8,00	699	1,95	1.363,1	6,8
Yarı İletken Bant		14	5,97	83,6	0,4
Ekran İletkeni		225	6,35	1.428,8	7,1
Yalıtkan Bant		11	5,57	61,3	0,3
Dış kılıf		335	0,95	318,3	1,6
TOPLAM		4.054 kg/km		20.070 USD/km	

OG üretim hattının mevcut yapısında üretimi yapılan 8 km Cu30kV kablunun ürün akış şeması Tablo 14'te belirtilmiştir. Bu veriler OG üretim hattında çalışan operatörlerin üretim kayıtlarını anlık olarak hattın belirli bölgelerinde bulunan bilgisayarda kayıtlı ERP programına işlemesi ile toplanır. Üretim sonrasında, yalıtım kalınlığı ayarlama süreci sonrası ilk 198 metrede alınan numunelerde izole et kalınlıkları ortalama olarak yarı iletken tabaka için 1,14 mm, XLPE için de 9,08 mm olarak ölçülmüştür. Tablo 13 dikkate alındığında olması gereken değerler sırası ile 1,05 mm ve 8 mm'dir. Üretim sonrası tüketilen toplam hammadde miktarı ve bu miktarlar göz önüne alınarak hesaplanan yeni maliyetlerde Tablo 15'de belirtilmiştir.

Tablo 15'de belirtilen değerler toplam üretilen 8,08 km ürün için kullanılan hammadde değerleridir. OG üretim hattı dışında kalan ekranlama ve dış kılıf süreçlerinde tasarım sırasında belirlenen kalınlık ve ölçülerde üretim yapıldığı laboratuvar kayıtlarında tespit edilmiştir. Ancak yarı iletken tabaka ve izole tabakanın tasarımda belirlenen ölçülerden daha kalın üretilmesi, kablo çapının büyümesine neden olmuş, bu durum da diğer malzemelerin kullanım miktarını artmıştır. Üretimde kullanılan hammadde miktarı ile tasarımda belirlenen kalınlıklara göre kullanılması gereken hammadde miktarları

Tablo 16’da karşılaştırılmıştır. Üretimde kullanılan toplam hammadde miktarının birim km başına miktarı kullanılan hammaddelerin toplam üretim miktarı olan 8.080 metreye bölünmesi ile elde edilmiştir.

Tablo 14. Üretim Akış Şeması

<i>Cu30kV 8x1.000 m</i>		
<i>İşlem Adı</i>	<i>OG Üretim Başlangıç (İzole kalınlık ayarlama)</i>	<i>İzole kalınlık ayarı tamamlandı</i>
<i>Tarih</i>	11.11.2019	
<i>Saat</i>	8:35	9:41
<i>Operatör</i>	Ahmet İ.	
<i>Hat hızı</i>	3 metre(m)/dakika(dk)	
<i>Üretim Miktarı</i>	198 metre	
<i>Tam Devir Üretim</i>		
<i>İşlem Adı</i>	<i>Tam Devir Üretim</i>	
<i>Tarih</i>	11.11.2019	
<i>Saat</i>	9:42	15:59
<i>Operatör</i>	Ahmet İ.	
<i>Hat hızı</i>	3,9 m/dk	
<i>Üretim Miktarı</i>	1.470 metre	
<i>Tam Devir Üretim</i>		
<i>İşlem Adı</i>	<i>Tam Devir Üretim</i>	
<i>Tarih</i>	11.11.2019	
<i>Saat</i>	16:00	23:59
<i>Operatör</i>	Ali B.	
<i>Hat hızı</i>	3,9 m/dk	
<i>Üretim Miktarı</i>	1.868 metre	
<i>Tam Devir Üretim</i>		
<i>İşlem Adı</i>	<i>Tam Devir Üretim</i>	
<i>Tarih</i>	12.11.2019	
<i>Saat</i>	00:00	07:59
<i>Operatör</i>	Halit A.	
<i>Hat hızı</i>	4,35 m/dk	
<i>Üretim Miktarı</i>	2.084 metre	
<i>Tam Devir Üretim</i>		
<i>İşlem Adı</i>	<i>Tam Devir Üretim</i>	
<i>Tarih</i>	12.11.2019	
<i>Saat</i>	08:00	15:59
<i>Operatör</i>	Ahmet İ.	
<i>Hat hızı</i>	4,35 m/dk	
<i>Üretim Miktarı</i>	2.084 metre	
<i>Tam Devir Üretim</i>		
<i>İşlem Adı</i>	<i>Tam Devir Üretim</i>	
<i>Tarih</i>	12.11.2019	
<i>Saat</i>	16:00	17:40
<i>Operatör</i>	Halit A.	
<i>Hat hızı</i>	3,77 m/dk	
<i>Üretim Miktarı</i>	376 metre	

Tablo 15. OG Kablosu 8km’de Tüketilen Hammadde Miktarları

<i>Cu30kV</i>		
<i>Kullanılan Hammadde</i>	<i>Kalınlık (mm)</i>	<i>Kullanım Miktarı (kg/km)</i>
Bakır		21.413
Yarı İletken İzole	1,14	1.021
XLPE	9,08	6.656
Yarı İletken Bant		117
Ekran İletkeni		1.821
Yalıtkan Bant		95
Dış kılıf		2.843
TOPLAM		33.966 kg

Tablo 16 incelendiğinde mevcut üretim teknolojisinde üretim ile tasarım arasında genel toplamda %3,6 ağırlık farkı olduğu tespit edilmiştir. Her hammadde ayrı ayrı incelendiğinde, XLPE’de %17,8’lik bir fark, yarı iletken malzemede %5,3’lük bir fark görülmüştür.

Tablo 16. Tasarım ve Üretim Arasındaki Hammadde Ağırlık Farklılıkları

<i>Cu30kV</i>			
	<i>TASARIM</i>	<i>ÜRETİM</i>	<i>Ü / T</i>
<i>Kullanılan Hammadde</i>	<i>Kullanım Miktarı (kg/km)</i>	<i>Kullanım Miktarı (kg/km)</i>	<i>%</i>
Bakır	2.650	2.650	0
Yarı İletken İzole	120	126,36	5,3
XLPE	699	823,76	17,8
Yarı İletken Bant	14	14,48	3,4
Ekran İletkeni	225	225,37	0,1
Yalıtkan Bant	11	11,75	6,8
Dış kılıf	335	351,85	5
TOPLAM	4.054 kg/km	4.203,57 kg/km	3,6

Tablo 17’de üretimden çıkan hammaddelere göre kablonun birim km maliyeti hesaplanmış ve tasarım maliyeti ile kıyaslaması yapılmıştır. Kablonun üretim maliyeti km başına 20.070 USD/km’den 20.351,48 USD/km’ye çıkmıştır. Üretim maliyeti %1,4 oranında artmıştır. OG üretim hattında kullanılan yarı iletken izolenin yeni maliyet içerisindeki oranında bir değişme olmamasına rağmen XLPE malzemenin yeni maliyetteki oranı %6,8’den %7,9’a çıkmıştır.

Tablo 17. Üretimde Harcanan Hammaddelerin Ağırlıkları ve Maliyetleri

Cu30kV					
Kullanılan Hammadde	Kalınlık (mm)	Kullanım Miktarı (kg/km)	Birim Maliyet (USD/kg)	Toplam Maliyet (USD/km)	Maliyet içerisindeki oranı (%)
Bakır		2.650	6,25	16.562,5	81,4
Yarı İletken İzole	1,14	126,36	2,10	265,36	1,3
XLPE	9,08	823,76	1,95	1.606,33	7,9
Yarı İletken Bant		14,48	5,97	86,45	0,4
Ekran İletkeni		225,37	6,35	1.431,10	7,0
Yalıtkan Bant		11,75	5,57	65,48	0,3
Dış kılıf		351,85	0,95	334,26	1,6
TOPLAM		4.203,57 kg/km		20.351,48 USD/km	

İşletmenin OG ürün grubu için ön gördüğü %4'lük kâr marjı dikkate alındığında maliyette sadece hammadde giderlerinde yapılacak %1,4'lük iyileştirme iyi bir avantaj sağlayacaktır.

Buraya kadar yapılan analiz ve değerlendirmelerde, OG üretim hattında üretim maliyetlerini kontrol etmek için hammadde kullanımının, kontrolünün önemini ve bunun maliyete etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Üretim maliyetlerine etki eden diğer bir unsur ise verimlilik. Verimli bir üretim sayesinde daha uygun maliyetli ürün ortaya çıkacaktır. OG üretim hattının verimliliği için önemli olan kriterlerden biri üretimin hızıdır. Tablo 14'den elde edilen bilgiler ışığında izole kalınlık ayarının da içerisinde bulunduğu üretim sürecinde toplam üretilen 8,08 km ortalama hat hızı aşağıdaki formül ile (4.1) hesaplanmıştır.

$$\text{Ortalama Hız} \left(\frac{\text{m}}{\text{dk}} \right) = \frac{\sum (\text{metraj}(\text{m}) \times \text{hız}(\text{m}/\text{dk}))}{\sum \text{metraj}(\text{m})} \quad (4.1)$$

$$= \frac{(198\text{m} \times 3 \text{ m}/\text{dk} + 3.338\text{m} \times 3,90 \text{ m}/\text{dk} + 4.168\text{m} \times 4,35 \text{ m}/\text{dk} + 376\text{m} \times 3,77 \text{ m}/\text{dk})}{8.080 \text{ m}}$$

$$\text{Ortalama Hız} \left(\frac{\text{m}}{\text{dk}} \right) = 4,10 \text{ m}/\text{dk}$$

OG üretim sorumlusundan alınan bilgiye göre, Cu30kV ürünü bu hatta hazırlık süresi ve diğer aşamalardaki kalınlık ayarlama işlemleri olmadığı durumlarda 4,35 m/dk

hız ile üretilebilir. Bu bilgi ışığında, üretim miktarını sabit tutarak Tablo 18’de gerçekleşen ve hedeflenen adam-saat bilgilerini şu şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 18. Cu30kV Gerçekleşen ve Hedeflenen Adam-Saat Bilgileri

<i>Cu30kV (Üretim)</i>		
<i>Üretilen Miktar (m)- A</i>	<i>Ortalama Hız (m/dk)- B</i>	<i>Süre (Adam-saat) – A / B</i>
8.080	4,10	32,85
<i>Cu30kV (Hedeflenen)</i>		
<i>Üretilen Miktar (m)- A</i>	<i>Ortalama Hız (m/dk)- B</i>	<i>Süre (Adam-saat) – A / B</i>
8.080	4,35	30,95

Bir sonraki adımda İş Gücü Verimlilik Oranı (İVO) aşağıdaki formül ile (4.2) (Kahya & Karaböcek, 2020, s. 3) hesaplanarak gerçekleşen verimlilik ile hedeflenen verimlilik arasındaki iş gücü verimlilik farkı bulunmuştur.

$$\text{İş Gücü Verimlilik Oranı, İVO} = \frac{\text{Üretim Miktarı}}{\text{Adam Saat}} \quad (4.2)$$

$$\text{İVO (Hedeflenen)} = \frac{8.080}{30,95} = 261,07$$

$$\text{İVO (Gerçekleşen)} = \frac{8.080}{32,85} = 245,96$$

Hedeflenen İVO ile gerçekleşen İVO arasındaki % fark

$$\frac{\text{İVO (Hedeflenen)}}{\text{İVO (Gerçekleşen)}} \times 100 = \frac{261,07}{245,96} \times 100 = \%6,14 \quad (4.3)$$

İş gücü verimliliğinde meydana gelecek %6,14 artış, ürünün işçilik ve enerji maliyetinde aynı oranda düşürecektir.

Cu30kV ürününün Satış Müdürlüğü tarafından belirlenen maliyet dağılımı bilgisi ışığında üretimde meydana gelen hammadde maliyeti temel alınarak işçilik, elektrik ve gelen yönetim giderleri maliyetleri ve bu giderlerde sırasıyla yapılacak %1,4 ve %6,14’lük iyileştirmelerin kazanımları Tablo 19’da belirtilmiştir.

