

OTOMOTİV YAN SANAYİİNDE KALİTE

MALİYETLERİNİN ANALİZİ

Beyza KALE

Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül - 2010

OTOMOTİV YAN SANAYİİNDE KALİTE MALİYETLERİNİN ANALİZİ

Beyza KALE

Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN

Eylül - 2010

KABUL ve ONAY SAYFASI

Beyza KALE'nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Otomotiv Yan Sanayiinde Kalite Maliyetlerinin Analizi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

...../...../.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN (Tez Danışmanı)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ezgi A. DEMİRTAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Sema BEHDİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Atalay KÜÇÜKBURSA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

OTOMOTİV YAN SANAYİİNDE KALİTE MALİYETLERİNİN ANALİZİ

Beyza KALE

Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2010

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN

ÖZET

Günümüz piyasa koşullarında firmaların birbirleriyle olan rekabetleri giderek artmaktadır. Bu koşullar altında avantaj sağlamak isteyen işletmeler, ürün ve hizmetlerin kalitesini arttırırken; üretim maliyetlerini azaltmak zorundadır. Dolayısıyla işletmelerin kalite maliyetlerini izlemek, analiz etmek ve bu maliyetleri kontrol edilebilmek için ölçmeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin kurulu bulunan kalite maliyet sistemi ele alınmıştır. 2007 ve 2008 yılları için işletmenin satış cirosunda en çok paya sahip ürünler belirlenmiştir. Bu ürünlerin üretimi esnasında, istatistiksel süreç kontrol için toplanan, iç çap verileri kullanılarak hata oranları hesaplanmıştır. Kalite maliyetleri ile hata oranları arasındaki ilişki incelenerek iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. İyileştirme çalışmaları sonucunda, kalite maliyetlerinin ve süreç yeterliliğinin iyileştirme öncesi duruma göre değerlendirilmesi yapılarak firmaya önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: ISO/TS 16949:2002, Kalite Maliyetleri, İstatistiksel Süreç Kontrol.

QUALITY COST ANALYSIS OF THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Beyza KALE

Industry Engineering, M.S. Thesis, 2010

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Özden ÜSTÜN

SUMMARY

In today's market conditions, companies' competitiveness with each others is increasing. Companies which are wishing to take advantage under these conditions obliged to reduce production costs while improving the quality of products and services. Therefore, companies must monitor and analyse the quality of business costs and for controlling these costs they must measure them.

In this study an established quality cost system of a company which operating in the automotive sector is considered. For the years 2007 and 2008, products which have the highest share in sales endorsement were determined. During the production of these products, error rate was calculated by using the statistical process control data which were collected for inner diameter. Improvement efforts have been made by examining relationship between quality cost and error rate. As a result of improvement works, recommendations to the company were made with the assessment of quality cost and process capability according to the situation before making improvements.

Keywords: ISO/TS 16949:2002, Quality cost, Statistical Process Control.

TEŞEKKÜR

Tezimle ilgili her türlü konuda bana sonuna kadar güvenen, destek veren, görüş ve önerileri ile beni yönlendiren, tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN'e sonsuz teşekkür ederim. Bu çalışmanın hazırlanmasında değerli fikirleri ile bana ışık tutan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ezgi A. DEMİRTAŞ'a ve Yrd. Doç. Dr. Sema BEHDİOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemde büyük emekleri olan annem Gülay KALE ve babam Baki KALE'ye saygı ve sevgilerimi sunarım.

Çalışmalarımda bana maddi manevi destek ve yardımcı olan arkadaşım Reyhan ALP ve Ufuk KURHAN'a çok teşekkür ederim.

Beyza KALE

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	İV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ	1
2. OTOMOTİV KALİTE SİSTEMLERİ VE TARİHSEL GELİŞİMLERİ	2
2.1. VDA 6 Kalite Güvence Sistemi (Almanya).....	3
2.2. QS 9000 Kalite Yönetim Sistemi (Amerika)	4
2.3. EAQF Kalite Güvence Sistemi (Fransa)	5
2.4. AVSQ Kalite Güvence Sistemi (İtalya)	6
2.5. ISO/TS 16949'un Ortaya Çıkış Nedenleri	7
2.6. ISO/TS 16949:2002 Kalite Yönetim Sistemi.....	8
2.6.1. ISO/TS 16949:2002 uygulama yapısı	10
2.6.2. ISO/TS 16949:2002'nin ISO 9000:2000 ve QS 9000 kalite yönetim sistemleri ile karşılaştırılması	12
2.6.3. ISO/TS 16949:2002 dokümantasyon yapısı	15
2.6.4. ISO/TS 16949:2002'nin avantajları	16
2.7. ISO/TS 16949:2002'nin Diğer Şartları	17
2.7.1. İleri ürün kalite planlaması (Advanced Product Quality Planning-APQP)	17
2.7.1.1. İleri ürün kalite planlaması aşamaları.....	19
2.7.1.2. Projenin tanımlanması ve planlanması	19
2.7.1.3. Ürün tasarımı ve ürün geliştirme	20
2.7.1.4. Süreç tasarımı ve süreç geliştirme	20
2.7.1.5. Ürün ve sürecin doğrulanması.....	20
2.7.1.6. Geri besleme ve düzeltici faaliyet.....	20
2.7.1.7. Kontrol planı dokümanının hazırlanması	21
2.7.2. Hata türü ve etkileri analizi.....	21
2.7.2.1. HTEA'nın uygulama aşamaları	23
2.7.2.2. HTEA sonuçlarının değerlendirilmesi	23
2.7.3 İstatistiksel süreç kontrol	23
2.7.3.1. Süreç kontrol grafiği.....	24
2.7.3.2. Süreç yeterlilik analizleri.....	26

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.7.3.3. Yeterlilik analizi sonuçlarının değerlendirilmesi.....	28
2.7.4. Ölçüm sistemleri analizi (Measurement Systems Analysis - MSA).....	28
2.7.4.1. Ölçüm sistemleri analizi uygulama nedenleri.....	29
2.7.4.2. Ölçüm sistemleri analizi uygulama aşamaları	29
2.7.4.3. Ölçüm sistemleri analizi sonuçlarının değerlendirilmesi.....	31
2.7.5. Üretim parçası onay süreci (Production Part Approval Process - PPAP).....	32
2.7.5.1. Üretim parçası onay süreci uygulama nedenleri.....	32
2.7.5.2. Üretim parçası onay süreci uygulama süreci	32
2.7.5.3. Üretim parçası onay süreci sonuçlarının değerlendirilmesi.....	33
3. KALİTE MALİYETLERİ	35
3.1. Kalite Maliyetlerinin Sınıflandırılması	36
3.1.1. Önleme maliyetleri	37
3.1.2. Değerlendirme maliyetleri	37
3.1.3. İç başarısızlık maliyetleri.....	37
3.1.4. Dış başarısızlık maliyetleri	38
3.2. Kalite Maliyetlerinin Analizi	38
3.2.1. Oran analizi.....	41
3.2.2. Pareto analizi.....	41
3.2.3. Dağılım ve korelasyon	42
3.2.4. Gruplandırma	42
3.2.5. Sebep sonuç analizi.....	42
3.2.6. Fayda/maliyet analizi	43
3.2.7. Kalite endeksi	44
3.2.8. Kalite performansı	44
3.2.9. Eğilim (Trend) analizi.....	45
3.3. Taguchi Metodu	45
4. LİTERATÜR TARAMASI.....	52
5. MATERYAL VE METOT	58
5.1. Materyal	58
5.2. Metot.....	59
5.2.1. Uygulama yapılan firmada kalite maliyetleri analizi.....	59
5.2.2. Uygulama yapılan firmada istatistiksel süreç kontrol.....	64
5.2.3. Uygulama.....	65

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	778
KAYNAKLAR DİZİNİ	789
EKLER	
1. HCS 30012-30013-30017 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve kalite maliyetleri	
2. HCS 50038-50045-50070 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve kalite maliyetleri.	
3. HCS 30012-30013-30017 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve iç başarısızlık maliyetleri	
4. HCS 50038-50045-50070 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve iç başarısızlık maliyetleri	
5. HCS 30012-30013-30017 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve fire maliyetleri	
6. HCS 50038-50045-50070 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve fire maliyetleri	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Otomotiv kalite sistem standartlarının tarihsel gelişimi.....	2
2.2. VDA 6 otomotiv kalite sistem standardının yapısı.	3
2.3. Süreç odaklı ISO/TS 16949:2002 yapısı.	12
2.4. İleri ürün kalite planlaması zaman çizelgesi.	19
3.1. Kalite maliyetleri.....	37
3.2. Toplam kalite maliyeti grafiği.....	39
3.3. Toplam kalite maliyeti eğrisinin en küçük bölgesi.	40
3.4. Ford örneği.	48
4.1. Yıllara göre kalite maliyetleri konulu yayınların sayıları.	52
4.2. Sektörlere göre kalite maliyetleri yayınların sayıları.	52
4.3. Uygulama türüne göre kalite maliyetleri yayınların sayıları.....	53
5.1. 2007 Yılında üretilen ürünlerin satış cirosuna olan katkıları.	65
5.2. 2008 Yılında üretilen ürünlerin satış cirosuna olan katkıları.	66
5.3. Montajlı set örnekleri.	67
5.4. HCS 30012 numaralı hortuma ait 71. hafta iç çap ölçüm sonuçları süreç yeterlilik analizi. 69	
5.5. İstatistiksel süreç kontrol programı.	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. ISO/TS 16949:2002'nin QS 9000'e ek şartları.....	13
2.2. İleri ürün kalite planlaması sorumluluk matrisi.	18
2.3. Niceliksel özellikler için kontrol grafikleri.	25
2.4. Niteliksel özellikler için kontrol grafikleri.....	26
2.5. Üretim sürecinde Cp ve Cpk indislerinin değerlendirilmesi.....	27
2.6. Yeni ürün devreye alma sürecinde Cp ve Cpk indislerinin değerlendirilmesi.....	27
3.1. Örnek parçaların toplam ve ortalama kayıpları.....	50
5.1. Önleme, değerlendirme, iç ve dış başarısızlık maliyetlerinin toplam kalite maliyeti içindeki oranları.....	64
5.2. Seçilen hortum tipleri.....	67
5.3. Geleneksel yaklaşım ile Taguchi kayıp fonksiyonunun karşılaştırılması.	71
5.4. Önleme, değerlendirme, iç ve dış başarısızlık maliyetleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayıları.....	71
5.5. İç başarısızlık maliyet bileşenleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayıları.....	72
5.6. Bölümler bazında fire maliyetleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayıları.....	72
5.7. HCS 30012 nolu hortuma ait 2008 yılı son altı ay ve 2009 yılı ilk altı ay verileri.	75
5.8. 2008 ve 2009 yıllarına ait aylık fire maliyetleri.....	76
5.9. 2009 yılı kalite maliyet oranları.	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A_2	Ortalama kontrol grafikleri için alt grup örnek büyüklüğüne bağlı kontrol limitleri katsayısı.
B_3	Standart sapma kontrol grafikleri için alt grup örnek büyüklüğüne bağlı alt kontrol limiti katsayısı.
B_4	Standart sapma kontrol grafikleri için alt grup örnek büyüklüğüne bağlı alt kontrol limiti katsayısı.
C_4	Standart sapma kontrol grafikleri için alt grup örnek büyüklüğüne bağlı orta çizgi katsayısı.
$\bar{c}$	Muayene edilen birimdeki ortalama kusur sayısı.
C_m	Makine yeterliliği için sürecin hem yayılımını hem de ortalamasının hedef değerden sapmasını ifade eden indis.
C_{mk}	Makine yeterliliği için sürecin hem yayılımını hem de ortalamasının hedef değerden sapmasını ifade eden indis.
C_p	Sürecin yayılımını ve sınırları belirlenmiş ürünü üretme yeteneğini ifade eden indis.
C_{pa}	Alt spesifikasyon limitine bağlı tek yönlü süreç yeterlilik indisi.
$C_{p\bar{u}}$	Üst spesifikasyon limitine bağlı tek yönlü süreç yeterlilik indisi.
C_{pk}	Sürecin hem yayılımını hem de ortalamasının hedef değerden sapmasını ifade eden süreç yeterlilik indisi.
d_2	Değişim aralığı kontrol grafikleri için alt grup örnek büyüklüğüne bağlı orta çizgi katsayısı.
D_3	Değişim aralığı kontrol grafikleri için alt grup örnek büyüklüğüne bağlı alt kontrol limiti katsayısı.
D_4	Değişim aralığı kontrol grafikleri için alt grup örnek büyüklüğüne bağlı üst kontrol limiti katsayısı.
GRR	Tekrar edilebilirlik ve yeniden üretilebilirlik.
% GRR	Ölçüm yeterliliği.
k	Pozitif sabit.
K_1	MSA için ölçüm tekrarı sayısına bağlı katsayı.
K_2	MSA için ölçümcü sayısına bağlı katsayı.
K_3	MSA için ölçülen parça sayısına bağlı katsayı.
L	Ortalama kayıp.
$L(y)$	Üreticinin parasal kaybı.
n	Örnek büyüklüğü.
$\bar{p}$	Ana kütledeki kusurlu oranının ortalaması.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
P_p	Sürecin performansını, tolerans ile ifade edilen izin verilen maksimum değer ile karşılaştıran indis.
P_{pk}	Performans ile birlikte sürecin yerini de göz önünde bulunduran indis.
r	Ölçüm tekrarının sayısı.
$R(y)$	Örnek verileri için beklenen ortalama kayıp.
R_1, R_2, R_3	MSA için tüm ölçümcülere ait ölçüm değişkenlikleri.
$\bar{R}$	Alt grup değişim aralıklarının ortalaması.
$\bar{\bar{R}}$	Aynı parçaya ait ölçüm ortalamaları arasındaki değişkenlik.
$\bar{\bar{R}}_p$	Ölçüme dahil edilen parçalara ait tekrarlı ölçüm ortalamaları arasındaki değişkenlik.
s	Örnek standart sapması.
$\bar{s}$	Alt grup standart sapmalarının ortalaması
σ	Popülasyon standart sapması.
$\hat{\sigma}$	Alt grup değişim aralıklarına bağlı standart sapma.
t	Hedef değer.
$\bar{u}$	Birim başına düşen ortalama kusur sayısı.
$\bar{X}$	Örnek ortalaması.
$\bar{\bar{X}}$	Alt grup örnek ortalamalarının ortalaması.
$\bar{\bar{X}}_{DIFF}$	Ölçümcü ortalamalarının değişim aralığı.
$\bar{\bar{X}}_{max}$	En büyük ölçümcünün ölçümlerinin ortalaması.
$\bar{\bar{X}}_{min}$	En küçük ölçümcünün ölçümlerinin ortalaması.
$\bar{\bar{X}}_p_{max}$	Aynı parçaya ait ölçüm ortalamalarının en büyüğü.
$\bar{\bar{X}}_p_{min}$	Aynı parçaya ait ölçüm ortalamalarının en küçüğü.
μ	Popülasyon ortalaması.
y	Ölçülen değer.
$\bar{y}$	Grup ortalaması.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AIAG	Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (Automotive Industry Action Group)
APQP	İleri ürün kalite planlaması (Advanced Product Quality Planning)
ASL (LSL)	Alt spesifikasyon limiti
ASQC	Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (American Society for Quality Control)
EFQM	Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı (European Foundation For Quality Managment)
HTEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
İSK	İstatistiksel süreç kontrol
OEM	Orijinal parça üreticisi (Original Equipment Manufacturer)
MSA	Ölçüm sistemleri analizi (Measurement Systems Analysis)
PPM	Milyonda bir birim (Parts per million)
PPAP	Üretim parçası onay süreci (Production Part Approval Process)
RÖS	Risk öncelik sayısı
ÜSL (USL)	Alt spesifikasyon limiti

1. GİRİŞ

Rekabetçi, küreselleşen dünya pazarlarında başarılı olabilmek için, rakip işletme ve ülkeler bazında asgari düzeyde sahip olunan bir kalite sisteminin geliştirilmesi gerekir. Günümüzde ekonominin, endüstrinin tüm alanlarında ve kamu kesiminde kaliteye olan talepler, gittikçe artan bir şekilde genel bir bakış açısı oluşturmaya ve işletmecilik, müşteri tatminini ve global markette rekabeti sağlamada kalitenin önemini tanımlamaya başlamıştır.

Kalite sistemlerinin, bir ürünün belli spesifikasyonlarına göre üretim kalitesine etkisi çok yüksektir. Bazı tedarikçilerin kalite kavramına yükledikleri anlam, üretim kalitesi ve kalite sistemlerinin uygulanması veya müşteri denetimlerinin gereğince yerine getirilmesi gibi basit ve dar bir alana tekabül etmektedir. Oysa kalite kavramı, hemen hemen tüm organizasyonel gelişimleri kapsamaktadır. Bu anlayışla Ortaya çıkan ISO 9000 serisi standartları ürünün üretildiği süreçlerin standartlaştırılmasını amaçlamıştır. Bir başka deyişle uygulandığı şirketlerde müşterinin ihtiyaçlarını karşılamayı güvence altına almayı amaçlamıştır.

ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi'nin yetersiz kaldığını düşünen sektörler ISO 9000 tabanlı yeni standartlar geliştirmişlerdir. Örneğin havacılık sektöründe Air Standart (AS9000), telekomünikasyon sektöründe Telecommunication 9000 (TL 9000) sektörel standartlar olarak yayınlanmıştır. Özellikle otomotiv sektörü, sektörel bazda standart yayınlamakta öncü olmuştur [1]. Amerika'da QS 9000 (Quality Standart- QS 9000), Almanya'da VDA 6.1 (Verband der Automobil Industrie-VDA), Fransa'da EAQF (d'Evaluation d'Aptitude Qualite Fournisseurs-EAQF) ve İtalya'da AVSQ (Associazione nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità-AVSQ) ulusal ölçekte otomotiv sektörüne özgü kalite sistemi standartları yayınlanmıştır.

Tüm bu standartlar ile ürün ve hizmet kalitesi geliştirilirken organizasyonların yaşamlarını sürdürebilmeleri için maliyet konusuna da gereken önemi vermeleri gerekmektedir. Kavram olarak ilk kez 1956 ve 1961 yıllarında Feigenbaum tarafından ortaya atılan kalite ile ilgili maliyetler, tasarruf sağlanması için büyük bir potansiyel kaynaktır. Kalite maliyetleme, kuruluşlara ürün ve hizmet kalitesini iyileştirmelerine yardımcı olan bir tekniktir. Kalite maliyetlerinin azaltılması kalite iyileştirme süreci başlatan bir organizasyon için ana neden olarak kabul edilmemelidir.

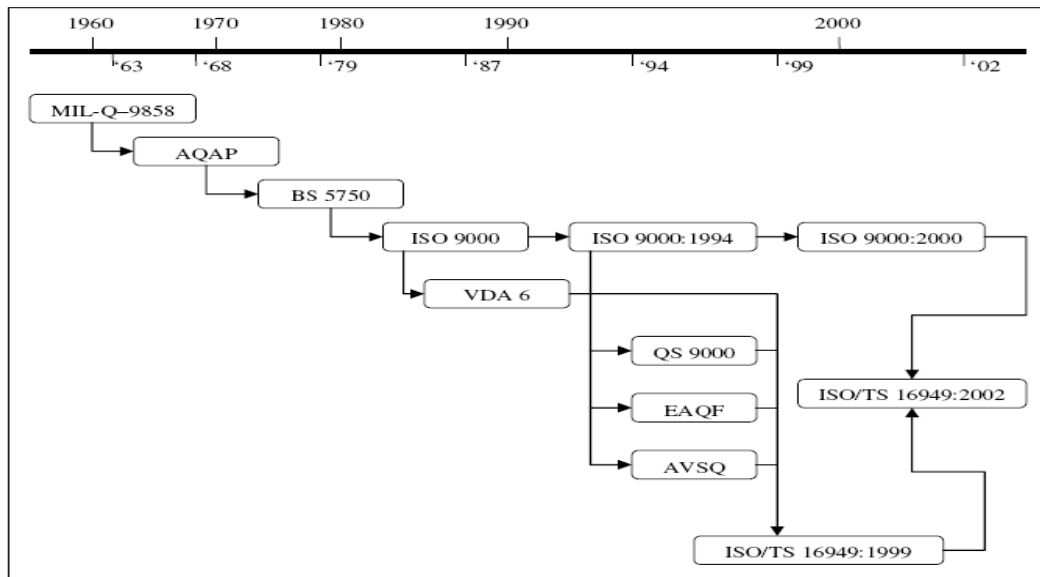
Çalışmada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada üretim esnasında oluşan hataların kalite maliyetleri üzerine etkisi analiz edilmiştir. Ürünlerdeki hataları önleyerek kalite maliyetlerini azaltmak ve süreci kontrol altına almak amaçlanmıştır.

2. OTOMOTİV KALİTE SİSTEMLERİ VE TARİHSEL GELİŞİMLERİ

Kalite Yönetimi ve Kalite Güvencesi standartlarının temeli 1963 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde savunma teknolojilerindeki yüksek kalite istemleri nedeniyle hazırlanan MIL-Q-9858'e dayanmaktadır [2]. Bu standart aynı zamanda 1968 yılında yayınlanan Müttefikler Kalite Güvencesi Yayını'nın da (Allied Quality Assurance Publication-AQAP) temelini oluşturmaktadır.

Endüstriyel alanda Kalite Sistemlerinin ilk olarak ortaya çıkışı ise 1977 yılında İngiltere'de yayınlanmış olan BS 5750 standardına dayanmaktadır. İngiltere'de 1977 yılında Sir Frederick Warner, "Mühendislik Endüstrilerinde Standartlar ve Spesifikasyonlar" adlı incelemesinde imalatçıların kalite yönetimi standartlarının yalnızca müşterileri tarafından değil bağımsız üçüncü kişi (third party) belgelendirme kuruluşları ile değerlendirilebilmeleri konusuna işaret etmiştir. Sir Frederick Warner'ın anılan çalışmasından hareketle oluşturulan BS 5750 Kalite Sistemleri Standardının öncekilerden standartlardan farkı, önerilerden çok gereklilikleri belirtiyor olmasıdır [3].

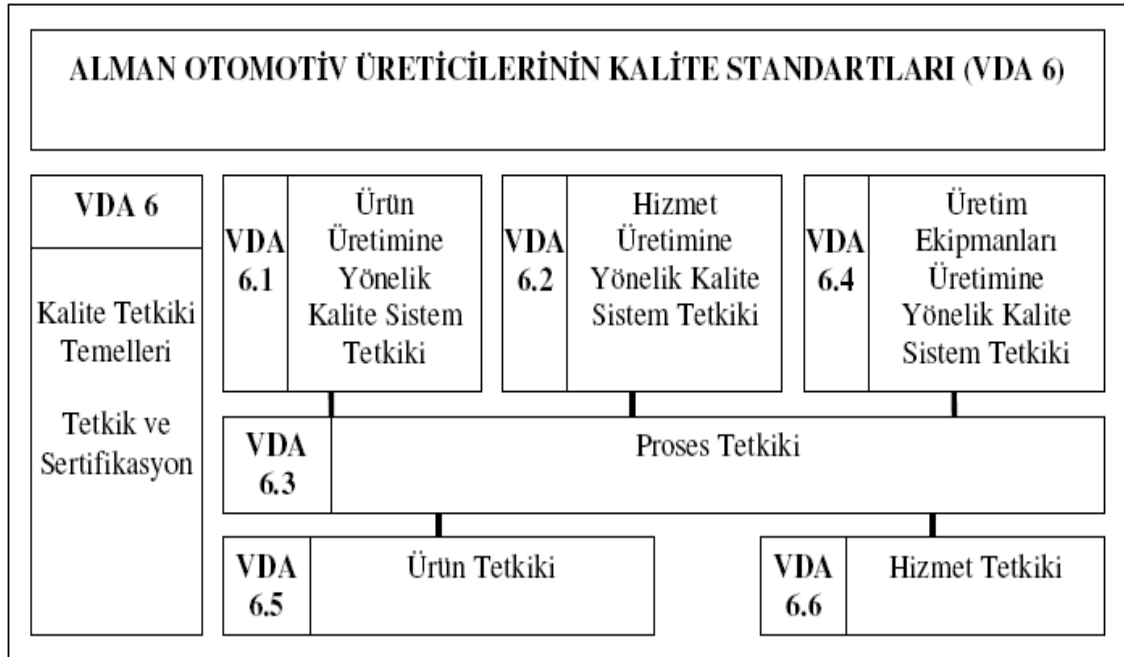
Otomotiv sektörüne özgü standartların yayınlanmasında ise, daha önceleri yalnızca ürün standardı yayınlayan Uluslararası Standardizasyon Kurumu'nun (International Organization for Standardization-ISO) 1987 yılından itibaren sistem standardı yayınlamaya başlaması etkili olmuştur. Geçmişten günümüze dek, otomotiv sektörüne özgü standartların gelişimi, birbirleriyle ve ISO 9000 Sistem Standartları ile ilişkileri Şekil 2,1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.1 Otomotiv kalite sistem standartlarının tarihsel gelişimi.

2.1 VDA 6 Kalite Güvence Sistemi (Almanya)

Avrupa’da QS 9000 eşdeğeri denilebilecek kalite güvence standartları 1990’lı yılların başında ortaya çıkmıştır. Bunların en kabul görmüş olanı Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği tarafından yayınlanan VDA 6 Kalite sistemidir. Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği (Verband der Automobilindustrie-VDA), Mercedes, Volkswagen, Audi, BMW ve Porsche otomotiv üreticileri ve bunların yüzlerce tedarikçisini bünyesinde bulunduran bir birliktir. Bu birlik 1991 yılında Almanya’daki otomotiv tedarikçilerinin tümünü kapsayan bir kalite sistem standardı geliştirip VDA 6’yı yayınlamıştır. VDA 6, Şekil 2,2’de görüldüğü gibi yapısal olarak altı ana başlıktan oluşmaktadır [4];



Şekil 2.2 VDA 6 otomotiv kalite sistem standardının yapısı.

VDA 6.1 Kalite Yönetim Sistemi ISO:9000:1994’ü tüm elementleriyle kapsamakla birlikte sektöre özgü şartlar içermektedir. Bunların dışında şimdiye kadar dikkate alınmayan Fransız (EAQF 94), İtalyan (AVSQ 95) ve Amerikan (QS 9000) standartlarının önemli talepleri kapsama dahil edilmiştir. Ayrıca EFQM’nin (European Foundation For Quality Management) Toplam Kalite Yönetimi modeli hakkında geliştirilmiş düşüncelerinin ilavesi ile de bir bütünlük kazandırılmıştır [5].

İçerik olarak incelendiğinde VDA 6.1, gerek QS 9000 gerekse ISO 9000:1994’te üzerinde fazla durulmayan üç konuyu vurgulamaktadır. Bunlar; ürün güvenliği, çalışan

memnuniyeti ve finansal konulardır. VDA 6.1 Kalite Sistem Tetkiki, QS 9000 Kalite Sistemine benzer olarak ISO 9000:1994 gerekleri üzerine inşa edilmiştir. Metin olarak incelendiğinde VDA 6.1 “M” ve “P” olarak iki bölümden oluşmaktadır. “M” bölümü yönetime hitap eden gerekleri, “P” bölümü ise süreç ile ilgili gerekleri içerir [6].

2.2 QS 9000 Kalite Yönetim Sistemi (Amerika)

QS 9000 öncesinde Amerika’da faaliyet gösteren otomotiv üreticilerinin her biri tedarikçilerinden, kendilerinin belirlemiş oldukları kalite istekleriyle ilgili olarak uygulamalar talep etmekteydi. Aynı ürünü talep eden müşterilerin her biri için bireysel müşteri taleplerinin karşılanması doğrultusunda tedarikçilerin bu yönde çalışmalar yapmaya zorlanması gereksiz kaynak ve zaman harcamalarını gündeme getirdi [7].

Dünya çapında liderliği elinde tutan otomotiv üreticileri genel nitelikleri ağır basan ISO 9000 kalite sistem standartlarının kendi yaklaşımları açısından yetersiz olduğu düşüncesi ile yeni arayışlara yönelmişlerdir. Özellikle ABD’de yaşanan büyük rekabette otomotiv devleri, daha önceden kaliteli olarak nitelenen ürünlerin artık müşterilerin beğenisini kazanamaması, satış öncesi ve sonrasında yaşananlar problemlerin artış göstermesi nedeniyle yeni arayışlar içerisine girmişlerdir. Bu noktadan hareketle, Amerika’daki üç büyük otomotiv üreticisi Ford Motor Company, Chrysler ve General Motors firmaları yan sanayi üreticilerinin kalitesini iyileştirmek için yaptıkları faaliyetlerin koordinasyonu amacıyla, Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu’nu (Automotive Industry Action Group-AIAG) oluşturdular [1].

1992 yılında, Ford Motor Company, Chrysler ve General Motors firmalarının öncülüğünde, bazı OEM (Original Equipment Manufacturer) firmalarının satın alma birimleri ile yan sanayi kuruluşlarının kalite sistem el kitapçıkları ve değerlendirme kriterleri incelenerek Yan Sanayi Kalite Gereksinimleri Kitapçığı (Supplier Quality Requirements Task Force) adı altında bir takım kurallar AIAG tarafından yürürlüğe konulmuştur. Bu kitapçık QS 9000 standardının temelini oluşturmaktadır [1].

QS 9000 (Quality Standart-QS 9000), Amerika’da üç büyük otomotiv imalatçısının çalışmalarıyla, ISO 9000:1994 standardının geliştirilerek otomotiv endüstrisine uyarlandığı ve resmi olarak 1994 yılında ilk kez yayınlanarak otomotiv sektörüne özgü bir kalite yönetim sistemidir. Bu standart, müşteri ve tedarikçiler arasında, üretim sistemi için belirlenen kalite karakteristiklerinin tekrarlanabilirliğini ve sürekliliğini garanti altına almayı amaçlamaktadır [8].

QS 9000 Kalite Yönetim Sistemi, üç büyük Amerikan otomotiv üreticisinin yanı sıra Mack Trucks, Navistar International, PACCAN Inc., Volvo GM Heavy Trucks gibi kamyon üreticileri ve Harley Davidson, Mitsubishi, Toyota-Avusturalya, Scania gibi firmalar tarafından da kabul edilmiştir [9].

QS 9000 kalite yönetim sisteminin 1995 yılındaki 2. baskısı yapısal olarak üç ana bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölüm ISO 9001:1994 standardının 20 maddeden oluşan yönetim sistemi şartlarını, ikinci bölüm otomotiv sektörüne özgü şartları, üçüncü bölüm ise Ford Motor Company, Chrysler ve General Motors firmaları ve diğer kamyon üreticilerinin tedarikçilerine özgü şartları kapsamakla birlikte kritik özellikler, denetimler, ısıtma işlemi, malzeme vasıflandırması ve etiketleme gibi konuları içermektedir [1].

1998 yılında yayınlanan 3. ve son baskı pek çok değişikliği beraberinde getirmiştir. Bu baskısında QS 9000, bölüm 2'yi tamamen kaldırıp bölüm 1'de yer alan 4.2 maddesi altına ilave etmiştir. Yapılan bu revizyon sonrasında, otomotiv sektörüne özgü şartlar kapsamındaki Üretim Parçası Onay Süreci (PPAP), Sürekli iyileştirme (Continuous Improvement-CI) ve Üretim Yeterliliği (Manufacturing Capability-MC) çalışmaları ISO 9000:1994'ün 4.2.4, 4.2.5, ve 4.2.6 maddelerinde ele alınmıştır. Böylece ISO 9000:1994 kalite yönetim sisteminde 137 olan şart sayısı QS 9000'de 285'e ulaşmıştır [10].

QS 9000 Kalite Yönetim Sisteminin müşteri özel istekleri, temel altı el kitabının uygulanmasını gerektirmektedir. Bu el kitapları şunlardır; Üretim Parçası Onay Süreci, Ölçüm Sistemleri Analizi, İleri Ürün Kalite Planlaması, İstatistiksel Süreç Kontrol, Kalite Sistemi Değerlendirme, Hata Türü ve Etkileri Analizi [11].

2.3 EAQF Kalite Güvence Sistemi (Fransa)

1987 yılında, üç büyük Fransız otomotiv üreticisi Renault, Peugeot ve Citroen her birinin tedarikçilerinden talep ettikleri kaliteye ilişkin sorumluluk ve uygulamaları tek bir çatı altında toplamak ve standartlaştırmak amacıyla Tedarikçi Kalite Değerlendirme'den de destek alınarak (Assurance Qualite Fournisseurs-AQF) kaliteye ilişkin prosedürlerin tümünü kapsayacak ortak bir dokümanı hazırlayarak kabul ettiler. Kabul edilen bu ortak doküman daha sonra geliştirilerek, tedarikçilerin belirlenmiş kriterlere uygunluklarına göre bir sınıflandırmanın da yapıldığı Tedarikçi Kalite Yeteneğinin Değerlendirilmesi (d'Evaluation d'Aptitude Qualite Fournisseurs-EAQF) başlığıyla daha ayrıntılı bir standarda dönüştürüldü [12].

EAQF'nin 1990 yılında yayınlanan ilk versiyonu kalite kontrolün sırasıyla ürün, süreç, ve dış tedarikçilerle bağdaştırılarak, belirlenen 173 şartın kapsandığı 20 ana bölümden meydana

gelmektedir. 1994 yılında yayınlanan ikinci ve son versiyonda ise ISO 9000:1994 standardının 20 maddesine ek olarak kalitenin güvenlik ve finansal yönünü ele alan iki bölüm ilave edilmiştir [12].

EAQF 94 yönetsel şartların dışında, üç büyük Fransız otomotiv üreticisinin tedarikçilerine yönelik bir sınıflandırma yapısı içermektedir. Bu kapsamda tüm tedarikçiler A,B,C ve D olarak sınıflandırılmaktadır. “A” sınıfı, tedarikçinin yeni ürünler geliştirmede yetenekli olduğunu, “B” sınıfı, tedarikçinin uygunluğunun yetersiz olduğunu, “C” sınıfı, tedarikçinin uygunsuzluğunun mutlaka dikkate alınması gerektiğini ve “D” sınıfı ise tedarikçi sınıfından çıkarılmayı ifade etmektedir [12].

2.4 AVSQ Kalite Güvence Sistemi (İtalya)

Belli girişimler sonucu İtalyan Otomotiv Sanayisi Derneği (L’Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche- ANFIA) katılımcıları arasında imzalanan “Üretici ve Yan Sanayi İşbirliği Ana Hatları” özellikle kalite kavramında ortak bir yaklaşım sergilenmesinin önemi vurgulanmıştır. Bu çerçevede ANFIA “Kalite Çalışma Grubu” 1996 yılının nisan ayında bütün otomotiv sektörünü ilgilendirecek ve referans teşkil edecek bir kılavuzun geliştirilmesi için bir çalışma grubu oluşturmuştur. Bu çalışma grubunun geliştirdiği kılavuz üretim süreçlerinin değerlendirilmesini içermektedir [13].