Tablo 19. Cu30kV Gerçekleşen ve İyileştirilen Maliyet Bilgileri

Cu30Kv				
	Hammadde Maliyeti	İşçilik – Enerji Maliyeti	Genel Yönetim Gideri	Toplam Maliyet
Toplam Maliyet İçerisindeki Oranı (%)	94	5	1	
Birim Maliyet (USD/km)	20.351,48	1.082,53	216,50	21.650,51
İyileştirme Oranı (%)	1,4	6,14		
Yeni Birim Maliyet (USD/km)	20.066,56	1.016,06	216,50	21.299,12
İyileştirme Oranı (%)				1,6

MGA’da tespit edilen kök nedenlerden biri GD teknolojisinin olmaması idi. GD sistemi iletken üzerine kaplanan hammaddelerin eriyik hale getirildiği ekstrüzyon hatlarına hem malzeme akışı hem de ekstrüzyon hızında müdahale edebildiği için üretim esnasında hammaddenin istenilen kalınlıkta ve her noktada aynı miktarda kullanılması sağlanabilir. Bu teknoloji ile birlikte yalıtkan tabakada kullanılan hammadde türü olan XLPE yerine alternatif hammaddeler de kullanılabilir. GD sistem sağlayıcı tedarikçi işletmeden alınan örnek ürün reçetesi ile Cu30kV kodlu üründeki yeni hammadde maliyeti ve kullanım miktarları Tablo 20’de belirtilmiştir. Bu tabloda XLPE ürünü yerine ana taşıyıcı malzeme (L1) ve ilave iki adet yardımcı malzeme (XA1 ve XA2) kullanılmıştır. Yine aynı tabloda yeni reçete ile üretilecek kabloda kullanılacak hammadde miktarları ve bu kullanım miktarına göre maliyetleri hesaplanmıştır.

Tablo 20. Cu30kV’nin GD ile Güncellenen Reçete ve Hammadde Maliyeti

Cu30Kv					
Kullanılan Hammadde	Kalınlık (mm)	Kullanım Miktarı (kg/km)	Birim Maliyet (USD/kg)	Toplam Maliyet (USD/km)	Maliyet içerisindeki oranı (%)
Bakır		2.650	6,25	16.562,5	84,27
Yarı İletken İzole	1,05	120	2,10	252	1,2
L1	8,00	685	1,15	787,75	4
XA1		2	30,8	61,6	0,3
XA2		12	8,20	98,4	0,5
Yarı İletken Bant		14	5,97	83,6	0,4
Ekran İletkeni		225	6,35	1.428,8	7,3
Yalıtkan Bant		11	5,57	61,3	0,3
Dış kılıf		335	0,95	318,3	1,7
TOPLAM		4.054 kg/km		19.654 USD/km	

Yenilenen hammadde maliyeti temel alınarak işçilik, enerji ve genel yönetim giderleri hesaplandığında ortaya çıkan toplam maliyet ve iyileştirme oranı Tablo 21’de belirtilmiştir.

Tablo 21. Cu30kV’nin GD ile Güncellenen Toplam Maliyeti

Cu30Kv				
	Hammadde Maliyeti	İşçilik – Enerji Maliyeti	Genel Yönetim Gideri	Toplam Maliyet
Toplam Maliyet İçerisindeki Oranı (%)	94	5	1	
Birim Maliyet (USD/km)	20.351,48	1.082,53	216,50	21.650,51
Yeni Birim Maliyet (USD/km)	19.654	1.045,43	209,08	20.908,51
İyileştirme Oranı (%)				3,55

Sonuç olarak GD sistemi yardımı ile üretim maliyetinde iki farklı iyileştirme yapılabilmektedir. Bunlar;

- 1- Mevcut hammadde ve reçete kullanımı ile hammadde kullanımı tamamen kontrol altına alınıp süreç hızlandırılmıştır. Mevcut durum ile kıyaslandığında üretim maliyetinde %1,6 iyileştirme sağladığı tespit edilmiştir.
- 2- Yeni hammadde ve reçete kullanımı ile hammadde kullanımı tamamen kontrol altına alınmış ve süreç hızlandırılmıştır. Mevcut durum ile kıyaslandığında üretim maliyetinde %3,55 iyileştirme sağladığı tespit edilmiştir.

Bu iki durumundan üretim maliyetinde en yüksek iyileştirme sağlayan ikinci durum, yeni hammadde ve reçete kullanımı ile GD sistemini devreye alma XYZ işletmesi tarafından tercih edilmiştir.

Mevcut değer akış şeması (Tablo 14) yeni hammadde ve reçete kullanım alternatifi uygulandığında yani GD ile gelecekteki üretim akış şeması Tablo 22’de görüldüğü gibi oluşacaktır.

Tablo 22. Gelecekteki Üretim Akış Şeması

Cu30kV 8x1.000 m	
İşlem Adı	OG Üretim Başlangıç
Tarih	11.11.2019
Saat	8:35 15:59
Operatör	Ahmet İ.
Hat hızı	4,35 m/dk
Üretim Miktarı	1935 metre
İşlem Adı	
Tam Devir Üretim	
Tarih	11.11.2019
Saat	16:00 23:59
Operatör	Ali B.
Hat hızı	4,35 m/dk
Üretim Miktarı	2.088 metre
İşlem Adı	
Tam Devir Üretim	
Tarih	12.11.2019
Saat	00:00 07:59
Operatör	Halit A.
Hat hızı	4,35 m/dk
Üretim Miktarı	2.088 metre
İşlem Adı	
Tam Devir Üretim	
Tarih	12.11.2019
Saat	08:00 15:32
Operatör	Ahmet İ.
Hat hızı	4,35 m/dk
Üretim Miktarı	1.969 metre

4.5.5. Verileri Doğrula

GD sisteminin üreticisi işletme tarafından tavsiye edilen reçete ile yapılan üretim ile ürün maliyetinde yapılan %3,55'lik iyileştirmenin kritik CTQ'larda ne kadar etkili olduğunun incelenmesi gerekir. Yeni sistem, öncelikle Tablo 12'de belirtilen bazı VOC ve kritik CTQ'larda etkili sonuç verecektir. Etkilenecek VOC ve CTQ'lar Tablo 23'te belirtilmiştir.

Tablo 23. İyileştirme Sonrası CTQ'lar

MÜŞTERİ	VOC	CTQ	İYİLEŞTİRME SONUCU
KK	-İzole kalınlıkları ve mekanik değerleri standartta belirtilen değerlere uygun olmalı	-İzole kalınlığı standartlara uygun olmalı, çap dalgalanması olmamalı -İzole malzemesinin test değerleri standartları karşılamalı	- GD sistemi sayesinde izole et kalınlıkları her katmanda kontrol edilebilmektedir.
OG operatörü	-Kullanılan izole ve yarı iletken malzeme OG hattında kullanıma uygun olmalı	-Kullanılan izole ve yarı iletken malzemeler, hattın maksimum kapasitede ve hızda çalışmasına uygun olmalı. Ayrıca üretim sonrasında ekstrüderlerde kalıntı bırakmamalı, kolayca temizlenebilmeli.	- GD sistemi ile yenilenen reçetede kullanılan hammaddeler hattın çalışmasına uygun ve en iyi performansı gösterebilecek özellikte. Ayrıca ekstrüderde kalıntı bırakmıyor. Yeni reçetede kullanılan taşıyıcı malzeme ve diğer katkı malzemeleri ilk kullanılan malzemeler ile karşılaştırıldığında hem maliyet açısından daha uygun hem de birçok farklı tedarikçiden alabilme durumu var.
	-Tek tip ve marka hammadde kullanılmamalı	-Hammadde kullanımında, farklı tip ve marka ürünler tercih edilebilmeli. Alternatif üretim teknikleri uygulanabilmesi için farklı tekniklere uygun hammaddeler buldurulmalı. Kullanımdan sonra, kullanılan hammaddeler makinelerden kolaylıkla temizlenebilmeli.	
	-Üretimin başlangıç aşamasında, kapalı sistem olduğu için kullanılan hammadde miktarı net olarak tespit edilebilmelidir.	-OG üretim hattı kapalı bir sistem olduğu için üretimden çıkan ürünün izole kalınlığı ölçülememektedir. GD sistemi ile kullanılacak hammadde ağırlığı sisteme girilebilir ve otomatik olarak istenilen kalınlıkta izole kaplanabilir. Ayrıca X-Ray cihazı ile kalınlık sürekli sabit tutulur.	-GD sistemi ile tasarımda belirlenen hammadde miktarları sisteme yüklenebilecek, teoride hesaplanandan fazla malzeme kullanılmasının önüne geçilmiş olacaktır.
OG siparişi veren müşteri	-Diğer alternatiflerden daha uygun fiyat -Standartlara ve kablo tasarımına uygun kaliteli ürün. Ek ve bağlantı elemanlarına uygun çapta üretilmiş olmalı. -Projeler genel olarak ihale koşullarına bağlı altyapı projeleridir. Ürünlerin zamanında teslim edilmesi önemlidir.	-Ürünün teklif edilen satış fiyatı, rakiplerin önerdiği fiyatlar ile aynı ya da daha düşük olmalı. Zamanında teslim edilmeli. Kalite normlarını karşılamalı.	-GD sistemi ile üretim maliyetinde %3,55'lik iyileştirme sağlanacaktır. Bu durum müşteri beklentilerini karşılayan fiyatlara ulaşmada yardımcı olacaktır. -Üretimin esnasında uygulanan izole malzemelerin kalınlıklarında dalgalanma daha az olacaktır. -Üretim hızı daha yüksek olduğu için planlanan süreden daha önce siparişler tamamlanacaktır.

4.5.6. İyileştirme ve Kısıtı Ortadan Kaldırma

GD sistemi için Almanya merkezli bir üretici ile görüşmeler yapılmıştır. Sistemi üreten işletme, sistemin güvenilirliğini ve ölçüm doğruluğunu göstermek için mevcut hat üzerinde denemeler yapmıştır. Bu denemelerde amaç sisteme ağırlık bilgisi girilen hammaddelerin üretim esnasında gerçekte ne kadar tüketildiğini ölçmektir. Bir diğer amaç ise malzeme akışında herhangi bir problem olduğunda GD sisteminin üretim hattına nasıl müdahale ettiği ölçülmesidir.

Bu aşamada yapılan çalışma bütünleşme adımlarında belirtilen DOE uygulamasıdır. DOE, bir sürecin performansını iyileştirmek amacı ile süreci etkileyen faktörler arasında değişiklikler yaparak çıktı üzerindeki etkilerin incelenmesidir (Demir, 2004, s. 7).

GD ile ölçümü yapılan ve süreci etkileyen hammaddeler; L1, XA1 ve XA2'dir. Bu üç farklı hammadde için GD üreticisinden alınan yalıtkan tabaka için temel bir reçete bilgisi alınmıştır. Bu reçete, kullanılacak olan hammadde ve OG üretim hattının kapasitesine göre değişebilmektedir. Mevcut OG üretim hattı için en uygun ürün birleşimini bulmak için yeterli sayıda deneme yapılması gerekmektedir. Bunun için deneysel tasarımlarından olan Faktöriyel Tasarımlar'dan (FD) yararlanılacaktır.

FD, Fisher (1935) ve Yates (1937) tarafından önerilen, iki veya daha fazla faktörün ana etkilerini ve etkileşim etkilerini aynı anda araştırmak için kullanılan tasarımlardır (Şenoğlu & Acıtaş, 2020, s. 3). Etkilerini inceleyeceğimiz hammaddelerin önerilen temel reçetede değerlerinden düşük ya da yüksek olması durumu inceleneceğinden her faktörün iki seviyesi olduğu söylenebilir. Bu durumda 2^k deney tasarımı kullanılabilir. Burada "k" faktör sayısını, "2" seviye sayısını belirtmektedir. Faktörlerin reçete değerinden düşük seviyede olması durumunda "-", yüksek seviyede olması durumunda "+" değerinde gösterilecektir. Deney sayısı şu şekilde (4.4) hesaplanır;

$$\text{Deney Sayısı} = \text{Değişken Sayısı}^{\text{Faktör Sayısı}} = 2^3 = 8 \quad (4.4)$$

Yapılan denemelerde, GD sisteminin performansı, sistemin malzeme artış ya da azalış talebine ne kadar sürede cevap verdiği (beklenti 3 saniyenin altında), hammaddelerin artış ve azalışında hattın çalışma hızının değişimi, çıkan ürünün kalitesi ve ürünün maliyeti değerlendirilmiştir.