AVSQ (Associazione nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità-AVSQ), ISO 9000:1994 kalite sistemini temel alan bir standarttır. Yapısal olarak incelendiğinde Kalite Sistem Değerlendirmesi ve FIAT grubu için özel gereksinimlerin değerlendirilmesi olmak üzere iki kısımdan meydana gelmiştir.

AVSQ standardı, sistem değerlendirmesi için uluslararası düzeyde en kalifiye firmaların göz önünde bulundurduğu kalite planlama, istatistiksel süreç kontrol gibi konuların da ilavesi ile ISO 9000:1994 serisi standartların içerdiği tüm kalite elementlerini incelemektedir. AVSQ 94, ilk 20 maddesi ISO 9000 gereksinimleri olan 22 başlıktan oluşmuştur. Son iki başlık ise kalitenin ekonomik yönlerini, emniyet ve ürün sorumluluğu konularını içermektedir [5].

FIAT grubu için özel gereksinimlerin değerlendirilmesi ise FIAT grubunun spesifik gereksinimlerine yönelik değerlendirmedir ve aşağıda belirtilen iki ek talebi kapsamaktadır;

- Emniyet parçası üreten yan sanayilerin, bunları üretme ve yönetme yeteneklerinin değerlendirilmesi için “emniyet” ile ilgili talepler.
- Tam Zamanında Üretim (JIT) veya benzeri teslimat tekniklerini uygulayan veya tedarik sistemleri FIAT grubunun tedarik sistemiyle bütünleştirilmeleri talep

edilmiş olan yan sanayilerin değerlendirilmesi için “lojistik sistemi” ile ilgili talepler.

2.5 ISO/TS 16949’un Ortaya Çıkış Nedenleri

İletişim teknolojilerinde görülen gelişmelerle otomotiv sektörü küresel bir endüstri haline gelmiş ve gerek OEM’ler gerekse OEM’lere parça hizmeti veren tedarikçiler uluslararası arenada çok sayıda rakiple rekabet eder hale gelmişlerdir. Ayrıca sektörün önde gelen organizasyonlarının şirket evlilikleri yoluyla yapmış oldukları ortaklıklar ülkeler hatta kıtalar bazında sınırları ortadan kaldırmış, bu durum sektörde yeni yapılanmaları da beraberinde getirmiştir. Bunun en çarpıcı örneği Alman otomotiv üreticisi Daimler Benz’in Amerikan Chrysler ile birleşmesidir. 1998 yılındaki bu birleşmeyi, 1999 yılında Ford-Rover, General Motors-Fiat, Volkswagen- Scania-Mitsubishi (Ticari Araç), Toyota-Daihatsu, ve Renault-Nissan birleşmesi izlemiştir.

Otomotiv ana ve yan sanayi ilişkilerinde, tüm otomotiv üreticileri tarafından kabul edilecek bir kalite yönetim sistemi standardının oluşturulması uzun yıllar gündemde olan konuların başında gelmiştir. Günümüze kadar otomotiv sektörüne özgü ve uluslararası geçerliliği olan bir kalite yönetim sisteminin olmayışı, her ülke endüstrisini bu konuda kendi kalite yönetim sistemlerini oluşturmaya sevk etmiştir. Ulusal bazda oluşturulan bu standartlar çoğunlukla ISO 9000:1994 temeline dayandırıldığından aralarında benzerlikler göstermektedir.

ISO/TS 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi öncesinde otomotiv endüstrisinde uygulanmakta olan standartlar incelendiğinde, ISO 9001:1994 Kalite Güvence Standardının otomotiv sektöründe uygulanması aşamasında karşılaşılan eksikliklerin iyi tespit edildiği, bu noktada ISO 9001:1994’e otomotiv sektörüne özgü şartlar ilave edilerek genişletildiği ve geliştirildiği görülmektedir. Örneğin Alman Standardı VDA 6 ISO 9001:1994’ü fiyat, ürün güvenliği ve güvenilirliği ile çalışan memnuniyeti boyutlarını ele alarak genişletir. Bu genişletmelere ilaveten Fransız Standardı EAQF ISO 9001:1994’e ek olarak motivasyon ve katılım gibi özellikleri içermektedir. Yapılan ilave şartlar, sektör ve müşteri isteği başlıkları altında otomotiv üreticileri tarafından talep edilmektedir. Otomotiv standartları arasındaki farklılıklarda müşteri ihtiyacına yönelik bireysel istekler kalıcıdır [12].

Ulusal ölçekte oluşturulan otomotiv kalite yönetim sistemlerinin birbiriyle entegrasyonu sürecinde, Avrupalı üreticilerin aralarında yaptıkları anlaşmalar çerçevesinde karşılıklı standartların kabulü sağlanmış ve başta İtalya ile Fransa karşılıklı kabul anlaşmaları imzalarken Almanya ile Fransa da kısa bir süre içerisinde anlaşmaya varmıştır. Entegrasyon ve standartlar

konusundaki asıl karışıklık ise Avrupalı OEM'ler ile Amerikalı OEM firmaları arasında yaşanmıştır. Bu konuda başı çeken Almanya ve Amerika karşılıklı olarak QS 9000 ve VDA 6.1 standartlarını kabul etmemiş, kendi standartlarında ısrar etmiştir [14].

Otomotiv yan sanayisi açısından bakıldığında ise yönetim sistemlerinin çeşitliliği, hangi yönetim sistemine adapte olacakları konusunda tedarikçi firmaları uzun yıllar zora sokmuştur. Gerek birden çok sertifikalandırmalardan dolayı firmaya ilave mali yükün binmesi gerekse çok sayıda gerçekleştirilen auditlerden kaynaklanan zaman kayıpları özellikle değişik ülkelerde faaliyet gösteren OEM müşterilerine sahip tedarikçi firmaları zor durumda bırakmıştır. Tüm bu şartlar otomotiv endüstrisine tam olarak uyum sağlayacak, ülke ya da bölge bazında uygulanan standartların yerini alabilecek uluslararası kabul gören tek bir otomotiv kalite sistem standardının oluşturulmasını zorunluluk olarak ortaya koymuştur.

Bu gelişmeler ışığında 1997 yılında Uluslararası Otomotiv Üreticileri Faaliyet Grubu (International Automotive Task Force-IATF) kurulmuştur. Bu kuruluş Amerika, Almanya, İngiltere, Fransa ve İtalya'daki otomotiv yan sanayi üreticilerinin bağlı oldukları dernekleri de bünyesine katmıştır. Bu derneklerden bazı uzmanlar, ISO/TC (International Organization of Standardization/ Technical Committee) teknik komitesi ve Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (Automotive Industry Action Group-AIAG) işbirliğine gitmiştir. Bu işbirliği sonucunda 1999 yılında uluslararası geçerliliğe sahip ilk otomotiv kalite yönetim sistemi ISO/TS 16949 yayınlanmıştır.

ISO/TS 16949:1999 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi diğer kalite sistemlerinin yerini almış olmasına rağmen bu tarihten sonra da sertifikasyon devam etmiş, ancak 2002 yılında ISO/TS 16949'un ikinci baskısının yayınlanmasıyla birlikte ulusal standartların sertifikasyon geçerlilik süresi için genel kısıt tarihi 2006 yılı Aralık ayı olmuştur.

2.6 ISO/TS 16949:2002 Kalite Yönetim Sistemi

Rekabetin en çetin yaşandığı sektörlerden biri olan otomotiv sektöründe yer alan üreticiler, küresel rekabet ortamında gerek kalite gerekse fiyat hususunda belirli seviyeleri yakalayabildikleri takdirde bu sektörde uzun süre kalıcı olacaklarının bilincindedir. Otomotiv ana sanayi olarak tanımlanan üreticiler, kendi tedarikçilerinden uygun fiyat ve kalitede belli bir standartta mal temin edebilmek için, birden fazla OEM'le çalışan yan sanayi firmaları ise sahip oldukları otomotiv kalite sistemlerini tek bir başlıkta toplayabilmek için tüm dünyada kabul görececek bir otomotiv kalite yönetim sistemi geliştirmeye karar vermişlerdir. Otomotiv

endüstrisi, ISO/TS 16949:2002 ile hataları oluşmadan önlemek, tedarik zincirindeki değişkenlikleri ve israfı azaltmak ve sürekli iyileştirme sağlamayı hedeflemektedir [15].

ISO/TS 16949:2002 (International Organization of Standardization/ Technical Specification 16949), Uluslararası Otomotiv Faaliyet Grubu (IATF) ve Japon Otomotiv Üreticileri Birliği (Japan Automobile Manufacturers Association-JAMA) tarafından ISO/TC 176 (International Organization of Standardization/ Technical Committee) teknik komitesinden destek alınarak geliştirilmiştir. IATF, ilk olarak 1999 yılı içerisinde ISO/TS 16949:1999'u geliştirerek yayınladı. Bu ilk baskı ISO 9001:2000'de yapılan revizyon sonrasında ayrıntılı bir şekilde gözden geçirilerek, ikinci baskı 2002 yılı mart ayı içerisinde ISO/TS 16949:2002 olarak yayınlanmıştır [16].

ISO iç tüzüğüne göre herhangi bir konuda uluslararası standardın yayınlanabilmesi için öncelikle teknik spesifikasyon olarak yayınlanması ve üç yıl aralıkla revize edilmesi gerekmektedir. Herhangi bir teknik spesifikasyon iki defa üç yıl aralıkla revize edilip, geri çekilme kararı verilmezse; ancak o zaman bir standart haline gelebilmektedir [17].

1999 yılında yayınlanan ISO/TS 16949'un ilk baskına destek veren Amerika ve Avrupalı otomotiv üreticilerine, 2002 yılında yayınlanan ikinci baskıda Japon otomotiv üreticilerinin eklenmesi ve 2005 yılında ISO tarafından yapılan gözden geçirme toplantısı sonrasında herhangi bir değişiklik yapılmaksızın ISO/TS 16949:2002'nin 2008 yılına kadar yürürlükte kalması kararı, bu teknik spesifikasyonun yakın gelecekte bir uluslararası standart olarak kabul görmesi düşüncesini güçlendirmektedir.

ISO/TS 16949:2002 Teknik Spesifikasyonu ISO 9000:2000 standardına uygun olarak hazırlanmıştır. ISO/TS 16949:2002'de müşteri özel şartlarının karşılanması hala gereklidir ve bunlar üçüncü taraf tetkiklerin amacını oluşturur. Müşteri özel şartlarının teknik spesifikasyondan ayrı basılması uygun görülmüştür. ISO/TS 16949:2002 Teknik Spesifikasyonu, ISO 9001'den farklı olarak zorunlu ve tavsiye niteliğinde koşullar içermektedir. Dokümanda zorunlu koşullar "cektir/caktır", tavsiye niteliğindeki koşullar ise "melidir-malıdır" ekleri ile belirtilmiştir. Bununla birlikte ISO/TS 16949:2002'de tanımlanan müşteri isteklerinin bir kısmı hala QS 9000 kalite yönetim Sisteminde tanımlanan el kitaplarının uygulanmasını zorunlu tutmaktadır. ISO/TS 16949:2002 Teknik Spesifikasyonu temel dokümanla birlikte uygulamaya yardımcı olacak üç destek doküman ve beş el kitabından oluşmaktadır. ISO/TS 16949:2002 temel ve destek dokümanları şunlardır [18];

- ISO/TS 16949:2002 Teknik Spesifikasyonu (temel doküman)
- ISO/TS 16949:2002 Uygulama Kılavuzu
- Kalite Sistem Değerlendirme Kontrol Listesi
- IATF Onay Tüzüğü

ISO/TS 16949:2002, çevre yönetimi, mesleki sağlık ve güvenlik yönetimi, finansal yönetim veya risk yönetimi gibi diğer yönetim sistemlerine özgü gerekleri içermemektedir. Bununla birlikte organizasyonun kendi kalite sistemini ilgili yönetim sistemi gerekleri ile aynı düzeye getirmesine veya entegre etmesine izin vermektedir [17].

2.6.1 ISO/TS 16949:2002 uygulama yapısı

ISO/TS 16949:2002, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren organizasyonlara sürekli iyileştirmeye dayanan, hataları önlemenin önemini vurgulayan, yan sanayi zincirindeki değişkenlikleri azaltmayı hedefleyen bir kalite yönetim sistemi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Diğer otomotiv kalite yönetim sistemlerinden farklı olarak ISO 9000:2000 revizyonunun üzerine kurulan ISO/TS 16949:2002, süreç bazlı yönetim anlayışını otomotiv sektörünün gündemine taşımıştır. Bu yaklaşım içerisinde sürekli iyileştirme anlayışı, sadece alt süreç ya da koşullardan olmaktan öteye geçerek sistemi yönetme sekli olarak öne çıkmaktadır [19].

Tetkikçiler, tedarikçilerin özel proje girişimlerinde hem kalite, hem de verimlilik gelişimi için, belirlediği fırsatların gerçek delillerine bakarlar. Bu anlayışla, tüm kalite politikalarının maksadını oluşturan sürekli iyileştirme yapısı çerçevesinde kalite, servis, maliyet ve teknoloji kalite planlamasıyla açık bir biçimde birleştirilmelidir. Bu hususlar ISO/TS 16949:2002’de ISO’9001’den daha fazla TKY felsefesine sahiptir [19].

Otomotiv endüstrisinde en genel tanımı ile süreç, girdilerin tanımlı bir yöntemle bağlı olarak insan, makine, ekipman v.b. öğeler ile çıktıya dönüştürülmesi aşamalarının tümünü ifade eder. AIAG’nin 2003 yılında yayınladığı ISO/TS 16949:2002 uygulama kılavuzunda yer alan temel noktalardan birisi süreç yaklaşımıdır. AIAG’ye göre süreç; girdileri çıktıya dönüştüren, birbirleriyle etkileşim içindeki faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Süreçlerin yönetimi ve birbirleri arasındaki etkileşimlerin tanımlanarak uygulanan sistem ise süreç yaklaşımı adı verilmektedir [18].

Süreç yaklaşımında tek amaç yalnızca üretim süreçlerinin yönetimi değildir. Zira üretim süreçleri yaklaşık yüz yıldır izlenmekte, ölçülmekte ve iyileştirilmektedir. Yeni olan ise operasyonel süreçlerin (üretim süreçleri) dışında kalan ve/veya bu süreçlere destek olan süreçlerin yönetimidir [20].

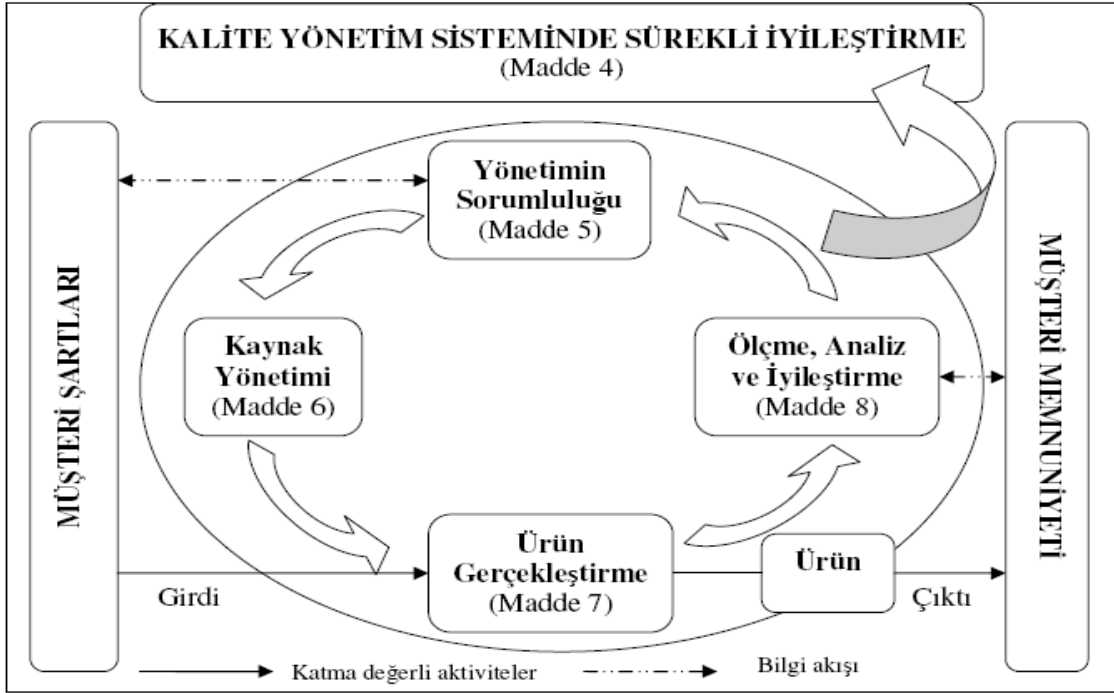
Süreç yaklaşımının avantajı; kalite yönetimi sistemi içerisinde süreçler arası bağlantının oluşturulması ve süreçlerin karşılıklı etkileşimleri üzerinde sürekli kontrolün sağlanmasıdır. Süreç yaklaşımı; süreçlerin belirlenmesi, tanımlanması, sıralama ve etkileşimlerinin belirlenmesi, operasyon, kontrol ve izlenmesi için kriter ve metotlarla gerekli kaynak ve bilginin mevcudiyetinin sağlanması, izlenmesi, ölçülmesi ve analiz edilmesi ile süreçlerin sürekli iyileştirilmesi ve planlanan sonuçlara ulaşılabilmesi için gereken faaliyetlerin uygulanması adımlarından oluşur [20].

Süreçlerin tanımlanması aşamasında ISO/TS 16949:2002 maddelerinin işletmenin temel, müşteri odaklı ve destek süreçleri ile eşleştirildiği süreç yayılım göstergeleri hazırlanmalıdır. Bu sayede kalite yönetim sistemi içinde kullanılan araçların hangi madde kapsamında yapıldığı ortaya konulmuş olmaktadır. Böylelikle sistem denetiminde denetçiler hangi standart maddesine karşılık hangi araçların kullanıldığını değil, süreçlerin etkin yönetilip yönetilmediğine odaklanabileceklerdir. ISO/TS 16949:2002 süreç yaklaşımı ile [18];

Şartların anlaşılmasının ve yerine getirilmesinin,

- Süreçlerin değer katma açısından dikkate alma gereksiniminin,
- Süreçin performans ve etkinliğinin sonuçlarının elde edilmesinin,
- Objektif ölçümlere dayandırılan süreçlerin sürekli iyileştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

ISO/TS 16949:2002 teknik spesifikasyonu, ISO 9001:2000 kalite yönetim sistemine karşılık gelen beş ana süreçten meydana gelmektedir. Şekil 2,3'te gösterilmiş olan süreç bazlı kalite yönetim sistemi modeli 4'ten 8'e kadar olan maddelerde sunulmuş olan süreç bağlantılarını göstermektedir. Bu şekil, girdiler olarak gerekleri tanımlamada müşterilerin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Müşteri tatmininin izlenmesi, organizasyonun müşteri ihtiyaçlarını tatmin etmiş olup olmadığı hakkında müşterinin algılaması ile ilgili bilgilerin değerlendirilmesini gerektirmektedir [17].



Şekil 2.3 Süreç odaklı ISO/TS 16949:2002 yapısı.

Bu yaklaşıma göre ana hedef, organizasyonun kalite yönetim sisteminin sürekli iyileştirilmesidir. Bu hedefe, standardın oluşturduğu zeminde, üst yönetimin desteği ve katılımıyla, ürün/hizmet üretimini gerçekleştirecek kaynakların sağlanması ve müşteri tatmininin ölçümü, analizi ve geliştirilmesi sonucunda da sistemin sürekli iyileştirilmesi yoluyla ulaşılabacaktır. İyileştirmeler, süreçten çeşitli örnekler alınıp bunların analiz edilip elde edilen sonuçların incelenmesiyle süreç değişkenliği hakkında yorumlar yapılmakta ve kararlar bu doğrultuda verilmektedir. Bu noktada, süreçten kaynaklanan değişkenlik kadar ölçüm sistemlerinden kaynaklanan değişkenlik de dikkatle incelenmesi gereken bir konudur [19].

2.6.2 ISO/TS 16949:2002'nin ISO 9000:2000 ve QS 9000 kalite yönetim sistemleri ile karşılaştırılması

Teknik Spesifikasyon genel hatlarıyla incelenecek olursa, ISO 9000:2000 kalite yönetim sistemine yapılan ilave şartlar, 39 adet ile ürün gerçekleştirme ve 22 adet ile ölçme analiz ve iyileştirme süreçlerine yapılmıştır. Ayrıca kaynak yönetimine 8 adet, yönetimin sorumluluğuna 6 adet ve kalite yönetim sistem gereklerine ise 3 adet ilave şart eklenmiştir. Bu eklemelerden ISO 9000:2000 kalite yönetim sisteminin, ürün gerçekleştirme ve ölçme, analiz ve iyileştirme süreçlerinde otomotiv sektörü açısından yetersiz olduğunu söylemek mümkündür.

Benzer şekilde, ISO/TS 16949:2002 ile diğer bir Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi olan QS 9000'in üçüncü versiyonu karşılaştırıldığında, Çizelge 2,1'de görüldüğü gibi QS 9000'e yeni olan veya önemli değişiklikler içeren 15 ilave şart yapılmıştır [18].

Çizelge 2.1 ISO/TS 16949:2002'nin QS 9000'e ek şartları.

1	5.1	Yönetimin Taahhüdü Üst yönetim kalite yönetim sisteminin geliştirilmesi, uygulanması ve bu etkinliğinin sürekli iyileştirilmesi ile ilgili taahhüdünü aşağıdakiler ile kanıtlayacaktır: a) Hem müşterilerin, hem de yasaların ve yönetmeliklerin gereklerine uymanın önemini organizasyona iletmek, b) Kalite politikasını oluşturmak, c) Kalite hedeflerinin oluşturulmuş olmasını sağlamak, d) Yönetim gözden geçirmelerini yönetmek, e) Kaynakların varlığını sağlamak
2	5.1.1	Süreç Etkililiği Üst yönetim, etkililiklerini ve etkinliklerini temin etmek üzere ürün gerçekleştirme süreçlerini ve destek süreçlerini gözden geçirecektir.
3	5.4.1	Kalite Hedefleri Üst yönetim, ürün için olan gerekleri karşılamak için ihtiyaç duyulanlar dahil olmak üzere kalite hedeflerinin organizasyon içindeki ilgili fonksiyonlar ve düzeylerde oluşturulmuş olmalarını sağlayacaktır. Kalite hedefleri ölçülebilir ve kalite politikası ile tutarlı olacaktır.
4	5.5.2.1	Müşteri Temsilcisi Üst yönetim, müşteri gereklerine hitap edilmesini sağlamak üzere sorumluluk ve yetkiye sahip olan bir personel tayin edecektir. Bu özel karakteristiklerin seçimini, kalite hedeflerini belirlemeyi ve ilgili eğitimi, düzeltici ve önleyici faaliyetleri, ürün tasarımını ve geliştirmesini içerir.
5	5.5.3	İç İletişim Üst yönetim, organizasyon içinde uygun iletişim süreçlerinin kurulmasını ve kalite yönetim sisteminin etkinliği ile ilgili iletişimin oluşturulmasını sağlayacaktır.
6	6.2.2.4	Çalışan Motivasyonu ve Yetkilendirmesi Organizasyon kalite hedeflerini başarmak, sürekli iyileştirmeler yapmak ve yenilikçiliği geliştirecek bir ortam yaratmak üzere çalışanları motive etmek üzere bir sürece sahip olacaktır. Süreç tüm organizasyon dahilinde kalitenin ve teknolojik farkındalığın geliştirilmesini içerecektir. Organizasyon personelinin kendi aktivitelerinin önemi ve anlamı ve kalite hedeflerinin başarılmasına nasıl katkıda bulunacakları konusundaki farkındalıkları ölçmek üzere bir sürece sahip olacaktır.
7	6.3	Altyapı Organizasyon ürün gereklerine uygunluğu başarmak üzere ihtiyaç duyulan altyapıyı belirleyecek, sağlayacak ve devam ettirecektir. Altyapı uygun yerlerde şunları içermektedir: a) Binalar, çalışma alanı ve bunlara bağlı olan tesisler, b) Süreç ekipmanları (donanım ve yazılım), c) Destekleyici servisler (taşımacılık veya iletişim gibi)

Çizelge 2.1 (devam)

8	7.2.3	Müşteri İle İletişim Organizasyon aşağıda belirtilen hususlarla ilgili olarak müşteri ile iletişim kurmak üzere etkin düzenlemeler belirleyecek ve uygulayacaktır: a) Ürün bilgisi, b) Değişiklikler dahil olmak üzere, araştırmalar, sözleşmeler veya sipariş yerine getirmeler, c) Müşteri şikayetleri dahil olmak üzere, müşteri geri beslemeleri.
9	7.3.2.1	Ürün Tasarım Girdisi Organizasyon aşağıdakiler dahil olmak üzere, ürün tasarımı girdileri gereklerini tanımlayacak, belgeleyecek ve gözden geçirecektir: _ Özel karakteristikler, tanımlama, izlenebilirlik ve ambalajlama gibi müşteri gerekleri _ Bilginin kullanılması: organizasyon daha önceki tasarım projelerinden, rakiplerin analiz edilmesinden, tedarikçi geri beslemesinden, iç girdiden, çalışma alanı verilerinden ve diğer önemli kaynaklardan elde edilen bilgileri mevcut ve gelecekteki benzer nitelikteki projelerde kullanmak üzere bir sürece sahip olacaktır. _ Ürün kalitesi, ömrü, güvenilirliği, dayanıklılığı, sürdürülebilirliği, zamanlaması ve maliyeti için olan hedefler.
10	7.3.2.2	İmalat Süreci Tasarım Girdisi Organizasyon aşağıdakiler dahil olmak üzere, imalat süreci tasarım girdisi gereklerini tanımlayacak, belgeleyecek ve gözden geçirecektir: _ Ürün tasarımı çıktı verileri, _ Verimlilik, süreç yeteneği ve maliyet için olan hedefler, _ Eğer varsa müşteri gerekleri, _ Daha önceki gelişmelerden elde edilen deneyim.
11	7.3.3.2	İmalat Süreci Tasarım Çıktısı İmalat süreci tasarım çıktısı imalat süreci girdi gereklerine karşı kontrol edilebilir ve geçerli kılınmış olan terimler ile ifade edileceklerdir. İmalat süreci tasarım çıktısı şunları içerecektir: _ Spesifikasyonlar ve çizimler, _ İmalat süreci akış diyagramı/yerleşim, _ İmalat süreci HTEA'ları, _ Kontrol planı _ İş talimatları, _ Süreç onayı kabul kriteri, _ Kalite, güvenilirlik, bakım kolaylığı, ve ölçülebilirlik ile ilgili veriler, _ Uygun olan yerlerde hatasızlaştırma faaliyetlerinin sonuçları, _ Ürün/imalat süreci uygunsuzluklarının hızlı tespiti ve geri beslemesi ile ilgili metotlar.
12	7.4.3.2	Tedarikçi İzleme Tedarikçi performansı aşağıdaki göstergeler vasıtasıyla izlenecektir: _ Teslim edilmiş ürün kalitesi, _ Garanti (saha) iadeleri dahil olmak üzere müşteri sorunları, _ Teslimat programı performansı (aşırı navlun olayları dahil), _ Kalite veya teslimat konuları ile ilgili özel durum müşteri bildirileri. Organizasyon, tedarikçilerin kendi imalat süreçlerinin performansını izlemelerini teşvik edecektir.

Çizelge 2.1 (devam)

13	8.1	Ölçüm, Analiz ve İyileştirme – Genel Organizasyon aşağıda belirtilen hususlar için ihtiyaç duyulan izleme, ölçüm, analiz ve iyileştirme süreçlerini planlayacak ve uygulayacaktır: a) Ürünün uygunluğunu göstermek, b) Kalite yönetim sisteminin uygunluğunu sağlamak, c) Kalite yönetim sisteminin etkililiğini devamlı olarak iyileştirmek. Bu, istatistiksel metotlar dahil olmak üzere, uygulanabilir metotların belirlenmesini, ve bunların kullanım kapsamlarını içerecektir.
14	8.2.2.5	İç Denetçi Kalifikasyonu Organizasyon, işbu Teknik Spesifikasyonun denetleme gereklerine uygun şekilde kalifiye olmuş olan iç denetçilere sahip olacaktır.
15	8.5.1.2	İmalat Süreci İyileştirme İmalat süreci iyileştirme devamlı olarak ürün karakteristiklerinde ve imalat süreci parametrelerinde kontrol ve değişikliğin azaltılması üzerine odaklanacaktır. Not 1: Kontrol edilen karakteristikler kontrol planında belgelenir. Not 2: Sürekli iyileştirme, imalat süreci kapasiteli ve dengeli hale geldiğinde, veya ürün karakteristikleri önceden tahmin edilebilir ve müşteri gereklerini karşılar olduğunda uygulanır.

2.6.3 ISO/TS 16949:2002 dokümantasyon yapısı

Kalite Sistem Dokümantasyonu, faaliyetlerin, sonuçların, gereksinimlerin ve talimatların belgelenmesi, diğer bir ifadeyle raporlanması olarak tanımlanmaktadır. Tüm dokümanların hazırlanmasında, meydana gelebilecek farklılık ve karmaşıklıkları önlemek amacıyla doküman hazırlama, yayın ve değişikliği prosedürü ile doküman hazırlama talimatı oluşturulmalıdır. Buradaki amaç; kalite sistem dokümantasyonunun hazırlanması, yürürlüğe konması ve revize edilmesi, ayrıca onay ve yürürlük yetkisinin kimlere ait olduğunun açık bir şekilde tanımlanmasıdır [21].

Gerek ISO/TS 16949:2002 gerekse ISO 9001:2000 standardı tedarikçi kuruluşların, ürünün belirlenen şartlarını sağlamak üzere dokümente edilmiş kalite sistemi oluşturulmasını ve bunun devamlılığının sağlanmasını şart koşar. Bu da; standardın şartlarına göre, dokümente edilmiş, kalite el kitabı, prosedür ve talimatların hazırlanmasını, hazırlanan prosedür ve talimatların etkin bir şekilde yerine getirilmesini kapsar [2].

Kalite el kitabının amacı, ürün gerekliliklerinin yerine getirilmesi için zorunlu olan; sistem öğelerinin varlığını göstermek ve bunların işlevlerini öngörülen biçimde yerine getirildiklerinin belgelemektir. Kalite el kitabı, kuruluşun kalite politikasının açıklandığı ve kalite sisteminin tanımlandığı belgedir. Bu doküman, kalite sisteminde kullanılan sistem

prosedürlerini içermeli, dokümantasyon yapısını açıklamalı ve gerektiğinde referans göstermelidir. Ayrıca, organizasyonun, ürün tasarımı ve geliştirmesinden sorumlu olmadığı durumlarda kapsam dışı tutulan 7.3 maddesi ile ilgili detaylar ve kapsam dışı tutma nedenleri dahil olmak üzere, kalite sisteminin kapsamı ve kalite yönetim sistemi süreçleri arasındaki etkileşim açıklanmalıdır [17].

Prosedürler, hizmet ve ürünün gerçekleştirilmesi sırasında her aşamada kullanılan idari ve teknik kuralları belirleyen dokümanlardır. 2000 yılında yapılan revizyonun temel amaçlarından biri de ISO 9001'in tüm kuruluşlar için daha anlaşılır kılmak olduğu söylenebilir. Bunun için sayısı ISO 9001:1994'te 18 olan dokümente edilmiş prosedür sayısı, yeni versiyonda altıya düşürülmüştür. Bu değişiklik kuruluşlara büyük bir inisiyatif kazandırmaktadır. ISO 9001'e yapılan revizyona paralel olarak ISO/TS 16949:2002'de de dokümente edilmiş prosedür sayısı eski versiyona göre azaltılmıştır. Ancak ISO 9001:2000'de yer alan 6 prosedüre, eğitim prosedürünün eklenmesiyle dokümente edilmiş prosedür sayısı ISO/TS 16949:2002'de 7'ye ulaşmaktadır. ISO/TS 16949:2002 yedi noktada, prosedür oluşturulmasını, dokümente edilmesini, etkin olarak uygulanmasını ve sürekliliğinin sağlanmasını şart koşmaktadır. Bu şartlar; dokümanların kontrolü, kayıtların kontrolü, eğitim, iç tetkik, uygun olmayan ürünün kontrolü, düzeltici faaliyet ve önleyici faaliyet prosedürleridir.

İş talimatları, prosedürlerin nasıl uygulanacağı konusunda çalışanlara yol göstermek amacıyla hazırlanmaktadır. Bu nedenle basit ve herkes tarafından anlaşılabilir olması gerekmektedir. İş talimatları; ne yapılacak, nasıl yapılacak, kim yapacak, nerede yapılacak ve ne zaman yapılacak sorularına yanıt verir. Dokümantasyonun son seviyesi olan kalite kayıtları ise, diğer seviyelerde açıklanan faaliyetlerin gerçekleştirilmesi aşamasında kullanılan formlardır. Kalite kayıtları; ne yapıldı, nasıl yapıldı, kim yaptı, nerede yapıldı ve ne zaman yapıldı sorularına yanıt verir [7].

2.6.4 ISO/TS 16949:2002'nin avantajları

ISO/TS 16949:2002 diğer otomotiv kalite sistem standartlarından daha kapsamlı ve detaylı bir içeriğe sahiptir. Dolayısıyla yoruma açık daha az kısmı olması nedeniyle uygulanması ve uygulamalardan sonuç alınması daha kolaydır. Şu ana kadar yayınlanan tüm otomotiv sistem standartlarını üreten kuruluşların ortak ürünü olması sebebiyle eski standartların eksik yönlerinin giderilmiş olması beklenen bir sonuçtur. ISO/TS 16949:2002 Kalite Yönetim Sistemi'nin en güçlü özellikleri şu şekilde özetlenebilir [22];

- Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) tekniği ile kontrol planları arasındaki kuvvetli ilişkinin her parça için kullanılması,
- Müşteri isteklerinin her yeni parça bazında kontrol planları vasıtasıyla operatör talimatlarına kadar indirgenebilmesi,
- Her bir ürünün devreye alınmasında ürün ve süreç dizaynı ile seri imalat sırasında çıkabilecek tüm hataların önceden önlenmesi,
- Süreç tasarımı aşamasında ürünün üretimi sırasında kullanılacak olan makine ve teçhizatın gözden geçirilmesi zorunluluğu,
- Tesis düzenine önem verilmesi,
- Teçhizat ve kalıp yönetimi için sistem kurulması zorunluluğu,
- İşçi sağlığı ve iş güvenliğinin ön planda tutulması,
- Tedarikçilerin geliştirilmesi zorunluluğu.