Her bir deney için ayrı ayrı 5 farklı, toplamda 40 deneme yapılmıştır. Her deneme sonucunun aritmetik ortalaması alınarak deneyde kullanılan hammaddelerin seviyesi tespit belirlenmiştir.

En uygun hammadde birleşimi, OG hat hızının (+), kalitenin (+), maliyetin (-) olduğu ve bu birleşimde GD hızının malzeme değişimlerine 3 sn'nin altında cevap verdiği birleşimdir.

Tablo 24. Deney Tasarımında Faktörlerin Etkileri

Deney Sayısı	HAMMADELER			DEĞERLENDİRME			
	L1	XA1	XA2	GD hızı (sn)	OG hat hızı	Kalite	Maliyet
1	+	+	+	2	+	+	+
2	+	-	+	2	-	-	+
3	+	+	-	2	+	+	+
4	+	-	-	1	-	-	-
5	-	+	+	2	+	+	+
6	-	-	+	2	-	-	+
7	-	+	-	1	+	+	-
8	-	-	-	1	-	-	-

Tablo 24 göz önüne alındığında yapılan deneylerde yedinci deneyin etki değerlendirmesi açısından en uygun faktör birleşimi olduğu tespit edilmiştir.

GD sisteminin işletmeye maliyeti ve sistem kurulumu için gerekli diğer yatırımlar Tablo 25'de belirtilmiştir.

Tablo 25. GD Sistem Maliyeti

	<i>Alınacak Makine ya da Yapılacak Yatırım</i>	<i>Tutar (USD)</i>
1	<i>GD Sistemi</i>	101.920
	<i>-Sistem ekipmanları</i>	93.100
	<i>-Nakliye</i>	2.900
	<i>-Kurulum ve servis</i>	5.920
2	<i>Sistem için gerekli Alt yapı</i>	10.000
	<i>-XA1 ürünü depolama odası</i>	1.000
	<i>-Yangın söndürme sistemi</i>	7.500
	<i>-L1 ve XA2 besleme üniteleri</i>	1.500
	TOPLAM	111.920

Gelir getirmesi ya da tasarruf sağlaması beklenen yatırımların ekonomik analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi gerekir. Ekonomik analiz, işletmeye yapılması düşünülen yatırımın, kârlılığının, devamlılığının ve güvenilirliğinin analiz edilmesidir. Başlıca analiz yöntemleri basit kârlılık oranı yöntemi, geri ödeme süresi yöntemi, net bugünkü değer yöntemi ve iç kârlılık oranı yöntemi gibi yöntemlerdir (Saray, 2019, s. 36-39). Net bugünkü değer yöntemi, yatırımın nakit girişlerinin bugünkü değeri ile nakit çıkışlarının bugünkü değeri arasındaki farka eşittir. Bugünkü değer hesaplamalarında sermaye maliyeti de göz önünde bulundurularak hesaplama yapılması gerekir. Bu

yatırımın ekonomik ömrü boyunca yıllık sermaye maliyeti öngörüsünde bulunmak Türkiye gibi kırılgan ekonomilerde oldukça zor olacaktır. Önümüzdeki dönemlerde yaşanacak seçim süreci ve diğer siyasal gelişmeler faiz oranlarında ciddi dalgalanma meydana getirebilir. İşletme, yatırım kararı verebilmek için yatırımın geri ödeme süresi (GÖS) analizine başvuracaktır. GÖS; yatırım için harcanan değer ne kadar sürede geri alınacağını gösteren sayısal bir değerdir (Fizibilite Info, 2020). Bu projede, GD için yapılacak yatırımdan elde edilecek tasarruf ile yatırım maliyetinin ne kadar sürede karşılanacağı tespit edecektir (4.7).

İşletme, 2020 yılı için OG ürün grubu satış rakamını, sonuçlanmasını beklediği ihaleler göz önüne alınarak yaklaşık 13 Milyon USD olarak belirlemiştir. Herhangi bir yatırım yapılmamış olsaydı, %4'lük kâr marjı ile satıldığını düşündüğümüzde satışların maliyeti aşağıda hesaplandığı gibi 12.500.000 USD olarak belirlenmiştir.

$$\text{Satış Tutarı} = \text{Satışların Maliyeti} \times (1 + \text{Kâr Marjı}) \quad (4.5)$$

$$13.000.000 = \text{Satışların Maliyeti} \times 1,04$$

$$\text{Satışların Maliyeti} = \frac{13.000.000}{1,04} = 12.500.000$$

Satış biriminden alınan maliyet dağılımı göz önüne alındığında maliyet kalemlerinin dağılımı ise şu şekildedir;

$$\text{-Hammadde Maliyeti (\%94)} = 11.750.000$$

$$\text{-İşçilik ve Enerji Maliyeti (\%5)} = 625.000$$

$$\text{-Genel Giderler (\%1)} = 125.000$$

Bütünleşme modeli uygulaması ile GD sistemi ile hammadde, işçilik ve enerji giderlerinde daha önce aynı hammaddeler ile %1,6, farklı reçete ile %3,55 tasarruf edebileceği tespit edilmişti. Buna dayalı olarak ortalama tasarruf getirisi aşağıda hesaplandığı gibi 318.656 USD olarak belirlenmiştir;

$$\text{Ortalama Tasarruf } (\bar{x}) = \frac{\sum \text{Birim Tasarruf}}{n} \quad (4.6)$$

$$\text{Ortalama Tasarruf } (\bar{x}) =$$

$$\frac{\sum (\text{Hammadde Mly.} \times \% \text{ İyileştirme}) + (\text{İşçilik \& Ener. Mly.} \times \% \text{ İyileştirme})}{n}$$

$$\text{Ortalama tasarruf } (\bar{x}) = \frac{(11.750.000 \times \%1,6) + (625.000 \times \%3,55)}{2} \\ = 210.187,50 \text{ USD}$$

GÖS formülüne göre (4.7) (Saray, 2019, s. 37), bu yatırım 2020 yılı içerisinde elde edilecek kazanç ile bir yıldan kısa süre içerisinde karşılanabilecektir. Bu nedenle işletme yatırım kararı almıştır.

$$\text{GÖS} = \frac{\text{Yatırım Bedeli}}{\text{Yıllık Net Kazanç}} = \frac{111.920 \text{ USD}}{210.187,50 \text{ USD}} = 0,53 \text{ Yıl} \quad (4.7)$$

4.5.7.Kontrol ve Yeni Kısıtların Tespiti

GD sistemi devreye alındıktan sonra, elde edilen kazanımların doğruluğunu tespit etmek için kullanılan ERP programından farklı yapıdaki örnekler seçilmiş, ürünlerin teoride belirtilen hammadde kullanım miktarları ve üretim hızları ile GD sistemi ile çalışan OG üretim hattında gerçekleşen değerlerin kıyaslaması yapılmıştır.

İlk olarak işletmenin ihraç kalemlerinden olan 45kV kapasiteli bakır iletkenli kablunun üretim değerleri ile analiz yapılmıştır. Tablo 26'da söz konusu kablunun tasarımı belirtilen hammadde miktarı ve maliyeti ile GD sistemi ile OG hattında gerçekleşen üretimdeki hammadde miktarı ve maliyeti detaylandırılmıştır.

Tablo 26'daki veriler kullanılarak Cu45kV kodu ile tanımlanan ürünün GD sistemi yardımı ile üretilmesinde elde edilen kazanımı tespit etmek için tasarımı harcanan hammadde maliyeti ve hızı ile yeni sistemdeki değerler karşılaştırılmıştır. Ürünün hammadde maliyetinde %1,55 iyileştirme sağlanmış, üretim hızı da %2,56 artmıştır.

$$\frac{\text{Tasarım Maliyet}}{\text{GD Sistemi ile oluşan Maliyeti}} \times 100 = \frac{29.240,5}{28.792,3} \times 100 = \%1,55 \quad (4.8)$$

$$\frac{\text{GD Sistemi ile Üretim Hızı}}{\text{Tasarım Üretim Hızı}} \times 100 = \frac{3,20}{3,12} \times 100 = \%2,56 \quad (4.9)$$

Tablo 26. Cu45kV Tasarım ve Üretim Değerleri

<i>Cu45kV</i>					
TASARIM					
<i>Kullanılan Hammadde</i>	<i>Kalınlık (mm)</i>	<i>Kullanım Miktarı (kg/km)</i>	<i>Birim Maliyet (USD/kg)</i>	<i>Toplam Maliyet (USD/km)</i>	<i>Hat Hızı (m/dk)</i>
Bakır		3.380	6,15	20.787	3,12
Yarı İletken İzole	1,1	150	2,12	318	
XLPE	12	1.291	1,85	2.388,4	
Yarı İletken Bant		17	6,54	111,2	
Ekran İletkeni		776	6,27	4.865,5	
Yalıtkan Bant		14	6,04	84,6	
Dış kılıf		540	1,27	685,8	
TOPLAM		6.168 kg/km		29.240,5 USD/km	
ÜRETİM					
Bakır		3.380	6,15	20.787	3,20
Yarı İletken İzole	1,11	165	2,12	318	
L1	12,05	1.274	1,19	1.516	
XA1		4	8,6	34,4	
XA2		22	17	374	
Yarı İletken Bant		17	6,54	111,2	
Ekran İletkeni		777	6,27	4.872,8	
Yalıtkan Bant		15	6,04	90,6	
Dış kılıf		542	1,27	688,3	
TOPLAM		6.196 kg/km		28.792,3 USD/km	

6 σ kavramı ile ilgili yapılan açıklamada σ değerinin DPMO'yu tanımladığı belirtilmişti. σ değeri ne kadar büyük ise hata sayısı o kadar düşüktür. Süreçteki yapılan herhangi bir iyileşme σ seviyesini artıracaktır. Bu aşamada Cu45kV ürünün GD sistemi devreye alınmadan önce ve sonra ortaya çıkan hammadde maliyetlerinin tasarım maliyeti göz önüne alınarak σ düzeyleri hesaplanıp karşılaştırılmıştır. İşletme Cu45kV ürününün üretim sonrası ortaya çıkan hammadde maliyetinin tasarım maliyetine eşit ya da düşük olmasını hedeflemektedir.

GD sistemi öncesi 2018 – 2019 yılları arasında yapılan Cu45kV tipi kablodan toplam 18 parti üretim yapılmıştır. Üretimlerin sonucunda elde edilen hammadde maliyetleri Tablo 27'de belirtilmiştir. Bu tabloda tasarım maliyetine eşit ya da düşük olan üretim sayısı 8'dir.

Tablo 27. Cu45kV GD Öncesi Gerçekleşen Hammadde Maliyeti

<i>Cu45kV</i>			
<i>Üretim Tarihi</i>	<i>Hammadde Maliyeti (USD)</i>	<i>Üretim Tarihi</i>	<i>Hammadde Maliyeti (USD)</i>
<i>10.01.2018</i>	<i>29.650,28</i>	<i>09.05.2019</i>	<i>29.720,56</i>
<i>02.02.2018</i>	<i>29.230,33</i>	<i>30.05.2019</i>	<i>29.230,22</i>
<i>27.03.2018</i>	<i>29.927,55</i>	<i>08.07.2019</i>	<i>29.980,33</i>
<i>04.04.2018</i>	<i>29.190,68</i>	<i>15.07.2019</i>	<i>29.350,68</i>
<i>25.06.2018</i>	<i>29.777,56</i>	<i>10.08.2019</i>	<i>29.229,25</i>
<i>03.07.2018</i>	<i>29.200,65</i>	<i>11.09.2019</i>	<i>29.331,21</i>
<i>10.09.2018</i>	<i>30.000,58</i>	<i>15.10.2019</i>	<i>29.220,65</i>
<i>03.11.2018</i>	<i>29.150,20</i>	<i>22.10.2019</i>	<i>29.550,28</i>
<i>05.12.2018</i>	<i>29.210,80</i>	<i>01.11.2019</i>	<i>30.005,72</i>

Tablo 27'deki veriler ışığında GD sistemi öncesi inceleme yapılan sürecin σ seviyesini hesaplamak için DPMO bulunarak σ değer tablosundan yararlanılabilir. DPMO'nun hesaplanması için sırası ile ürün başına düşen hata miktarı (DPU) ve DPO'nun da tespit edilmesi gerekir. Bunun için aşağıdaki formüller uygulanır (Eren B. , 2020). Hatalı ürün miktarı, belirlenen tasarım maliyetinden daha fazla maliyetle üretilen ürünler olarak belirlenmiştir.

$$DPU = \frac{\text{Hatalı Ürün Miktarı}}{\text{Üretim Miktarı}} \quad (4.10)$$

$$DPO = \frac{\text{Hatalı Ürün Miktarı}}{\text{Üretim Miktarı} \times \text{Birimdeki Hata Fırsatı}} \quad (4.11)$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (4.12)$$

Hatalı ürün miktarı = 10

Üretim Miktarı = 18

Birimdeki Hata Fırsatı = Bir üretimin hatalı olmasını nitelendiren özelliklerin toplamıdır (Eren B. , 2020). Bu süreçte hammadde maliyetinin yüksek olması hata olarak nitelendirildiği için birdir. Buna göre;

$$DPU = \frac{\text{Hatalı Ürün Miktarı}}{\text{Üretim Miktarı}} = \frac{10}{18} = 0,555$$

$$DPO = \frac{10}{18 \times 1} = 0,555$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 = 0,555 \times 1.000.000 = 555.000$$

Bulunan DPMO seviyesine karşılık gelen σ değerini Tablo 28'den tespit edebiliriz. Bu tabloya göre GD sistemi öncesi sürecin σ değeri 1,3 ile 1,4 arasındadır.