ISO/TS 16949:2002'nin kurulum ve uygulama aşamalarının her kademesinde, organizasyonlar ve sertifikasyon kuruluşları süreç yeterliliği, etkinliği ve etkililiği üzerine odaklanmalıdır. ISO/TS 16949:2002'nin maddelerinden olan iş planları, kalite sistem performansı, veri analiz ve kullanımı bu etkilerde yardımcı olabilir [19].

2.7 ISO/TS 16949:2002'nin Diğer Şartları

ISO/TS 16949:2002'de tanımlanan müşteri taleplerinin bir kısmı halen QS 9000 Kalite Yönetim Sistemi el kitaplarının kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle işletmeler ISO 16949:2002'nin tasarım ve uygulama aşamalarında bu el kitaplarını kullanmalıdır. Müşteri istekleri kapsamında uygulanması gereken temel el kitapları şunlardır [18];

- Üretim Parçası Onay Süreci (PPAP)
- Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA)
- İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP)
- İstatistiksel Süreç Kontrol (SPC)
- Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

2.7.1 İleri ürün kalite planlaması (Advanced Product Quality Planning-APQP)

İleri ürün kalite planlamasının amacı, tedarikçilerin, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayacak şekilde ürün ve süreçler ile ilgili olarak kalite planlama fonksiyonunu yerine getirmeleri için gerekli bilgileri sağlamanın yanı sıra müşteri memnuniyeti için işletme kaynaklarından optimum düzeyde yararlanma ve gerekli değişikliklerin zamanında yapılarak

kaliteli bir ürünün zamanında ve en düşük maliyetle sağlayabilmektir. Bu planlamanın yapılma nedenleri şunlardır [23];

- Ürün kalite planlamasının öneminin tüm taraflarca anlaşılması
- Tedarikçi ve müşteri arasında yapılacak olan ürün kalite planlamasındaki karmaşık yapının azaltılması
- Tedarikçi ve müşteri arasındaki kalite planlaması gereksinimlerinin ortak bir dille ifade edilerek standartlaştırılması
- Kalite planlama sürecinde tüm taraflar arasında etkin bir iletişim sağlanması

APQP çalışmaları işletmedeki bütün fonksiyonların temsil edileceği bir planlama ekibinin oluşturulması ile başlar. Etkin bir İleri Ürün Kalite Planlaması oluşturulabilmesi, kalite bölümünün yanı sıra mühendislik, üretim, giriş kalite kontrol, satın alma, satış ve servis bölümlerinin katılacağı bir ekip çalışmasıyla mümkün olabilir.

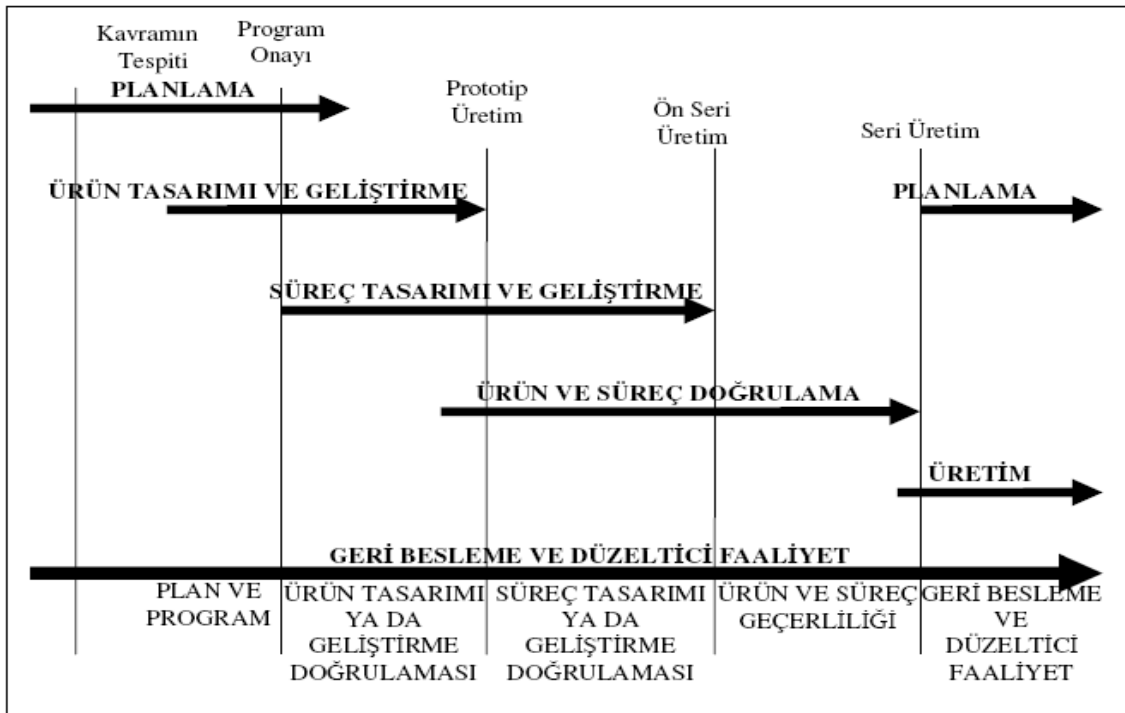
İleri Ürün Kalite Planlaması altı ana bölümden oluşmaktadır. Tasarımın müşteri tarafından yapılıyor olması tedarikçinin bu planı yapma yükümlülüğünü ortadan kaldırmamaktadır. Ancak söz konusu durumdaki tedarikçiler planlamanın bazı bölümlerinden muaf tutulmaktadır. İleri Ürün Kalite Planlamasının içeriği ve tedarikçilerin sorumluluğu Çizelge 2,2’de yer alan APQP matrisinde görülmektedir [24].

Çizelge 2.2 İleri ürün kalite planlaması sorumluluk matrisi.

	Tasarım Sorumluluğu Olan Tedarikçiler	Sadece Üretimden Sorumlu Tedarikçiler
Kapsamın Tespiti	X	X
Plan ve Program	X	
Tasarım ve Tasarım Geliştirme	X	
Fizibilite	X	X
Süreç Tasarımı ve Geliştirme	X	X
Ürün ve Süreç Doğrulama	X	X
Geri Besleme ve Düzeltilici Faaliyet	X	X
Kontrol Planı Dokümanı Hazırlama	X	X

2.7.1.1 İleri ürün kalite planlaması aşamaları

APQP ekibinin başarısı müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin zamanında karşılanmasına ve değer yaratan şekilde oluşan maliyetine bağlıdır. Bu nedenle oluşturulan ekip öncelikle APQP'nin her aşamasını ayrıntılı olarak içerecek ve yapılacak her türlü etkinlik sürecinin belirlendiği bir zaman çizelgesi hazırlamalıdır. Bu çizelgenin kapsamı Şekil 2,4'de görülmektedir [15].



Şekil 2.4 İleri ürün kalite planlaması zaman çizelgesi.

2.7.1.2 Projenin tanımlanması ve planlanması

Bu bölümün amacı üretilecek ürüne yönelik bir kalite programı ve planı yapabilmek için müşteri istek ve beklentilerinin saptanmasıdır. Yürütülecek bütün faaliyetler rakiplerden daha iyi ürün ya da servis sunabilecek ve müşteri ihtiyaçları ile beklentilerinin iyi anlaşıldığını garanti altına alacak şekilde yürütülmelidir. Pazar araştırmaları, geçmişe ait kalite ve garanti kayıtları, proje ekibinin deneyimleri, rakip ürün ya da süreçlerin kıyaslama verileri, müşteri istek ve beklentileri gibi unsurlar bu bölüm çerçevesinde değerlendirilerek planlamanın bir

sonraki aşaması olan ürün tasarımı ve ürün geliştirme bölümünde kullanılacak veriler elde edilmelidir.

2.7.1.3 Ürün tasarımı ve ürün geliştirme

Bu bölümde, planlama sürecinin son seklene yaklaşan tasarım özellikleri ve karakteristikleri ele alınmaktadır. Üretilen bir ürün tasarımı, üretim hacmi ve programına uygun olmakla birlikte kalite, güvenilirlik, birim maliyet ve zamanlama gibi mühendislik gereklerini karşılayabilecek nitelikte olmalıdır. Bu nedenle, tasarımı doğrulayacak bir prototip üretim ve söz konusu gereklerin karşılandığını doğrulamak ve üretim sırasında ortaya çıkabilecek olası problemleri değerlendirmek için mühendislik çizim ve spesifikasyonlarına göre ön fizibilite ve yeterlilik çalışmaları bu bölüm kapsamında gerçekleştirilmelidir [25].

2.7.1.4 Süreç tasarımı ve süreç geliştirme

Bu bölümde beklenen kalite düzeyinde ürün elde edebilmek amacıyla bir imalat sistemi geliştirilmesini ve ilgili kontrol planlarının oluşturulması için yapılması gereken işlemler ele alınmaktadır. Ayrıca tasarlanan ve geliştirilen imalat sisteminin düzenli işleyebilmesi amacıyla fabrika içi yerleşim düzeni ve imalat sürecinin başından sonuna kadar makine, malzeme, metot ve işgücü değişimlerinin kaynaklarını analiz etmek için oluşturulacak akış semaları ile üretimde kullanılacak olan süreç talimatları bu bölüm kapsamında hazırlanmalıdır. Yapılan tüm bu çalışmalar müşteri gereksinimlerini, ihtiyaç ve beklentilerini karşılamayı garanti altına almalıdır.

2.7.1.5 Ürün ve sürecin doğrulanması

Bu bölüm, seri üretime geçiş öncesinde tasarım ve süreç geliştirme çalışmalarının doğrulanmasını kapsamaktadır. Bu doğrulamanın yapılabilmesi amacıyla seri üretimde kullanılacak olan süreç, aparatlar, kalıp, çevre koşulları ve görev alacak operatörlerle müşterinin belirlediği miktarda ürünün üretileceği bir deneme üretimi çalışması gerçekleştirilir. Yapılan deneme üretimi sonrasında kullanılan üretim araçları ve süreçleri sonucunda ortaya çıkan ürünün mühendislik şartlarını karşıladığı ve üretim sürecinin seri üretime hazır olduğu planlama ekibi tarafından onaylanır ve tüm planlama şartlarının yerine getirildiği ve dokümanite edildiği teyid edilerek yönetime sunulur.

2.7.1.6 Geri besleme ve düzeltici faaliyet

APQP faaliyeti, ürün ve sürecin doğrulanarak üretime başlanması sonrasında oluşan değişkenliklerin özel ve genel nedenlerinin araştırılması ve sonuçların değerlendirilmesi için

seri imalat aşamasında da devam eder. Bu bölümde değişkenlikler ve bu değişkenliklere neden olan parametreler değerlendirilerek değişkenlikleri en aza indirebilmek için gerekli olan düzeltici faaliyetler gerçekleştirilir. Daha iyi bir ürün kalitesi elde edebilmek için eksikliklerin giderilmesi ve olası hataları önceden fark edilip önlenmesi amacıyla planlamanın önceki aşamalarına geri bildirim yapılmalıdır.

2.7.1.7 Kontrol planı dokümanının hazırlanması

APQP fonksiyonunun önemli bir parçası kullanılabilir niteliklerde bir kontrol planının geliştirilmesidir. Bu plan, üretilen ürün ve üretim aşamasında kullanılan süreçleri denetleyebilmek için kurulan sistemin dokümante edilmiş biçimidir.

Kontrol planı, bir veya birkaç malzemenin, yan malzemeleri sipariş aşamasından başlayarak müşteriye teslim safhasına kadar geçen sürede tüm işlem ve kontrolleri kademe belirleyen ve gerçekleşmesine olanak veren dokümandır [2].

Kontrol planı ürünün tüm yaşamı boyunca kullanılır. Seri üretimin ilk baslarında üretimin çeşitli aşamalarında, çeşitli parametrelerin kontrol edilebilmesi amacıyla çeşitli kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi ve böylece sürecin izlenmesi amacıyla kullanılırken daha sonraki aşamalarda sürecin kontrol altında tutulması ve ürün kalitesinin sağlanması fonksiyonunu yerine getirir. Kontrol planlarını üç değişik evrede incelemek mümkündür. Bunlar [25];

- **Prototip:** Prototip hazırlanması sırasında yapılması gereken boyutsal ölçümlerin, malzeme ve performans testlerinin dokümante edilmesi.
- **Ön Seri Üretim:** Deneme üretimi aşamasında yapılması gereken boyutsal ölçümlemelerin malzeme ve performans testlerinin dokümante edilmesi.
- **Seri Üretim:** Seri üretim aşamasında gerçekleşen ürün ve süreç özelliklerinin, süreç kontrollerinin, deneylerin ve ölçüm sistemlerinin ayrıntılı dokümantasyonu.

2.7.2 Hata türü ve etkileri analizi

Güvenilirlik, ürünlerin en önemli karakteristiği olduğu gibi, müşteri tatmininin de önemli bir göstergesidir. Dolayısıyla bir ürünün güvenilirliğini temin etmek için; bir güvenlik programının geliştirilmesi, tedarikçi firmaların izlenmesi ve kontrol edilmesi, bir hata raporlama sisteminin oluşturulması, uygun hata analizlerinin yapılması, düzeltici faaliyetlerin yürütülmesi, hata arama sisteminin yapılandırılması ve ayrımının, tahmin ve olası hata türleri ve etkilerinin analizini tam olarak uygulaması gerekmektedir [2].

Şubat 1993'te Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) endüstri çapında hata türü ve etkileri analizi standardı oluşturmuştur. Bu standart Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yapısı QS 9000 standardının geliştirilmesinde işbirliği yapan Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul edilmiş ve desteklenmiştir [14].

Hata, bir sistemin fonksiyonlarını yerine getirememesi durumu veya normal olmayan işleyiştir. Başarılı bir hata analizi yapabilmek için parçanın spesifikasyonları karşılayamadığı durumlar, tasarım veya süreçle ilgili olası sorunlar, işlemden sonraki operatörün neyi kötü olarak değerlendireceği ve son kullanıcı olan müşterinin neyi kabul edilemez olarak niteleyeceği tam ve doğru olarak analiz edilmelidir.

Hata türü ve etkileri analizi, bir ürünün, hizmetin, çalışan bir ekipmanın fonksiyonlarını ve/veya kendisinden istenilen şartları yerine getirmemesine neden olabilecek, ürünü oluşturan parçaların ve/veya bileşenlerin, fonksiyonlarını veya niteliklerini nasıl yitirdiklerinin analizidir. Diğer bir ifadeyle, tasarım ve güvenilirlik mühendisliği tarafından yürütülen ve mevcut ürün noksanlıklarını tespit etmeye yarayan bir metottur. Bir ürünün tüm bileşenlerine yönelik hata modlarının sınıflamasını kullanarak, meydana çıkma olasılığı ve başarısızlık olasılığını tespit eder [26].

Bu sistematik yaklaşım üretim sürecinde başarısızlığa yol açabilecek potansiyel hataların önlenmesi ile kalitesizliğin ortadan kaldırılması ile ilgilenmektedir. Hata türü ve etkileri analizi bir ürünün planlama aşamasında, tasarım aşamasının sonuna doğru kağıt üzerinde ya da bilgisayar programıyla ilk gerçek ürün kullanıcıların ellerinde başarısız olmadan önce uygulanmaktadır. Bunun anlamı, ürün tüketiciye ulaşmadan önce hataların bulunmasıdır [27].

HTEA aşağıdaki dört durumda kullanılır [28];

- Bir ürünü/hizmeti veya süreci tasarlarken, tasarımı zayıflatacak potansiyel hataların belirlenmesi için kullanılır.
- Mevcut sistemde oluşan hataları araştırırken, olası hataların ve çözümlerin belirlenmesine yardımcı olmak için kullanılır.
- Olası çözümler araştırılırken, faydası bilinen çözüm uygulamalarından, kabul edilebilir risk oranlarına göre seçim yapmak için kullanılır.
- Faaliyetleri planlarken, planda oluşabilecek riskleri öncelik sırasına göre belirlemek ve bunlara karşı alınacak önlemlerin belirlenmesi için kullanılır.

Bu analiz yöntemi endüstriyel ürünlerin hem tasarım hem de üretim süreçleri için uygulanabilir ve uygulama alanına göre Tasarım HTEA ya da Süreç HTEA olarak adlandırılır.

2.7.2.1 HTEA'nın uygulama aşamaları

Bu metodun uygulanabilmesi için aşağıda ifade edilen dört şartın herkes iyice anlaşılması ve takip edilmesi gerekmektedir.

1. Bütün problemler aynı değildir. (Aynı derecede önemli değildir.)
2. Müşteri belirlenmelidir. Bu genellikle son kullanıcı olmakla birlikte, bir sonraki operasyon da müşteri kabul edilebilir.
3. Fonksiyon belirlenmelidir. Ele alınan fonksiyon ve amaç herkes tarafından bilinmelidir.
4. Önlemeye yönlendirilmiş olmalıdır. HTEA'nın amacı devamlı iyileşme ve düzeltici faaliyetlerin başlatılması olmalıdır. Aksi takdirde HTEA çalışması statik bir çalışma olarak kalır.

Hata türü ve etkileri analizinde iki adımla karşılaşılır. Bunlardan birincisi ürünün veya hizmetin nasıl hatalı olduğunu ortaya çıkarmak, ikincisi bu hataya nelerin etki edebildiğini bulmaktır.

2.7.2.2 HTEA sonuçlarının değerlendirilmesi

Hata türü ve etkileri analizi çalışmasında önceliğin belirlenmesi en önemli konu olup, bunu sağlayan üç kriter vardır: Olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik. Bu kriterlerin değeri 1 ile 10 arasında sayısal olarak belirlenir. Öncelik ise bu üç kriterin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan ve bu üç kriterin çarpılmasıyla bulunan Risk Öncelik Sayısına göre (RÖS) tespit edilir. İşletmeler hesaplanan RÖS değerlerini göz önünde bulundurarak farklı değerlendirme kıstaslarına göre düzeltici faaliyetlere başlayıp başlamama kararı alırlar. Genellikle bu katsayı 100'den büyük olduğunda kesinlikle önlem almak gerekmektedir. İyileştirme olarak önerilen faaliyetler şiddet, olasılık veya tespit edilebilirlik derecelerinden biri ya da birkaçını azaltmak için uygulanmaktadır [29].

2.7.3 İstatistiksel süreç kontrol

İstatistiksel Süreç Kontrol (İSK), kalite yönetim sistemleri uygulamalarında yer alan önemli konulardan birisidir. Kaliteli ürün elde etme ve işletmede yürütülen sürekli iyileştirme faaliyetlerinin başarıya ulaşması, ürünün üretildiği süreçlerin sürekli kontrol altında tutulup izleneceği tekniklerin belirlenerek uygulamaya konulmasıyla yakından ilgilidir.

Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) tarafından 1995'te oluşturulan istatistiksel süreç kontrol kitapçığı, otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren işletmelerde yürütülen SPC faaliyetlerinin standartlaştırılması amaçlamaktadır. Bu kitapçık istatistiksel süreç kontrol çalışmalarında kullanılacak yöntemleri açıklamaktadır [30].

İstatistiksel Süreç Kontrol (SPC), bir üretim sürecinde kaliteyi sağlamak, sürdürmek ve iyileştirmek amacıyla kullanılan istatistik tekniklerini içerir. Bu teknikler, kısa vadede süreç hatalarının teşhisi ve giderilmesini, uzun vadede ise süreç kalitesinin iyileştirilmesini hedefler. Bölüm ve süreç faaliyetleri ile ilgili gelişmelerin izlenmesi için her faaliyetin performans ölçütünün zaman içindeki değişiminin incelenmesi gereklidir. Kaoru Ishikawa, bir işletmedeki problemlerin % 95'inin kalite kontrolün yedi tekniği ile çözülebileceğini savunmaktadır [31].

Deming, istatistiğin, bilginin transferi için gerçek bir bilim olduğunu ve bilgi girişinin sürekli ilerleme için gerekli olduğunu, ancak bu yolla maksimum çıktıya ulaşılabileceğini vurgulamıştır. Her şey değişmektedir ve bu değişim, değişimin limitlerinin belirlenmesi için ölçülmelidir. Değişim sınırlarının belirlenmesi, uygulamaya konulması ve geliştirilmesinde, istatistiksel süreç kontrolünün rolü büyüktür. Değişimin ölçülebilmesi, kalitede sürekli iyileştirmenin ilk hedefidir [32].

Bütün süreçler bünyelerinde değişkenlik barındırırlar. Bu değişkenlik genel ve özel nedenlere dayanmaktadır. Genel nedenlere dayanan değişkenlik, sürecin doğasında var olan birçok hata nedeninin ortak etkisidir. Özel nedenler ise genel nedenlere kıyasla baskın bir etkiye sahiptir; süreçte ayırt edilebilir izler bırakırlar. Özel nedenler etkili değilse süreç kontrol altında kabul edilir; aksi takdirde kontrol dışındadır [33].

2.7.3.1 Süreç kontrol grafiği

Kalite denetiminde herhangi bir üretim sürecinin kontrolü için bilinen en önemli yöntem kontrol grafiğinin kullanılmasıdır. Bu kullanımda üretimden alınan numuneler sayısal olarak değerlendirildikten sonra ortalamaları, değişim aralıkları ve ekstrem sınırları belirlenerek bir grafik oluşturulur. Daha sonra bu grafik üzerinde yorumlar yapılarak üretim süreci hakkında bilgi edinilmeye çalışılır [34].

Süreç kontrol grafiklerinin temel işlevi bir sürecin nasıl yürüdüğünü göstermektir. Bu sayede sürecin performansı, müşteri beklenti ve isteklerini karşılama yetenekleri kontrol edilerek, gerekirse süreç geliştirilerek iyileştirilir.

Grafiklerde üründen alınan ölçüm değerleri ya da bunlardan üretilen bir istatistik kullanılır. Bu değer kontrol bölgesi olarak adlandırılan bir değer aralığındaysa sürecin kontrol altında olduğu kabul edilir. Değer kontrol bölgesi dışında ise bu durum kontrol dışı sinyal olarak nitelendirilir. Süreç mümkünse durdurularak bu neden araştırılır, saptanır ve ortadan kaldırılması için gerekli önlemler alınır [35].

Kontrol grafikleri hazırlanırken izlenecek aşamalar şunlardır [2];

- Her bir kalite özelliği için ayrı kontrol grafiği düzenlenir.
- Numune alma çizgilerinden yararlanılarak yeterli sayıda birimler gelişigüzel olarak çekilerek, ölçüm değerleri kaydedilir.
- Hangi tür kontrol seması hazırlanacağı belirlenir.
- İlgili tablolardan yararlanılarak alt ve üst limitler hesaplanır.
- Ölçeklendirilerek alt ve üst limitler grafiğe aktarılır. Zamana bağımlı olarak üretimle ilgili noktalar işaretlenir ve kontrol seması hazırlanır.
- Kontrol grafiklerinde limit dışı noktalar belirlenerek, sebepleri bulunur, düzeltici ve önleyici faaliyetler uygulanır.

Kontrol grafikleri iki ana grupta incelenebilir;

Niceliksel değişkenler için kontrol grafikleri:

Uzunluk, ağırlık hacim vb. herhangi bir ölçüm aleti veya cihazı ile ölçülebilen ve sayı ile ifade edilebilen özelliklerdir. Niceliksel özellikler için kullanılan kontrol grafikleri türleri kontrol limitleri Çizelge 2,3’de görülmektedir.

Çizelge 2.3 Niceliksel özellikler için kontrol grafikleri.

Grafik Türü	Alt Kontrol Limiti	Orta Çizgi	Üst Kontrol Limiti
Ortalama	$\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$
Değişim Aralığı	$D_3 \bar{R}$	$\bar{R}$	$D_4 \bar{R}$
Standart Sapma	$B_3 \bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}$	$B_4 \bar{\sigma}$

Niteliksel özellikler için kontrol grafikleri:

Nitelik içeren durumlarla ilgili olan, kırık, çatlak, bozuk, renk uyumsuzluğu gibi duyu organlarıyla tespit edilen özelliklerdir. Ölçülebilen özellikler için kullanılan kontrol grafikleri türleri ve kontrol limitleri Çizelge 2,4’de görülmektedir.

Çizelge 2.4 Niteliksel özellikler için kontrol grafikleri.

Grafik Türü	Alt Kontrol Limiti	Orta Çizgi	Üst Kontrol Limiti
Kusurlu Oranı	$\bar{p} - 3 \left[\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right]$	$\bar{p}$	$\bar{p} + 3 \left[\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right]$
Kusurlu Sayısı	$n\bar{p} - 3 \left[\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \right]$	$n\bar{p}$	$n\bar{p} + 3 \left[\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \right]$
Kusur Sayısı	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c}$	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
Birim Başına Düşen Kusur Sayısı	$\bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$\bar{u}$	$\bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

2.7.3.2 Süreç yeterlilik analizleri

Süreç yeterliliği çalışması, müşterinin belirlemiş olduğu şartname limitleri ve spesifikasyonlarına göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler. Normal dağılımlar için süreç yeteneğinin belirlenmesinde Cp ve Cpk indisler kullanılır. Süreç yeteneği sayısal olarak belirlenen sınırlarla ve dağılım arasındaki ilişkiyi ifade eder. Cp indisi, sürecin yayılımını ve sınırları belirlenmiş ürünü üretme yeteneğini gösterir. Cpk indisi, sürecin hem yayılımını hem de ortalamasının hedef değerden sapmasını kontrol etmektedir. Süreç ortalamasının hedef değere göre konumunu ve belirlenen sınırlar arasındaki konumunu gösterir. Bu kontrolü yapabilmesi için çift yönlü olarak yapılması gerekmektedir. Ayrıca sürecin ne kadar kusurlu ürün üretme olasılığının olduğunu hesaplayan indistir. Bu özelliği nedeniyle Cp den daha üstündür. “ÜSL” üst spesifikasyon limitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini ve “ $\hat{\sigma}$ ” alt grup değişkenliğinin ortalamasıyla elde edilen standart sapmayı göstermektedir. $\hat{\sigma}$, Cp ve Cpk indisleri şu şekilde formüle edilir [30];

$$\hat{\sigma} = \bar{s}/C_4 = \bar{R}/d_2 \quad (2.1)$$

$$C_p = \frac{\bar{U}SL - \bar{A}SL}{6\hat{\sigma}} \quad (2.2)$$

$$C_{p\bar{u}} = \frac{\bar{U}SL - \bar{\bar{x}}}{3\hat{\sigma}} \quad (2.3)$$

$$C_{pa} = \frac{\bar{\bar{X}} - ASL}{3\hat{\sigma}} \quad (2.4)$$

$$C_{pk} = \min \{C_{p\bar{u}}, C_{pa}\} \quad (2.5)$$

Müşteri veya tedarikçi tarafından emniyet, anahtar, kritik veya önemli olarak adlandırılan ölçülebilir özellikteki karakteristikler için müşteriye onay sunusundan önce başlangıç süreç kabul değerleri belirlenmelidir. Bu talebin nedeni, üretim sürecinin müşterinin beklentilerini karşılayacak bir ürün üretimi sağlayıp sağlamayacağını belirlemektir. Süreç yeterliliği çalışmasında kullanılan Cp ve Cpk değerlerine göre sürecin ya da makinenin yeterliliği hakkında karar verme aşamasında Çizelge 2,5’de verilen değerler kullanılır. Ancak yeni bir ürün devreye alma aşamasında yapılacak PPAP çalışmalarında ana kütlein standart sapması ($X \pm 3s$) yerine ($X \pm 4s$) alınmalıdır. Söz konusu durumda uygulanacak kabul kriterleri Çizelge 2,6’da görüldüğü gibidir.

Çizelge 2.5 Üretim sürecinde Cp ve Cpk indislerinin değerlendirilmesi.

Değer	Değerlendirme
Cp ve Cpk > 1,33	Süreç şartname limitleri içindedir.
1,00 < Cp ve Cpk < 1,33	Süreç yeterli fakat süreç ortalaması hedeften uzaklaştıkça sürecin hata yüzdesi artabilir. Bu nedenle süreç yakından izlenmelidir.
Cp ve Cpk < 1,00	Süreç şartname limitlerini karşılamıyor. Süreç ortalaması hedef değerden uzakta süreç değişkenliğinin azalması gerekir.

Çizelge 2.6 Yeni ürün devreye alma sürecinde Cp ve Cpk indislerinin değerlendirilmesi.

Değer	Değerlendirme
Cp ve Cpk > 1,67	Süreç muhtemelen müşteri talebini karşılıyor. Onaydan sonra üretime başla ve onaylanan kontrol planını uygula.
1,33 < Cp ve Cpk < 1,67	Süreç müşteri talebini karşılamayabilir. Parça onaydan sonra üretime başla ve Cpk 1,33’e ulaşana kadar karakteristiklere ilave özen göster.
Cp ve Cpk < 1,33	Süreç müşteri talebini karşılamayacaktır. Süreç iyileştirmesine büyük bir öncelik verilmeli ve düzeltici faaliyet planında dokümanite edilmelidir. Devam eden imalat süreçlerinde Cpk 1,33’e ulaşana kadar kontrol ve testler arttırılmalıdır.

2.7.3.3 Yeterlilik analizi sonuçlarının değerlendirilmesi

Süreç yeterliliği çalışmalarında elde edilen sonuçlar neticesinde, sürecin analizi su kriterlere göre değerlendirilmelidir [36];

1. Olağan durum: Kararlı bir süreci yansıtır. Eğilim ve kayma gözlenmez. Sadece genel nedenlerden kaynaklanan değişkenlikler gözlenir. Süreç kontrol altındadır.
2. Kontrol limitleri dışındaki noktalar: Özel bir nedenin varlığını gösterir. Söz konusu neden saptanıp düzeltilerek kontrol çizelgesi üzerinde yeni durum gösterilir.
3. Seviyede kayma ya da ani değişimler: Yeni bir lot malzeme yada makine ayarlarındaki değişimden dolayı süreçte kayma olduğunun göstergesidir.
4. Ardi ardına yedi noktada azalma ya da artma eğilimi: Süreçte bir sapma olduğunun göstergesidir. Gereç ya da operatör hatasından kaynaklanabilir.
5. Üst ve alt noktaların sürekli olarak tekrarı (kısa süreli eğilimler): operatör rotasyonu, ısı ya da vardiya değişimlerinden kaynaklanabilir.
6. Herhangi bir model ya da eğilim göstermeksizin kontrol limitleri dışına çıkan noktalar: Bu tür durumların nedenini bulmak zordur. Sürecin içerisinde bulunduğu koşullar dikkatle incelenmelidir.
7. Kararsızlık: Süreçte doğal olmayan geniş dalgalanmalar görülmesi test ekipmanının kalibrasyonundaki bir problem ya da karışmış malzeme lotlarından kaynaklanabilir.
8. Farklı süreç akısı: Farklı makinelerden gelen malzeme ya da operatör değişimlerinden kaynaklanabilir.
9. Yönelim: Süreç parametrelerinde bir kaymayı gösterir. Noktaların merkezin daha çok bir tarafında olmasının değişik nedenleri olabilmektedir.

2.7.4 Ölçüm sistemleri analizi (Measurement Systems Analysis - MSA)

Kalite Yönetim Sistemi standartlarında genel olarak muayene, ölçme ve deney teçhizatının kontrolü konusunda, üreticinin, ürünün belirlenen şartlara uygunluğunun gösterilmesi amacıyla muayene, ölçme ve deney teçhizatının (bunlara kullanılan deney yazılımları da dahildir) kontrolü, kalibrasyonu ve bakımı için dokümente edilmiş prosedürlerin oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması talep edilir. Ürünün muayene, ölçme ve deneyi esnasında kullanılan test aletlerinin, ölçüm belirsizliğinin bilindiğinden ve bu belirsizliğin istenilen ölçüm kabiliyeti ile tutarlılığından emin olunacak şekilde kullanılması istenir [37].

Kalibrasyon sistemi, ölçüm cihazlarının doğru ve hassas ölçmesini güvence altına almakla birlikte ölçüm sonuçlarının doğru olmasında rol oynayan diğer faktörü, yani insan

faktörünü göz önüne almamaktadır. İki operatörün aynı ölçüm cihazı ile aynı parçayı ölçtüğünde farklı sonuçlar bulması doğaldır. Operatörlerin eğitim ve tecrübe seviyesi, ölçme cihazını tutuş şekli, ölçme metodu, cihaz göstergesinin anlaşılabilirliği, vb. faktörler sonucu etkileyebilmekte ve bu sapmalar özellikle kabul/red kararı verilmesi gereken tolerans değerleri yakınlarında kritik olabilmektedir. Uygun bir ürünün red; uygunsuz bir ürünün ise kabul edilme riski mevcuttur. Ölçüm sistemleri analizi bu riski asgariye indirmek için oluşturulmuş istatistikî bir metottur ve kontrol planındaki özel karakteristiklerin ölçüldüğü sistemlere mutlak suretle uygulanmalıdır [38].

2.7.4.1 Ölçüm sistemleri analizi uygulama nedenleri

Ölçüm sistemleri analizi çalışmasının amacı, ortam şartlarıyla etkileşen ölçüm sistemlerinin, ölçüm varyansı miktarı ve çeşitleriyle ilgili bilgi elde etmektir. Tedarikçi firmalar şu durumlarda MSA çalışması yapma yükümlülüğü taşırlar [3];

- Üretim sürecinde kullanılacak yeni ölçüm ekipmanının doğrulanması
- Farklı ölçüm cihazlarının karşılaştırılması
- Yetersiz olduğu düşünülen bir ölçüm cihazının değerlendirilmesi
- Ölçüm cihazının tamir veya kalibrasyonu öncesi ve sonrası durumlarının karşılaştırılması
- Bir üretim süreci için, ölçüm sisteminin süreç varyansını ve kabul edilebilirlik seviyesinin doğrulanması.

2.7.4.2 Ölçüm sistemleri analizi uygulama aşamaları

Varyasyonluğun sebeplerinden birisi de ölçüm ekipmanlarıdır. Bundan dolayı, bir sürecin analizi için gerekli olan verileri elde etmede kullanılan ölçüm aletleri, hem doğru hem de yinelenebilir olmadıkça hiçbir anlam taşımazlar. Aletler doğruluğun sağlanması için gereği gibi ayarlanmazsa sistematik bir varyasyon veya sapma oluşabilir. Aynı durum, farklı bireylerin aynı ekipmanı kullanarak benzer ölçümleri yapması durumunda da meydana gelebilir [26].

Ölçüm sistemleri analizinde değişkenlik, sürecin gerçek değişkenliği ve sürecin ölçüm değişkenliği olmak üzere iki grupta incelenir. Bu iki bileşenin istatistiksel olarak birbirinden bağımsız oluşu, iki bağımsız değişkenin varyanslarının toplandığı bir formülle tanımlanabilir. Söz konusu değişkenlik aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir;

$$\text{Toplam Değişkenlik} = \text{Süreç Değişkenliği} + \text{Ölçüm Değişkenliği}$$

Ölçüm sistemleri analizi, bir sürecin üretim spesifikasyonları ve sürecin kendi ürettiği değişkenlik sınırları içinde çalışıp çalışmadığının araştırılması öncesinde ölçüm sisteminin yeterliliğinin doğrulama çalışmasıdır. Sürecin ölçüm değişkenliği şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Kalibrasyon
- Örnek içi değişkenlik
- Cihaza bağlı değişkenlik
- Tekrarlanabilirlik
- Kararlılık
- Doğrusallık
- Operatöre bağlı değişkenlik

Ölçüm Sistemleri Analizi çalışması aşağıdaki aşamalardan meydana gelmektedir;

- Ürüne ait kalite spesifikasyonlarının ve ölçüm kalibrasyonun belirlenmesi.
- Ölçüm parametrelerinin belirlenmesi (numune ve operatör sayısı, ölçüm kayıtları).
- Ölçümlerin gerçekleştirilmesi ve ölçüm verilerinin kayıt edilmesi.
- Ölçüm yeterlilik oranının hesaplanması.
- Ölçüm yeterliliğinin değerlendirilmesi.

Ölçüm Sistemleri Analizi ilk olarak ürünün kalitesini etkileyebilecek tüm muayene, ölçüm ve deney teçhizatının tanımlanmasını ve bunların belirlenmiş zaman aralıklarında veya kullanımından önce kalibre edilmesini, ayarlanmasını ve dokümanite edilmesini gerekli kılmaktadır [37].

Kalibrasyon, belirlenmiş koşullar altında, ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterdiği değerler ile referans değerler arasındaki ilişkiyi belirleyen işlemler dizisidir. Buna göre kalibrasyon sonucu, maddi ölçütün ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterge değeri hatasının belirlenmesine imkan vermektedir [39].

Aynı parçaların benzer karakteristiklerini, aynı ölçüm aletini kullanan operatörün en az 20 kez ölçümlemesi sonucu elde edilen varyasyonluk değeri ölçüm sisteminin tekrarlanabilirliğini gösterir. Yeniden üretilebilirlik, aynı parça üzerinde aynı karakteristiğin birden fazla operatör tarafından aynı ölçüm cihazı kullanılarak yapılan ölçümlerinin ortalamasındaki değişkenliktir. Kararlılık ise, aynı operatörün aynı ölçüm cihazı ve materyal ile farklı zamanlarda yaptığı ölçümlerden elde edilen toplam değişkenliktir. Bu parametrelere ilave olarak MSA çalışmasında iki temel gösterge dikkate alınmaktadır. Bunlar, ölçüm sistemi

değişkenliğinin, sürecin parça değişkenliğine oranı (R&R) ve ölçüm yeterlilik oranıdır (P/T) [40].

Ölçüm yeterliliği çalışması, birden fazla operatörün, birden fazla parçanın aynı özelliğini, birden fazla ölçümlemesi ile gerçekleştirilir. Elde edilen veriler karşılaştırılarak tekrar edilebilirlik, yeniden üretilebilirlik ve kararlılık analizleri yapılarak ölçüm sisteminin güvenilirliği ve değişkenliği incelenir. Buradaki amaç, ölçümlerin aynı veya farklı kişiler tarafından yapılması durumunda ölçüm sonuçlarının farklılık gösterip göstermeyeceğini tespit etmektir. Söz konusu çalışma şu şekilde formüle edilebilir [26];

$$\text{Tekrar Edilebilirlik} = K_1 * \bar{\bar{R}} \quad (2.6)$$

$$\bar{\bar{R}} = (\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \bar{R}_3)/3 \quad (2.7)$$

$$\text{Yeniden Üretilebilirlik} = \sqrt{(K_2 * \bar{\bar{X}}_{DIFF})^2 - (\text{Tekrarlanabilirlik}/(n * r))} \quad (2.8)$$

$$\bar{\bar{X}}_{DIFF} = \bar{\bar{X}}_{\max} - \bar{\bar{X}}_{\min} \quad (2.9)$$

$$\text{GRR} = \sqrt{(\text{Tekrarlanabilirlik})^2 + (\text{Yeniden Üretilebilirlik})^2} \quad (2.10)$$

$$\text{Parça Değişkenliği} = R_p * K_3 \quad (2.11)$$

$$\bar{\bar{R}}_p = \bar{\bar{X}}_{p_{\max}} - \bar{\bar{X}}_{p_{\min}} \quad (2.12)$$

$$\text{Toplam Değişkenlik} = \sqrt{\text{GRR}^2 + (\text{Parça değişkenliği})^2} \quad (2.13)$$

$$\% \text{ GRR} = 100 * (\text{GRR} / \text{Toplam Değişkenlik}) \quad (2.14)$$

2.7.4.3 Ölçüm sistemleri analizi sonuçlarının değerlendirilmesi

Hesaplanan ölçüm yeterliliği (% GRR) oranı aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilir [41];

- % GRR, % 10'un altında ise ölçüm ekipmanının hassasiyeti ölçümü yapılan parça ya da kalite karakteristiği için uygundur.
- % GRR, % 10 ile % 30 arasında ise ölçme yeteneğinde zayıflıklar mevcuttur. Tolerans sınırlarına yakın değerlerin doğrulanması gerekir.
- % GRR, % 30'un üstünde ise ölçüm hataları nedeni ile ölçüm sisteminin hassasiyeti ölçümü yapılacak parça ya da kalite karakteristiği için uygun değildir.

2.7.5 Üretim parçası onay süreci (Production Part Approval Process - PPAP)

Bu prosedür Chrysler, Ford ve General Motors'un kalite ve parça onay sorumluları, Amerikan Kalite Kontrol Derneği (ASQC) otomotiv bölümü ve Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ortak çalışmaları ile geliştirilmiştir. İlk olarak 1993 yılında yayınlanan kitapçık Mart 2006 tarihinde 4. kez revize edilerek yayınlanmıştır. Tedarikçiler, üretim parçası onayı almak için bu prosedürü uygulamalıdır.

2.7.5.1 Üretim parçası onay süreci uygulama nedenleri

Üretim Parçası Onay Süreci, müşterinin belirlediği mühendislik, tasarım çizimleri ve spesifikasyon gereklerinin tedarikçiler tarafından uygun biçimde anlaşılmasını sağlamak için kullanılan sistematik bir yapıdır. Bu süreç, ürün ya da süreç onayı ile ilgili genel şartları kapsar. Tedarikçi aşağıdaki şartlardan herhangi birinin gündeme gelmesi halinde PPAP uygulaması yapmak zorundadır [1];

- Yeni bir ürün ya da parçanın üretimi öncesi,
- Üretim parçası ya da sürecinde değişiklik.
- Üretim sürecine yeni bir makine ya da teçhizatın devreye alınması öncesi,
- Daha önce üretilmiş bir parçadaki sapmanın giderilmesi,
- Bir ürünün tasarım kaydı, spesifikasyon ya da malzemelere ilişkin mevcut mühendislik uygulamalarının değiştirilmesi,
- Ürünün üretiminde kullanılan mevcut kalıplarının yenilenmesi,
- Kullanılan hammadde, yarı mamul ya da konstrüksiyonun değiştirilmesi,
- Üretimde kullanılan makine ya da teçhizatın üretim sahası içerisinde yerinin değiştirilmesi,
- Ürünün üretimine etki edecek olan taşeron değişimleri,
- Bir yıldan uzun süre kullanılmayan makine, teçhizat ya da kalıpların yeniden üretim sürecine alınması,
- Bir müşterinin, imalatçının kalite problemi yüzünden, parça alımını durdurması

2.7.5.2 Üretim parçası onay süreci uygulama süreci

PPAP uygulaması ürün tasarımında müşteri istek ve beklentilerinin tam olarak karşılandığının yanı sıra yapılan tasarımın üretilebilirliğini onaylamak, diğer bir ifadeyle ürünün seri üretimde, belirlenen alt ve üst spesifikasyon limitleri içerisinde olup olmayacağı ve en kötü şartlarda bile fonksiyonunu yerine getirip getirmeyeceğini kanıtlamak amacıyla gerçekleştirilir [42].

PPAP uygulaması tedarikçi firma tarafından, müşterinin belirleyeceği beş farklı seviyede uygulanabilir. Seviye 1 en düşük, Seviye 5 ise müşteri tarafından tedarikçiden talep edilen en kapsamlı sunuş düzeyini ifade eder. Her bir tedarikçi ve parça kombinasyonu için uygulanacak sunuş seviyeleri müşteri tarafından belirlenir. Üretim parçası sunuş seviyeleri kapsamı şu şekildedir;

SEVİYE 1: Müşteriye sadece parça sunuş garantisi ve görünüm kalitesi istenen parçalar için görünüş onay raporu gönderilir.

SEVİYE 2: Müşteriye parça sunuş garantisi ve numune parça ile sınırlı sayıda destekleyici doküman gönderilir.

SEVİYE 3: Müşteriye parça sunuş garantisi ve numune parça ile destekleyici tüm dokümanlar gönderilir.

SEVİYE 4: Müşteriye numune parça gönderilmez ancak parça sunuş garantisi ve destekleyici tüm dokümanlar gönderilir.

SEVİYE 5: parça sunuş garantisi ve numune parça ile birlikte tüm dokümanlar müşteri tarafından tedarikçiye incelenir.

Üretim parçası, seri üretim şartlarında kullanılacak olan üretim araçları, aparatları, süreçler, malzemeler ve operatörler ile imal edilir. PPAP onayı için gerçekleştirilecek ön seri üretimde üretilecek parça sayısı, müşteri ile adet üzerinde özel bir anlaşma yok ise minimum 300 olmalıdır. Bu talebin nedeni, üretim sürecinin müşterinin beklentilerini karşılayacak bir ürün üretimini gerçekleştirip gerçekleştirilemeyeceğini belirlemektir [43].

Başlangıç süreç yeterlilik çalışması operatör, malzeme, metot, ekipman, ölçme sistemi ve çevrenin zaman içindeki değişiminin etkilerini içermeyecektir. Buna rağmen üretim sırasında kontrol grafikleri kullanılarak verilerin toplanarak analiz edilmesi açısından önem taşımaktadır.

2.7.5.3 Üretim parçası onay süreci sonuçlarının değerlendirilmesi

Müşteri, onay dokümanları gerekli yerlere dağıtıldığında tedarikçiye bildirir. PPAP onayından sonra, devam edecek imalatların müşteri isteklerini karşılaması tedarikçinin sorumluluğundadır. PPAP çalışmasının müşteri tarafından değerlendirilmesi sonrasında tedarikçiye parça sunuş onayı verilir. Bu onay;

- **Üretim Onayı:** Tedarikçi tarafından üretilen parçanın bütün müşteri spesifikasyonlarını ve isteklerini karşıladığını gösterir. Bu durumda tedarikçi, müşterinin gönderdiği programa uygun olarak seri üretime geçme yetkisine sahiptir.
- **Geçici Onay:** Üretim onayına engel olan hatanın ana nedeninin açıkça tanımlanması ve müşteri tarafından kabul edilen geçici onay aksiyon planının hazırlanması ile tedarikçiye geçici bir süre için veya belirli bir miktar için üretime izin verilmiş olduğunu gösterir.
- **Red:** Müşteriye yapılan sunumun, parçaların temsil ettiği üretimin ve bunlara eslik eden onay dokümantasyonunun müşteri taleplerini karşılamadığını gösterir.

3. KALİTE MALİYETLERİ

Günümüzde iç ve dış pazarlarda üstünlük sağlamak isteyen işletmeler, tüketicilere sunulan mal ve hizmetlerin kalitesini arttırırken, üretim maliyetlerini de azaltmak zorundadırlar. İşletmelerin yüksek kaliteyi sağlamak için katlanmak zorunda oldukları maliyetleri, açık bir şekilde görebilmeleri gerekmektedir. Kalite maliyet sistemi ile sağlanacak bu durum, işletmelere rekabet etmek için büyük fırsatlar verirken, içinde bulundukları sektörde de güçlü olmalarını sağlayacaktır.

Kalitedeki gelişme ve değişmeyi gösteren en iyi kıstas, kalite maliyetleridir. Bir işletmenin kalite hedeflerine ulaşip ulaşmadığının somut ölçüsünü elde etmek için kalite maliyetlerinin hem tutar hem de miktar olarak bilinmesi gerekir. İşletmeler için maliyetli olan kaliteli mal ve hizmet üretmek değil; aksine kalitesiz ya da düşük kaliteli mal üretmektir

İşletmeler yatırımlarını kalite maliyet sisteminin kurulmasına yönelik gerçekleştirmeleri halinde, uzun vadede üstün rekabet gücüne sahip olabilmektedir. Kalite Maliyet Sistemi'ni uygulayan işletmeler bu sistemin önemini yeterince kavrar ve sistemi tüm ayrıntılarına kadar uygulamayı benimserlerse diğer işletmelere göre piyasada kalma ve daha geniş pazar payına sahip olma olasılıkları yüksektir.

Kalite maliyeti, meydana gelebilecek hataları önlemek amacıyla yürütülen faaliyetlerin, planlı kalite muayenelerinin ve mamulün üretim esnasında veya müşteriye tesliminden sonra görülen hataların sonucunda ortaya çıkan maliyet olarak tanımlanmaktadır.

Kalite maliyetleri kapsamında, işletmelerin hedeflediği kalite düzeyine ulaşabilmesi ve kaliteyi sürekli olarak kontrol altında tutabilmesi için katlanmak zorunda oldukları maliyetler yer almaktadır. Kalitenin nasıl bir maliyeti varsa, kalitesizliğin de bir maliyeti vardır. Çünkü uygun kalitenin sağlanamaması nedeniyle ortaya çıkan ıskarta mal miktarının artmasıyla sabit giderlerin birim ürün başına değeri artmakta ve mal maliyetleri yükselmektedir. Bu durum, üretilen mamulü girdi olarak kullanan işletmeler açısından da bir engeldir. Çünkü hem üretim maliyetleri artmakta, hem de başarıya ulaşma yüzdeleri düşmektedir. Uzmanlara göre, kalite maliyetlerinin üretim maliyetleri içindeki payı büyüktür ve kaliteli üretim ile kalitesizlik maliyetleri arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır [44].

Kalite maliyetleme bir işletmenin kalite performansının “para” dilinde açıklanmasını sağlar. Kalite maliyetleri işletmeler açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Yapılan çeşitli araştırmalarda kalite maliyetlerinin ciro içerisindeki paylarının yöneticilerin dikkatini çekebilecek boyutlarda olduğu ortaya çıkmıştır [45].

Kalite maliyetleri sistem başarısızlıkları sonucunda kullanılamayacak durumda olan stoklar, kayıp ürünler, üretim ya da operasyonda gecikmeler, ek iş, hurda yeniden işleme, düzeltme işleri, geç teslimatlar, ek taşıma maliyetleri, yetersiz hizmet ve uygun olmayan ürünler, ürün ve/veya hizmet başarısızlıkları sonucunda garanti ile ilgili şikayetler, müşteri şikayet yönetimi ve araştırmaları, ürünün geri çağırılması, ilave müşteri hizmeti maliyetleri ve müşteri iyi niyetinin kaybedilmesi gibi olumsuzluklardan oluşmaktadır [45].

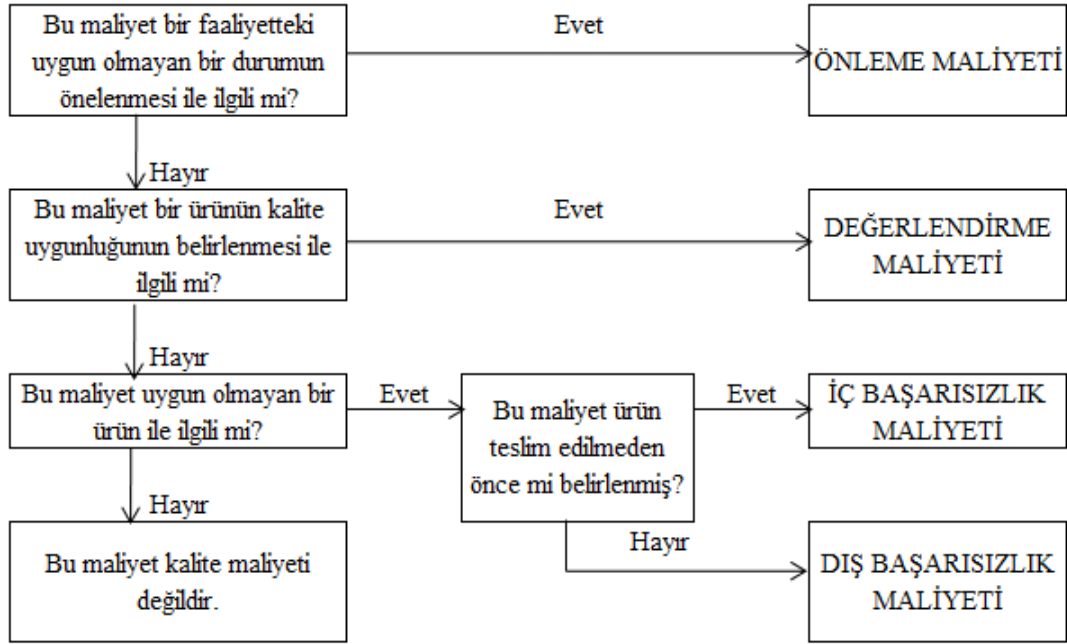
Kalite maliyetlerini oluşturan unsurlar incelendiğinde çoğunun ölçülebilen maliyetler olduğu görülmektedir. Gereksiz ve önlenabilir maliyetler ürün ve hizmetlerin daha pahalı olmasına yol açmakta ve bunun bir sonucu olarak işletmenin rekabet edebilirlik düzeyi, ücretler ve yaşam standartları olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle işletmelerde kalite maliyet sisteminin kurulması gereklidir [46].

3.1 Kalite Maliyetlerinin Sınıflandırılması

Kalite maliyetlerinin ölçümü ve raporlanması işletmelerde uygulanan kalite iyileştirme programının ilk aşamasıdır. Kalite maliyetlerinin klasik sınıflandırılması 1950'li yıllara kadar dayanmaktadır. O dönemde kalite maliyetleri, önleme, değerlendirme ve başarısızlık olmak üzere üç kategoriye ayrılmış ve sonraları bu sınıflandırma evrensel olarak genel kabul görmüştür. Daha sonra yeni maliyet unsurları dahil edilmekle beraber kalite maliyetlerinin ayrımındaki mantık aynı kalmıştır. İşletmelerde kullanılan toplam kaynakların %25'ine ulaşması nedeniyle kalite maliyet ölçümlerine ve analizlerine verilen önem her geçen gün artmaktadır [47].

İlerleyen dönemlerde kalite maliyetlerinden başarısızlık maliyetleri iç ve dış olmak üzere iki alt sınıfa ayrılmıştır. Bu şekilde kalite maliyetleri önleme, değerlendirme, iç başarısızlık ve dış başarısızlık olmak üzere dört kategoriye bölünmüştür [48].

Bir maliyet unsurunun bu dört kategoriden hangisine ait olduğunu belirleyecek kesin kriterler bulunmamaktadır. Bununla birlikte bir maliyetin, kalite maliyetleri ile ilgili olup olmadığı veya hangi kalite maliyet türüne ait olduğu Şekil 3,1'deki diyagram izlenerek belirlenebilir [46].



Şekil 3.1 Kalite maliyetleri.

3.1.1 Önleme maliyetleri

Ürün veya hizmetlerin tüketici isteklerine uygunsuzluğunu önlemek amacıyla tasarlanmış tüm faaliyetlerin maliyetleridir. Önleme maliyetleri, ürünün geliştirilmesi ve dağıtım öncesi ile dağıtım esnasındaki hizmet faaliyetlerini kapsar. Kaliteyi iyileştirici araştırma çalışmalarının geliştirilmesi, tedarikçi yeterlilik araştırmaları, süreç ve makine kapasitesi çalışmalarının değerlendirilmesi ve kalite eğitimi maliyetlerinin tümünü içerisine alır.

3.1.2 Değerlendirme maliyetleri

Üretimde ürünlerin belirlenmiş kalite şartlarını sağladığının tespiti amacıyla kalite planları doğrultusunda gerçekleştirilen ölçme muayene ve testlerden kaynaklanan maliyetlerdir. Değerlendirme maliyetleri kalemi içine ölçme, muayene ve test amaçlı kullanılan cihaz ve ekipman yatırımları ile bunların bakım ve kalibrasyon maliyetleri de dahildir.

3.1.3 İç başarısızlık maliyetleri

Üretim öncesinde yürütülen önleme faaliyetlerine rağmen değerlendirme işlemleri ile belirlenmiş kalite şartlarını sağlamadığı tespit edilen süreç, hammadde, yarı mamul ve mamuller

ile bu mamullerin tekrar işlenmesi ve uygunsuzlukların giderilmesi amacıyla yapılan faaliyetlerden kaynaklanan maliyetlerdir.

3.1.4 Dış başarısızlık maliyetleri

Gerçekleştirilen önleme ve değerlendirme faaliyetlerine rağmen belirlenmiş kalite şartlarını sağlayamayan ürünlerin sevki sonucunda veya müşteriye sevkinde karşılaşılan nakliye hatalarından doğan maliyetlerdir.

3.2 Kalite Maliyetlerinin Analizi

Üretim sürecini istenilen kalite düzeyinde yürütmek, en ekonomik ve güvenilir bir biçimde kalite kontrolü ile mümkündür. Bu yöntemlerden gerektiği şekilde yararlanmasını bilen bir işletme, kalite kontrol için yapacağı harcamalara karşılık hammadde, yakıt ve insan gücü harcamalarında ve enerjinin tasarrufu konularında büyük kazançlar sağlayacak, ayrıca kusurlu, ıskarta oranlarını azaltmak yolu ile büyük rekabet gücü kazanacaktır.

Kalite yatırımlarının değerlendirilmesinde en önemli veri kalite maliyetleridir. Bir mamulün maliyeti mamulün kalite kontrolü için yapılan harcamaları da kapsar. Ancak kalite kontrol departmanının faaliyetlerini etkin bir şekilde yürütebilmek için, kalite kontrol maliyet unsurlarının ayrıca ölçülmesi ve uygun kriterlere göre mukayese edilmesi gerekir. Kriterlerin seçiminde göz önüne alınan faktörler ise pratik ve kolay ölçme imkanı, işletme büyüklüğü, imalat teknolojisi ve mamul tipidir [46].

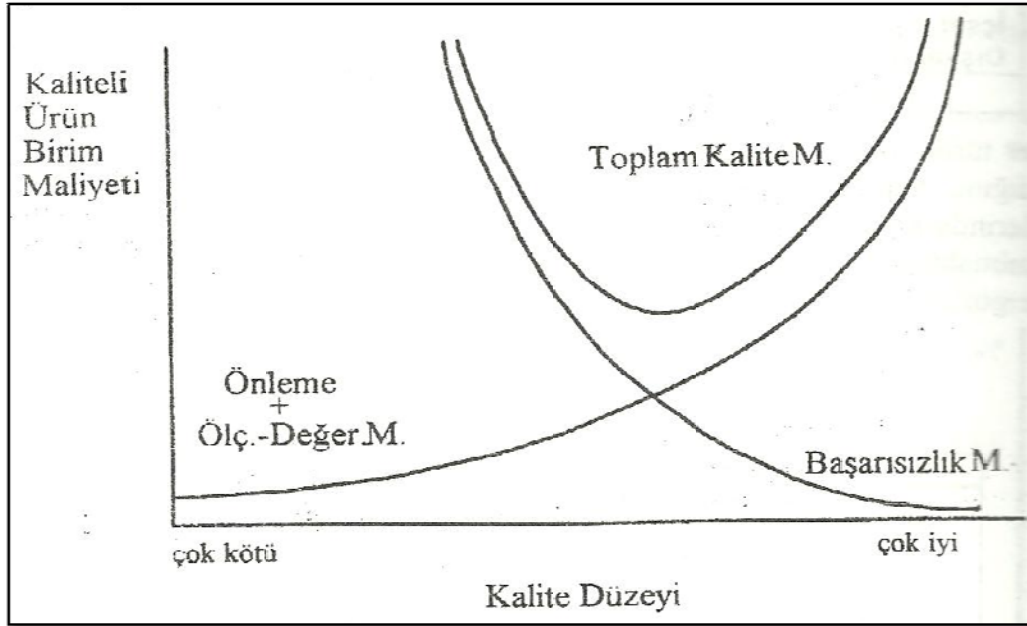
Kalite maliyetlerinin analizi ile varılan sonuçlar, geleceğe yönelik kararların dayanağını oluşturur. Analiz sonuçları, yöneticilere kalite kontrol faaliyetlerinin değerlendirilmesi, süreç kalitesinin kontrolü, insan kaynaklarının planlanması, bütçeleme ve tüketici ile ilişkilerin düzenlenmesi konularında etkin karar almalarını sağlayacak bilgiler sunar.

Kalite maliyeti analizinde aşağıdaki kriterlerden biri veya birkaçı kullanılmaktadır [46].

- İşçilik
 - Toplam fiili direkt işçilik
 - Standart işçilik
- Üretim Maliyetleri
 - Atölye işlem maliyeti
 - Toplam işlem maliyeti

- Satışlar:
 - Net satışlar tutarı
 - Net satışlar tutarı ile hammadde ve malzeme maliyetleri arasında fark
- Birim maliyet:
 - Bir birim mamul için yapılan kalite kontrol maliyeti
 - Bir birim eşdeğer mamul için yapılan kalite kontrol maliyeti

Toplam kalite maliyetinin en iyi düzeyinin diğer bir deyişle söz konusu maliyetin en küçük olmasının belirlenmesinde kullanılan yaklaşımlardan biri üç temel bileşen arasındaki ilişkilerin analizidir. Öncelikle önleme, değerlendirme ve başarısızlık maliyetlerinin kaliteli kabul edilen ürün sayısına bölünmesiyle kaliteli ürün birim maliyeti hesaplanır. Düşey ekseninde hesaplanan bu birim maliyet, yatay ekseninde kalite düzeyi olmak üzere çizilen grafik ile en küçük toplam kalite maliyetini veren kalite düzeyi belirlenir. Analize ilişkin temel grafik Şekil 3,2’de verilmiştir [49].



Şekil 3.2 Toplam kalite maliyeti grafiği.

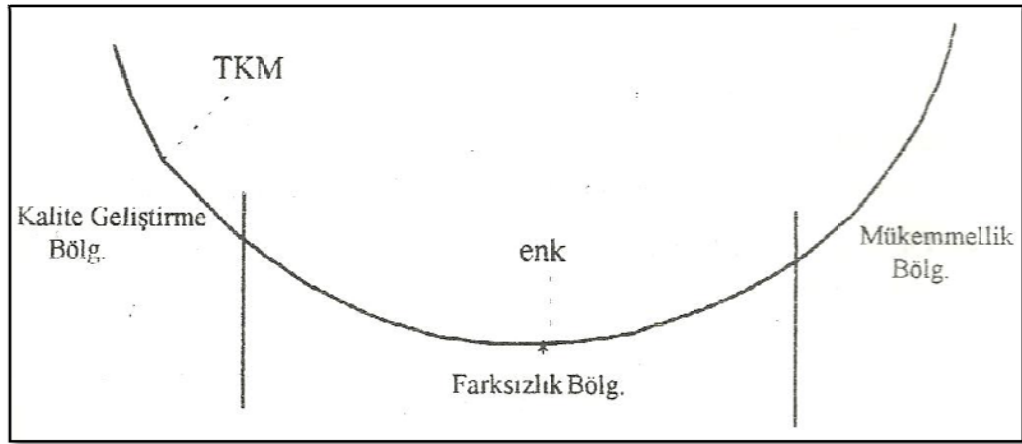
Grafiğin incelenmesi, kaliteyi etkileyen temel kalite maliyetlerini ortaya çıkarır.

1. Herhangi bir işletmede ürünlere yönelik yetersiz düzeyde de olsa kalitesizliği önleme ve değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Fakat ürün kalitesini düzeyi düşüktür. Kaliteyi iyileştirmek için yapılan çalışmalar sonucu önleme ve

değerlendirme maliyetleri yükselmeye başlar kalite düzeyi iyileştikçe yükselme hızlanır.

2. Kusurlu ürünlere bağlı olan başarısızlık maliyeti kötü kalite düzeyinde çok yüksektir. Kalite iyileştirildikçe hızla azalmaya başlar. Önleme ve değerlendirme maliyetleri toplamı eğrisini keser ve yatay eksene asimptotik olarak seyreder.
3. Toplam kalite maliyeti eğrisi yukarıda belirtilen kesişme noktasında en küçük değerine ulaşır ve buna karşı gelen kalite düzeyi, var olan koşullarda en iyi olur. İşletmede yapılacak donanım yenilenmesi, nitelikli eleman kullanımı gibi bir takım değişikliklerin kalite maliyeti temel bileşenlerine yansıtacağı açıktır. Çizilen grafik bu yönüyle dinamik bir yapıdadır.

Toplam kalite maliyeti eğrisinin bir en küçük değere sahip olduğu Şekil 3,2’de görülmüştür. Kuramsal anlamının yanı sıra, en küçük değerın pratik anlamı ve uygulanabilirliği vardır. Toplam kalite maliyeti eğrisi burada Şekil 3,3’te gösterildiği gibi üç önemli bölgeye ayrılır [49]:



Şekil 3.3 Toplam kalite maliyeti eğrisinin en küçük bölgesi.

Kalite geliştirme bölgesi, grafiğin sol tarafında yer alır. Toplam kalite maliyetinin %70’den fazlasını başarısızlık maliyeti ve %10’dan azını önleme maliyetinin oluşturması bölgenin belirleyici özelliğidir. Böyle durumlarda geliştirme projeleri araştırılmalıdır.

Farksızlık bölgesi, grafiğin orta bölgesidir. En iyi kalite düzeyine bu bölgede ulaşılır ya da yaklaşılr. Toplam kalite maliyetinin yaklaşık %50’sini başarısızlık, %10’unu önleme maliyetlerinin oluşturması bölgeyi belirleyen özelliklerdir. Ulaşılan durumun korunması için yapılan çalışmalar devam edilir, kontroller önemini kaybetmez.

Mükemmellik bölgesi, grafiğin sağ tarafında yer alan bölgedir. Toplam kalite maliyetinin %40'ından azını başarısızlık, %50'den fazlasını ise değerlendirme maliyetleri oluşturur.

Sayılabılır kalite ölçüm yöntemleri, işletme yöneticisinin karar verme fonksiyonuna yardımcı olmayı amaçlayan, karar ortamının matematik-istatistik modelini kurmayı ve model üzerinde işlem yapmayı kapsar. Kantitatif kalite ölçüm araçları, kalitenin ölçülmesinde geçmiş dönem verilerinden yararlanarak aksaklıkların giderilmesine ve kayıpların önlenmesine çalışan uygulamalar olup, en sık kullanılan yöntemler şunlardır [50],

- Oran Analizi
- Pareto Analizi
- Dağılım ve Korelasyon Analizi
- Gruplandırma
- Sebep-Sonuç Diyagramı
- Fayda-Maliyet Analizi
- Kalite endeksi
- Kalite performansı
- Eğilim (Trend) Analizi

3.2.1 Oran analizi

Bu analiz yöntemi, anlamlı ilişkiler içinde olan maliyet bilgilerinin birbirlerine oranlanmasını ifade etmektedir. İşletmenin bölümleri arasında kalite maliyet performansına ait oran analizinde ilk adım, kalite maliyetlerinin toplanması ve bölümler arasında karşılaştırma yapabilmek için uygun bir ortak paydanın bulunmasıdır. Bulunan uygun payda, bölümün yapısına bağlı olacaktır. Eğer bölümler, kar merkezli olarak organize edilmişlerse, satış gelirleri, satış maliyetleri ve net gelir mantıksal paydalıdır. Diğer yandan, eğer bölümler maliyet merkezleri olarak organize edilmişlerse kalite maliyetleri, bölümle ilgili varlıkların bir yüzdesi olarak veya iş gören saatlerinin bir yüzdesi olarak, toplam mamul maliyetleri ile ilişkilendirilebilir.

3.2.2 Pareto analizi

Kalite geliştirme çalışmalarında sık kullanılan tekniklerden biri olan Pareto analizi, sorunlara neden olan öğelerin, önem derecelerine göre sıralanarak alınacak önlemlerin hangi nedenlere yönlendirilmesi gerektiği konusunda yardımcı olan etkili bir araçtır. Pareto analizinde herhangi bir sonuca neden olan faktörler önemlerine göre sıralandığında sonuçların % 80' inin

sebebi olarak % 20'lik bir yığılma gözleendiği için “80:20” kuralı olarak da adlandırma yapılmıştır.

Pareto analizi çalışmalarında, önce çeşitli işlem veya bölümlerde belli bir zaman diliminde meydana gelen hata miktarı tespit edilerek, her bir hatanın normal ve toplamalı (kümülatif) frekans yüzdeleri hesaplanmaktadır. Daha sonra bu veriler bir histogram ve toplamalı frekans haline getirilmektedir. Bu yol ile aksaklıkların % 80 ini oluşturan temel nedenler kolaylıkla bulunabilmektedir. Bu gerçekten hareketle, önemliyi önemsizden ayırt etmekte Pareto Analizi kullanılmaktadır.

3.2.3 Dağılım ve korelasyon

Kalite problemlerinin çözümünde çoğu zaman hatalara neden olan faktörler araştırılır. Tipik olarak bir değişkenin başka bir değişken ile ilişkisi incelenir. Değişkenlerin sonuca etkilerinin incelendiği araştırmalarda korelasyon analizleri ve dağılım diyagramlarından yararlanılır. Dağılım diyagramı, bir değişkenin ilişki aranan diğer değişkenlere göre gösterimidir. Bir üretim sistemi içerisinde yüzlerce farklı değişken bulunabilir. Sonuç olarak sistem hatalı ya da kalitesiz bir çalışma içerisine girmiş ise tüm sistemin değerlendirilmesinden çok, hatanın kaynaklanması ihtimali olan değişken üzerinde bir kontrol artırımına ya da yenilenmeye gidilebilir. Bir üretim sisteminde öne çıkan değişkenlerin, sistemin tümüne olan ilişkisi hatalar meydana gelmeden önce tespit edilirse hataya müdahale etmek ve sistemi planlanan haline geri döndürmek o oranda kolay olacaktır.