Tablo 28. “ σ ” Değer Tablosu

σ	<i>DPMO</i>	σ	<i>DPMO</i>
6	3,4	2	308.538
5	233	1,8	382.089
4,5	1.350	1,5	500.000
4	6.210	1,4	539.828
3,5	22.750	1,3	579.260
3	66.807	1	691.462
2,5	158.665	0,5	841.345
2,3	211.855	0,3	884.930
2,2	241.964	0,1	919.243

Kaynak: (Sağlık Yönetimi 2019, 2020)

GD sistemi devreye alındıktan sonra, Şubat ve Ağustos 2020 arası dönemde Cu45kV tipi kablo üretiminden 9 parti üretim yapılmıştır. Üretimlerin sonucunda elde edilen hammadde maliyetleri Tablo 29’da belirtilmiştir.

Tablo 29. Cu45kV GD Öncesi Gerçekleşen Hammadde Maliyeti

<i>Cu45kV</i>	
<i>Üretim Tarihi</i>	<i>Hammadde Maliyeti (USD)</i>
<i>05.03.2020</i>	28.792,30
<i>19.03.2020</i>	29.242,00
<i>25.04.2020</i>	28.695,65
<i>10.05.2020</i>	28.800,25
<i>25.05.2020</i>	29.257,33
<i>01.06.2020</i>	28.720,16
<i>20.06.2020</i>	28.698,25
<i>01.07.2020</i>	28.820,90
<i>10.07.2020</i>	28.920,90

Bu tabloya göre hatalı ürün miktarı, toplam üretim ve (4.11) ve (4.12) deki formüller uygulanacak olursa;

$$DPU = \frac{\text{Hatalı Ürün Miktarı}}{\text{Üretim Miktarı}} = \frac{2}{9} = 0,222$$

$$DPO = \frac{2}{9 \times 1} = 0,222$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 = 0,222 \times 1.000.000 = 222.000$$

Tablo 28'e göre GD sistemi devreye alındıktan sonra sürecin σ değeri 2,2 ile 2,3 arası bir değere ulaşmıştır. Her ne kadar GD sistemi devreye alındıktan sonra Cu45kV ürünü için sadece 9 parti üretim yapılmış olmasına rağmen, elde edilen sonuçlar doğrultusunda GD sisteminin devreye alınması ile σ değerinde artış meydana geldiği, süreçte iyileşme olduğu sonucuna ulaşabiliriz.

Seçilen ikinci örnekte alüminyum iletkenli bir kablo seçilmiştir. Bu kablo imalatında GD ile kullanılabilen hammaddeler değil, tasarımda belirtilen XLPE hammaddesi kullanılmıştır. Alüminyum iletken, bakır iletkenine nazaran iletkeni oluşturan teller arası boşluğun daha fazla olduğu bir iletken türüdür. Daha yumuşak bir yapıya sahip olduğu için işlenmesi kolay ancak üretim sırasında kontrolü zor olan, iletken çap dalgalanması olabilen bir yapıya sahiptir. Bakır daha kompakt yapıdadır ancak alüminyum yapısı daha gevşektir. İletkeni oluşturan teller arasında boşluk fazla olduğu için yarı iletken malzeme bu boşluklar arasına girer. Bu nedenle kullanılan malzeme miktarı daha fazla olmaktadır. Tablo 30'da alüminyum iletkenli 35 kV anma gerilimi olan ve Türkiye'de bir proje için kullanılan kablonun tasarım ve GD sistemi ile üretim değerleri kıyaslaması yapılmıştır. Kablo kodu Al35kV olarak tanımlanmıştır. Tasarımda, kablonun bağlı olduğu standartta, yarı iletken kalınlığı ve izole miktarı sırası ile 1,00 mm ve 9,00 mm olarak belirlenmiştir. Ancak tasarım esnasında, alüminyum iletkenin telleri arası boşluklar göz önüne alınarak ve üretim esnasında et kalınlığının tam olarak kontrol edilemeyeceği düşüncesi ile yarı iletken ve izole kalınlıkları 1,10 mm ve 9,20 mm olarak belirlenmiştir. GD sistemi yardımı ile iletken yapısı uygun olmasa bile standarda uygun kalınlıklarla üretim yapılabilmiştir. Al35kV kodlu ürünün tasarım ve üretim değerleri arasındaki hammadde maliyeti ve üretim hızı karşılaştırılmıştır. Ürünün hammadde maliyetinde %1,13 iyileştirme sağlanmış, üretim hızı da %5,26 artmıştır.

$$\frac{\text{Tasarım Maliyet}}{\text{GD Sistemi ile oluşan Maliyeti}} \times 100 = \frac{6.722,7}{6.647,3} \times 100 = \%1,13 \quad (4.10)$$

$$\frac{\text{GD Sistemi ile Üretim hızı}}{\text{Tasarım Üretim hızı}} \times 100 = \frac{4,00}{3,80} \times 100 = \%5,26 \quad (4.11)$$

Bununla birlikte, işletmenin yılda iki kez yaptığı yönetimin gözden geçirme toplantılarında ele alınan OG üretim hattındaki üretim başına hurda miktarı, GD sistemi devreye alındığı 2020 yılı itibari ile düşüş eğilimine geçmiştir. 2018 yılında üretim başına ortalama 20,74 metre olan hurda miktarı, 2019'da 19,64 metre olarak gerçekleşmiştir. GD

sistemi devreye alınmaya başladığı 2020 yılı Ocak ayı itibarı ile ilk 6 ayda ortalama üretim başına hurda miktarı 16,48 metreye düşmüştür.

Tablo 30. A135kV Tasarım ve Üretim Değerleri

<i>A135kV</i>					
TASARIM					
<i>Kullanılan Hammadde</i>	<i>Kalınlık (mm)</i>	<i>Kullanım Miktarı (kg/km)</i>	<i>Birim Maliyet (USD/kg)</i>	<i>Toplam Maliyet (USD/km)</i>	<i>Hat Hızı (mt/dk)</i>
Alüminyum		1.010	2,05	2.070,5	3,80
Yarı İletken İzole	1,1	139	2,12	294,7	
XLPE	9,2	906	1,85	1.676,1	
Yarı İletken Bant		14,3	6,54	93,5	
Ekran İletkeni		320,2	6,27	2.007,7	
Dış kılıf		592	0,98	580,2	
TOPLAM		2.982 kg/km		6.722,7 USD/km	
ÜRETİM					
Alüminyum		1.010	2,05	2.070,5	4,00
Yarı İletken İzole	1,0	130	2,12	275,6	
XLPE	9,0	880	1,85	1.628	
Yarı İletken Bant		14,1	6,54	92,2	
Ekran İletkeni		320,2	6,27	2.007,7	
Dış kılıf		585	0,98	573,3	
TOPLAM		2.939 kg/km		6.647,3 USD/km	

Sürekli iyileştirmeye paralel olarak, OG üretim hattında GD sistemini devreye alarak yapılan üretim maliyetindeki iyileştirmeden sonra sürecin bir sonraki adımı olan ekranlama süreci gözden geçirilmiştir. Ekranlama süreci iç ve dış yarı iletken ve izole ile kaplanmış iletken üzerine yarı iletken bant, bakır tel ve bakır bant uygulanması sürecidir. Üretilen kablonun tasarımına göre, yarı iletken bant yerine su tutucu özellikteki yarı iletken bant ve bakır tel ve bant üzerine yine su tutucu özellikteki yalıtkan bant kullanılabilir. Bu süreçte kullanılan bakır tel ve bakır bandın teknik özellikleri, iletken çapları, bandın genişliği ve kalınlığı ile tel ya da bant sayıları kablonun tasarımına göre belirlenir. Hammaddelerin ölçüleri ve sayıları Tablo 31’de gösterilmiştir

Tablo 31. Ekranlama Sürecinde Kullanılan Hammaddelerin Ölçüleri

<i>Hammadde</i>	<i>Ölçüler (mm)</i>			<i>Adet</i>	
	<i>Çap</i>	<i>En</i>	<i>Kalınlık</i>	<i>En az</i>	<i>En çok</i>
Yarı iletken Bant / Su Tutucu Yarı İletken Bant	-	60	0,35	1	2
Bakır Tel	0,60 – 1,76	-	-	43	80
Bakır Bant	-	10 – 42	0,09 – 0,20	1	2
Yalıtkan Su Tutucu Bant	-	60	0,35	1	2

Yarı iletken bant, su tutucu bant, bakır bant ve yalıtkan su tutucu bantlar farklı üreticilerden tedarik edilmektedir. Bobin şeklinde, göbek çapı 52 mm, dış çapı 450-500 mm ölçülerinde tedarik edilen bantlar, bantlama makineleri ile kablo yüzeyine uygulanır. Bakır teller, işletme tarafından üretilmektedir. Tel dairesinde bulunan bakır tel çekme makinelerinde, istenilen çaplarda üretilen bakır teller 630 mm çapında demir makaralara sarılı halde ekranlama bölümüne gönderilir. Ekranlama makinesi, çift taraflı çapı 150 cm olan döner bir aksam üzerinde 71 adet 160 mm çapında plastik makaranın takılı olduğu bir makinedir. Bu plastik makaralara ekranlamada kullanılan bakır teller sarılmaktadır. Tel dairesinden gönderilen 630 mm çapında demir makaraya sarılı bakır teller 160 mm çapındaki plastik makaralara aktarılmaktadır. Ekranlama bölümünde bulunan bir aktarma makinesi yardımı ile aynı anda 2 adet 630 mm çapındaki demir makara yine 2 adet 160 mm çapındaki makaraya aktarılabilir.

Tasarım ve üretim değerleri kıyaslaması yapılan Cu45kV tipindeki kablonun (Tablo 26) ekranlama sürecinde kullanılan hammaddelerinin bilgileri Tablo 32’de gösterilmiştir.

Tablo 32. Cu45kV Ekranlama Tasarım Bilgileri

<i>Cu45Kv</i>					
<i>TASARIM</i>					
<i>Hammadde</i>		<i>Ölçü (mm)</i>			
		<i>Çap</i>	<i>Adet</i>	<i>En</i>	<i>Kalınlık</i>
Yarı İletken Bant		-	1	60	0,35
Ekran İletkeni	Bakır Tel	1,36	58	-	-
	Bakır Bant	-	1	10	0,10
Yalıtkan Su Tutucu Bant					

Cu45kV kablonun bir kilometresinde 58.000 metre 1,36 mm çapında iletken ve bu iletkenleri bir arada tutmak için 1.000 metre bakır bant kullanılır. İki adet 160 mm

plastik makaraya 630 mm çapındaki demir makaradan 1,36 mm çapındaki iletkenin aktarımı 10 dakika sürmektedir. 58 adet makara için toplamda 290 dakika gerekmektedir.