3.2.4 Gruplandırma

Bir sistemi oluşturan değişkenler aralarındaki ilişkilerin tam olarak ortaya çıkarılmasını güçleştirecek kadar çok olabilmektedir. Gruplandırma kabaca; sistemi kontrol etmek için toplanan verilerin, sonuçta hata kaynağını en hızlı şekilde bulmak olarak tanımlayabileceğimiz hedefe en kısa sürede ulaşabilmemiz için bize yardımcı olabilecek şekilde veri grupları olarak toplanması ve değerlendirilmesidir. Gruplandırma işin başlangıcında yani veri toplama esnasında doğru yapıldığı zaman, ayrı bir analiz sayılamayacak kadar iyi sonuçlar verebilir. Toplanan verilerin hangi vardiyadan alındığı, gece-gündüz ayrımı, hangi makina ya da araçların kullanıldığı gibi ayrıntılar kimi zaman umulmadık hataların düzeltilmesinde çok yardımcı olmaktadır [50].

3.2.5 Sebep sonuç analizi

Sebep-sonuç diyagramları, işletmelerde kalite problemlerinin nedenlerini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Görüntüsünden dolayı balık kılıcı diyagramı da denilen bu yöntem;

kalite kontrolü, üretim denetimi, maliyetlerin kontrolü, tasarım işleri, alım-satım gibi çok çeşitli konularda problemin tespit ve analizi veya işbölümü etütlerinde kullanılmaktadır. Uygulaması oldukça kolay olan yöntem, problemin kaynağını sistemli bir biçimde araştırmaya yöneliktir. Diyagramın sol tarafında “nedenler” sağ tarafında da “sorun” yer almaktadır. Tek bir sorun için genellikle her bir problem ayrı ayrı inceleme konusudur. Nedenler ise ana gruplar halinde ele alınır [50].

3.2.6 Fayda/maliyet analizi

İşletmelerde kararların mutlaka ekonomik bir temele dayanması esastır. Fayda maliyet analizi bu tür bir temeli oluşturan basit fakat yararlı bir yaklaşımdır. Fayda/maliyet analizleri başlıca iki nedenle uygulanır. Bunlar;

- Belirli bir amaca yönelik alternatifler arasından en uygun olanı seçmek,
- Birbirinden bağımsız projeleri değerlendirip öncelik sırasına koymak, olarak ifade edilebilir.

Birinci gruba, makina ekipman seçimi, hammadde seçimi, malzeme tedariki, dağıtım kanalı tercihleri, imal etme ve/veya satın alma tercihleri, kiralama ya da satın alma tercihleri vb. gibi örnekler verilebilir. İkinci gruba uygun örnekler ise maliyeti düşürme projeleri, kalite geliştirme projeleri, otomasyon projeleri, süreç geliştirme projeleri vb. olabilir. Fayda-maliyetin, kolayca ekonomik değere dönüştürülemeyen bileşenleri olabilir. Analizi yapanlar bunları dikkate almak zorundadırlar. Özellikle kalite iyileştirmenin ölçülemeyen faydaları ölçülebilen faydalarının çok üzerindedir. Çözümlerin uygulanma önceliklerinde şu üç faktör göz önüne alınmalıdır;

- Çözümün getireceği faydanın büyüklüğü
- Çözümün fayda-maliyet oranı
- Çözümün devreye girme hızı

Kalite maliyetlerini ölçebilmek için çok kullanılan iki yöntem bulunmaktadır. Her iki yöntem de kalite maliyetlerinin toplam maliyetler içerisindeki yerini bir oran olarak hesaplayarak yöneticilere bir fikir vermeyi amaçlamaktadır. Bu oranlar belirli bir süreç boyunca takip edilerek artış ya da azalmalar gözlenerek nedenleri üzerinde tartışılabilir ve işletmeler bu sayede kalite maliyetlerine etki eden özel şartlarını ortaya çıkarabilirler. Takip eden bölümlerde kalite maliyetleri ölçüm yöntemlerinden olan kalite endeksi ve kalite performansı konularında bilgi verilecektir.

3.2.7 Kalite endeksi

Mamul üretimini gerçekleştirmek için gereken faaliyetlerin her bir safhasında test ve muayene gibi değişik faaliyetler yapılarak ürünün kaliteli olmasına çalışılmaktadır. Bu açıdan kaliteli üretimin sağlanması için katlanılan emek ve diğer harcamaların önemi ihmal edilmeyecek kadar büyüktür. Ancak bu büyüklüğün ölçülmesini belirleyebilmek için kalite ve üretim maliyetlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiler olmadan kalite endeksi hesaplanamaz. Geliştirilen kalite endeks formülü aşağıda verilmiştir [51],

$$K = 100x((X/Y)+1) \quad (3.1)$$

K : Kalite Endeksi X : Toplam Kalite Maliyetleri Y : Üretim Maliyetleri

Bu işlemde kalite endeksinin 100'e eşit olması durumunda üretimin mükemmel olduğu yani kusurlu ürünün olmadığı anlaşılmaktadır. Böyle bir durumun uygulamada mümkün olması ender olmakla birlikte eğer gerekirse, girdiler mamul haline geldikten sonra tekrar bir kontrole gerek yok demektir. Bu ise istenen durum olup, böylece mamul kontrol maliyetlerinden sakınılmış olunmaktadır.

Ancak bunun gerçekleşmesi çok yüksek maliyet getirmektedir ki hiçbir firma kısa vadede böyle bir maliyete katlanmayı göze alamaz. Bu yüzden K'nın değeri kalite yatırımı yapan işletmelerde 105 civarında gerçekleşirken, böyle bir yatırımı yapmaktan kaçınan firmalarda bu değer 110 ila 130 gibi yüksek bir oranda seyretmektedir [51].

3.2.8 Kalite performansı

Kalite faaliyetleri sonucunda oluşan verimlilik, kalite performansı olarak ifade edilmekte olup, kalite maliyetlerinin vergi öncesi kar artı toplam kalite maliyetleri toplamına oranlanması yolu ile elde edilir. Bu ilişkiyi aşağıdaki eşitlik ile formüle edilmiştir [51];

$$KP = 100x(1 - (TKM/(TKM+VÖK))) \quad (3.2)$$

KP :Kalite Performansı

TKM :Toplam Kalite Maliyetleri

VÖK:Vergi Öncesi Kâr

Bu işlem ile elde edilen sonuçlar, kalite konusunda pratik bir bilgi edinmek için değerlendirilir. Elde edilen değer 100'e eşit olması durumunda kalite maliyetleri en aza indirilmiş demek olup, bu nokta karlılığın da en yüksek seviyede olduğu noktadır. Dolayısıyla

kusurlu ürün sayısı da en aza indirilmiş ve ürün başarısızlığı sıfır denecek noktaya indirilmiştir. Vergi öncesi kârın sıfır olması durumunda ise kalite performansı da sıfır olacaktır.

3.2.9 Eğilim (Trend) analizi

Eğilim analizleri, şimdiki maliyet seviyesi ile geçmiş dönem maliyet seviyesini basitçe karşılaştıran bir tekniktir. Eğilim analizleri, maliyet kategorileri, üretimin alt kategorileri, mamul, ölçme tekniği, şirkete bağlı fabrikalar, iş merkezleri ve bunların kombinasyonlarına göre düzenlenir. Bu analizler için düzenlenen grafikler, bir dönemi kapsayacak şekilde maliyet gruplarının değişimini gösterebildikleri gibi doğrudan doğruya mamul bazında da grafikler oluşturmak mümkündür. Bu grafiklerin analizleri sayesinde, kalite maliyet kalemleri arasındaki ilişkiyi yakalamak ve dengeli bir kalite maliyeti rejimi tutturmak mümkün olmaktadır [50].

3.3 Taguchi Metodu

Kalite birçok kimse tarafından; “toleransları sağlamak”, “sıfır hata” veya “müşteri tatmini” olarak tanımlanmıştır. Fakat bu tanımlamalar kalite ve maliyet arasındaki ilişkiye ait bir metodoloji ortaya koyamamıştır. Ancak Taguchi’nin kalite anlayışı, kalite ile maliyet arasında ilişki kurmayı sağlamıştır. Bu ilişki (kalite-maliyet ilişkisi) sadece üreticiyi ilgilendiren bir ilişki değil aynı zamanda müşteriyi ve hatta toplumu ilgilendiren bir ilişkidir [52].

Taguchi’nin kaliteyi tanımlaması müşteri odaklı bir tanımdır. Taguchi kaliteyi negatif bir tarzda tanımlar. Taguchi kaliteyi; ürünün müşteriye gönderildikten sonra toplumda meydana getirdiği kayıpla değerlendirmiştir. Ürünün kalitesi artırılmak isteniyorsa müşteride meydana getirebileceği kayıplar en az olacak şekilde üretilmelidir [53].

Bu kayıp, müşteri memnuniyetsizliğini ve işletmelerin itibar kayıplarını kapsar. Bu tanım geleneksel tanımdan büyük ölçüde farklıdır. Geleneksel tanım, üretici odaklıdır ve kalite maliyeti olarak hurda, garanti, servis ve yeniden işleme maliyetlerini içerir. Taguchi’nin tanımında, müşteri üretim sürecinin en önemli parçasıdır. Ürünün veya servisin kalitesi; müşterilerin memnuniyetine ve böylece itibar kazanılmasına ve pazar payının artmasına sebep olacaktır. Genelde, Taguchi tarafından planlanmış üç kavram vardır:

1. Kalite, daha en başta ürüne göre tasarlanmalıdır. Muayene ile kalite sağlanamaz.
2. Kaliteye hedef değer etrafındaki değişkenliği minimize ederek ulaşılır. Toleransları sağlamak başarı değildir.
3. Kalite maliyeti, ürün performansındaki değişkenliğin bir fonksiyonu olarak ölçülmelidir.

Bu üç kavramı geniş olarak açıklarsak:

Kalite geliştirme, ürün veya süreç tasarımı aşamasında ortaya çıkar ve üretim aşaması boyunca devam eder. Gerçek kalite, geleneksel yaklaşımın üretim hattındaki muayene anlayışı ile sağlanamaz. Taguchi'ye göre hiçbir muayene kalitesiz ürüne kaliteyi geri getiremez. Muayene sadece, kalitesizliğin ortaya çıkartılmasıdır [54]. İşte bu yüzden, kalite, önleme felsefesi ile geliştirilmelidir. Kalitesizliğe sebep olabilecek problemler en başta ele alınmalıdır. Bu yaklaşım genelde off-line stratejisi olarak adlandırılır. Kaliteyi sağlamak için yapılan faaliyetleri, Taguchi iki bölüme ayırmaktadır [55]:

- On – Line Kalite Kontrol
- Off – Line Kalite Kontrol

On-Line Kalite Kontrol: Ürünün imalatı sırasındaki ve imalat sonrası kalite faaliyetlerini kapsar. İstatistiksel süreç kontrol ve çeşitli muayeneler örnek verilebilir.

Off-Line Kalite Kontrol: Pazar araştırması ile ürün ve üretim sürecinin geliştirilmesi sırasında gerçekleştirilen kalite faaliyetlerini içermektedir. Bu faaliyetler ürüne doğrudan müdahale yerine, üretim başlamadan önce gerçekleştirilen tasarım çalışmalarıdır.

Taguchi, off – line kalite kontrolü; kalite sağlama aşaması olarak, hem ürün tasarımı için hem de süreç tasarımı için, üç aşamalı olarak tanımlamaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki gibidir [56].

- **Sistem Tasarımı:** Pazar belirlenmesi, gerekli teknik ve mühendislik bilgilerinin edinilmesi, kullanılacak makine, ekipman ve malzeme gibi bileşenlerin belirlenmesi gibi işlemlerin yapıldığı aşamadır.
- **Parametre Tasarımı:** Taguchi metodunun en önemli aşamasıdır. Ürün kalitesini etkileyen faktörlerin belirlendiği ve bu faktörlerin ürüne etkisinin en az kılınmaya çalışıldığı bir tasarımı gerçekleştirme aşamasıdır. Bunu sağlamak için, Taguchi istatistiksel deney tasarımı yöntemlerini kullanır.
- **Tolerans Tasarımı:** Parametre tasarımı aşamasında yapılan çalışmalar yetersiz kalmış ise bu aşama uygulanır. Taguchi, toleranslarla çalışmayı istememekle beraber hepten de ret edememektedir. Esasında, tolerans tasarımı aşaması, kalitenin nasıl değerlendirileceği sorusunun cevaplandığı aşamadır.

Kaliteye hedef değer etrafındaki değişkenliği minimize ederek ulaşılır. Sadece toleransları sağlamak başarı değildir. Değişkenliğin azaltılması, kaliteyi geliştirmede anahtardır.

Bir ürünün kritik bir parametresi için bir hedef değer tanımlanması ve üreticilerin bu hedef değeri çok az bir sapma ile gerçekleştirmeleri kalitenin büyük bir oranda gelişmesi demektir. Taguchi, bir ürünün reddedilmesinin en önemli sebebinin ürün spesifikasyonlarındaki değişkenlik olduğunu gözlemledi. Kaliteyi iyileştirmek değişkenliğin azaltılmasından geçmektedir. Kalite için harcanacak emekler, sıfır sapma ve sıfır bozulma için yapılmalıdır. Başta Shewart ve Deming olmak üzere bütün kalite uzmanları değişkenlik konusuna değinmişlerdir. Taguchi'nin üründeki değişkenliği azaltma yaklaşımı iki aşamalı bir süreçtir:

- Ürünü en iyi usul, teknoloji ve tekniklerle üretmek (hedeften en az sapmayı sağlamak için)
- Bütün ürünleri aynı şekilde üretmek (ürünler arasındaki değişkenliği azaltmak için)

Kalite maliyeti, ürün performansındaki değişkenliğin bir fonksiyonu olarak ölçülmelidir. Hedef değerden sapmalar ürünün bütün bir ömrü boyunca ölçülmelidir. Bu maliyetler; yeniden işlemeyi, muayeneyi, garanti ve servis hizmetlerini, geri dönüşleri ve ürün yenileme maliyetlerini içerir. İşte bu maliyetler, ürün kalitesi için hangi önemli parametrelerin kontrol altında tutulması gerektiğini gösterir.

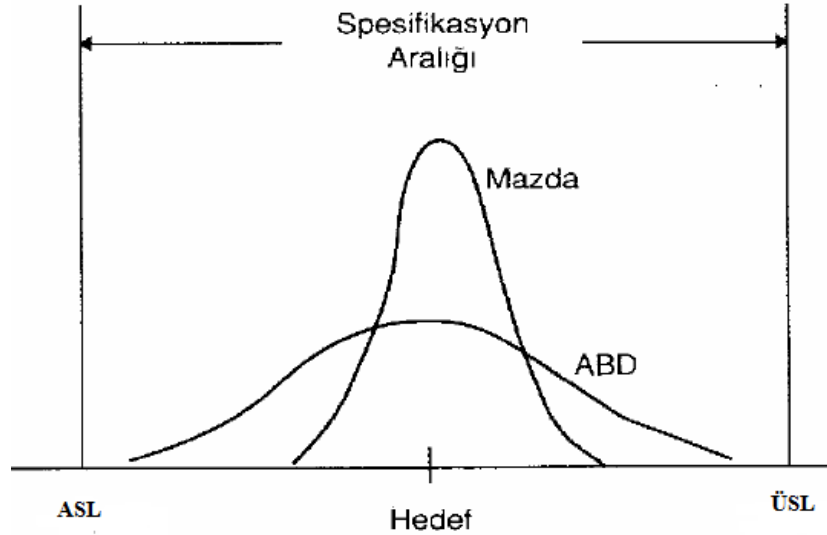
Geleneksel kalite maliyetlerini hesaplama yöntemi, ret edilmiş ve yeniden işlenmiş ürünlerin sayısına göre hesaplama yapar. Ancak böyle bir değerlendirme metodu, hedef özelliklerin spesifikasyon aralığı içerisinde kaldığı fakat farklı dağılım gösterdiği iki örneği ayırt etmekte yetersizdir. Geleneksel yöntemle göre, ürün bu alt ve üst spesifikasyon sınırları içerisinde ise kaliteli kabul edilir ve ürünün müşteriye gönderildikten sonra hiçbir sosyal kayba sebep olmadığına inanılır. Eğer, ürün bu sınırların dışında üretilmiş ise, %100 bozulma olduğu kabul edilir ve ürün ya hurdaya ya da yeniden işlemeye gönderilir. Geleneksel yaklaşımda bütün amaç ürünü bu iki sınır içerisinde üretmektir.

Taguchi, gerçek hayatta böyle net kesilmelerin olmadığına inanmaktadır. Performans, hedef değerden saptıkça dereceli olarak bozulmaktadır. Bundan dolayı da kayıp fonksiyonunun ideal değerden sapmanın bir ölçüsü olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Taguchi'nin bu tanımlaması müşteri tatmini ile ilgilidir. En iyi müşteri tatmini, hedef değeri yakalamış ürünler üreterek sağlanabilir [57].

Taguchi'nin yaklaşımını desteklemek üzere birçok örnek verilebilir. Bunlardan biri Ford örneğidir.

Ford firmasının 1980'lerdeki bir deneyimi, parça üretiminde hedeften sapma sonucu oluşan varyasyonun, firmaya parasal kayıp olarak döndüğünü göstermektedir. Ford, imal

etmekte olduğu otolara Şanzıman üretmek üzere iki ayrı firmaya sipariş verir. Tedarikçi firmalardan biri, bir Amerikan firması, diğeri Japon Mazda firmasıdır. Her iki firma da, şanzımanları, Ford'un spesifikasyonlarına göre üretip teslim ederler. Garanti süresi içinde şanzıman sorunlarından kaynaklanan garanti talepleri oluşur. Ford yetkilileri, sorunlu şanzımanları üretici firmaya göre sınıflandırdıklarında, Amerikan firmasının ürettiği gurubun, sayısal olarak diğlerinden birkaç kat daha fazla olduğunu görürler. Bunun üzerine, şanzımanların bazı kritik performans değişkenlerinin olasılık dağılımını hesaplarlar. Durum Şekil 3,4'deki gibidir. Her iki firmanın da ürettiği şanzımanlar, istenilen spesifikasyon sınırları içerisindedir. Ancak, Amerikan firmasının ürettiği şanzımanlarda değişkenlik daha fazladır. Bu şanzımanlar, daha sık ve daha erken arıza yaparak firmanın maliyetini artırmaktadır [55].



Şekil 3.4 Ford örneği.

Ford örneği göstermiştir ki, kalite spesifikasyon sınırları içerisinde üretmekle değil, hedeften sapmayı en az kılmakla sağlanabilir.

Ürünün performans karakteristiği, y ve hedef değer, t ile belirtilsin. Kalite karakteristiğinin y değeri, ürünün yaşam süresi boyunca t değerinden sapabilir. Bu nedenle y herhangi bir olasılık dağılımına sahip şans değişkenidir. y performans karakteristiğinin üreticiye olan kaybın parasal ölçümü $L(y)$ ile belirtilmektedir.

$L(y)$ ' nin gerçek fonksiyonel ifadesini belirlemek oldukça zor olduğundan Taguchi karesel kayıp fonksiyonu yaklaşımının kullanılmasını önermiştir. Hedef değer y , t 'ye eşit

olduğunda kayıp sıfırdır. Fonksiyonun birinci dereceden türevi de $y = t$ noktasında sıfıra eşittir [58].

$$y = t \Rightarrow L(t) = 0 \text{ ve } L'(t) = 0 \quad (3.3)$$

Kayıp fonksiyonunun hedef değer t etrafındaki Taylor serisi açıldığında,

$$L(y) = L(t) + \frac{L'(t)}{1!} + \frac{L''(t)}{2!} + \frac{L'''(t)}{3!} + \dots \quad (3.4)$$

elde edilir. $y=t$ olduğunda fonksiyon ve fonksiyonun birinci dereceden türevi de sıfıra eşittir. Üçüncü ve daha yüksek derecedeki terimler ihmal edilerek kayıp fonksiyonu,

$$L(y) = L''(t)/2! * (y - t)^2 \quad (3.5)$$

$$L(y) = k (y - t)^2 \quad (3.6)$$

eşitliği ile elde edilir [59]. k pozitif bir sabittir, y 'nin herhangi bir değeri için eğer $L(y)$ biliniyorsa k katsayısı belirlenebilir [57].

k değerinin belirlenmesi, sistemin bütününde ele alınması ile ilgili olarak ve ortalama kayıp fonksiyonunun elde edilmesi örnek üzerinde ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Bunun için kullanılacak veriler Ross (1988) tarafından incelenen ve Çizelge 3.1.'de verilen verilerdir.

Bu örnekte bir makine parçasının dış çapı için tolerans $\pm 0,010$ inch' dir. Ürün alt ve üst spesifikasyon limitini aşıyorsa parça hurdaya ayrılmakta ve hurdaya ayırma maliyeti parça başına 4\$ olmaktadır. Hurda maliyeti burada kayıp olduğundan, kayıp 4\$' dır. Eşitlik 3.6' da alt spesifikasyon limiti için;

$$4\$ = k (ASL - t)^2$$

$$k = \frac{4\$}{(ASL - t)^2}$$

şeklinde elde edilir. Görüldüğü gibi k spesifikasyon genişliğine bağlıdır.

$t=0$, $ASL= - 0,010$ için $k = 40.000\$ / \text{inch}^2$ 'dir. Bu durumda çapı $(-0,02 \text{ inch})$ olan parça için kayıp,

$$L = 40000\$(-0.02 - 0.0)^2 = 0.16\$ / \text{inch}^2$$

$-0,02$ değerinde 11 parça bulunmaktadır. Bu durumda toplam maliyet (kayıp), parça başına düşen maliyet ile parça sayısı çarpılarak 1,76 \$ olarak bulunur. Her bir parça için toplam

kayıp Çizelge 3,1’de yer almaktadır. Tüm parçaların toplam kayıpları toplanarak, toplam parça sayısına bölünerek ortalama maliyet, 0.11\$ elde edilir.

Matematiksel olarak ortalama kayıp aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir.

$$L = k \frac{[(y_1-t)^2+(y_2-t)^2+\dots+(y_N-t)^2]}{N} \quad (3.7)$$

Örnek veriler için beklenen ortalama kayıp ise aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$R(y) = k [(\bar{y} - t)^2 + s^2] \quad (3.8)$$

s^2 , örnek varyansı, $\bar{y}$, grup için ortalama değerdir. $(\bar{y} - t)$, hedef değer t ’ den grup ortalamasının sapmasıdır. Çizelge 3,1 örnek verileri için $s^2 = 2,64.10^{-6} \text{ inch}^2$, $y = 0,0$ elde edilir. 100 parça için ortalama kayıp 3.8 eşitliği ile 0,11\$ olarak bulunur.

Çizelge 3.1 Örnek parçaların toplam ve ortalama kayıpları.

Çap	Kayıp/Parça (\$)	Toplam Parça	Toplam Kayıp (\$)
-0,005	1,00	0	0,00
-0,004	0,64	2	1,28
-0,003	0,36	4	1,44
-0,002	0,16	11	1,76
-0,001	0,04	20	0,80
0,000	0,00	26	0,00
0,001	0,04	20	0,80
0,002	0,16	11	1,76
0,003	0,36	4	1,44
0,004	0,34	2	0,68
0,005	1,00	0	0,00
Genel Toplam		100	10,56

Görüldüğü gibi ortalama kayıp eşitlik 3.7 ve 3.8’e göre 0,11\$ olarak elde edilmiştir. Bu nedenle 3.7 ve 3.8 eşitliği birbirine eşittir.

Sonuç olarak; “Geleneksel olarak, belirlenen özelliklere sahip olmayan ürün ve hizmetler kalite kaybına neden olur. Bundan dolayı istenilen özelliklere sahip ürün ve hizmetler

dış başarısızlık maliyetlerine neden olmazlar”. Bu geleneksel kayıp fonksiyonu olarak adlandırılır [60].

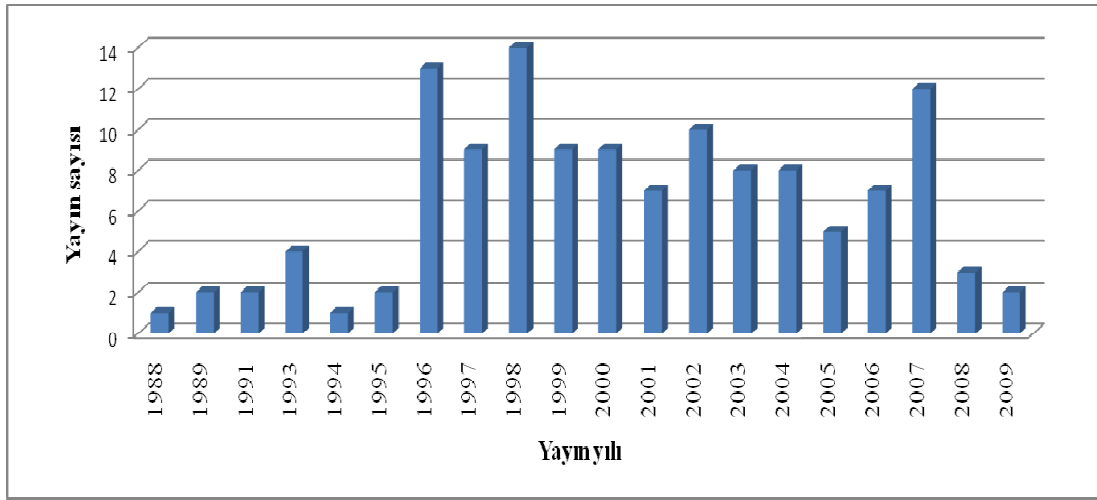
Ancak belirlenen özelliklere uygun olarak üretilen mal ve hizmetler de satış kaybı ve müşteri memnuniyetsizliği gibi dış başarısızlık maliyetine neden olabilir. Taguchi bu dış başarısızlık maliyetlerini de hesaba katarak bir model geliştirmiştir. Taguchi’nin kayıp fonksiyonu kuadrattır. Ürün hedeflenen özelliklere uygun üretilmişse kayıp sıfır olacaktır, eğer belirlenen hedeften sapma iki kat ise kayıp dört kat, sapma üç kat ise kayıp dokuz kat olacaktır [61].

Bu model sadece bitmiş ürünler için kalite maliyetlerini göstermektedir. Ayrıca bu model önleme maliyetleri ile kalite gelişimi arasındaki ilişkiyi göstermemektedir.

Bu modelin yöneticilere sağladığı diğer bir fayda ise görülemeyen maliyetlerin rakamsal olarak ölçülebilmesini sağlamak böylece kalite programlarının daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesine yardımcı olmaktadır [62].

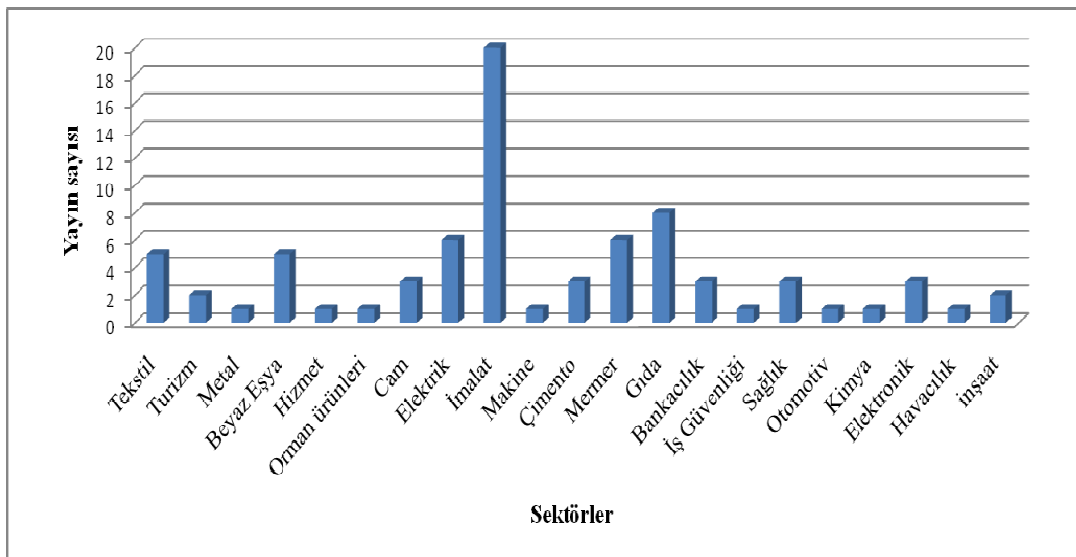
4. LİTERATÜR TARAMASI

Kalite maliyetleri ile ilgili 1988 yılından günümüze kadar yayınlanan çalışmalar, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi ve veri tabanlarında araştırılmıştır. Bu çalışmalar yayın yılı, sektör ve uygulamanın çeşidine göre sınıflandırılarak aşağıda görüldüğü gibi grafik haline getirilmiştir.



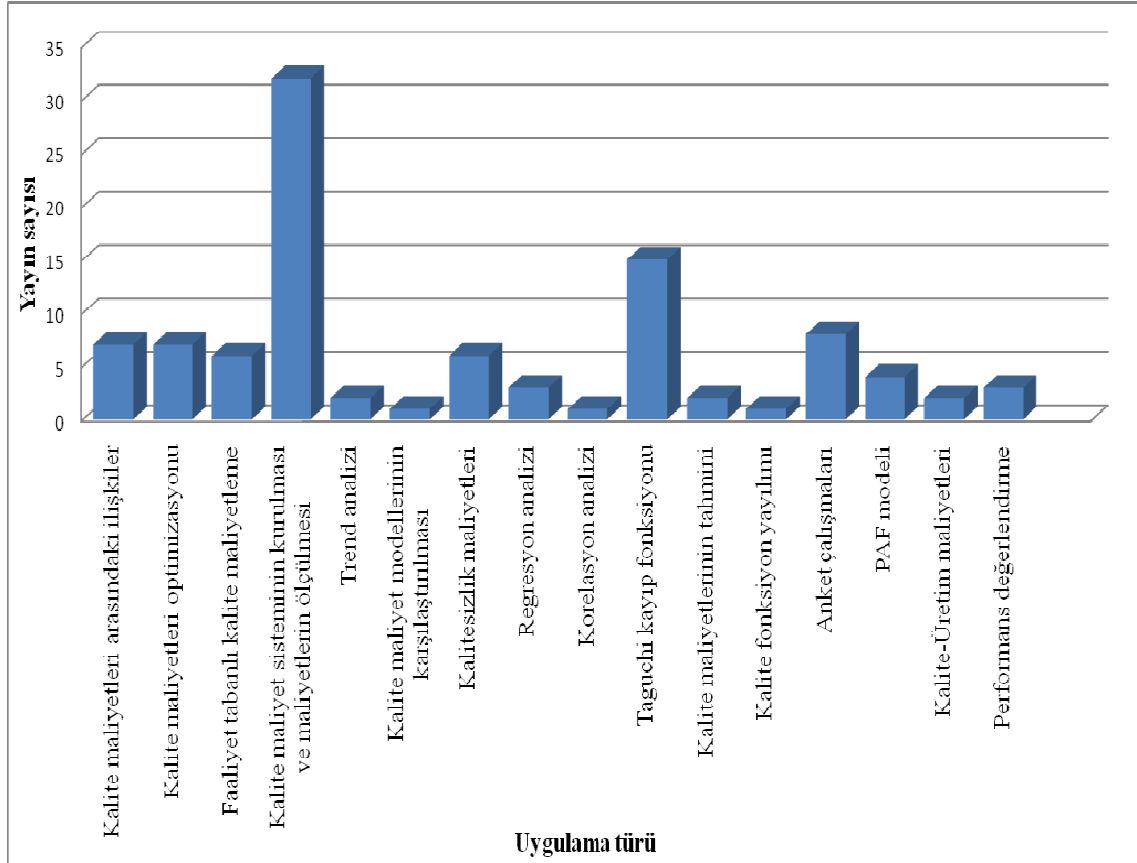
Şekil 4.1 Yıllara göre kalite maliyetleri konulu yayınların sayıları.

Şekil 4,1’de görüldüğü gibi ilgili çalışmalar 1996 yılından itibaren daha fazla artış göstermiştir.



Şekil 4.2 Sektörlere göre kalite maliyetleri yayınların sayıları.

Şekil 4,2'ye bakıldığında en fazla imalat sektöründe çalışma yapıldığı görülmektedir. İmalat sektöründe yapılan çalışmaların çoğu anket yöntemi kullanılarak firmaların kalite maliyetlerini izleyip izlemedikleri yönündedir. Bunun yanı sıra genelde tekstil, beyaz eşya, mermer ve gıda sektörlerinde uygulama yapılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi otomotiv sektöründe yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır.



Şekil 4.3 Uygulama türüne göre kalite maliyetleri yayınların sayıları.

Şekil 4,3'de görüldüğü yapılan çalışmaların çoğu firmalarda kalite maliyet sistemin kurulması ve maliyetlerin ölçülmesi şeklindedir bunu Taguchi'nin kayıp fonksiyonu ile ilgili yapılan çalışmalar izlemektedir.

Taguchi'nin kayıp fonksiyonu kullanılarak yapılan çalışmalar gıda, kimya, elektronik, otomotiv, inşaat ve bankacılık sektörlerinde uygulanmıştır. Bu çalışmalarda, Taguchi'nin kayıp fonksiyonundan yararlanılarak ekonomik sipariş modelinin oluşturulması, tedarikçi seçimi ve kontrol grafiklerinin ekonomik tasarımı yapılmıştır.

Bodur A. (2008), “Süreç Odaklı Kalite Maliyetlerinin Kalite Yönetim Sisteminde Algısal Analizi” adlı çalışmasında, hizmet işletmeleri olan ecza depoculuğu sektöründe süreç odaklı kalite maliyetleri analizinin; ISO 9001:2000 Kalite Yönetim sistemi, süreç yönetimi ve çalışanların performans odaklı bağlılıkları ile ilişkisi incelemiştir. Literatürde daha önce uygulamasına rastlanmamış; ecza depoculuğu sektöründe, kalite maliyetleri analizi kültürünün çalışanlar tarafından algısı üzerinde durulmuş, kurumda uygulanabilirliği analiz edilmiştir [63].

Akkoyun Ö. (2006), “Mermer İşleme Tesislerinde Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Optimizasyonu” adlı çalışmasında mermer işleme tesislerinde üretim kontrolünde kullanılmak üzere geliştirilen bir bilgisayar yazılımı tanıtılmıştır. Yazılım kullanılarak her türlü üretim faaliyetinin maliyeti, kalite maliyetleri ve toplam maliyetler ayrıntılı olarak hesaplanabilmekte ve sistem yazılım içerisine yerleştirilen istatistiksel süreç kontrolü gibi kontrol araçları ile kontrol edilebilmektedir. Kalite maliyetleri ortaya çıkarıldıktan, sınıflandırıldıktan ve kayıt altına alındıktan sonra kalite maliyetlerine bağlı bir üretim sistemi optimizasyonu kullanılmış ve toplam maliyetlerde düşüş sağlayan bir üretim planlaması önerilmiştir [50].

Mete M. (2000), “Kalite Maliyetlerinin Optimizasyonu ve Bir İşletme Uygulaması” adlı çalışmasında, kalite ve ilgili kavramlar hakkında bilgi vermiştir. Kalite maliyetlerinin türlerini tanımladıktan sonra bir uygulama yaparak Netaş AŞ’de gözlemlenen kalite maliyetlerini ayrıntılı olarak tablolastırmış ve toplam kalite maliyeti/toplam üretim maliyeti oranını “kalite indeksi” olarak tanımlayarak sözü geçen işletme için bu indeksin değerini belirli yıllar için bulmuştur. Çalışma içerisinde gerçek anlamda bir matematiksel eniyileme hesabı bulunmamaktadır [64].

Azarmı B. (2004), “Kontrol Grafiklerinin Ekonomik Tasarımı ve Taguchi’nin Kayıp Fonksiyonu” adlı çalışmasında $\bar{X}$ kontrol grafiğinin ekonomik modelini araştırarak Taguchi’nin kayıp fonksiyonu ile yeniden modellemiş ve Duncan’ın tek sebepli sapmalı modeli ile Taguchinin kayıp fonksiyonu ile karşılaştırmış ve Taguchi’nin kayıp fonksiyonunun kontrol grafiklerinin tasarımında kullanılmasını daha doğru bulmuştur [65].

Bayram D. (2000), “İşletmelerde Performans Boyutu Olarak Kalite Verimlilik Maksimizasyonu ve Bir Uygulama Örneği” adlı çalışmasında, kalite maliyeti kavramı ve tarihsel gelişimi hakkında bilgi vermiş, kalite maliyetlerinin ölçülmesi için kullanılan analiz yöntemlerine değinmiş ve kalite maliyetlerinin diğer maliyet kalemleri altında görünmez olduğunu, işletmelerin bu bilgileri yayınlamadıkları bilgisini vermiştir. Ayrıca kalite maliyetlerinin farklı gruplardan oluştuğu ve her grubun ayrı optimize edilmesi gerektiği görüşünü öne sürmüştür. Bu sava destek olarak, kalite planlamasının artması ile önleme ve

değerlendirme maliyetlerinin artarken, dış başarısızlık maliyetinin düştüğü bilgisini örnek vermiştir. Bu nedenlerden dolayı da toplam bir eniyilemenin zorluğundan söz edilmiştir [66].

Bulut G. E. (2007), “Bir Otomotiv Tedarikçisinde ISO/TS 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Spesifikasyonu Kapsamında Yapılan İstatistiksel Süreç Kontrol ve Bulanık Mantık Çalışmaları” adlı çalışmasında istatistiksel süreç kontrol uygulaması ile yapılan iyileştirme sonucunda firmada gelecekte oluşacak asit sarfiyat miktarlarının tahmini amaçlı bulanık mantık yöntemiyle bir taslak çalışma yapılmıştır. Uygulamada yapılan kontroller sonucunda hatta olan asit sarfiyatı probleminin önüne geçilmiş, böylelikle sarfiyat azaltılmış, süreç kontrol altına alınmış ve maliyet azaltılmıştır. Bu çalışma dört aylık bir periyotta izlenerek elde edilen ölçüm sonuçları değerlendirilmiş ve yapılması gereken iyileştirmeler belirlenmiş ve gelecek aylara ait tahminleme yapılmıştır [67].

Çolak T. (2007), “İstatistiksel Süreç Kontrolü ve Uygulamalar” adlı çalışmasında istatistiksel süreç kontrolü teknikleri uygulamalarıyla birlikte incelenmiştir. Böylece kaliteyi kontrol altına almak, yüksek kalite sağlamak, verimliliği arttırmak, müşteri memnuniyetini arttırmak ve maliyeti minimize ederek işletmelerin karlılığını sürekli hale getirmek mümkün olabileceğini belirtmiştir [68].

Kayaalp İ. D. (2007), “Konfeksiyon İşletmelerinde Kalitenin İyileştirilmesi Amacıyla İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemlerinin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma” adlı çalışmasında, kaliteyi yükseltmenin yolu, kalitesizliği önlemek olduğu için, malzeme kalitelerinin kontrollerinde “kabul örnekleme”, üretimde “İstatistiksel süreç kontrol yöntemleri” ve bitmiş ürün kontrolünde “kontrol örnekleme” kullanılarak, her aşamada kalitenin iyileştirilmesi çalışmaları yapmıştır. Üretim sırasında, işletmedeki hatalı oranları, ikinci kalite ürün oranları ve müşteri şikayetleri incelenmiş ve azaltılmaya çalışılmıştır. İşletmedeki kalite düzeyi, kalite problemleri ve iyileştirmede öncelik verilmesi gereken konular kolaylıkla tespit edilmiştir. Kalitedeki iyileşme sonucu hatalar nedeniyle oluşan maliyetlerin de azaldığı gösterilmiştir. İşletmedeki kalitenin, rakam ve grafiklerle somut ve görsel hale gelmesiyle takip edilmesinin ve iyileştirilmesinin daha kolay hale geldiği belirtilmiştir [69].

Antony, J. (2000), İstatistiksel süreç kontrolünün, süreç kalitesini geliştirmede güçlü bir teknik olduğunu, sürecin kalitesindeki değişikliğin özel sebebini sistematik olarak ortadan kaldırarak, süreç kalitesini iyileştirdiğini belirtmiştir. İSK’nın başarılı uygulaması için mühendislik, yönetim, istatistik, takım çalışması ve planlama gibi birçok konuda yeterlilik gerektiğini vurgulamıştır [70].

Antony, J., Balbontin, A. ve Taner, T. (2000), İstatistiksel süreç kontrolün, ürün ve süreç kalitesinin devamlı gelişimi için önemli ve güçlü bir teknik olduğunu vurgulamışlardır. Organizasyonlarda İSK'nın başarılı bir şekilde uygulanması için önemli 10 konuyu belirlemişlerdir. Bunlar: Yönetimin sorumluluğu, İSK eğitimi, takım çalışması, öncelikli süreç seçimi, süreç değişkenlerinin seçilmesi, ölçüm sisteminin tanımlanması, kontrol kartlarının seçimi, çalışma çevresinde kültürel değişim, pilot çalışma kullanımı ve bilgisayarda İSK yazılımları kullanımıdır [71].

Antony, J. ve Taner, T. (2003), istatistiksel süreç kontrol yöntemlerinin süreçlerin performansını denetleme, analiz etme ve geliştirmede güçlü bir teknik olduğunu, Japon şirketlerinde yaygın olarak kullanılan bu tekniklerin batı şirketlerinde özellikle İngiltere'de eşit ölçüde başarı sağlayamadığını belirtmişlerdir. Ayrıca mühendislere üniversitede sadece kontrol grafiklerinin değil İSK yöntemi ve uygulanmasının öğretilmesi gerektiğini vurgulamış ve İSK uygulayacak organizasyonlar için bir yol haritası önermişlerdir [72].

Goh, T.N. (2000), yüksek kaliteli ürünlerin, organizasyonların yönetim yeteneği ile bilgi ve teknolojiyi kullanabilmelerine bağlı olduğunu söylemiştir ve istatistiksel kalite mühendisliğinin yüksek kaliteyi sağlamada önemli olduğunu vurgulamışlardır [73].

Makrymichalos, M., Antony, J., Antony, F. Ve Kumar, M. (2005), 21. yüzyılda yöneticiler ve endüstri mühendislerinin istatistiksel düşünebilmelerinin önemli olduğunu ve işletmenin performansını ve kalitesini geliştirmek için istatistiksel araç ve teknikleri kullanmayı bilmeleri gerektiğini vurgulamışlardır [74].

Mason, B ve Antony, J. (2000), organizasyonlarda hizmet ve üretim kalitesini arttırmak için temel gereksinimin İSK olduğunu söylemişlerdir. İSK'nın sadece kontrol grafikleri olmadığını açıklamış, başarılı İSK için yönetim, mühendislik, istatistik ve takım çalışmasının önemini vurgulamışlardır. Ayrıca üniversitelerde mühendislik öğrencilerine İSK'yı önemseyen bir müfredat sunulması ve mühendislerin İSK'yı başarılı bir şekilde uygulayacak biçimde donatılması gerektiğini belirtmişlerdir [75].

Mast, J. (2004), makalesinde kalite geliştirme açısından Taguchi, Shainin ve 6 sigma yöntemlerini karşılaştırmış, zayıf ve güçlü yönlerini irdelemiş, istatistiksel tekniklere odaklanan 6 sigmayı üçünün arasında en eksiksiz strateji olarak belirlemiştir [76].

Maccarthy, B.L. ve Wasusri, T. (2001), 1989-2000 zaman aralığında literatürde yer alan kontrol grafiklerinin standart dışı uygulamalarını incelenmişlerdir. Ayrıca üretimde iyileşme

amacı dışında kontrol grafiklerinin kullanımına başvurulabilmesi için gereken temel bilgi ve teknik kavramlara dikkat çekmişlerdir [77].

Özyılmaz, D. (2003), “Süreç iyileştirme teknikleri ve bir tekstil işletmesinde uygulama” adlı yüksek lisans çalışmasında, boyahanede çıkan kumaş eninin istenen değerde çıkmaması konusunda, süreci iyileştirme amacıyla İSK yöntemlerini kullanmıştır [78].

Tezel M. F. (2006), “İSK ve Akışkan Otomasyonu Sanayi Malzemeler İmalatında Süreç Yeteneği Uygulamaları” adlı çalışmada, küreselleşen dünya içinde, çetin rekabet şartları altında varlığını sürdürmek isteyen firmalar için vazgeçilmez bir yöntem olan İstatistiksel Süreç Kontrol ve Süreç Yeteneği Uygulamaları konusunu incelemiştir [79].

Çavuşoğlu İ. (2006) “Modern Kalite Yönetim Sistemlerinin Endüstriyel Uygulamalarında Süreç Performanslarının Değerlendirilmesi ve Sürekli İyileştirilmesi” adlı çalışmasında, sürekli iyileştirmeye yönelik, kontrol kartlarının oluşturulması ile ilgili bir model hazırlamış ve kullanıcı olarak işletme çalışanlarına uygun bir sistem oluşturmuştur. Süreç düzeyi değişkenliklerinde müdahale sınırlarının ve standart sapma genişliklerinin iyileştirilmesiyle süreç yeteneğinin artırılması amaçlanmıştır. Diğer yandan hem ürün geliştirme ve tasarım aşamasında hem de ürünün gerçekleştirilmesi sırasında muhtemel hataların önlenmesi veya var olan hatanın tespit edilmesinde etkin bir şekilde Shainin deney tasarımı metotları kullanılmıştır. Bu metotlardan özellikle çok değişkenli kontrol grafiklerinin kullanılmasıyla pilot süreç ve üretim sürecinde iyileştirici önerilerde bulunmayı amaçlamıştır. Böylelikle uygulamaya yönelik çalışmaların yürütüldüğü otomotiv yan sanayi işletmesinde, geometrik ürün spesifikasyonuna göre talep edilen özellikte konum ve şekil sapmaları gibi, parçanın fonksiyonel kritik özelliklerinin üretim hattında işlenmesi esnasında kontrol edildiği süreçlerde, süreç performansının iyileştirilmesine yönelik, işletme çalışanları tarafından kullanılabilecek bir sistem oluşturulmasına çalışmıştır [19].

Yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışma en az uygulama yapılan sektörlerden biri olan otomotiv sektöründe uygulanmıştır. Firmada ISO/TS 16949:2002 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi kapsamında kurulu bulunan kalite maliyet sistemi incelenerek maliyetlerin azaltılması amaçlanmıştır. Çalışmada, üretim esnasında ortaya çıkan hatalı ürünlerin iç başarısızlık maliyetleri üzerindeki etkisine, bu maliyetlerin Taguchi’nin kayıp fonksiyonundan yararlanılarak hesaplanan maliyetler ile karşılaştırılmasına ve maliyetleri azaltmak için yapılan iyileştirme çalışmalarına yer verilmiştir. İyileştirme çalışmaları sonrası maliyetlerde azalma ve üretim sistemin sürekli takibi ile süreç yeterliliğinde iyileşme sağlanmıştır.

5. MATERİYAL VE METOT

5.1 Materyal

Çalışmada Kütahya ilinde faaliyet gösteren bir otomotiv firmasının kalite maliyet sistemi ve istatistiksel süreç kontrol sistemi ele alınmıştır. Firma Volkswagen grubun ana tedarikçisi olup yaklaşık üç yıldır Kütahya Organize Sanayi bölgesinde hizmet vermektedir.

Fabrika polimer sektöründe hizmet vermekte olup Volkswagen Grup araçlarının egzoz emisyon geri dönüşüm sistemlerinde kullanılan kauçuk hortumların üretimi ve egzoz emisyon geri dönüşüm sistemleri, aktif karbon filtre sistemlerinin montajını yapmaktadır. 27 beyaz ve 230 mavi yakalı olmak üzere toplam 257 kişilik kadrosu ile yıllık yaklaşık 16.000.000 € üretim hacmine sahip olan firma kauçuk ekstruzyonu, plastik boru şekillendirme, metal boru bükme, montaj tekniklerini kullanarak üretim yapmaktadır. Üretimnin tamamı ihraç edilmektedir.

Çalışmada ISO 9001:2000’de olduğu gibi ISO/TS 16949:2002’nin de gerekliliklerinden biri olan veri analizi ve kullanımı üzerinde durulacaktır. Verilerin toplanmasının yanı sıra analiz edilmesi de sistem etkinliğini belirlemek için gereklidir.

ISO 9001:2000’de ve ISO/TS 16949:2002’de aşağıda belirtilen şekilde verilerin analizine değinilmiştir;

Madde 8.4 Veri Analizi (ISO 9001:2000): Kuruluş, kalite yönetim sisteminin etkinliğini ve uygunluğunu göstermek ve kalite yönetim sistemin etkinliğinin sürekli iyileştirilmesinin nerelerde yapılabileceğini değerlendirmek için uygun verileri belirlemeli, toplamalı ve analiz etmelidir. Bu analiz, izleme ve ölçme sonuçlarından çıkan ve diğer ilgili kaynaklardan çıkan verileri kapsamalıdır.

Kurulu bulunan kalite yönetim sisteminin her seviyesinde tutulan kayıtlar veri olarak kullanılmalı, uygun formata getirilerek sürekli iyileştirmeye taban oluşturacak kararların alınmasını desteklemelidir. Bu aşamada analiz edilmesi gereken kayıtlar şunlardır;

- Müşteri şikayetleri
- Müşterinin diğer geri beslemeleri
- Müşteri memnuniyeti anket sonuçları
- Ölçüm ve test kayıtları
- Kalite raporları
- Süreç performans hedefleri ve karşılaştırılması.

Madde 8.4.1 Verilerin Analizi ve Kullanılması (ISO/TS 16949:2002): Kalitedeki eğilimler ve operasyonel performans göstergeleri aşağıdakileri kapsayacak şekilde karşılaştırılmalıdır;

- Müşteri ile ilgili problemlerin zamanında görüşülmesi için ürün özelliklerinin geliştirilmesi
- Müşteri ilişkileri eğilimleri ve durum inceleme sonucu karar verme ve uzun dönem planlamaları
- Kullanımdan kaynaklanan ürün bilgilerinin kayıtları için bir sistem kurulması.

5.2 Metot

5.2.1 Uygulama yapılan firmada kalite maliyetleri analizi

Kalite sisteminin kurulması, sürdürülmesi ve iyileştirilmesi ile birlikte süreç ve ürün kalitesinin sağlanması için firma, kaynaklarının kullanımını denetlemek ve maliyet kalemlerini ölçülebilir hale getirmek amacıyla düzenli olarak aylık dönemlerde kalite maliyetlerini hesaplayarak rapor şeklinde yayınlamaktadır.

Firma kalite maliyetleri önleme, değerlendirme, iç ve dış başarısızlık maliyetleri olarak dört ana sınıfta değerlendirilmektedir. Bu ana sınıfları oluşturan kalite maliyet bileşenleri, nasıl hesaplandıkları ve raporlamada kullanılan birim maliyetlerin hesaplanması aşağıda verilmiştir.

İşçilik maliyetlerinin hesaplaması: Birim işçilik maliyetleri personel ve idari işler yöneticiliği kayıtları doğrultusunda işçi, idari ve yönetici kadroları için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. İşçilik maliyeti hesabında, yukarıda açıklanan gruplar için yapılan aynı ve nakdi harcamaların o grupta bulunan personel sayısına bölünmesi ile elde edilmektedir.

Aylık döviz kurları: Firma alım ve satım faaliyetlerinde para birimi olarak Euro kullandığı için aylık maliyetlerin Türk Lirası'na çevrilmesinde Euro'nun o ayki ortalama değeri alınmaktadır.

Birim hamur fiyatı: İşletmede farklı cins hamur kullanımı nedeniyle hamur ortalama birim fiyatı belirlenmektedir. Raporlamada aylık ortalama Euro değerinin birim fiyat ile çarpılmasından elde edilen Türk Lirası değeri kullanılmaktadır. Hamurhane, ekstrüder ve AR-GE faaliyetlerinde oluşan hamur firelerinde belirlenmiş hamur fiyatı kullanılmaktadır.

Birim mamul fiyatı: Mali işler ve finans yöneticiliği tarafından aylık olarak yayınlanan satış tablosunda yer alan aylık toplam ciro değerinin sevk edilen toplam mamul metresine

bölünmesi sonucunda elde edilmektedir. Bu değer son kontrol ve metraj bölümlerinde oluşan fire / hurdaların değerlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Extrüder sonrası birim yarı mamul fiyatı: Mamul Birim Fiyatının 0,5 katsayı ile çarpılması sonucunda elde edilen fiyattır.

Kontrol sonrası ayrılan parçalar, teknolojik fireler ve kısa parçalar tartılarak miktarları belirlenmektedir. Bu parçaların ortalama ağırlığı 100 gr/m olarak kabul edilmektedir. Hesaplamalarda ağırlık değeri bu katsayı kullanılarak metre birimine çevrilmiştir. Mamul ve yarı mamul için belirlenmiş birim fiyatlardan maliyet hesabı yapılmaktadır.

Laboratuvar test ve muayenelerinin fiyatlandırılması: Laboratuvarda yapılan muayene ve testlerin maliyetleri proje yöneticiliği tarafından her bir test/muayene için harcanan işçilik, malzeme, enerji ve ekipman amortismanları toplanarak hesaplanmaktadır. Bu tabloda birim fiyatlar Euro olarak alınmıştır ve her 6 ayda bir gözden geçirilmektedir.

Önleme Maliyeti Kalemleri:

- **Kalite yönetimi:** Kalite yönetimi konusunda yapılan toplantılar ile bu konudaki raporlamaların işçilik ve malzeme giderlerinin hesaplandığı kalemdir. Günlük son kontrol raporunun hazırlanması ve aylık kalite raporunun hazırlanması konusundaki maliyetleri kapsamaktadır.
- **Kalite planlama:** Kalite sisteminin işlerliliğinin sağlanması amacıyla kalite yöneticiliğinin ve işletme yöneticiliğinin yaptıkları çalışmaların (dokümantasyon hazırlama, revize vb.) maliyetleridir. Bu kalem kapsamına Kalite yöneticisi, kalite güvence sorumlusu ve dokümantasyon elemanı maliyeti direk olarak alınmaktadır.
- **Kalite eğitimi:** Aylık olarak gerçekleştirilen iç ve dış eğitim faaliyetlerinin maliyetlerinin belirlendiği kalemdir. İdari personelin eğitimleri Genel müdürlük eğitim maliyetlerine, işçilerin eğitimi işletme eğitim maliyetlerine dâhil edilmektedir.
- **Kalite iyileştirme:** Kalite iyileştirme amaçlı yapılan çalışmaların maliyetlendirilmesidir. İstatistiksel kalite kontrol amaçlı yapılan çalışmalara (veri toplama ve veri analizi) iki personelin günde 1 saat zaman ayırdığı varsayılmıştır.
- **Proses tasarım ve süreç geliştirme maliyetleri:** Bu konularda açılan deneme proje protokollerinde proje ekibinde görevlendirilen personelin konu ile ilgili yaptıkları çalışmalara ayırdıkları sürelerin çarpımı sonucunda elde edilmektedir. Laboratuvarda gerçekleştirilen süreç tasarımı ve geliştirmesi kapsamındaki test ve muayenelerinin

maliyetleri bu kaleme ilave edilir. Laboratuvar maliyetleri proje yöneticiliği tarafından hazırlanan test maliyetleri çizelgesinden faydalanılarak tespit edilmektedir. Tasarım ve geliştirmeden kaynaklanan fireler ve hurdaların maliyetleri hamur ve mamul /yarı mamul birim fiyatları kullanılarak hesaplanmaktadır.

- **Satın alma planlama ve değerlendirme:** Satın alma işlemlerinde tedarikçilerin değerlendirmesine esas teşkil eden verilerin toplanması /düzenlenmesi ve tedarikçi değerlendirme faaliyetleri için yapılan harcamalar ile tedarikçinin mahallinde gerçekleştirilen tedarikçi denetim faaliyetlerinin maliyetidir. Günde bir satın alma elemanı tarafından ortalama 1saatin bu işlem için harcadığı kabul edilmiştir.
- **Toplam verimli bakım:** Bakım işlemleri için bakım sorumlusu tarafından bakım planı doğrultusunda aylık olarak bakım işlemlerine harcanan işçilik maliyeti ile satın alma bölümünden değeri alınan ve bakımlarda kullanılan yedek malzeme / parçanın maddi değerinin toplam maliyetidir.
- **Pazar araştırması:** Yeni ürün pazarlaması, müşteri yelpazesinin genişletilmesi amacıyla yapılan çalışmaların maliyetleridir. Özellikle müşterilere gönderilen numune ürünlerin gönderi masrafları ve müşteriye yapılan ziyaretler bu kalem içinde değerlendirilmektedir.
- **Ürün/sistem belgelendirme ve değerlendirme:** Kalite sisteminin belgelendirilmesi/değerlendirilmesi için dış kuruluşlardan alınan hizmetler ile iç kalite tetkiklerinin maliyetlerini içerir. Kuruluş içi denetimlerde denetimin hazırlığı aşamasından başlayarak sonuçlarının değerlendirilmesi ve raporlanması amaçlı yapılan tüm çalışmalar bu kaleme dâhil edilmektedir.

Değerlendirme Maliyeti Kalemleri:

- **Kalite kayıtlarının saklanması:** Kalite kayıtlarının arşivlenmesi amacıyla yapılan çalışmaların maliyetlerini kapsar. Aylık olarak bir elemanın her gün 0,5 saat bu amaçla harcadığı varsayılmıştır.
- **Ölçme alet ve cihaz/ekipmanları:** Laboratuvar ve işletmede yer alan ölçme cihazlarının yenilenmesi, bakımı, onarımı ve kalibrasyonu konusunda oluşan maliyetlerdir.
- **Giriş kalite kontrol:** Satın alınan hammadde ve sarf malzemelerinin uygunluklarının belirlenmesi amacıyla yapılan giriş kontrol faaliyetlerinin maliyetidir. Depo sorumlusu tarafından yapılan idari kabul işleminin her biri için

0,25 saat işçilik maliyeti varsayılmıştır. Laboratuvar giriş kontrol işlemlerinin her biri için de 0,25 saat işçilik maliyeti varsayılmıştır.

- **Süreç kontrolü:** Süreç kontrolü işleminde çalışan kalite kontrol elemanlarının maliyeti direk olarak alınmaktadır. Ayrıca dönem içinde gerçekleştirilen süreç denetim faaliyetlerinin maliyetleri de bu kaleme dâhil edilmektedir.
- **Son muayene ve testler:** Kalite kontrol elemanları tarafından gerçekleştirilen son kontrol ve final denetimi maliyetlerini kapsar. Bu maliyet kalemine, son kontrolde görevli kalite kontrol elemanlarının günlük 7,5 saat çalışması ile ve aylık iş günü sayısının çarpımından elde edilen maliyet konulur. Son kontrol sırasında ortaya çıkan kontrol parçaları da mamul hortum fiyatı üzerinden maliyetlendirilmektedir.
- **Laboratuvar:** Giriş ve son kontrol işlemleri haricinde kalan periyodik ve süreç kontrol işlemleri için maliyetleri kapsar. Bu kaleme laboratuvar elemanlarının direk işçilik bedeli ile aylık periyotta gerçekleştirilen süreç kontrol /periyodik testlerin maliyetleri dahil edilmektedir.

İç Başarısızlık Kalemleri:

- **Yeniden işlem/tamir:** İşletmede gerçekleştirilen yeniden işleme/tamir maliyetlerinin uygunsuz ürün planlama kartı üzerindeki işçilik ve malzeme maliyetlerinin hesaplanması ve ayrıca laboratuvarda gerçekleştirilen test ve muayenelerin (giriş testleri vb.) tekrarlanması durumunda ortaya çıkan maliyetlerdir.
- **Hurdalar:** Aylık olarak bölümlerde üretim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan hatalı üretim, rötuş ve teknolojik firelerin birim ürün ve hamur fiyatları kullanılarak maliyetlendirilmesi ile bu hurdaların yönetimi için harcanan sürelerin işçilik fiyatları ile maliyetlendirilmesi toplamında çıkan uygunsuzluk maliyetidir.
- **Verimsizlik maliyeti:** Üretim birimlerinin çeşitli nedenler ile üretim faaliyetinden uzak kalması sonucu oluşan maliyettir. Planlama ve lojistik yöneticiliği tarafından hazırlanan aylık üretim performans raporunda bölümlerin duruş oranları ile bölüm içinde aylık çalışma süresi çarpımından elde edilen ve çalışılmamış sürelerini belirten değeri hesaplanmaktadır. Bu değer birim işçilik maliyeti ile çarpımı sonucunda verimsizlik maliyeti hesaplanmış olur. İşe gelmemekten, iş kazalarından ve çevreden kaynaklanan giderler personel ve idari işler yöneticiliğinden tedarik edilmektedir. Ürün stok maliyeti, mali işler ve finans yöneticiliği tarafından depo

giriş yapılmış mamul ürünlerin stoklanması getirdiği maliyet hesaplanarak bulunmaktadır.

- **Arıza Bakım:** Bakım sorumluluğu tarafından aylık olarak arıza onarımları için sarf edilen işçilik ve malzeme giderleridir. Aylık yedek parça stok maliyetleri değerlendirmeye katılmamaktadır.
- **Tedarikçi ve yan sanayi hataları:** Satın alınan malzemelerin belirlenmiş kalite şartlarını sağlamaması nedeniyle ortaya çıkan başarısızlık maliyetleri ile tedarikçilerin hizmetlerinden kaynaklanan zararların maliyetleridir. Birim hamur, işçilik ve hortum maliyetleri kullanılarak toplam maliyet hesaplanmaktadır.

Dış başarısızlık maliyetleri:

- **İlave nakliye masrafları:** Tedarikçi açık olan siparişin sevk termini geldiğinde, sipariş edilen miktarı birden fazla seferde sevk ettiğinde ya da aynı tedarikçiye açılan birden fazla ürün çeşidi için, tedarikçi nakliyeciyeye birden fazla yükleme talimatı verdiğinde oluşan maliyetlerdir.
- **İadeler:** Müşteri tarafından uygunsuz olduğu tespit edilen ürünlerin rötuş için geçici olarak iadesi veya ürünlerin tamamen geri iadesi sonucu ortaya çıkan nakliye, malzeme ve işçilik maliyetleridir. Kalite yöneticiliğine ulaşan müşteri şikâyetleri ve mali işler ve finans yöneticiliğine ulaşan şikâyet faturaları bilgilerinden faydalanılarak hesaplanmaktadır.
- **Şikâyetler:** Müşteri şikâyetlerinin incelenmesi için müşteriye yapılan ziyaretler ile müşterinin firmamıza yaptığı ziyaretlerden oluşan maliyetlerdir. Bu maliyet bilgilerine mali işler ve finans yöneticiliğinden ulaşılır. Ayrıca müşteri şikâyetlerinin firma içinde analizi ve gerekli düzeltici önleyici faaliyetlerin alınması çalışmaları da kalite yöneticiliği tarafından maliyetlendirilmektedir.
- **Ödenen tazminatlar:** Müşteriye ulaşmış uygunsuz ürünlerimizin müşteri tarafından kullanımı sonucunda müşterinin gördüğü zararlar ile geç teslimat nedeniyle ortaya çıkan tazminat taleplerinin maliyetleridir. Mali işler ve finans yöneticiliğinden bu bilgilere ulaşılmaktadır.
- **Ayrıcalıklar:** Uygunsuz ürünlerin müşteri tarafından kullanımının sağlanması amacıyla müşterilere verilen ıskontoların maliyetleridir.
- **Satış kayıpları:** Müşteri şikâyetleri sonucunda pazar payı kaybının firma gelirlerine yaptığı zararın maliyetlendirilmesi sonucu elde edilmektedir. Bu değer yıllık

değerlendirmeler sonucunda mali işler ve finans yöneticiliğinden tarafından hesaplanmaktadır.

Çalışmada firmanın 2007 ve 2008 yıllarına ait kalite maliyet ve istatistiksel süreç kontrol verileri kullanılmıştır.

2007 ve 2008 yıllarındaki önleme, değerlendirme, iç ve dış başarısızlık maliyetlerinin toplam kalite maliyeti içindeki oranları Çizelge 5,1’de verilmiştir. Çizelge 5,1’de görüldüğü gibi 2007 yılında toplam kalite maliyetinin %56’sını başarısızlık maliyetleri ve %16’sını değerlendirme maliyetleri oluşturduğu için firma toplam kalite maliyeti eğrisinin farksızlık bölgesinde yer almaktadır. 2008 yılında ise toplam kalite maliyetinin %35’i başarısızlık maliyetleri ve %14’ü değerlendirme maliyetlerinden oluşmaktadır. 2007 yılına göre başarısızlık maliyetlerinde iyileşme sağlamıştır fakat yine toplam kalite maliyeti eğrisinin farksızlık bölgesinde yer almaktadır

Çizelge 5.1 Önleme, değerlendirme, iç ve dış başarısızlık maliyetlerinin toplam kalite maliyeti içindeki oranları

	2007	2008
Önleme Maliyeti	% 27,34	% 50,51
Değerlendirme Maliyeti	% 16,10	% 14,36
İç Başarısızlık Maliyeti	% 37,83	% 33,32
Dış Başarısızlık Maliyeti	% 18,55	% 1,80
Toplam Başarısızlık Maliyeti	% 56,39	% 35,12

5.2.2 Uygulama yapılan firmada istatistiksel süreç kontrol

Çalışmanın yapıldığı firma otomotiv sektöründe faaliyet gösterdiği için istatistiksel süreç kontrolü otomotiv ana sanayinin ön gördüğü şekilde “Statistical Process Control Reference Manuel” kitabı referans alınarak yapılmaktadır.

Süreç sorumlusu tarafından yapılacak istatistiksel çalışmanın esasları (spesifikasyon limitleri, orta çizgi, ölçüm tarihi, ölçüm aleti, ölçüm aleti hassasiyeti vb.) süreç kontrol kartlarına kayıt edilmektedir. Operatörler tarafından haftalık olarak alınan numunelerde yapılan ölçümler, süreç kontrol kartı üzerine beşerli gruplar şeklinde 25 adet alt gruptan oluşan 125 adet veri kayıt edilmektedir.

Şekil 5.1 2007 Yılında üretilen ürünlerin satış cirosuna olan katkıları.

Pareto analizi sonuçlarına göre 2007 yılında sırası ile 7H0 129 456 AA, 03G 131 051 FM, 7H0 129 456 T, 03G 131 051 EQ, 03G 131 051 GF, 03G 131 051 GF, 03G 131 051 ER ve 03G 131 051 GD ürünleri satış cirosuna en çok katkıda bulunan ürünlerdir. 2008 yılında ise sırası ile 03L 131 051 AD, 7H0 129 456 AA, 03G 131 051 FM, 03G 131 051 EQ, 7H0 129 456 T, 03G 131 051 FQ, 131 051 AN, 131 051 AP ve 03G 131 051 GD ürünleri satış cirosuna en çok katkıda bulunan ürünlerdir.

2007 ve 2008 yıllarındaki satış değerlerine göre seçilen bu ürünler arasından hem 2007 hem de 2008 yılında katkı sağlayan ortak ürünler olan 03G 131 051 FM, 03G 131 051 EQ, 03G 131 051 GD, 7H0 129 456 AA ve 7H0 129 456 T kodlu ürünler ele alınmıştır. Ele alınan

ürünlerin tamamı montajlı set olarak adlandırılan, araçların motor kompartımanında yer alan yakıt ve hava sistemlerinin alt parçaları olan, montaj hatlarında hortumlar ile birlikte komponentler kullanılarak set haline getirilen ürünlerdir. Şekil 5,3’de bu ürünlere ait örnekler verilmiştir.



Şekil 5.3 Montajlı set örnekleri.