Tablo 33. Cu45kV Ekranlama Üretim Bilgileri

Cu45kV 11x800 m	
İşlem Adı	Ekranlama Üretim Hazırlık (Bakır Tel Aktarma)
Tarih	10.05.2020
Saat	10:40 15:30
Operatör	Ferhat Ö.
Hat hızı	100 m/dk
Üretim Miktarı	58.000 metre (1,36 mm bakır telin 58 adet plastik makaraya sarımı)
İşlem Adı	Ekranlama
Tarih	10.05.2020
Saat	16:00 18:20
Operatör	Ferhat Ö.
Hat hızı	5,70 m/dk
Üretim Miktarı	803 metre
İşlem Adı	Ekranlama
Tarih	10.05.2020
Saat	20:40 23:06
Operatör	Halis D.
Hat hızı	5,70 m/dk
Üretim Miktarı	808 metre
İşlem Adı	Ekranlama
Tarih	11.05.2020
Saat	01:20 03:40
Operatör	Halis D.
Hat hızı	5,70 m/dk
Üretim Miktarı	805 metre

Kayıtlar incelendiğinde, her biri 800 metre olan 11 makara Cu45kV siparişinde, ekranlama sürecinin başlangıç aşamasında 58 adet plastik makaraya toplamda 290 dakikada aktarma yapılmıştır. 800 metre uzunluğundaki her makaranın ekranlama süreci 140 dakika sürmektedir. 140 dakika sonunda ekranlama için kullanılan 58 adet plastik makara boşaldığı için değiştirilmesi gerekir. Ekranlama operatörü, aynı anda hem ekranlama makinesini hem de 630 mm demir makaradan plastik makaraya tel aktarma işlemini yapabilmektedir. İlk 58 makara yüklendikten sonra ekranlama süreci başlatılır. 140 dakika sonunda ilk 800 metrelik makaranın ekranlama süreci tamamlanır. Ancak yeni 800 metrelik makarayı ekranlamak için gerekli 58 adet makara henüz hazır olmadığı için süreç başlatılamaz. En az 150 dakika geçtikten sonra yeni makaranın ekranlamasına başlanabilir. Bu durumda ekranlama sürecince tel aktarma süreci ekranlama sürecinin dar

boğazı olarak tanımlanır. KT ve 6σ bütünleşme modeli bu darboğazı yönetmek ve ortadan kaldırmak için tekrar uygulanmalıdır.

4.6.Uygulamanın Değerlendirilmesi

Bu uygulamanın amacı, Türkiye’de en büyük ilk 5 enerji kablosu üretim tesisi içerisinde yer alan bir işletmede, OG ürün grubunda yaşanan satışlardaki düşüşün temel nedenlerini araştırıp ortadan kaldırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için Jin ve diğerlerinin (2009) savunduğu KT ve 6σ bütünleşme modeli adımları uygulanmıştır. Bütünleşme modelinin uygulama adımları Tablo 34’de özetlenmiştir.

Öncelikle satış rakamlarındaki azalışın, piyasa dinamikleri ile örtüşmediği tespit edilmiştir. OG ürün grubu genel olarak büyük trafo merkezlerinden, ilçe ya da mahallere elektrik enerjisini taşımak için kullanılır. Şehirleşme oranı arttıkça ve alt yapı yatırımları devam ettikçe OG enerji kablosuna olan talebin arttığı görülmektedir. TÜİK’den alınan 2017 – 2019 yılları arasında gerçekleşen Türkiye’deki inşaat ciro endeksine ve OG ürün grubu ihracat rakamlarına bakıldığında söz konusu ürün grubuna olan talebin hem yurtiçinde hem de yurtdışında arttığı görülmektedir. Buna rağmen işletmenin satışları aynı dönem içerisinde düşüş eğilimindedir. Satış düşüklüğünün ana nedeni olarak, müşterilere teklif edilen satış fiyatlarının, diğer rakip üreticilerin fiyatları ile rekabet edilememesi görülmüştür. İşletmenin OG üretim maliyetlerinin yüksek olduğu, daha uygun satış fiyatı verebilmek için bu maliyetleri düşürmesi gerektiği belirlenmiştir.

Jin ve diğerlerinin (2009) savunduğu on adımlı bütünleşme modeli uygulanarak aşağıdaki sorulara yanıt bulunmaya çalışılmıştır;

- 1- OG ürün grubunda satış rakamlarında yaşanan bu düşüşün kök nedenlerinin ne olduğu,
- 2- Jin ve diğerlerinin (2009) savunduğu bütünleşme modelinin uygulanmasının bu kök nedenlerin tespitine ve ortadan kaldırılmasına yardımcı olup olamayacağı,
- 3- Kök nedenin ortadan kaldırılmasının işletmeye nasıl bir fayda sağlayacağı.

Birinci sorunun cevabını bulabilmek için öncelikle OG üretim süreci şeması detaylandırılmıştır. Ardından bütünleşme modelini uygulamak ve değerlendirmek için fabrika yöneticilerinden oluşan bir proje ekibi görevlendirilmiştir. Proje ekibi üretim maliyetinin yüksek olmasının satış fiyatlarını doğrudan etkilediğini belirlemiş bu nedenle rekabetçi satış fiyatları sunabilmek için üretim maliyetini düşürmeyi hedeflemişlerdir.

Bütünleşme modelinin uygulanması ile cevap bulunması hedeflenen üç sorudan ilki olan kök nedenlerin tespiti için öncelikle MGA'dan yararlanılmıştır. Ardından SIPOC haritası ve VOC yardımı ile kritik CTQ'lar tanımlanmıştır. Pareto analizi ve sebep-sonuç diyagramları ile kök nedenin tanımlama, ölçme ve analiz kısımları tamamlanmıştır. Tespit edilen kök nedenin OG üretim maliyetinin yüksek olduğu belirlendikten sonra, yüksek maliyeti neden olan parametreler, kullanılan ERP programından alınan üretim kayıtlarının yardımı ile tespit edilmiştir.

MGA'da tespit edilen kök nedenlerden biri GD sisteminin mevcut üretim hattında olmamasıdır. OG üretim hattında GD sistemini devreye almanın üretim maliyetinde %1,56 ile %3,55 oranında iyileştirme sağlayacağı yapılan analizler sonucunda ortaya çıkmıştır. GD sisteminin yatırım maliyetinin geri ödeme süresi de bir yıldan kısa sürmektedir. Kök nedenin ortadan kaldırılmasının işletmeye sağlayacağı fayda diğer ürünlerin üretim kayıtları ve farklı reçete uygulamaları ile kanıtlanmıştır. Ayrıca sistem devreye alındıktan sonra yapılan analizlerde süreç iyileştirmelerinin bir diğer göstergesi olan σ değerinde de olumlu yönde etki yaptığı görülmüştür. İnceleme yapılan Cu45kV tipi üründe, hammadde maliyetinin tasarım maliyetinden yüksek olduğu durumları hatalı ürün olarak tanımlanması ile GD sistemi önce σ değeri 1,3 ile 1,4 arasında tespit edilirken, sistem devreye alındıktan sonra söz konusu değer 2,2 – 2,3 σ 'ya yükselmiştir. Son olarak OG üretim hattının diğer aşamalarından olan ekranlama sürecinde üretim maliyetini ve verimliliğini etkileyen yeni bir kısıt belirlenmiş Jin ve diğerlerinin savunduğu bütünleşme modeli tamamlanmıştır. Bu model sayesinde OG üretim sürecinde kısıtlar tespit edilmiş, yönetilebilmiş ve ortadan kaldırılmıştır.

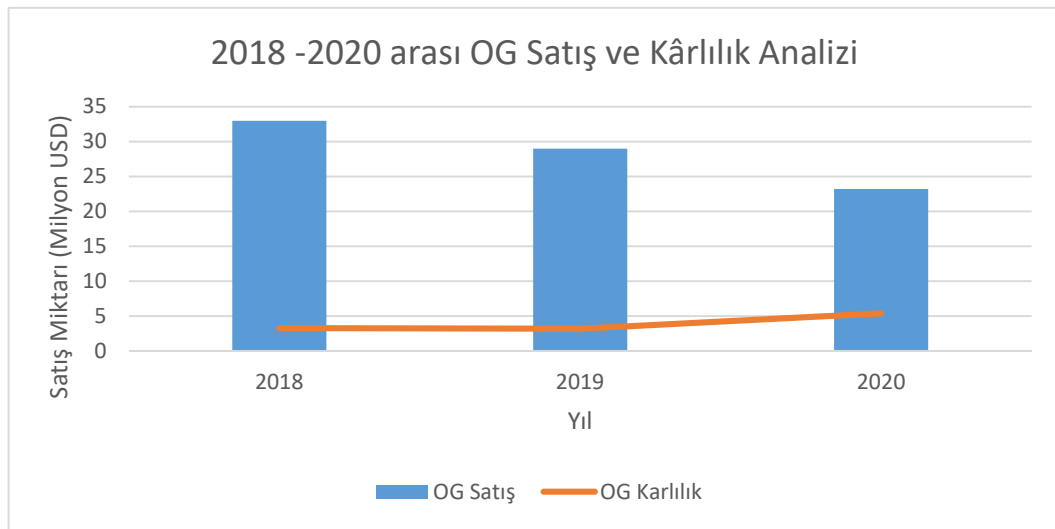
2020 yılı Şubat ayında GD sistemi tam olarak devreye alınmıştır. GD sistemi devreye alındıktan sonra işletme OG maliyetlerini tekrar gözden geçirmiştir. Daha önce üretimde yaşanacak hammadde sapmaları, standardın belirttiği kalınlık değerlerine göre en aza indirilerek ürün maliyetleri çıkartılmıştır. Bununla birlikte GD sistemi ile sağlanacak yeni hammadde kullanımının ve iş gücündeki verimlilik artışının üretim maliyeti üzerindeki olumlu etkileri ürün fiyatlarına yansıtılmıştır. 2018-2020 yılları arasında ilk 6 aylık dönemlerdeki toplam OG satış ve satış karlılıkları Grafik 3'te gösterilmiştir.

Tablo 34. Bütünleşme Modeli Uygulama Özet Tablosu

Bütünleşme modeli adımları	Uygulanan yöntem	Elde edilen sonuç	Şekil/Tablo
Kısıtı Tanımlama	-Kısıtı tanımlamak için Proje ekibi oluşturulmuştur. -Mevcut durum analizi ve kök neden tespiti için MGA'dan yararlanılmıştır.	MGA yardımı ile 3 adet kök neden tespit edilmiştir. Bu nedenlerden biri olan "GD teknolojisinin olmaması" kısıt olarak tanımlanmıştır.	Şekil 33
Tanımlama	-SIPOC haritasının çıkarılması - Kritik CTQ'ların tespit edilmesi için VOC analizinin yapılması	SIPOC haritası yardımı ile süreçlerdeki müşteriler tespit edilmiştir. Müşteriler ile yapılan görüşmeler sonucunda VOC analizi yapılmış ve kritik CTQ'lar tespit edilmiş.	Tablo 10 Tablo 11
Ölçme ve Analiz	-Pareto analizi yardımı ile kritik CTQ'nun kök nedeni bulunmaya çalışılmıştır. -Sebe-sonuç diyagramı oluşturularak proje ekibi ile beyin fırtınası yapıp temel sebep bulunmaya çalışılmıştır	-Pareto analizi ile teklif edilen fiyatın yüksek olması nedeni ile siparişlerin gerçekleşmediği belirlenmiş. -Bu tespitin kök nedeni olan yüksek maliyet unsurunun sebe-sonuç diyagramı ile temel sebepleri tespit edilmiştir.	Tablo 12 Grafik 2 Şekil 34
Kısıtı Yönetme ve Sistemin Kısıta Göre Tasarlanması	-Tasarım ve reel üretim kayıtları kullanılan ERP programında bulunan kayıtlardan çıkarılarak üretim maliyetlerindeki farklılık ve yapılabilecek iyileştirmeler tespit edilmeye çalışılmıştır.	Mevcut yapıdaki üretim maliyetleri ile GD sisteminin uygulanması ile sağlanabilecek iyileştirmeler reel üretim verileri ile kıyaslanabilmiştir. GD sisteminin getirisi sayısal olarak tespit edilmiştir.	Tablo 13 Tablo 14 Tablo 15 Tablo 16 Tablo 17 Tablo 18 Tablo 19 Tablo 20 Tablo 21 Tablo 22
Verileri Doğrula	Yeni sistemin VOC ve kritik CTQ'larda etkisi tespit edilmiştir.	Yeni sistem, öncelikle VOC ve kritik CTQ'larda etkili sonuçlar vermiştir.	Tablo 23
İyileştirme ve Kısıtı Ortadan Kaldırma	-DOE ile süreci etkileyen faktörlerin çıktıya etkileri incelenmiştir. -FD yardımı ile GD kullanılan hammaddelerin etkileri incelenmiştir. -GD sisteminin yatırım kararı incelenmiştir.	-GD sisteminin denemeleri yapılmış. Sistemin en uygun hammadde karması ve bunun etkileri tespit edilmiştir. -GÖS analizi ile GD sistemi yatırım kararının doğruluğu belirlenmiştir.	Tablo 24 Tablo 25
Kontrol ve Yeni Kısıtların Tespiti	-Farklı ürünler ile GD sistemi yardımı ile elde edilen üretim maliyetindeki iyileştirmeler incelenmiştir. -GD sistemi öncesi ve sonrası tasarım maliyetinden yüksek çıkan reel maliyetlerin σ değerleri karşılaştırılmıştır. -Sonraki süreçler gözden geçirilmiş, muhtemel yeni kısıtlar bulunmaya çalışılmıştır.	-GD sisteminin üretim maliyetlerine olumlu etkisi farklı üretimlerde, farklı reçeteler kullanılarak kanıtlanmıştır. -GD sistemi devreye alınmadan önce tasarım maliyetinden yüksek reel maliyetlerin σ değeri 1,3 - 1,4 σ 'dan 2,2 - 2,3 σ 'ya çıkmıştır -OG üretim sürecinin diğer bir aşaması olan Ekranlama sürecinde yeni bir kısıt tespit edilmiştir.	Tablo 26 Tablo 27 Tablo 28 Tablo 29 Tablo 30 Tablo 31 Tablo 32 Tablo 33