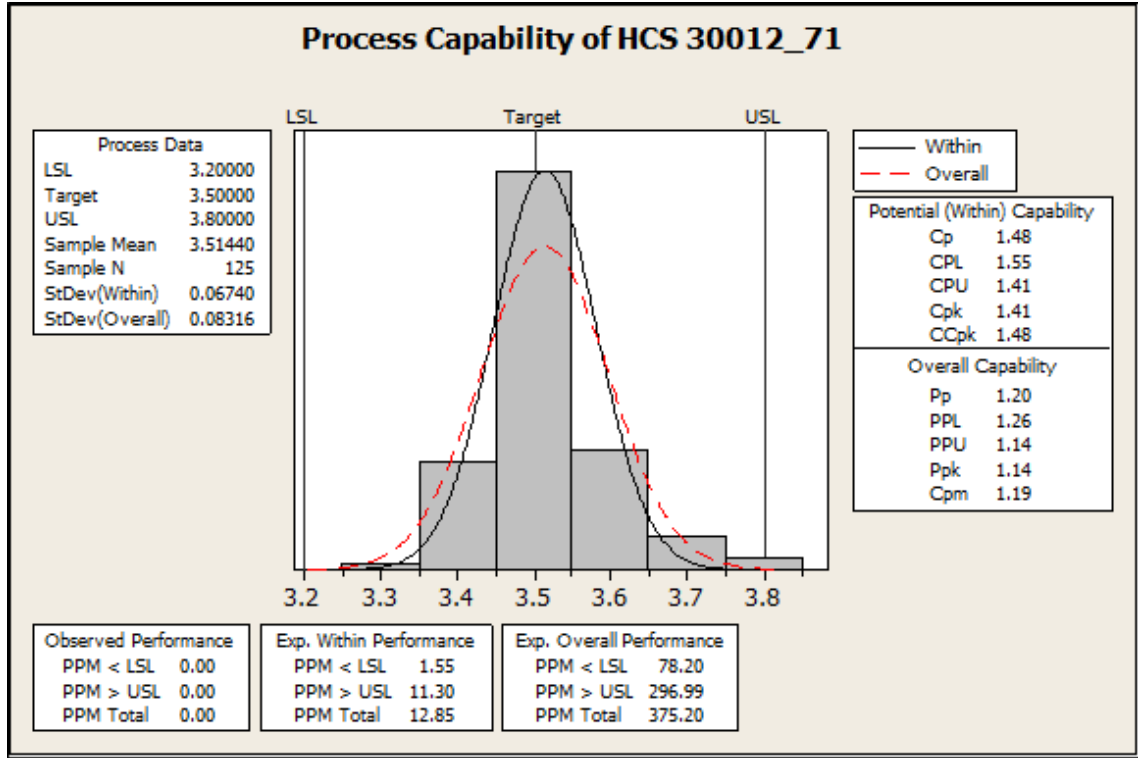
Montajlı setler Şekil 5,3’de de görüldüğü gibi birden fazla kauçuk hortumdan oluşmaktadır. Bu nedenle seçilen montajlı setlerin ürün ağaçları incelenerek her bir ürün grubundan birim üretim maliyeti en yüksek olan hortum tipleri belirlenmiştir. Çizelge 5,2’de belirlenen hortum tiplerinin kodları, birim üretim maliyetleri, kullandıkları ürünler ve iç çap ölçüleri verilmiştir.

Çizelge 5.2 Seçilen hortum tipleri.

Hortum Kodu	Birim Üretim Maliyeti (€)	Kullanıldığı Ürün	İç Çap (mm)
HCS 50045	0,261	03G 131 051 FM	Ø 4 ± 0,3
HCS 50070	0,179	03G 131 051 EQ	Ø 4 ± 0,3
HCS 50038	0,349	03G 131 051 GD	Ø 5 ± 0,3
HCS 30013	0,181	7H0 129 456 AA 7H0 129 456 T	Ø 3,5 ± 0,3
HCS 30017	0,193	7H0 129 456 AA	Ø 3,5 ± 0,3
HCS 30012	0,295	7H0 129 456 T	Ø 3,5 ± 0,3

Firmada hortum üretimi, tedarikçiden gelen kauçuk hamuru ekstruzyon makinesi ile istenilen çap ve boyda çiğ hortum olarak üretilmektedir. Sonraki aşamada otoklav adı verilen süreçte belirli basınç ve sıcaklık altında şekillendirilmektedir. Şekillendirme işlemi tamamlanan hortumların uç kısımlarındaki fazla parçalar, her bir hortuma ait kalıpta kesilerek ölçüsel ve görsel kontrollerinin yapılması için kalite kontrol işlemine tabi tutulmaktadır. Kalite kontrol işlemi sırasında en çok iç çap problemi nedeniyle ürünler redde ayrılmaktadır ve bu ürünler otoklav aşamasında pişirildiği için geri dönüşü yoktur. Kalite kontrol bölümü kontrole gelen ürünler arasından belirlenen sayılarda numune alarak ölçüsel kontrol yapmakta ve 125 adet ölçüm sonucunu süreç kontrol kartlarına kayıt etmektedirler. Süreç kontrol kartlarındaki veriler excel programı yardımıyla analiz edilerek sürecin kontrol altında olup olmadığı tespit edilmektedir. Fakat işlerin yoğun olması nedeniyle alınan numune sayısı kısıtlıdır ve genellikle 125 adet veri bir haftada kayıt edilebilmektedir ayrıca verilerin bilgisayar ortamına geçirilmesi de çok fazla zaman almaktadır. Bu nedenle gerektiği zamanda süreç hakkında veri toplamak mümkün olmamaktadır.

Çalışmada, belirlenen altı çeşit hortumun 2007 ve 2008 yıllarındaki haftalık 125 adet olarak kaydedilen, toplam 96 haftalık iç çap ölçüm sonuçlarının süreç yeterliliği minitab paket programı yardımıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucunda verilerin normal dağılıma uyduğu görülmüştür. Yeterlilik analizi sonucunda alınan numune değerleri üzerinden süreçte iç çap ölçüsü limit dışı olan ürün miktarı PPM (milyonda bir birim) cinsinden belirlenmiştir. Şekil 5,4’de örnek olarak HCS 30012 numaralı hortuma ait 71. haftanın iç çap ölçüm sonuçları ile yapılan süreç yeterlilik analizi verilmiştir.



Şekil 5.4 HCS 30012 numaralı hortuma ait 71. hafta iç çap ölçüm sonuçları süreç yeterlilik analizi.

Şekil 5,d'de verilen performans göstergeleri aşağıda tanımlandığı gibidir;

Observed Performance: Gözlemlenen performanstır yani, analiz için kullanılan 125 veri içinde tolerans dışı olan ölçümlerin örnek içindeki oranını PPM cinsinden veren performans değeridir

Expected Within Performance: Spesifikasyon limitleri dışındaki ölçümlerin, alt grup standart sapmaları ile hesaplanan olasılık değerinin PPM cinsinden veren beklenen performansı ifade etmektedir.

Expected Overall Performance: Histogram baz alınarak, histogramın sınıf aralıklarının orta noktasından çizilmiş olan dağılım eğrisi vasıtası ile elde edilen performans değerlerini yani alınan 125 adet numunenin standart sapması kullanılarak bilgi elde etmek istediğimiz ana kütle içerisindeki kusurlu ürün olasılığını PPM cinsinden veren beklenen performansı ifade etmektedir.

Performans değerlerinin hesaplanması aşağıdaki gibi yapılmaktadır;

Observed Performance

$$PPM<LSL = 1000000 * (\text{Alt spesifikasyon limitinin altındaki değerlerin sayısı}/N) \quad (5.1)$$

$$PPM>USL = 1000000 * (\text{Üst spesifikasyon limitinin üzerindeki değerlerin sayısı}/N) \quad (5.2)$$

Expected Within Performance

$$PPM<LSL = 1000000 * (P((Z < (LSL - \bar{X}) / \sigma (\text{within})))) \quad (5.3)$$

$$PPM>USL = 1000000 * (P((Z > (USL - \bar{X}) / \sigma (\text{within})))) \quad (5.4)$$

Expected Overall Performance

$$PPM<LSL = 1000000 * (P((Z < (LSL - \bar{X}) / \sigma (\text{overall})))) \quad (5.5)$$

$$PPM>USL = 1000000 * (P((Z > (USL - \bar{X}) / \sigma (\text{overall})))) \quad (5.6)$$

Yukarıdaki formüllerde kullanılan σ within değeri 125 adet verinin 5'erli alt gruplara ayrılması sonucu elde edilen alt gruplara ait standart sapmadır ve 2.1. eşitliği ile hesaplanmaktadır. σ overall değeri ise 125 adet veri üzerinden ana kütleyi tahmin etmek amacı ile ortalamadan olan sapmayı gösteren genel standart sapmadır.

Alınan numuneler vasıtası ile ana kütleyi en iyi tahminleyecek performans değeri "Expected Overall Performance" olduğu için çalışmada ürünlerin kusurlu oranları için bu performans değeri kullanılmıştır.

İç çapları hatalı üretilen hortumların hiçbir şekilde müşteriye gönderilmesi veya üretime geri döndürülmesi mümkün değildir Bu nedenle hatalı hortumlar direk redde ayrılarak hurdalanmaktadır ve firmanın üretim maliyetlerini arttırmaktadır. 2007 ve 2008 yılları için ele aldığımız altı ürünün iç çap hataları için Taguchi'nin kayıp fonksiyonu ve geleneksel yaklaşımı karşılaştıracak olursak üreticinin katlanması gereken maliyeti daha açık bir şekilde görmüş oluruz. Çizelge 5,3'de seçilen hortum tipleri için, geleneksel yaklaşıma ve Taguchi kayıp fonksiyonuna göre hesaplanmış toplam maliyet kayıpları verilmiştir.

Çizelge 5.3 Geleneksel yaklaşım ile Taguchi kayıp fonksiyonunun karşılaştırılması.

	Toplam Kayıp (Taguchi Kayıp Fonksiyonu) (€)	Toplam Kayıp (Geleneksel Yaklaşım) (€)	Fark (€)
HCS 30012	487,1673	39,9012	447,2661
HCS 30013	354,9441	34,5529	320,3912
HCS 30017	315,2889	30,7922	284,4967
HCS 50038	925,8740	135,3424	790,5317
HCS 50045	579,7618	55,7715	523,9903
HCS 50070	343,4453	123,8361	219,6092

Çizelge 5,3’de de görüldüğü gibi iki yıllık üretim dönemi boyunca Taguchi’ye göre hesaplanan maliyet kaybı, geleneksel yaklaşıma göre hesaplanan maliyet kaybının yaklaşık 10 katı kadardır. Çizelgedeki kayıplar sadece altı adet hortuma aittir fakat firmanın yüzün üzerinde hortum çeşidi vardır ve bu düşünüldüğünde kusurlu oranları nedeniyle ortaya çıkan kaybın ne kadar fazla olduğu görülmektedir.

Çalışmada öncelikle kusurlu oranları ile kalite maliyetleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için Ek.1, 2, 3, 4, 5 ve 6’da verilen çizelgelerdeki haftalık kalite maliyetleri ve altı çeşit hortuma ait kusurlu oranları kullanılarak korelasyon analizi yapılmıştır. Çizelge 5,4’de seçilen hortum tipleri için önleme, değerlendirme, iç ve dış başarısızlık maliyetleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 5.4 Önleme, değerlendirme, iç ve dış başarısızlık maliyetleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayıları.

	HCS 30012	HCS 30013	HCS 30017	HCS 50038	HCS 50045	HCS 50070
Önleme Maliyeti	-0,0701	0,0413	0,0338	-0,0712	-0,0093	0,0138
Değerlendirme Maliyeti	0,1191	0,1025	0,1028	0,1273	0,1191	0,1111
İç Başarısızlık Maliyeti	0,8804	0,9063	0,9353	0,8833	0,9341	0,9506
Dış Başarısızlık Maliyeti	0,1281	0,0674	0,0751	0,1282	0,0965	0,0820

Çizelge 5,4’de görüldüğü gibi her bir hortum tipi için kusurlu oranları ile iç başarısızlık maliyetleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Diğer maliyet kalemleri ile kusurlu oranları arasındaki korelasyon katsayısının düşük olması nedeniyle diğer maliyet kalemleri dikkate alınmamıştır. Kusurlu oranlarının iç başarısızlık maliyetini oluşturan bileşenlerden hangisi üzerinde daha çok etkisi olduğunu belirlemek için kusurlu oranları ile iç başarısızlık maliyet kalemleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon katsayıları Çizelge 5,5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5 İç başarısızlık maliyet bileşenleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayıları.

	HCS 30012	HCS 30013	HCS 30017	HCS 50038	HCS 50045	HCS 50070
Yeniden İşlem/Tamir Maliyeti	0,0331	0,1696	0,1470	-0,0139	0,0581	0,0927
Fire Maliyeti	0,8894	0,8883	0,9207	0,8957	0,9309	0,9420
Verimsizlik Maliyeti	0,0185	0,1354	0,1178	0,0036	0,0746	0,0973
Arıza Bakım Maliyeti	0,1815	0,2370	0,2488	0,1848	0,2252	0,2391

Çizelge 5,5’de görüldüğü gibi her bir hortum tipi için kusurlu oranları ile fire maliyetleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Diğer maliyet bileşenleri ile kusurlu oranları arasındaki korelasyon katsayısının düşük olması nedeniyle diğer maliyet bileşenleri dikkate alınmamıştır. Firmada fire maliyetleri üretim bölümleri bazında ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Çizelge 5,6’da üretim bölümleri bazında fire maliyetleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 5.6 Bölümler bazında fire maliyetleri ile kusurlu oranları arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayıları.

	HCS 30012	HCS 30013	HCS 30017	HCS 50038	HCS 50045	HCS 50070
Hamurhana Fireleri	0,2135	0,3873	0,3646	0,1607	0,2749	0,3179
Ekstrüder Hamur Fireleri	0,2876	0,2069	0,2192	0,2578	0,2350	0,2207
Ekstrüder Hortum Fireleri	0,6404	0,5724	0,6166	0,7532	0,6980	0,6910
Laboratuvar Fireleri/Son Kontrol Fireleri	-0,0661	-0,0754	-0,0549	-0,0478	-0,0429	-0,0439
Şekilli Hortum Fireleri	0,6573	0,6739	0,6972	0,6630	0,7011	0,7127

Çizelge 5,6’da görüldüğü gibi her bir hortum tipi için kusurlu oranları ile bölümler bazında fire maliyetleri değerlendirildiğinde kusurlu oranlarının en çok ekstrüder ve şekilli bölümündeki hortum fire maliyetleri üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Aynı zamanda şekilli bölümü hortum fire maliyetleri, toplam fire maliyetleri arasında en yüksek paya sahiptir. Ekstruzyon bölümü üretim sürecinin başlangıç noktasıdır ve şekilli bölümündeki fireler de ekstruzyon bölümünde oluşan hatalarından kaynaklanmaktadır. Firelerin oluşmasının en önemli nedeni ekstruzyon bölümündeki makinelerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle iyileştirme çalışmaları üretim sürecinin başlangıç noktası olan ekstruzyon bölümünde yapılacaktır.

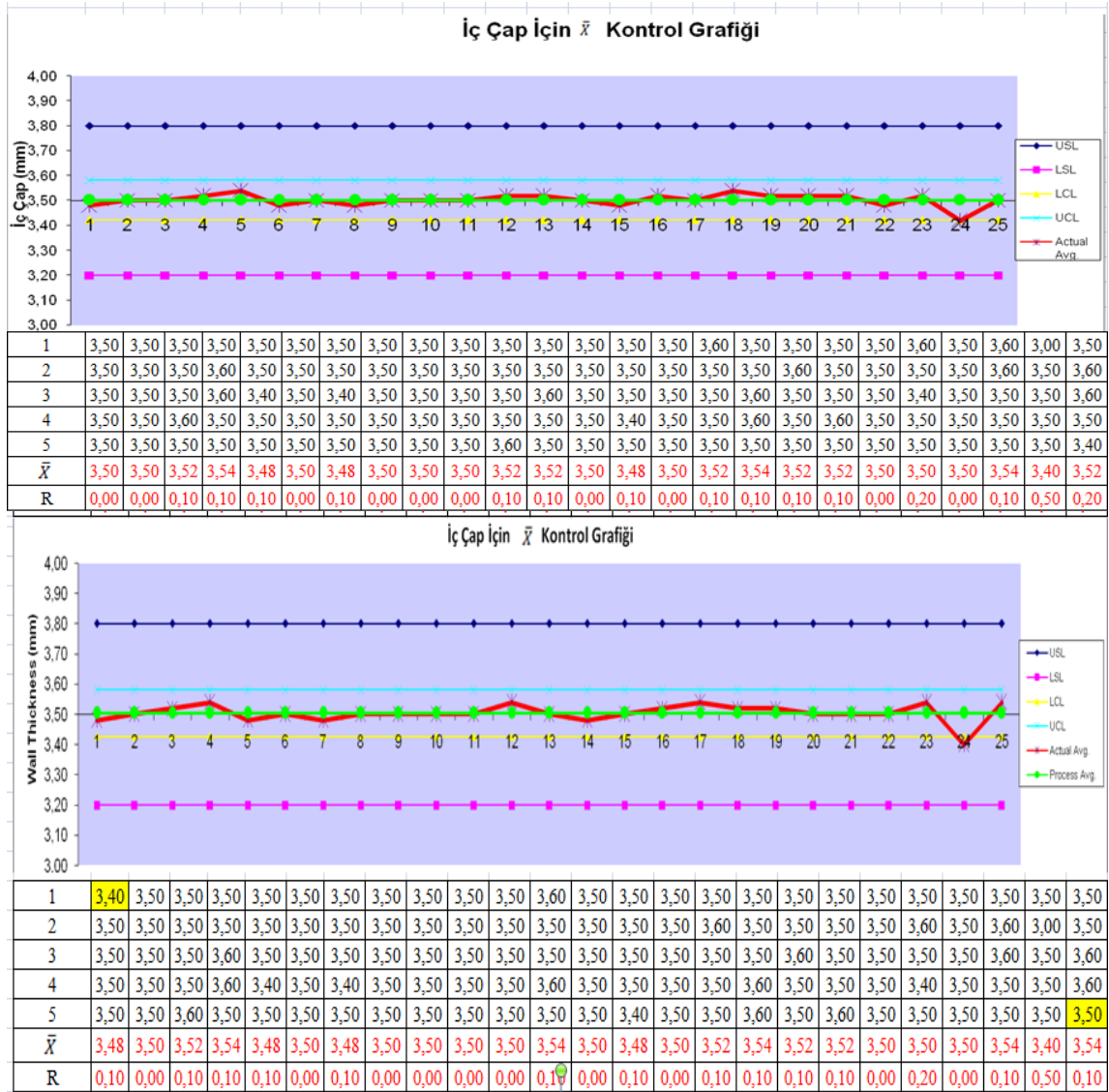
Makinelerde yapılan üretim sonrasında ürünler örnekleme yöntemiyle ölçüsel olarak kontrol edilmektedir. Ürünlerin tamamının kontrol edilmesi zaman açısından mümkün olmadığı için fire hatalı ürünleri tespit etmek de zorlaşmaktadır ve fire maliyetleri artmaktadır. Ayrıca toplanan verilerin bilgisayar ortamına geçirilmesi de uzun sürdüğü ve iş yoğunluğundan çoğunlukla atlandığı için süreç yeterliliği sağlıklı bir şekilde takip edilememektedir.

Ortaya çıkan sonuçlar neticesinde ekstruzyon makinesine istatistiksel süreç kontrolü otomatik bir şekilde yapabilecek bir yazılım yüklenmiştir. Yazılım, istatistiksel süreç kontrol formülleri yardımıyla sürecin yeterliliğini sürekli olarak kontrol edebilmektedir.

Ekstruzyon makinesinin ürün çıkış noktasında bulunan “beta laser” adı verilen ölçüm cihazı yardımıyla hortumların dış çapları belirlenen aralıklarda otomatik ve sürekli olarak ölçülebilmektedir. Hortum ebatlarına göre belirlenen tolerans değerleri programa manuel olarak girilmekte ve ölçüm sonuçları otomatik olarak yüklenen yazılıma aktarılmaktadır.

Program istatistiksel süreç kontrolünü, otomotiv sektörü için referans kitabı olan “Statistical Process Control Reference Manuel” de belirtildiği gibi 5’erli alt gruplar ile toplam 125 veri kullanarak yapmaktadır. Ayrıca makinenin ekranından süreç yeterlilik verileri ve $\bar{X}$ kontrol grafiği sürekli olarak gözlemlenebilmektedir.

Sürekli bir kontrol olduğu için 126. veri elde edildiğinde ilk veri hesaplamasının dışına çıkarılarak süreç yeterlilikleri ve kontrol limitleri tekrar hesaplanmaktadır. Programda kullanılan $\bar{X}$ kontrol grafiği ve alınan ölçümlere ait veri örnekleri Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 5.5 İstatistiksel süreç kontrol programı.

Şekil 5,5'te de görüldüğü gibi alınan veriler için hazırlanmış kontrol grafiği, 5'erli gruplar halinde derlenmiş son 125 veri, alt grup ortalamaları ve alt grup değişim aralıkları ekran üzerinde görülebilmektedir. Program sayesinde operatörler ürünlerin ölçüsel kontrollerini ve süreç yeterlilik sonuçlarını üretim süresi boyunca makinenin ekranından takip edebilmektedir.

Tolerans dışı olan üretimlerde makine sesli ve ışıklı olarak uyarı verebilmektedir. Uyarının verilmesinden itibaren operatörler üretimi durdurmakta ve makine ayarlarını kontrol etmektedir. Hatalı üretilen hortumlar henüz çığ durumda olduğu için üretime geri döndürülebilmektedir. Böylece hem süreç kontrol altında tutulmakta hem de fire miktarları azalmaktadır.

Makinede toplanan veriler eş zamanlı olarak kalite kontrol sorumlusunun bilgisayarına da aktarılmaktadır. Böylece, kalite kontrol sorumlusu da istediği anda bilgisayarındaki program yardımıyla sürecin durumunu takip edebilmektedir.

Yapılan iyileştirme sonucunda, HCS 30012 nolu hortuma ait 2009 yılının ilk altı ayında alınan iç çap ölçüm verileri ve 2008 yılının son altı ayına ait veriler kullanılarak elde edilen kusurlu oranları ve süreç yeterlilik indisleri Çizelge 5,7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 HCS 30012 nolu hortuma ait 2008 yılı son altı ay ve 2009 yılı ilk altı ay verileri.

	2008 Yılı Son Altı Ay		2009 Yılı İlk Altı Ay	
Hafta	Kusurlu Oranı (PPM)	Cpk	Kusurlu Oranı (PPM)	Cpk
1	13141,42	1,06	0	2,1
2	8098,09	0,54	0	2,37
3	4528,92	1,23	0	2,25
4	5461,44	1,44	0	2,11
5	11834,39	1,05	0	2,27
6	10074,54	1,04	0,01	2,14
7	45196,52	0,64	0	2,59
8	58465,56	0,66	0,1	2,07
9	7356,2	1,08	0,01	1,78
10	9739,68	1,4	0,04	1,74
11	16930,88	0,8	0,01	1,89
12	29683,31	0,63	0,02	2,01
13	20219,98	1,02	0	2,05
14	1631,17	1,08	0,08	1,78
15	25044,63	0,69	0	2,2
16	5722	1,38	0,01	2,07
17	2802,48	1,01	9,28	2,06
18	3630,42	1,04	0	2,14
19	2953,64	1,55	0	1,82
20	760,87	1,13	48,97	1,65
21	75,36	1,6	0	2,25
22	0,37	1,86	0	2,13
23	1,1	1,64	0,47	1,66
24	0,03	2,15	18,76	1,51

Çizelge 5,7’de de görüldüğü gibi HCS 30012 nolu hortum için kusurlu oranlarında ve süreç yeterlilik indislerinde 2009 yılının ilk altı ayında 2008 yılının son altı ayına göre iyileşme sağlanmıştır. Makinede yapılan iyileştirme çalışması sonucunda sürecin sürekli olarak kontrol altında tutulması sağlanmıştır.

2008 yılının son altı ayı için HCS 30012 nolu hortumun iç çap hatalarının Taguchi kayıp fonksiyonuna göre hesaplanmış kayıp maliyeti 165,902 € iken iyileştirme sonrası ilk altı ay için bu maliyet 35,559 €’ya düşmüştür. İşletmenin diğer hortum üretimleri düşünüldüğünde iyileştirme sonrası oldukça büyük kazanç sağlanmıştır.

Ayrıca yapılan iyileştirme sonucunda 2009 yılı fire maliyetlerinde 2008 yılına göre ortalama olarak %15,46 oranında iyileşme sağlanmıştır. Çizelge 5,8’de 2008 ve 2009 yıllarına ait aylık fire maliyetleri ve 2009 yılı iyileşme oranları verilmiştir.

Çizelge 5.8 2008 ve 2009 yıllarına ait aylık fire maliyetleri.

Aylar	2008 Fire Maliyetleri (€)	2009 Fire Maliyetleri (€)	İyileşme Oranı (%)
Ocak	11.098,70 €	8.618,01 €	% 22,35
Şubat	11.062,63 €	9.378,18 €	% 15,23
Mart	9.450,58 €	6.050,69 €	% 35,98
Nisan	6.924,74 €	5.630,58 €	% 18,69
Mayıs	6.757,22 €	5.924,72 €	% 12,32
Haziran	8.146,75 €	7.665,28 €	% 5,91
Temmuz	11.636,81 €	10.923,84 €	% 6,13
Ağustos	12.622,91 €	11.432,57 €	% 9,43
Eylül	12.550,45 €	10.718,08 €	% 14,60
Ekim	11.136,36 €	9.635,18 €	% 13,48
Kasım	10.855,47 €	9.133,79 €	% 15,86
Aralık	7.592,25 €	6.407,10 €	% 15,61

Çizelge 5.9 2009 yılı kalite maliyet oranları.

Önleme Maliyeti	% 64,59
Değerlendirme Maliyeti	% 9,34
İç Başarısızlık Maliyeti	% 25,48
Dış Başarısızlık Maliyeti	% 0,59
Başarısızlık maliyeti (Toplam)	% 26,07

Firmanın 2009 yılı kalite maliyet bileşenlerinin toplam kalite maliyetine oranları Çizelge 5,9’da verilmiştir. 2008 yılına göre başarısızlık ve değerlendirme maliyetlerinin toplam kalite maliyeti içindeki oranı düşerken önleme maliyetinin oranı artmıştır. 2009 yılında başarısızlık maliyeti toplam kalite maliyetinin % 40’ından azdır fakat değerlendirme maliyeti toplam kalite maliyetinin % 50’sinden az olduğu için mükemmellik bölgesine ulaşamamıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda, makinenin uyarı vermesi ile hatalı hortum üretimi önlenmiştir. Hortumlardaki hata sürecin başlangıcında fark edildiği için de çığ hortumların üretime geri dönüşü sağlanmaktadır. Firmanın 2009 yılı fire maliyetleri ve süreç yeterlilik verileri 2008 yılı verileri ile karşılaştırılmış ve hem fire maliyetlerinde hem de süreç yeterliliğinde iyileşme sağlandığı görülmüştür.

İşletmede iki adet ekstruzyon makinesi bulunmaktadır fakat 2009 yılında ikinci makine etkin bir şekilde kullanılmadığı için istatistiksel süreç kontrol programı ikinci makineye henüz yüklenmemiştir. Makine kullanım oranının 2010 yılında artan siparişler nedeni ile artacağı düşünüldüğü için program ikinci makineye de yüklenecektir.

Sadece otomotiv sektöründe değil, diğer tüm sektörlerde kullanılan makinelerde yapılacak olan iyileştirmeler veya süreçlerin sürekli olarak izlenmesi ile kalite maliyetlerinde iyileşme sağlanabilir.

Firmalarda yüksek kalite maliyetine neden olan sorunlar belirlenip, nedenleri ortadan kaldırılmalıdır ve kalite maliyetlerinin azaltılması çalışmalarına sistemli olarak devam edilmelidir. Böylece kârlılık düzeyinde iyileşmeler ve müşteri tatmininin artışı sağlanabilecektir.

Kalite maliyetlerinin işletmelerde sağlıklı ve zamanında ölçülebilmesi için uygun kalite maliyet merkezleri belirlenmeli ve bu merkezler yardımıyla kalite maliyet ölçümleri gerçekleştirilmelidir. Böylece ürünlerin gerçek maliyetlerinin belirlenmesi ve fiyatlandırılması da sağlanmış olacaktır.

Kalite maliyetleri için kalite maliyet bütçeleri hazırlanmalı ve belli dönemler itibarıyla değerlendirmeye tabi tutularak, olağandışı sapmaların olup olmadığı, sapma varsa bunun nedenlerin ne olduğu ve bunun nasıl giderileceği konuları üzerine değinilmelidir.

Kalite maliyetlerinin analiz edilmesi ile kaliteye yönelik çalışmaların işletme içinde düzenli bir biçimde dağılması sağlanır ve yöneticiler ile diğer personel arasında iyi ve anlaşılabilir bir ilişki kurulur. Ön görülen proje ve yatırımlara yönelik veriler oluşturulur.