2019 yılı sonlarında Çin'in Wuhan eyaletinde ortaya çıkan daha sonra 2020 yılı Şubat ve Mart dönemi ile birlikte ülkemizde ve tüm Dünya'da yayılmaya başlayan Covid-19 pandemisi nedeni ile yaşanan kriz nedeni ile küresel ekonomide ciddi bir daralma yaşanmıştır. Söz konusu daralmaya paralel olarak işletmenin 2020 yılı ilk 6 aylık süreçte OG ürün grubu satışında da daralma meydana gelmiş ancak bir önceki yıllara göre ortalama satış kârlılığında artış meydana gelmiştir. Sonuç olarak XYZ işletmesi, bütünleşme modelinin uygulanması ile OG üretim hattında yapılan iyileştirmelerden memnundur.

Grafik 3. 2018 – 2020 Yılları Arasındaki OG Satış ve Kârlılık Analizi



4.7.Sonuç ve Öneriler

Küresel boyuttaki rekabet ortamında işletmelerin karşılaştığı en büyük problem ürettikleri ürün ya da hizmeti işletmenin faaliyetlerini sürdürmeye yetecek düzeydeki getiri oranı ile satamamasıdır. Arz-talep dengesinin arz yönünde artış göstermesi nedeni ile kısıtlı miktardaki talebi karşılamak için işletmeler en uygun fiyatı vererek müşteri kazanma yoluna giderler. Müşteri sayısı kısıtlı olduğu için üreticiler, müşterileri kazanmak ve elde tutmak için kendilerinden talep edilen en iyi fiyatı sunmak zorundadırlar. Diğer taraftan üreticiler, satıştan yüksek getiri elde edebilmek için üretim maliyetlerini kontrol etmeleri gerekir.

KT, işletmelerin birbirleri ile bağlantılı süreçlerini inceleyerek süreç çıktılarını miktar ya da maliyet açısından olumsuz yönde etkileyen etkenleri bulmayı ve ortadan kaldırmayı hedefleyen bir yönetim felsefesidir. 6σ'nın temel hedefi de işletmelerde süreçlerin sıfır hataya yakın bir performans göstermesi için tasarlanması ve bu

performansın sürekliliğinin sağlanmasıdır. 6σ , istenilen kalite düzeyine ulaşmak için sadece süreç performansı ile ilgilenmez. İç ve dış müşteri beklentileri de göz önüne alınır.

Her iki yöntem de süreç iyileştirmelerinde önemli yöntemler olmasına rağmen bazı eksik yönleri de vardır. 6σ 'nın geleneksel kök neden bulma araçları karmaşık yapılarda yeterli sonuç vermemektedir. KT ise uygulamada minimum çalışan girdisi ile hareket eder. Bu nedenle sistemin bütününe uygulanması pek mümkün olmamaktadır. Ayrıca veri analizlerinin dikkate alınmaması da sonuçların yetersiz olmasına neden olabilir. KT ve 6σ 'nın yer aldığı bir bütünleşme modeli uygulanarak her iki yöntemden de fayda sağlanabilir.

KT ve 6σ yönetim felsefeleri ile ilgili literatür taraması yapıldığında her iki felsefenin de ayrı ayrı birçok işletmede süreç iyileştirme ve süreçlerin performansını artırmada kullanıldığı görülmüştür. KT ve 6σ bütünleşme modeli ile ilgili ise literatürde sınırlı sayıda kaynak olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, literatür taramasında tespit edilen KT ve 6σ 'nın üç farklı model bütünleşme modelinden biri olan Jin ve diğerleri'nin (2009) belirlediği bütünleşme modeli bir sanayi işletmesinde uygulanmıştır. Söz konusu sanayi işletmesi, alçak ve orta gerilim enerji kablosu üreten, bu alanda Türkiye'de ilk beşte yer alan bir işletmedir. Seçilen bütünleşme modeli, işletmenin OG enerji kablosu sınıfında son üç yılda tespit ettiği satış rakamlarındaki düşüşün nedenini tespit etmek ve ortadan kaldırmak için kullanılmıştır. Genel olarak kamu yatırımlarında, alt yapı projelerinde kullanılan OG enerji kablolarında fiyat rekabeti üst seviyelerdedir. Temelde OG enerji kablolarının üretim süreci tüm üreticiler için aynı olmakla birlikte, bu süreçte yapılacak herhangi bir iyileştirme işletmeleri rekabette ön plana taşıyabilecektir.

KT ve 6σ bütünleşme modelinin uygulanması neticesinde OG üretim sürecinde kullanılan hammadde türünde alternatif sağlayan ve hammadde kullanım miktarlarını kontrol etmeye yarayan bir dozajlama sistemi sürece bütünleştirilmiştir. Bununla birlikte bütünleşme modeli sayesinde sürecin diğer aşamalarında yapılabilecek iyileştirmeler belirlenmiştir. Sistem devreye alındıktan sonra tüm Dünya'da yaşanan Covid-19 pandemisinin olumsuz sonuçları nedeni ile OG üretim hattında istenilen satış artışı yaşanmamasına rağmen, karlılık bir önceki yıllara göre artış göstermiştir. Güncellenen maliyetler ile verilen yeni fiyat teklifleri neticesinde özellikle Orta Doğu'da kazanılan yaklaşık 40 milyon USD tutarındaki ihale sayesinde işletmenin OG satışlarından önümüzdeki dönemler için beklentisi hayli yüksektir.

Yapılan bu çalışma ile daha önce belirtildiği gibi benzer konuda literatürde az sayıda bulunan kaynağın içerisinde olunmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışma, Jin ve

diğerlerinin bütünleşme modelinin tüm adımlarında uygulanabilecek yöntem ve metotları içermesi açısından örnek teşkil etmektedir.

Enerji kablosu üretim sektörü rekabetin yoğun olduğu bir sektör olması yanında bilgilerin paylaşımı ve ulaşılabilirliği açısından kapalı bir sektördür. Rakipler birbirleri ile özellikle teknik konularda bilgi alışverişinde bulunmak istemezler. Her işletmenin kendine özgü üretim sırları, kullandıkları özel hammaddeler ve süreç detayları yer almaktadır. Bu nedenle işletme, çalışmada adının belirtilmesini istememiş ve yöntemin uygulanması esnasında bazı teknik bilgilerin gizlenmesini istemiştir.

KT ve 6σ bütünleşme modeli, süreçlerini gözden geçirmek isteyen, üretim maliyetlerini kontrol etmek isteyen üretim ya da hizmet sektöründe faaliyet gösteren tüm işletmelerde uygulanabilir. Bu model sayesinde işletmeler süreçlerinde köklü değişiklik yaparak kârlılık düzeylerini içinde buldukları sektör ortalamalarının üzerine çıkarabilirler.

KAYNAKLAR

- Abid, M., Butt, O. M., Aan, Q., Rashid, B., & Devi, N. S. (2020). Role of Critical Success Factors (CSF) In the Impelemntation of Six Sigma in Hospitals:A Preliminary Study in Pakistan. *Asia-Pasific Journal of Health Management*, 15(1), 1-9.
- Ahmed, S. (2019). Integrating DMAIC approach of Lean Six Sigma and theory of constraints toward quality improvement in healthcare. *Reviews on Environmental Health*, 34(4), 427-434.
- Aiastui, A. L., Perez de Eulate, U. A., & Guisasola, M. M. (2020). A Strategic Approach for Bottleneck Identification in Make-To-Order Environments:A Drum-Buffer-Rope Action Research Based Case Study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(1), 18-37.
- Akay, A., Tiryaki, D., & Çelebi, N. (2020, Mayıs 22). *A3 Yönetimi ile Yağlama ve Paketleme Sürecinin Reorganizasyonu: Metal Sanayi Sektöründe bir Uygulama*. Endüstri Mühendisleri Bahar Konferansları : <http://embk.mmoizmir.org/wp-content/uploads/2016/04/embk2013-003.pdf> adresinden alındı
- Akçimen, C., & Antmen, F. (2019). Kısıtlar Teorisinde Kapasite Kısıtı ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 618-626.
- Akkaya, N. (2015). *Kısıtlar Teorisi ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması*. Adana: Çukurova Üniversitesi.
- Akman, G., & Karakoç, Ç. (2005). Yazılım Geliştirme Prosesinde Kısıtlar Teorisinin Düşünce Süreçlerinin Kullanılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(7), 103-121.
- Akman, G., & Özcan, B. (2017). Türkiye'de Kısıtlar Teorisi ve Uygulamaları Konusunda Yapılan Çalışmalar:Literatür Taraması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 268-282.
- Akman, G., & Ural, Ö. (2011). Şirket Yerel Alan Ağlarının İnternet Bağlantılarında Güvenliğin Sağlanması Probleminin Kısıtlar Teorisi Yaklaşımıyla İncelenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 22(2), 14-32.
- Akman, G., Dönmez, M. A., & Aladağ, Z. (2011). Otomotiv Sektöründe Hidrojen Yakıtlı Sistemlere Geçiş Sürecinde Kısıtlar Teorisi. *Mühendis ve Makina*, 52(612), 66-74.
- Aktar, A. (2017). *Altı Sigma Yaklaşımının Maliyet Yönetim Aracı Olarak Kullanılabilirliğine Yönelik Bir Araştırma:Manisa Örneği*. Burdur: Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.
- Albez, A. (2020). Maliyet Yönetiminde Verimlilik Muhasebesi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 431-444.
- Al-Fasfus, F., Hamza, M., & Elkotayni, K. (2020). The Attitudes of The Industrial Companies Towards The Implementation of Theory of Constraints (A Field Study). *Academy of Strategic Management Journal*, 19(2), 1-14.
- Alghaithi, A., & Sartawi, K. (2020). Improving Remote Employees' Organisational Productivity - Practical Guidelines for Identifying and Managing Bottlenecks in Today's World. *IOSR Journal of Business and Management*, 22(2), 63-74.

- Ali, A. Y. (2020). Six Sigma-DMAIC and Food Waste Hierarchy based Framework for Reducing Food Waste in University Canteens in Ethiopia. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 9(1), 77-83.
- Antmen, Z. F., & Erik, A. (2019). Kısıtlar Teorisi Kavramının Başa baş Analizi ile Birlikte Değerlendirilmesi ve Uygulanması. *Journal of Yasar University*, 14(55), 266-276.
- Arıkan, H. (2009). *Yalın Altın Sigma Metodolojisi ve Bir Uygulama*. Bursa: Uludağ Üniversitesi.
- Atağan, G. (2013). *İşletme Kısıtlarının Aşılmasında Üretme-Satınalma Karar Modeli Önerisi (Kalite Maliyetleri Yaklaşımı)*. İzmir: Altın Nokta Yayınevi.
- Atmaca, M., & Terzi, S. (2007). Stratejik Maliyet Yönetimi Açısından Tam Zamanında Üretim Felsefesi ile Kısıtlar Teorisinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 22(1), 293-309.
- Ayanoğlu, M., & Şakar, M. (2015). Bir Kargo Fimasının Ek Taleplerinin Karşılanması İçin Kısıtlar Kuramı Yaklaşımı Uygulaması. *İşletme Bilimi Dergisi*, 3(2), 19-38.
- Aytekin, F. G., Yörükoğlu, H., & Akman, G. (2012). Kısıtlar Teorisi Yaklaşımı ile Kurumsal Bilgi Teknolojileri Yönetimi Talep Sistemlerinin İyileştirilmesi. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 39-49.
- Bhownik, C., Gangwar, S., & Amitava, R. (2018). Integrating Six-Sigma and Theory of Constraint for Manufacturing Process: A Case Study. *Soft Computing Theories and Applications*, 583, 607-617.
- Bircan, H., & Köse, S. (2012). Altı Sigma ve Firmaların Altı Sigmaya Bakış Açısı:Sivas-Kayseri İli Örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(2), 107-129.
- Boangmanalu, E., Abigail, T., Sembiring, A., & Tampubolon, J. (2020). Minimizing Damage of Product Using Six Sigma and Triz Methods. *IOP Conference Series:Materials Science and Engineering* (s. 1-8). IOP Publishing.
- Büyükıılmaz, O., & Gürkan, S. (2009). Süreçlerde En Zayıf Halkanın Bulunması:Kısıtlar Teorisi. *ZKÜ Sosyala Bilimler Dergisi*, 5(9), 177-195.
- Coşkun, O., & Ekmekçi, İ. (2012). Bir İnşaat Projesinin Evreleri ile Zaman ve Maliyet Analizinin Proje Yönetim Teknikleri Vasıtasıyla İncelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(20), 39-53.
- Cox, J., Jacob, D., & Bergland, S. (2017). *Hız*. İstanbul: Optimist.
- Çalışkan, G. (2006). Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(17), 60-75.
- Çarıkçı, O., & Acar, D. (2017). Hastane Yöneticilerinin İleri Maliyet Yönetimi Yaklaşımı ve Hastane Maliyetlerini Etkileyen Faktörlere İlişkin Görüşlerinin İncelenmesi. *Hacattepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 20(3), 275-298.
- Dakhil, A. (2019). *Development of Effective Methodology for Improving Undergraduate Program Curriculum in Higher Education Utilizing Six Sigma Approach*. Ankara: Atılım Üniversitesi.
- Dalan, Ö., & Yaralıoğlu, K. (2009). Organizasyonlarda Üst Düzey Yöneticilerin Karar Süreçlerinde Bilişim Sistemlerinden Faydalanma Problemleri ve Kısıtlar Teorisi Yaklaşımı ile Çözüm Önerisi. *Aksaray Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 1(1), 57-72.

- Dalgıç, S. (2011). *Türkiye'de Altı Sigma Uygulamalarının Analizi; Sorunlar, Başarı Faktörleri ve İyileştirme Önerileri*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.
- Demir, L. (2004). *İstatistiksel Deney Tasarım Yöntemi ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulanması*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi.
- Demircioğlu, E. N., & Demircioğlu, M. (2016). Üretme-Satın alma Kararlarında Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi ve Kısıtlar Teorisi: Doğrusal Programlama ile Örnek Uygulama. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(33), 316-333.
- Demircioğlu, E. N., Demircioğlu, M., & Küçükşavaş, N. (2010). Kısıtlar Teorisinin Diğer Muhasebe ve Yönetim Teknikleri ile İlişkisi. *Çukurova Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 14(1), 42-55.
- Dettmer, H. W. (1995). Quality and the Theory of Constraints. *Quality Progress*, 28, 77-81.
- Durmuşoğlu, B. A. (2016). *Altı Sigma Yöntemi ile İmalat Sektöründe Ergonomik Risk İndirgeme Uygulaması*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi.
- Eckes, G. (2007). *Herkes İçin Altı Sigma*. İstanbul: MediaCat Kitapları .
- Ehie, I., & Sheu, C. (2005). Integrating Six Sigma and Theory of Constraints for Continuous Improvement: A Case Study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(5), 542-553.
- Ekerşil, V. (2008). Kısıtlar Teorisine Dayalı En Uygun Birleşik ve Ek Mamul Karması Kararına İlişkin Bir Algoritmanın Geliştirilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 3(2), 85-111.
- Ekinci, Ş. (2019). *Mobilya Üretiminde İSG Sorunlarının Çözümünde Kısıtlar Teorisi: Veri Zarflama Analizi Temelinde bir Uygulama*. Malatya: İnönü Üniversitesi.
- Endüstri Mühendisliği İletişim Portal. (2020, 06 12). *Endüstri Mühendisliği*. Endüstri Mühendisleri İletişim Portalı: <http://endustrimuhendisligi.blogspot.com/> adresinden alındı
- Erel, G. (2019). *Kısıtlar Teorisi Yaklaşımının Yazılım Geliştirme Sürecine Etkisi*. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi.
- Eren, B. (2020, Eylül 30). *Altı sigma seviyesinin hesaplanması*. Free Lean Six sigma: <https://tr.freeleansixsigma.com/> adresinden alındı
- Eren, N. S. (2017). *Süreç İyileştirme Yöntemleri ve Altı Sigma Uygulamaları Bir İşletme Örneği*. İzmir: Katip Çelebi Üniversitesi.
- Erol, M. (2008). Kısıtlar Teorisi (Yaklaşımı) ve Teorisinin Stratejik Maliyet Yönteminde Kullanımı. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*(39), 101-109.
- Escobar, V. G., Vega, P. G., & Zamora, M.-d. M. (2016). Applying the Theory of Constraints to the Logistic Service of Medical Records of a Hospital. *European Research on Management and Business Economics*, 22, 139-146.
- Fizibilite Info. (2020, 07 23). *Fizibilite Info*. Fizibilite Info Web Sitesi: <http://www.fizibilite.info/yatirim-geri-odeme-suresi/> adresinden alındı
- Gaga, O. (2009). *Süreç Analizi ve Süreç İyileştirme Metodolojisi ve Kısıtlar Teorisi Yöntemiyle Süreç Analizi Uygulaması*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

- Garza, M. E., Garcia, J. A., Gonzales, S. H., Santoyo, E. A., Esquivias, M. T., & Fernandez, V. F. (2019). Reduction of Work in Process in Manufacturing Systems by Means of a Theory of Constraints Approach and Discrete Event Simulation. *Engineering and Technology Journal*, 4(2), 537-544.
- Global Enstitü. (2020, 03 20). *Global Enstitü*. Glaobal Enstitü Web Sitesi: <https://globalenstitü.com/bolum/problem-cozme-teknikleri/> adresinden alındı
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2018). *Amaç*. İstanbul: Optimist.
- Grida, M., & Zeid, M. (2018). A System Dynamics-Based Model to Implement The Theory of Constraints in a Healthcare System. *Medical Simulation*, 95(7), 593-605.
- Güler, B. (2011). *Altı Sigma Metodolojisi ve Bir Sanayi İşletmesinde Algılama Uygulaması*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Harish, U. (2019). Implementation of Theory of Constraints (TOC) in a Manufacturing Plant. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 228-232.
- Hazır, C. Ö. (2020). *Elektronik Kart Üretimi Yapan Bir Firmada Altı Sigma Uygulamaları*. Ankara: Başkent Üniversitesi.
- Ikeziri, L. M., Bernardi de Souza, F., Gupta, M. C., & Fiorini, P. C. (2019). Theory of Constraints: Review and Bibliometric Analysis. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 5068-5102.
- Ikumapayi, O. M., Akinlabi, E. T., Mwema, F. M., & Ogbonna, O. S. (2020). Six Sigma versus Lean Manufacturing - An Overview. *Materials Today : Proceedings*, 26(2), 3275-3281.
- İncekırık, A. (2007). Türkiye'nin Avrupa Birliğine Giriş Sürecinin CRD Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Ege Akademik Bakış*, 7(1), 379-387.
- Jin, K., Abdul-Razzak, H., Elkassabgi, Y., Zhou, H., & Herrera, A. (2009). Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 3(1), 85-89.
- Kadıoğlu, S. (2019). *Sürçe Yönetiminde Kısıtlar Teorisi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Kahya, E., & Karaböcek, K. (2020, Temmuz 11). *Bir Atölyede Oranlarla İş Gücü Verimlilik (WPMR) Modelinin Tasarımı ve Uygulanması*. Silo Tips: <https://silo.tips/download/br-atlyede-oranlarla-gc-verimlilik-wpmr-modelinin-tasarimi-ve-uygulamasi> adresinden alındı
- Kaplan, B., & Akçay Kasapoğlu, Ö. (2013). Ürün Karmaşı Optimizasyonu Kararlarında Kısıtlar Teorisi Kullanımı ve Bir Uygulama. *Öneri Dergisi*, 10(40), 45-58.
- Karabulut, M. (2019). *Altı Sigma Metodolojisi ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi.
- Karagün, V., & Sözen, M. (2017). Kısıtlar Teorisinde Kapasite Kısıtı ve Bir Uygulama. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 184-199.
- Kartal, Z. (2006). *Kısıtlar Teorisi ile Senkronize Üretim Sistemi ve Bir Uygulama*. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi.

- Kaygusuz, S. Y. (2005). Kısıtlar Teorisi:Varsayımlar, Süreç ve Bir Uygulama. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60(4), 133-156.
- Kaygusuz, S. Y. (2006). Üretim veya Satın alma Kararlarında Kısıtlar Teorisi ve MS Excel Office Programının Birlikte Kullanılması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 159-177.
- Kaygusuz, S. Y. (2011). Kısıtlar Teorisi ve Maliyet Hacim Kar Analizi: Bir Çalışma Sayfası Modellemesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*(52), 171-188.
- Kelly, M. C., & Germain, R. H. (2020). Applying Theory of Constraints to Timber Harvesting: A Case Study from the Northeast USA. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41, 59-69.
- Kıncal, G. B. (2007). Bir Bilimsel Makalenin Oluşturulma Sürecinde Kısıtlar Teorisi: FRT (Gelecekteki Gerçeklik Ağacı) Uygulaması. *Ege Akademik Bakış*, 7(1), 365-377.
- Kırlı, M., & Kayalı, N. (2010). Stratejik Maliyet Yönetimi ve Kısıtlar Teorisi. *Celal Bayar Üniversitesi S.B.E. Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 93-114.
- Kishira, Y. (2018). An Examination Of Goldratt's Theory Of Constraints as a Scientific Theory: Using The Thinking Process to Propose the "Structure of Hypothesis" and The Mystery Analysis Processes. *International Journal of Current Research*, 10(4), 68443-68450.
- Korucu, O. (2013). *Üretim Sektöründe Son Mamul Kalitesinin İyileştirilmesinde Altı Sigma ve Kaizen Uygulamalarının Etkileri*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2014). *Üretim Yönetimi : Süreçler ve Tedarik Zincirleri*. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Lee, M.-C., & Chang, T. (2012). Combination of theory of constraints, root cause analysis and Six Sigma for quality improvement framework. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 10(4), 447-463.
- Mehdizadeh, E., & Jalili, S. (2019). An Algorithm Based on Theory of Constraints and Branch and Bound for Solving Integrated Product-Mix-Outsourcing Problem. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 12(1), 167-172.
- Mishra, A. K. (2020). Implication of Theory of Constraints in Project Management. *International Journal of Advanced Trends in Engineering and Technology*, 5(1), 1-13.
- Mızrak, E. (2017). *Bir Kalıp İmalat Fabrikasında Teslim Sürecinde Kısıtlar Teorisi Uygulanması*. İstanbul: Beykent Üniversitesi.
- Musabeyli, S. (2017). *Kısıtlar Teorisi Mantık Düşünce Süreçlerinin Bir Tıbbi Cihaz Firmasına Uygulanması*. Ankara: Çankaya Üniversitesi.
- Nave, D. (2002). How to Compare Six Sigma, Lean and Theory of Constraints. *Quality Progress*, 35(3), 73-78.
- Nonhaleerak, P., & Hendry, L. (2006). Six Sigma: Literature Review and Key Future Research Areas. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(2), 105-161.

- Onursal, F. S., Aydın, S., & Birgün, S. (2018). Solving the Sales Problem of a Poultry Meat Company with Thinking Process. *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*, 54, 858-873.
- Onursal, F. S., Birgün, S., & Yazıcı, S. (2018). Soğuk Zincir Zaiyat Problemlerinin Çözümü İçin Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçlerinin Uygulaması. *International Conference on Eurasian Economies*, (s. 332-341). Taşkent.
- Orchard, R. K. (2019). Using Homemade, Short, Fictional Cases for Teaching the Theory of Constraints. *Inform Transaction on Education*, 19(2), 81-88.
- Öner, M., & Şahbaz, İ. (2013). İmalat İşletmelerinde Süreç Geliştirme ve Kurumsal İyileştirme Çabalarında Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçlerinin Kullanımı: Bir Uygulama Örneği. *Journal of Yaşar University*, 8(32), 5465-5494.
- Özke, N. (2020). *Kısıtlar Teorisi Yaklaşımı ile Süreç Analizi ve Ürün Karması Optimizasyonu*. Adana: Çukurova Üniversitesi.
- Özkol, A. E. (2018). Stratejik İşletme Kararlarında Kısıt, Süreç ve Mamul Karması. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(2), 131-144.
- Öztürk, Z. S. (2010). *Süreç İyileştirmede Altı Sigma Yaklaşımı ve Otomotiv Sektörü Üzerine Bir Uygulama*. İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Pacheco, D. A. (2014). Theory of Constraints and Six Sigma: Investigating Differences and Similarities for Continuous Improvement. *Independent Journal of Management & Production*, 5(2), 331-343.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2018). *Six Sigma Yolu : GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri*. İstanbul: Klan Yayıncılık ve Reklamcılık Ltd. Şti.
- Pyzdek, T. (2000, Aralık 21). *What is Six Sigma*. Pyzdek Institute: <http://www.pyzdek.com/six-sigma-revolution.htm> adresinden alındı
- Rahman, S.-u. (1998). Theory of Constraints: A review of the philosophy and its applications. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(4), 336-355.
- Rebull, M. V., Lara, A. B., Lara, A. B., & Ninerola, A. (2020). Six Sigma for Improving Cash Flow Deficit: A Case Study in the Food Can Manufacturing Industry. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Ribbecca, S. (2020, 03 10). *Veri Görselleştirme Kataloğu*. The Data Visualisation Catalogue Web Sitesi: <https://datavizcatalogue.com/TR/yontemleri/histogram.html> adresinden alındı
- Rojas, M. D., Jurado, D. A., & Londono, L. M. (2018). Constrains Theory Explained Trough a Serious Game. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(18), 13978-13984.
- Sadıç, Ş., Özdemir, D., & Gözülü, S. (2006). Kısıtlar Kuramı Yaklaşımı ile Petrol İthalat ve Ulusallaştırma Sürecinin İyileştirilmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(10), 99-118.
- Sağlık Yönetimi 2019. (2020, Eylül 30). *Sigma Değerinin Hesaplanması*. Sağlıkta Kalite: <https://kaliteturkiye.wordpress.com/2014/09/11/sigma-seviyesinin-hesaplanması/> adresinden alındı

- Saray, E. (2019). *Yenilenebilir Enerji Üretim ve Yatırım Maliyetleri Karşılaştırması: Ege Bölgesi Örneği*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi.
- Savcı, M. (2018). The Impact of the Theory of Constraints on Cost Management in Global Competitive Environment. H. Kapucu, & C. Akar içinde, *Changing Organizations: From the Psychological & Technological Perspectives* (s. 99-109). İstanbul: Ijopec Publication Limited.
- Seisoğlu, A. (2020, 03 10). *Malzeme Bilimi*. Malzeme Bilimi Web Sitesi: <https://malzemebilimi.net/pareto-analizi-proses-kontrol-teknikleri-arasindaki-yeri.html#> adresinden alındı
- Sevinç, G. (2013). *Altı Sigma Yaklaşımı ile Süreç İyileştirme ve Otomotiv Sektöründe bir Uygulama*. İstanbul: Maltepe Üniversitesi.
- Sirias, D. (2020). Writing MIS Mini-Cases to Enhance Cooperative Learning: A Theory of Constraints Approach. *Journal of Information Systems Education*, 13(4), 351-357.
- Sithole, C., & Nyembwe, D. (2020). Application of Six Sigma Framework to Rapid Sand Casting. *RAPSADA 2019 Conference Preceedings*, (s. 381-388). South Africa.
- Sorkun, M. F. (2018). Improving The Effectiveness of Solid Waste Treatment Plants via Integrated System Approach: A Case Study on Manisa. *MCBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(4), 239-268.
- SPAC Danışmanlık. (2020, 07 15). *Deney Tasarımı (DoE - Design of Experiment)*. SPAC Danışmanlık: https://www.spac.com.tr/_tu/_danisman/deney_tasarimi.html adresinden alındı
- Stamm, M. L., Neitzert, T. R., & Singh, D. P. (2009). TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma – Evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism? *16th International Annual EurOMA Conference* (s. 1-10). Gothenburg: AUT University.
- Stanivuk, T., Gvozdenovic, T., Mikulicic, J. Z., & Lukovac, V. (2020). Application of Six Sigma Model on Efficient use of Vehicle Fleet. *Symmetry*, 12(857), 1-20.
- Şahbaz, İ. (2005). *Kısıtlar Teorisi ve Bir İmalat İşletmesinde Uygulama*. Manisa: Celal Bayar Üniversitesi.
- Şahin, N. (2012). *Üretimde Altı Sigma Yaklaşımının Üretimde Toplam Kalite Yönetimi Anlayışı Çerçevesinde Bir Uygulaması*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- Şahin, O. (2008). *The Theory of Constraints and Its Application in a Manufacturing Firm*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Şenoğlu, B., & Acıtaş, Ş. (2020, Temmuz 21). *İstatistiksel Deney Tasarımı*. Ankara Üniversitesi Web Sitesi: <https://acikders.ankara.edu.tr/> adresinden alındı
- Takcı, E. (2013). *Bir İmalat İşletmesinde Simülasyon Yardımıyla Süreç İyileştirme Uygulaması: Kayseri Gürkar Tekstil Örneği*. Nevşehir: Hacı Bektaş Veli Üniversitesi.
- Taştan, H., & Demircioğlu, E. (2014). Kısıtlar Teorisi Araçlarından Düşünme Süreçlerinin Teorik Olarak İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 61-74.

- Taştan, H., & Demircioğlu, E. (2015). Düşünme süreci Araçları ve Kalite Maliyetlerinin Birlikte Kullanılması: Bir Otel İşletmesinde Uygulama. *Muhasebe ve Denetim Bakış*(Ekim), 97-112.
- Tatlı, S. (2013). *Altı Sigma Yaklaşımı ve Otomotiv Sektöründe İş Gücü Verimliliği Uygulaması*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi.
- Tekin, M., & Şahin, Ş. (2014). Kısıtlar Teorisine Göre Sanayi İşletmelerinde Çalışanların Motivasyonu ve İşletme Başarısına Etkisi: PVC Üretim İşletmesi Üzerine Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(Dr.Mehmet Yıldız Özel Sayısı), 209-223.
- Top, S., & Oktay, F. (2010). Problem Çözüm Metodolojisi Olarak Kısıt Teorisi veya Düşünce Süreci. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 325-346.
- Trojanowska, J., & Dostatni, E. (2017). Application of The Theory of Constraints for Project Management. *Management and Production Engineering Review*, 8(3), 87-95.
- Turan, H., & Turan, G. (2019). Enerji Yönetiminin Başarısında Yalın Altı Sigmanın Etkisi. *Atlas International Refereed Journal on Social Sciences*, 5(17), 112-121.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2020, 06 01). TÜİK. TÜİK Web Sitesi: www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1022 adresinden alındı
- Türkmen, M. A. (2017). *Üretimde Paradigmat Yaklaşımlar Üzerine Değerlendirmeler*. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Uçan, C. (2019). *İş Sağlığı ve Güvenliğinde Altı Sigma Yaklaşımı Üzerine Bir Model Uygulaması*. İstanbul: Okan Üniversitesi.
- Uluskan, M. (2017). Türkiye'nin Altı Sigma Uygulama Haritası. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 131-143.
- Urban, W. (2019). TOC Implementation in a Medium-Scale Manufacturing System with Diverse Product Rooting. *Production & Manufacturing Research*, 7(1), 178-194.
- Urban, W., & Rogowska, P. (2018). The Case Study of Bottlenecks Identification for Practical Implementation to The Theory of Constraints. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 1(1), 399-405.
- Utku, B. D., Cengiz, E., & Ersoy, A. (2011). Comparison of The Theory of Constarints with The Traditional Cost Accounting Methods in Respect to Product Mix Decision. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12(2), 317-331.
- Ülen, M. (2019). *Hizmet Kalitesinin İyileştirilmesinde Altı Sigma Yaklaşımı ve Turizm Sektöründe Bir Uygulama*. Antalya: Akdeniz Üniversitesi.
- Ülgen, B. (2014). *İşletmelerde Altı Sigma Uygulamalarının Etkinlik Değerlendirmesi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ünal, E. N. (2000). *Kısıtlar Teorisi ve Yönetim Muhasebesi Açısından Değerlendirilmesi: Bir Sanayi İşletmesinde Uygulama*. Adana: Çukurova Üniversitesi.
- Ünal, E. N., Demircioğlu, M., & Küçüksavaş, N. (2006). Optimal Ürün Karması Belirlemede Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi ve Kısıtlar Teorisi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 327-344.

- Ünal, E. N., Tanış, V. N., & Küçüksavaş, N. (2005). Kısıtlar Teorisi ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 433-448.
- Vargün, H., & Doğan, M. (2020). Stratejik Maliyet Yönetim Sistemlerinin Kullanılabilirliğine Yönelik Bir Durum Analizi:Hastane İşletmeleri Örneği. *Mali Çözüm*, 30, 145-161.
- Wolniak, R., Skotnicka-Zasadzien, B., & Zasadzien, M. (2018). Application of the Theory of Constraints for Continuous Improvement of a Production Process-Case Study. *DEStech Transactions on Social Science Education and Human Science*, 169-173.
- Yetimler, G. (2018). *Yeni Ürün Devreye Alma Sürecinde Altı Sigma Yaklaşımı ve Bir Uygulama*. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi.
- Yumurtacı, B., & Onursal, F. S. (2019). Kısıtlar Teorisi-Düşünce Süreçleri ile Bireylerin Bireysel Emeklilik Sisteminden Ayrılma Nedenlerinin Analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(4), 3269-3282.
- Yükçü, S., & Yüksel, İ. (2015). Hastane İşletmelerinde Kısıtlar Teorisi Yaklaşımı ve Örnek Bir Uygulama. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 29(3), 557-578.
- Yükçü, S., Atağan, G., & Özkol, A. E. (2017). İşletmelerde Kısıttan Çıkış Yolları. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 19(3), 727-745.
- Yüksel, H. (2011). Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri Kullanılarak Bir Üretim İşletmesinin Etkinliğinin Artırılması. *Journal of Yaşar University*, 21(6), 3622-3632.

ÖZ GEÇMİŞ

KİMLİK BİLGİLERİ

Adı Soyadı : Erhan EKLEŞ
Doğum Yeri : Denizli
Doğum Tarihi : 03.11.1979
E-posta : EEKLES@yahoo.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lise : 1997, Anafartalar Lisesi (Y.Dil)
Lisans : 2003, Hacettepe Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme ABD
Yabancı Dil ve Düzeyi : İngilizce, İyi
Almanca, Başlangıç

İŞ DENEYİMİ:

07/2007- Fabrika Müdürü, Pamukkale Kablo San.Tic.A.Ş., Denizli
08/2004–07/2007 İşletme Müdürü, İlhan İnşaat San.Tic.Ltd.Şti, Denizli