Çalışmada, ISO/TS 16949:2002 versiyonu dikkate alınmıştır bundan sonra yapılacak çalışmalarda ISO/TS 16949:2009 versiyonu kullanılması önerilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Ertem B. Ç., 2002, QS 9000 kalite yönetim sistemi ve Eti Çelik işletmesinde uygulama süreci, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 168 s.
- [2] Şimşek M., 2004, Toplam kalite yönetimi, Alfa Yayınları, 4.Baskı, İstanbul, 584 s.
- [3] Measurement systems analysis reference manual, 2003, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Company, USA, Third Edition, 190 p.
- [4] VDA quality management in the automotive industry QM system audit, 1999, Part 1, Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), 4th Edition, 226 p.
- [5] Özgök H., 2001, Otomotiv sektöründe kalite güvence sistemleri ve sistem denetimi uygulaması, Sakarya Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 166 s.
- [6] Zink K. J. and Voss W., 1998, Quality in Germany- An overview, TQM Magazine, Volume 10, No 6, 458-463.
- [7] Kanar C., 2005, Sanayi kuruluşlarında ISO 9000:2000 revizyon süreci ve sonuçlarının incelenmesi (Manisa örneği), Celal Bayar Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Manisa, 174 s.
- [8] Bramorski T., Madan M. S. and Motwani J., 2000, QS 9000 registration for lean manufacturing, The TQM Magazine, Volume 12, No 4, 275-283.
- [9] Durak A., 2002, ISO 9000 ve QS 9000 kalite sistem gereksinimlerinin incelenmesi ve sanayi uygulamaları, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü S.B.E İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 124 s.
- [10] Akdağ A., 2001, QS 9000 kalite sistem şartlarının verimlilik üzerindeki etkisinin araştırılması” Gazi Üniversitesi F.B.E. Endüstri Mühendisliği A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 110 s.
- [11] Maguad B. A., 2006, The modern quality movement: origins, development and trends, Total Quality Management, Taylor and Francis Group, Volume 17, No 2, 179-203.
- [12] Cusumano J. L. G., Selen W. J., 1997, A comparison of international quality standards: divergence and agreement, Business Process Management Journal, Volume 3, No 3, 205-217.
- [13] Toker M. A., 2007, Otomotiv tedarik zincirine yönelik ISO/TS 16949:2002 kalite yönetim sistemi ve Hayes Lemmerz İnci Alüminyum Jant Fabrikası’nda uygulanması, Marmara Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D. Uluslar arası Kalite Yönetimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 374 s.
- [14] Yılmaz A., 2003, Otomotiv endüstrisinde satın alma stratejileri ve kavramları, İstanbul Ticaret Odası Yayını, No:2003-33, İstanbul, 127 s.
- [15] Bobrek M. and Sokovic M., 2005, Implementantion of APQP-concept in design of QMS, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 162/163, 718-724.
- [16] Kartha C. P., 2004, A comparison of ISO 9000:2000 quality system standards, QS 9000, ISO/TS 16949 and baldrige criteria, The TQM Magazine, Volume 16, No 5, 331-340.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [17] Technical specification ISO/TS 16949:2002 quality management systems, 2002, Second Edition, 34 p.
- [18] ISO/TS 16949:2002, 2003, Implementation Guide, Automotive Industry Action Group Publication, 205 p.
- [19] Çavuşoğlu İ., 2006, Modern kalite yönetim sistemlerinin endüstriyel uygulamalarında proses performanslarının değerlendirilmesi ve sürekli iyileştirilmesi, Yıldız teknik Üniversitesi F.B.E. Makine Mühendisliği A.B.D., Doktora Tezi, İstanbul, 182 s.
- [20] Hacıoğlu F., 2005, Kamu kurumlarında ISO 9000 uygulamaları BAĞ-KUR örneği, Gazi Üniversitesi S.B.E. Kamu Yönetimi A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 274 s.
- [21] Takındı N., 2001, QS 9000 kalite standardında otomotiv sektörü için taşeron seçme, değerlendirme ve geliştirme, Kocaeli Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 162 s.
- [22] Çağlar H., 2003, ISO/TS 16949:2002 kalite yönetim sistemi, Metal Dünyası Dergisi, Yıl 11, Sayı 119.
- [23] Blanck M. and Larsson R., 2005, Quality assurance of prototype parts, Lund Institue of Technology, 61 p.
- [24] Advanced product quality planning and control plan reference manuel, 1995, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Company, USA, Second Printing, 112 p.
- [25] Thisse L. C., 1998, Advanced quality planning: a guide for any organization, Quality Progress, Vol. 31, No 2, 73-77.
- [26] Özveri O., 1993, İstatistik tekniklerinin kalite güvence sistem modellerine uyarlanması üzerine bir çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi S.B.E. Ekonometri A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 138 s.
- [27] Yılmaz B. S., 2000, Hata türü ve etki analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi S.B.E. Dergisi, C.2 Sayı 4, 133-150.
- [28] Gürkaynak Y., 1999, Hizmet kalitesi, hata modu ve etkileri analizi açısından hizmet işletmelerinin incelenmesi üzerine bir çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi S.B.E. Ekonometri A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 174 s.
- [29] Baykasoglu A., Dereli T., Yılankırkan N. ve Yılankırkan A., 2003, Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Gaziantep'te Orta Ölçekli Bir Firmada Uygulanması, II. Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi Bildiriler Kitabı, MMO Yayınları, 157-162.
- [30] Statistical process control reference manuel, 2005, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Company, USA, Second Edition, 221 p.
- [31] Bircan H. ve Gedik H., 2003, Tekstil sektöründe istatistiksel proses kontrol tekniklerinin uygulaması üzerine bir deneme, Cumhuriyet Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, C. 4, Sayı 2, 69-78.
- [32] Kovancı A., 2004, Toplam kalite yönetimi fakat nasıl?, Sistem Yayıncılık, 3. Basım, İstanbul, 502 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [33] Koçer B. ve Birgören B., 2004, İstatistiksel proses kontrol çizelgelerinde hata teşhisine yönelik yaklaşımlar, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, C.17, Sayı 4,59-69.
- [34] Halisdemir N. ve GÜRCAN M., 2005, Gıda sektöründeki iki firmanın üretim süreçlerinin katkı maddeleri bakımından karşılaştırılmaları, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, C. 17, Sayı 1, 72-77.
- [35] Gülcan M., 2003, Kalite yönetim sistemleri ve QS 9000 üzerine bir uygulama, Marmara Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 128 s.
- [36] Yıldırım S., 2006, Toplam kalite yönetiminde istatistiksel süreç kontrolün önemi ve bir Demirdöküm işletmesinde yapılan uygulama, Osmangazi Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 88 s.
- [37] Akçesme H., 1999, Kalite güvence sistem standartlarında muayene, ölçme ve deney teçhizatının kontrolü, 3. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi Bildiriler Kitabı, 106-112.
- [38] Yeşilyurt A., 2000, Otomotiv Sanayinde Kalite Yönetim Sistemlerinin Entegrasyonu, 9. Ulusal Kalite Kongresi Bildiriler Kitabı.
- [39] Kumlutaş D., Toygar M. E. ve Ayvaz S., 2004, Nem ölçme cihazlarının kalibrasyonu için yeni bir düzeneğin tasarlanması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, C.6, Sayı 2, 17-24.
- [40] Durman B. M. ve Pakdil F., 2005, İstatistiki proses kontrol uygulamaları için bir sistem tasarımı, VII Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, İstanbul.
- [41] Majeske K. D., Gearhart C., 2006, Approving measurement systems when using derived values, Journal of Quality Engineering, No 18, 523-532.
- [42] Hammett P. and Guzman L., 2006, White light measurement: a catalyst for change in automotive body dimensional validation. Measurement strategies for stamping and body assembly from tryout through PPAP, University Of Michigan Transportation Research Institute, Publication No: XX, USA, 52 p.
- [43] Ellims M., Evans R., Hobley K. and Kendall J., 2000, When is software ready for production? Parallels with automotive QS 9000 methods, Proceedings of The 8th Safety-Critical Systems Symposium.
- [44] Alkan, H., 2002, Kalitesizliğin önemli bir boyutu: maliyet artışı, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Sayı 2, 97-118.
- [45] Bozkurt R., 2003, Kalite maliyetleri, MPM Yayınları No 641, 3. Basım, Ankara, 82 s.
- [46] Karcıoğlu R, 2000, Stratejik maliyet yönetimi, maliyet ve yönetim muhasebesinde yeni yaklaşımlar, Aktif Yayın Evi, Erzurum, 219 s.
- [47] Akgün M., 2005, Kalite maliyetlerinin faaliyet tabanlı maliyetleme sistemine entegrasyonu, Muhasebe ve Denetime Bakış Dergisi, Yıl 5, Sayı 15, 31-48.
- [48] Oakland J.S. , 1993, Total quality management: the route to improving performance, 2nd Edition, Butterworth –Heinenmann, Oxford.
- [49] Burnak N., 1997, Toplam kalite yönetimi istatistiksel süreç kontrolü, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir, 222 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [50] Akkoyun Ö., 2006, Mermer işleme tesislerinde kalite maliyetlerine bağlı üretim optimizasyonu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi F.B.E. Maden Mühendisliği A.B.D., Maden İşletme Bilim Dalı, Doktora Tezi, Eskişehir, 160 s.
- [51] Bayram D., 2000, İşletmelerde performans boyutu olarak kalite verimlilik maksimizasyonu ve bir uygulama örneği, Uludağ Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Doktora Tezi, Bursa, 268 s.
- [52] Phadke, S. M., 1989, Introduction to quality engineering, Asian Productivity Organization (Distributed By ASI, Dearborn).
- [53] Bryne, D. M. and Taguchi, S., 1986, The Taguchi approach to parameter design, ASQC Quality Congress Transactions, Anaheim, 168-177.
- [54] Feigenbaum, A.V., 1991, Total Quality Control, McGraw-Hill Inc, Newyork, 863 p.
- [55] Şirvancı M., 1997, Kalite için deney tasarımı, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 112 s.
- [56] Unal, R. and Dean, E. B., 1991a, Design for cost and quality: the robust design approach, Journal of Parametrics, Vol. 11, No 1, 14.
- [57] Ross, P. J. 1988, Taguchi techniques for quality engineering, Mc Graw Hill, Newyork, 329 p.
- [58] Çakır, S., 2007, Çoklu kalite karakteristikleri için karesel kayıp fonksiyonları ve sinyal gürültü oranlarının kullanımı üzerine bir uygulama, Dokuz Eylül Üniversitesi S.B.E. Ekonometre A.B.D, Doktora Tezi, İzmir, 127 s.
- [59] Taguchi, G., 1991, Taguchi's method: S/N ratio for quality evaluation, Quality Engineering Series, Vol. 3, ASI Press, Dearbon, Michigan.
- [60] Hwang, G. H. and Aspinwall E. M., 1996, Quality costs models and their application: a review, The TQM Magazine, Vol. 7, No 3, 267-281.
- [61] Kim, M. W. and Liao, W. M., 1994, Estimating hidden quality costs with quality loss functions, Accounting Horizons, Vol.8, No:1, 8-18.
- [62] Chan, W. M. and Ibrahim R. N., 2004, Evaluting the quality level of a product with multiple quality characteristics, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 24, No 9/10, 738-742.
- [63] Bodur A., 2008, Süreç odaklı kalite maliyetlerinin kalite yönetim sisteminde algısal analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi S.B.E. Toplam Kalite Yönetimi A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 283 s.
- [64] Mete M., 2000, Kalite maliyetlerinin optimizasyonu ve bir işletme uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 153 s.
- [65] Azarmı B., 2004, Kontrol grafiklerinin ekonomik tasarımı ve Taguchi'nin kayıp fonksiyonu, Gazi Üniversitesi F.B.E. Endüstri Mühendisliği A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 75 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [66] Bayram D., 2000, İşletmelerde performans boyutu olarak kalite verimlilik maksimizasyonu ve bir uygulama örneği, Uludağ Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Doktora Tezi, Bursa, 268 s.
- [67] Bulut E.G., 2007, Bir otomotiv tedarikçisinde ISO/TS 16949 otomotiv kalite yönetim sistemi spesifikasyonu kapsamında yapılan istatistiksel proses kontrol ve bulanık mantık çalışmaları, Kocaeli Üniversitesi F.B.E. Endüstri Mühendisliği A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 129 s.
- [68] Çolak T., 2007, İstatistiksel süreç kontrolü ve uygulamalar, Çukurova Üniversitesi F.B.E. İstatistik A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Adana, 107 s.
- [69] Kayaalp İ. D., 2007, Konfeksiyon işletmelerinde kalitenin iyileştirilmesi amacıyla istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinin kullanılması üzerine bir araştırma, Ege Üniversitesi F.B.E. Tekstil Mühendisliği A.B.D., Doktora Tezi, İzmir, 212 s.
- [70] Antony, J., 2000, Ten key ingredients for making SPC succesful in organizations, Measuring Business Excellence, Vol. 4, No 4, 7-10.
- [71] Antony, J., Balbontin, A. and Taner, T., 2000, Key ingredients for the effective implementation of statistical process control, Work Study, Vol. 49, No 6, 242-247.
- [72] Antony, J. and Taner, T., 2003, A conceptual framework for the effective implementation of statistical process control, Business Process Management Journal, Vol. 9, No 4, 473-489.
- [73] Goh T.N., 2000, Operating frameworks for statistical quality engineering, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 17, No 2, 180-188.
- [74] Makrymichalos, M., Antony, J., Antony, F. and Kumar, M., 2005, Statistical thinking and its role for industrial engineers and managers in the 21st. Century, Managerial Auditing Journal, Vol. 20, No 4, 354-363.
- [75] Mason, B. And Antony, J., 2000, Statistical process control: An essential ingredient for improving service and manufacturing quality, Managing Service Quality, Vol. 10, No 4, 233-238.
- [76] Mast, J., 2004, A methodological comparison of three strategies for quality improvement, International Journal of Quality & Reliability Management, Volume 21, No 2, 198-213.
- [77] Maccarthy, B. and Wasusri, T., 2002, A review of non-standart applications of statistical process control charts, International Journal Quality & Reliability Management, Vol. 19, No 3, 295-320.
- [78] Özyılmaz, D., 2003, Süreç iyileştirme teknikleri ve bir tekstil işletmesinde uygulama, Marmara Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 123 s.
- [79] Tezel M. F., 2006, İPK (SPC) ve akışkan otomasyonu sanayi malzemeler imalatında proses yeteneği uygulamaları, Yıldız Teknik Üniversitesi F.B.E. Makine Mühendisliği A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 108 s.

EKLER

Ek.1. HCS 30012-30013-30017 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve kalite maliyetleri.

Hafta	Toplam Kalite Maliyeti	Önleme	Değerlendirme	İç Başarısızlık	Dış Başarısızlık	HCS 30012 Kusurlu Oranı	HCS 30013 Kusurlu Oranı	HCS 30017 Kusurlu Oranı
1	9.494,97	1.861,78	588,94	1.537,70	5.506,55	0	0,00	0,00
2	10.515,55	2.061,90	652,24	1.702,98	6.098,43	0	0,01	0,00
3	10.517,62	2.062,31	652,37	1.703,32	6.099,62	0	0,02	0,00
4	13.014,18	2.551,84	807,22	2.107,64	7.547,49	0,67	3,32	0,06
5	9.864,99	2.932,11	1.165,72	2.984,54	2.782,62	2020,98	1864,26	4671,33
6	7.753,81	2.304,62	916,24	2.345,83	2.187,12	19,52	18,83	3,32
7	7.993,86	2.375,97	944,61	2.418,45	2.254,83	52,77	27,12	50,42
8	9.229,57	2.743,25	1.090,63	2.792,30	2.603,39	960,38	651,07	2436,74
9	7.312,10	1.598,04	707,90	2.789,18	2.058,37	908,5	584,49	2052,81
10	7.988,87	1.745,95	773,42	3.047,33	2.248,88	2247,97	3239,14	5336,05
11	7.537,81	1.647,37	729,75	2.875,27	2.121,91	1486,73	1043,18	3678,41
12	9.099,72	1.988,72	880,96	3.471,06	2.561,59	7254,51	13302,14	15576,20
13	13.962,16	2.170,07	1.659,80	7.915,81	2.216,48	115255,95	133552,18	120794,93
14	11.664,81	1.813,00	1.386,70	6.613,33	1.851,78	98677,58	112959,22	81393,80
15	8.562,67	1.330,85	1.017,92	4.854,58	1.359,31	76617,05	86772,66	63998,85
16	12.078,48	1.877,30	1.435,87	6.847,86	1.917,45	115255,95	121394,15	106761,27
17	7.575,50	1.877,27	937,04	3.373,96	1.387,23	4194,94	6373,66	8714,97
18	10.396,23	2.576,27	1.285,94	4.630,25	1.903,77	61409,14	74689,59	61192,51
19	11.076,31	2.744,80	1.370,06	4.933,14	2.028,30	97722,06	93088,48	74689,59
20	11.029,29	2.733,15	1.364,25	4.912,20	2.019,69	88291,81	90616,94	65231,55
21	7.664,78	1.761,69	1.201,13	4.126,76	575,20	58025,95	74579,69	49225,79
22	7.060,77	1.622,86	1.106,47	3.801,56	529,87	19343,76	48360,81	40441,52
23	6.176,43	1.419,60	967,89	3.325,43	463,51	3691,05	5577,21	8160,92
24	6.923,71	1.591,36	1.085,00	3.727,77	519,59	11736,41	36813,95	25251,93
25	6.283,66	1.959,43	894,88	1.858,33	1.571,03	0	0,06	0,01
26	8.791,15	2.741,33	1.251,98	2.599,89	2.197,94	329,23	158,36	297,95
27	9.411,83	2.934,88	1.340,37	2.783,45	2.353,13	841,19	428,43	1521,98
28	7.388,63	2.303,99	1.052,24	2.185,11	1.847,29	1,62	6,94	0,09
29	6.335,55	1.871,91	1.418,22	2.319,21	726,20	3,91	12,50	2,15
30	5.757,21	1.701,04	1.288,76	2.107,50	659,91	0,5	2,77	0,06
31	6.503,83	1.921,64	1.455,89	2.380,81	745,49	22,95	22,53	6,94
32	6.204,47	1.833,19	1.388,88	2.271,23	711,18	3,77	11,27	1,01

Ek.1. (devam)

33	6.032,33	1.767,59	1.122,11	2.524,88	754,40	129,5	46,40	121,05
34	3.881,65	1.137,40	722,05	1.624,70	485,44	0	0,01	0,00
35	6.653,10	1.949,49	1.237,59	2.784,71	832,04	894,07	491,25	1868,17
36	6.648,03	1.948,00	1.236,65	2.782,59	831,40	786,41	427,80	1456,26
37	9.405,03	3.304,84	1.892,73	3.098,95	1.002,56	2350,69	3735,23	5850,71
38	8.593,62	3.019,71	1.729,43	2.831,59	916,06	1389,45	983,46	3342,77
39	7.854,48	2.759,99	1.580,69	2.588,04	837,27	275,16	114,72	251,23
40	5.276,46	1.854,10	1.061,87	1.738,59	562,46	0	0,05	0,00
41	6.854,57	1.919,64	2.231,43	2.510,06	193,43	124,72	40,05	120,83
42	6.596,96	1.847,50	2.147,57	2.415,73	186,16	48,58	26,85	17,69
43	8.104,30	2.269,63	2.638,27	2.967,69	228,70	1644,81	1740,61	4249,08
44	7.639,98	2.139,60	2.487,12	2.797,66	215,60	1246,71	791,27	2788,87
45	6.126,34	2.447,75	1.106,17	2.302,54	269,88	0	0,06	0,00
46	6.738,88	2.692,48	1.216,77	2.532,76	296,87	0,46	2,15	0,05
47	6.389,70	2.552,97	1.153,73	2.401,52	281,48	0,01	0,09	0,01
48	6.323,91	2.526,69	1.141,85	2.376,79	278,59	0,01	0,06	0,01
49	8.499,15	3.573,06	1.287,36	3.395,81	242,93	4524,76	6433,82	9292,92
50	8.149,78	3.426,19	1.234,44	3.256,21	232,94	3091,29	4699,60	6484,70
51	6.749,18	2.837,37	1.022,29	2.696,61	192,91	391,36	246,77	529,86
52	6.736,11	2.831,88	1.020,31	2.691,39	192,53	386,61	191,94	435,73
53	7.815,55	3.222,87	1.245,77	3.346,91	0,00	3774,58	6277,04	8686,22
54	7.076,70	2.918,19	1.128,00	3.030,50	0,00	2047,76	3037,04	4949,37
55	6.457,07	2.662,68	1.029,23	2.765,15	0,00	672,65	356,58	1112,97
56	6.361,98	2.623,47	1.014,08	2.724,44	0,00	435,7	272,56	559,69
57	8.655,88	4.229,09	1.424,35	2.591,39	411,04	320,36	118,29	252,35
58	8.612,54	4.207,91	1.417,22	2.578,42	408,99	234,05	110,95	250,01
59	9.355,91	4.571,11	1.539,54	2.800,97	444,29	1335,75	850,24	3126,07
60	8.590,08	4.196,94	1.413,52	2.571,69	407,92	140,62	106,29	184,27
61	7.098,60	3.212,07	1.728,16	2.026,64	131,72	0,37	0,99	0,05
62	6.744,10	3.051,67	1.641,86	1.925,43	125,15	0,01	0,09	0,01
63	7.695,98	3.482,39	1.873,59	2.197,19	142,81	2,49	10,62	0,67
64	6.189,68	2.800,79	1.506,88	1.767,15	114,86	0	0,05	0,00
65	8.149,37	3.938,23	1.677,85	2.507,26	26,02	91,55	37,95	117,68
66	6.499,72	3.141,03	1.338,21	1.999,72	20,76	0,08	0,63	0,02
67	7.619,25	3.682,05	1.568,71	2.344,16	24,33	4,54	14,21	2,21
68	6.967,21	3.366,95	1.434,46	2.143,55	22,25	1,16	6,15	0,08
69	7.613,85	3.734,82	1.322,71	2.345,10	211,22	10,95	17,34	2,37

Ek.1. (devam)

70	11.160,60	5.474,61	1.938,87	3.437,52	309,61	5145,4	9028,94	10021,21
71	8.475,79	4.157,63	1.472,45	2.610,58	235,13	375,2	174,51	407,93
72	8.940,36	4.385,51	1.553,16	2.753,67	248,01	459,1	280,42	942,32
73	10.284,04	5.039,21	1.443,74	3.765,98	35,11	13141,42	41984,36	31109,52
74	10.019,18	4.909,43	1.406,55	3.668,98	34,20	8098,09	19101,01	19152,85
75	9.381,93	4.597,18	1.317,09	3.435,63	32,03	4528,92	6950,69	9432,22
76	9.471,38	4.641,01	1.329,65	3.468,38	32,33	5461,44	10223,45	12496,87
77	10.722,80	5.434,13	1.441,72	3.731,52	115,43	11834,39	37782,05	30430,52
78	10.704,63	5.424,92	1.439,28	3.725,20	115,24	10074,54	33104,51	23876,96
79	11.714,38	5.936,64	1.575,04	4.076,59	126,11	45196,52	73156,04	44977,05
80	12.856,26	6.515,33	1.728,57	4.473,96	138,40	58465,56	74689,59	54208,05
81	9.524,91	4.863,04	1.127,06	3.501,42	33,38	7356,2	16569,14	17058,57
82	10.094,03	5.153,61	1.194,40	3.710,64	35,38	9739,68	22105,56	23136,12
83	10.326,58	5.272,35	1.221,92	3.796,13	36,19	16930,88	42809,68	35528,12
84	10.815,43	5.521,93	1.279,76	3.975,83	37,90	29683,31	62702,25	43509,27
85	11.305,86	5.884,39	806,27	3.829,42	785,77	20219,98	49677,32	41416,13
86	8.682,13	4.518,81	619,16	2.940,74	603,42	1631,17	1343,48	3707,14
87	11.571,48	6.022,64	825,22	3.919,39	804,23	25044,63	61346,50	43202,10
88	10.241,56	5.330,45	730,37	3.468,93	711,80	5722	12226,87	12663,62
89	10.495,41	6.642,74	719,13	3.100,30	33,24	2802,48	4586,08	6302,66
90	11.068,56	7.005,49	758,40	3.269,61	35,06	3630,42	4903,36	7487,01
91	10.544,02	6.673,50	722,46	3.114,66	33,40	2953,64	4686,03	6387,26
92	9.367,94	5.929,14	641,88	2.767,25	29,67	760,87	386,61	1264,58
93	9.650,86	6.304,99	890,06	2.451,99	3,81	75,36	30,72	95,34
94	7.929,62	5.180,49	731,32	2.014,68	3,13	0,37	0,67	0,04
95	8.403,68	5.490,20	775,04	2.135,12	3,32	1,1	5,50	0,06
96	7.861,28	5.135,84	725,02	1.997,31	3,11	0,03	0,18	0,01

Ek.2. HCS 50038-50045-50070 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve kalite maliyetleri.

Hafta	Toplam Kalite Maliyeti	Önleme	Değerlendirme	İç Başarısızlık	Dış Başarısızlık	HCS 50038 Kusurlu Oranı	HCS 50045 Kusurlu Oranı	HCS 50070 Kusurlu Oranı
1	9.494,97	1.861,78	588,94	1.537,70	5.506,55	0,00	0,00	0,00
2	10.515,55	2.061,90	652,24	1.702,98	6.098,43	0,00	0,01	0,03
3	10.517,62	2.062,31	652,37	1.703,32	6.099,62	0,03	0,36	0,37
4	13.014,18	2.551,84	807,22	2.107,64	7.547,49	4,68	102,77	78,20
5	9.864,99	2.932,11	1.165,72	2.984,54	2.782,62	10981,67	7797,23	6334,12
6	7.753,81	2.304,62	916,24	2.345,83	2.187,12	470,37	392,12	373,28
7	7.993,86	2.375,97	944,61	2.418,45	2.254,83	709,65	689,42	574,79
8	9.229,57	2.743,25	1.090,63	2.792,30	2.603,39	6585,84	5373,84	3572,27
9	7.312,10	1.598,04	707,90	2.789,18	2.058,37	6158,81	5118,49	3451,29
10	7.988,87	1.745,95	773,42	3.047,33	2.248,88	12927,61	8756,80	6585,84
11	7.537,81	1.647,37	729,75	2.875,27	2.121,91	8898,67	6920,62	4946,62
12	9.099,72	1.988,72	880,96	3.471,06	2.561,59	26192,75	21093,38	16415,08
13	13.962,16	2.170,07	1.659,80	7.915,81	2.216,48	596479,11	229732,04	130232,43
14	11.664,81	1.813,00	1.386,70	6.613,33	1.851,78	282946,84	107966,71	92069,76
15	8.562,67	1.330,85	1.017,92	4.854,58	1.359,31	115370,01	79109,50	53452,63
16	12.078,48	1.877,30	1.435,87	6.847,86	1.917,45	346517,13	142687,27	114444,32
17	7.575,50	1.877,27	937,04	3.373,96	1.387,23	16791,18	13463,28	9822,08
18	10.396,23	2.576,27	1.285,94	4.630,25	1.903,77	113646,98	69607,01	49003,92
19	11.076,31	2.744,80	1.370,06	4.933,14	2.028,30	212227,64	92851,60	62743,15
20	11.029,29	2.733,15	1.364,25	4.912,20	2.019,69	153647,95	81394,08	54205,02
21	7.664,78	1.761,69	1.201,13	4.126,76	575,20	79040,47	57030,84	43261,71
22	7.060,77	1.622,86	1.106,47	3.801,56	529,87	68924,89	42396,98	32075,87
23	6.176,43	1.419,60	967,89	3.325,43	463,51	16110,48	13365,33	9332,21
24	6.923,71	1.591,36	1.085,00	3.727,77	519,59	49794,25	30357,54	23891,11
25	6.283,66	1.959,43	894,88	1.858,33	1.571,03	0,13	2,41	2,33
26	8.791,15	2.741,33	1.251,98	2.599,89	2.197,94	1717,17	1728,48	1335,64
27	9.411,83	2.934,88	1.340,37	2.783,45	2.353,13	5057,75	4094,89	2822,16
28	7.388,63	2.303,99	1.052,24	2.185,11	1.847,29	24,82	140,62	97,91
29	6.335,55	1.871,91	1.418,22	2.319,21	726,20	73,95	272,50	169,96
30	5.757,21	1.701,04	1.288,76	2.107,50	659,91	3,03	88,34	77,94
31	6.503,83	1.921,64	1.455,89	2.380,81	745,49	487,68	405,57	452,66
32	6.204,47	1.833,19	1.388,88	2.271,23	711,18	32,86	172,61	151,73
33	6.032,33	1.767,59	1.122,11	2.524,88	754,40	994,93	1038,02	855,02
34	3.881,65	1.137,40	722,05	1.624,70	485,44	0,00	0,00	0,01

Ek.2. (devam)

35	6.653,10	1.949,49	1.237,59	2.784,71	832,04	5870,52	5060,37	3314,70
36	6.648,03	1.948,00	1.236,65	2.782,59	831,40	3411,88	3580,91	2583,55
37	9.405,03	3.304,84	1.892,73	3.098,95	1.002,56	13172,19	8808,56	7580,90
38	8.593,62	3.019,71	1.729,43	2.831,59	916,06	7228,82	6873,35	3919,14
39	7.854,48	2.759,99	1.580,69	2.588,04	837,27	1555,80	1335,12	1178,89
40	5.276,46	1.854,10	1.061,87	1.738,59	562,46	0,03	0,45	0,77
41	6.854,57	1.919,64	2.231,43	2.510,06	193,43	960,38	970,18	706,94
42	6.596,96	1.847,50	2.147,57	2.415,73	186,16	555,66	436,52	565,83
43	8.104,30	2.269,63	2.638,27	2.967,69	228,70	10772,67	7754,02	6201,05
44	7.639,98	2.139,60	2.487,12	2.797,66	215,60	6739,20	5810,03	3579,17
45	6.126,34	2.447,75	1.106,17	2.302,54	269,88	0,12	1,75	1,66
46	6.738,88	2.692,48	1.216,77	2.532,76	296,87	0,67	61,98	71,36
47	6.389,70	2.552,97	1.153,73	2.401,52	281,48	0,28	4,78	29,71
48	6.323,91	2.526,69	1.141,85	2.376,79	278,59	0,13	2,99	2,54
49	8.499,15	3.573,06	1.287,36	3.395,81	242,93	18049,30	14402,47	13027,69
50	8.149,78	3.426,19	1.234,44	3.256,21	232,94	15387,37	12195,92	8980,53
51	6.749,18	2.837,37	1.022,29	2.696,61	192,91	2346,31	2271,59	1603,39
52	6.736,11	2.831,88	1.020,31	2.691,39	192,53	2321,15	2204,92	1478,95
53	7.815,55	3.222,87	1.245,77	3.346,91	0,00	16554,32	13461,52	9339,29
54	7.076,70	2.918,19	1.128,00	3.030,50	0,00	12793,61	8568,53	6512,44
55	6.457,07	2.662,68	1.029,23	2.765,15	0,00	2749,13	3436,15	2287,99
56	6.361,98	2.623,47	1.014,08	2.724,44	0,00	2532,28	2428,24	1710,09
57	8.655,88	4.229,09	1.424,35	2.591,39	411,04	1712,44	1419,36	1283,47
58	8.612,54	4.207,91	1.417,22	2.578,42	408,99	1233,08	1331,13	1070,28
59	9.355,91	4.571,11	1.539,54	2.800,97	444,29	6844,73	5963,10	3716,22
60	8.590,08	4.196,94	1.413,52	2.571,69	407,92	1018,45	1184,99	888,09
61	7.098,60	3.212,07	1.728,16	2.026,64	131,72	0,37	41,61	67,42
62	6.744,10	3.051,67	1.641,86	1.925,43	125,15	0,26	4,51	11,99
63	7.695,98	3.482,39	1.873,59	2.197,19	142,81	30,38	168,86	128,51
64	6.189,68	2.800,79	1.506,88	1.767,15	114,86	0,03	0,81	1,00
65	8.149,37	3.938,23	1.677,85	2.507,26	26,02	772,19	885,58	698,42
66	6.499,72	3.141,03	1.338,21	1.999,72	20,76	0,30	18,24	46,48
67	7.619,25	3.682,05	1.568,71	2.344,16	24,33	85,14	318,33	180,46
68	6.967,21	3.366,95	1.434,46	2.143,55	22,25	17,34	130,53	91,08
69	7.613,85	3.734,82	1.322,71	2.345,10	211,22	140,08	318,79	286,20
70	11.160,60	5.474,61	1.938,87	3.437,52	309,61	18598,31	19798,28	13772,01
71	8.475,79	4.157,63	1.472,45	2.610,58	235,13	1722,55	1885,42	1389,81

Ek.2. (devam)

72	8.940,36	4.385,51	1.553,16	2.753,67	248,01	2625,91	2986,88	1877,58
73	10.284,04	5.039,21	1.443,74	3.765,98	35,11	64256,47	32329,19	27418,04
74	10.019,18	4.909,43	1.406,55	3.668,98	34,20	30324,56	22440,98	17053,48
75	9.381,93	4.597,18	1.317,09	3.435,63	32,03	18363,99	17230,49	13147,83
76	9.471,38	4.641,01	1.329,65	3.468,38	32,33	20876,39	20030,11	15206,08
77	10.722,80	5.434,13	1.441,72	3.731,52	115,43	50696,96	32204,96	25747,71
78	10.704,63	5.424,92	1.439,28	3.725,20	115,24	31891,32	27918,91	19798,28
79	11.714,38	5.936,64	1.575,04	4.076,59	126,11	78934,54	49788,45	41777,49
80	12.856,26	6.515,33	1.728,57	4.473,96	138,40	87088,22	63486,39	44285,22
81	9.524,91	4.863,04	1.127,06	3.501,42	33,38	29771,17	21866,04	16536,61
82	10.094,03	5.153,61	1.194,40	3.710,64	35,38	31188,00	22446,20	18530,44
83	10.326,58	5.272,35	1.221,92	3.796,13	36,19	65875,68	34211,97	28289,40
84	10.815,43	5.521,93	1.279,76	3.975,83	37,90	77496,70	46601,91	40415,10
85	11.305,86	5.884,39	806,27	3.829,42	785,77	70502,22	45564,57	35098,23
86	8.682,13	4.518,81	619,16	2.940,74	603,42	9425,22	7670,88	5419,88
87	11.571,48	6.022,64	825,22	3.919,39	804,23	73650,54	46373,70	37456,42
88	10.241,56	5.330,45	730,37	3.468,93	711,80	23439,18	20782,81	15262,79
89	10.495,41	6.642,74	719,13	3.100,30	33,24	13919,02	8899,21	8245,78
90	11.068,56	7.005,49	758,40	3.269,61	35,06	15926,09	13304,58	9137,24
91	10.544,02	6.673,50	722,46	3.114,66	33,40	14309,87	11504,30	8943,08
92	9.367,94	5.929,14	641,88	2.767,25	29,67	3125,56	3513,30	2445,48
93	9.650,86	6.304,99	890,06	2.451,99	3,81	713,16	885,25	624,39
94	7.929,62	5.180,49	731,32	2.014,68	3,13	0,37	27,14	59,51
95	8.403,68	5.490,20	775,04	2.135,12	3,32	5,46	106,06	79,74
96	7.861,28	5.135,84	725,02	1.997,31	3,11	0,28	6,90	40,82

Ek.3. HCS 30012-30013-30017 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve iç başarısızlık maliyetleri.

Haftalar	Yeniden İşlem/ Tamir Maliyeti (€)	Fire Maliyetleri (€)	Verimsizlik Maliyeti (€)	Arıza Bakım Giderleri (€)	HCS 30012 Kusurlu Oranı	HCS 30013 Kusurlu Oranı	HCS 30017 Kusurlu Oranı
1	36,34	1.204,35	95,92	201,08	0	0,00	0,00
2	40,25	1.333,80	106,23	222,70	0	0,01	0,00
3	40,26	1.334,06	106,26	222,74	0	0,02	0,00
4	49,81	1.650,73	131,48	275,61	0,67	3,32	0,06
5	10,41	2.478,63	225,06	270,44	2020,98	1864,26	4671,33
6	8,18	1.948,19	176,90	212,56	19,52	18,83	3,32
7	8,44	2.008,50	182,37	219,14	52,77	27,12	50,42
8	9,74	2.318,98	210,56	253,02	960,38	651,07	2436,74
9	8,17	2.397,05	167,32	216,64	908,5	584,49	2052,81
10	8,93	2.618,91	182,80	236,69	2247,97	3239,14	5336,05
11	8,43	2.471,04	172,48	223,32	1486,73	1043,18	3678,41
12	10,17	2.983,06	208,22	269,60	7254,51	13302,14	15576,20
13	5,61	7.559,79	210,25	140,16	115255,95	133552,18	120794,93
14	4,69	6.315,89	175,65	117,10	98677,58	112959,22	81393,80
15	3,44	4.636,24	128,94	85,96	76617,05	86772,66	63998,85
16	4,86	6.539,87	181,88	121,25	115255,95	121394,15	106761,27
17	17,60	3.139,77	127,33	89,26	4194,94	6373,66	8714,97
18	24,15	4.308,86	174,74	122,50	61409,14	74689,59	61192,51
19	25,73	4.590,73	186,17	130,51	97722,06	93088,48	74689,59
20	25,62	4.571,24	185,38	129,96	88291,81	90616,94	65231,55
21	61,28	3.847,32	148,46	69,70	58025,95	74579,69	49225,79
22	56,45	3.544,14	136,76	64,20	19343,76	48360,81	40441,52
23	49,38	3.100,25	119,63	56,16	3691,05	5577,21	8160,92
24	55,36	3.475,34	134,11	62,96	11736,41	36813,95	25251,93
25	10,21	1.668,74	170,95	8,43	0	0,06	0,01
26	14,28	2.334,65	239,17	11,79	329,23	158,36	297,95
27	15,29	2.499,49	256,05	12,63	841,19	428,43	1521,98
28	12,00	1.962,19	201,01	9,91	1,62	6,94	0,09
29	27,42	2.008,11	223,91	59,77	3,91	12,50	2,15
30	24,92	1.824,80	203,47	54,31	0,5	2,77	0,06
31	28,15	2.061,45	229,86	61,36	22,95	22,53	6,94
32	26,86	1.966,56	219,28	58,53	3,77	11,27	1,01

Ek.3. (devam)

33	40,48	2.257,35	184,56	42,49	129,5	46,40	121,05
34	26,05	1.452,55	118,76	27,34	0	0,01	0,00
35	44,64	2.489,65	203,55	46,87	894,07	491,25	1868,17
36	44,61	2.487,75	203,39	46,83	786,41	427,80	1456,26
37	4,69	2.830,62	243,95	19,69	2350,69	3735,23	5850,71
38	4,28	2.586,41	222,90	17,99	1389,45	983,46	3342,77
39	3,91	2.363,95	203,73	16,45	275,16	114,72	251,23
40	2,63	1.588,05	136,86	11,05	0	0,05	0,00
41	42,07	2.292,58	168,33	7,08	124,72	40,05	120,83
42	40,49	2.206,42	162,00	6,82	48,58	26,85	17,69
43	49,74	2.710,57	199,02	8,37	1644,81	1740,61	4249,08
44	46,89	2.555,27	187,61	7,89	1246,71	791,27	2788,87
45	7,06	2.093,12	195,07	7,29	0	0,06	0,00
46	7,76	2.302,40	214,57	8,02	0,46	2,15	0,05
47	7,36	2.183,10	203,45	7,60	0,01	0,09	0,01
48	7,29	2.160,62	201,36	7,53	0,01	0,06	0,01
49	1,35	3.130,31	183,82	80,32	4524,76	6433,82	9292,92
50	1,30	3.001,64	176,26	77,02	3091,29	4699,60	6484,70
51	1,07	2.485,78	145,97	63,78	391,36	246,77	529,86
52	1,07	2.480,97	145,69	63,66	386,61	191,94	435,73
53	13,17	3.120,05	182,28	31,41	3774,58	6277,04	8686,22
54	11,93	2.825,09	165,05	28,44	2047,76	3037,04	4949,37
55	10,88	2.577,72	150,60	25,95	672,65	356,58	1112,97
56	10,72	2.539,77	148,38	25,57	435,7	272,56	559,69
57	17,40	2.323,00	216,35	34,65	320,36	118,29	252,35
58	17,31	2.311,37	215,26	34,47	234,05	110,95	250,01
59	18,81	2.510,87	233,84	37,45	1335,75	850,24	3126,07
60	17,27	2.305,34	214,70	34,38	140,62	106,29	184,27
61	11,85	1.772,77	208,21	33,81	0,37	0,99	0,05
62	11,26	1.684,24	197,82	32,12	0,01	0,09	0,01
63	12,85	1.921,96	225,74	36,65	2,49	10,62	0,67
64	10,33	1.545,78	181,55	29,48	0	0,05	0,00
65	28,82	1.883,57	564,81	30,06	91,55	37,95	117,68
66	22,99	1.502,28	450,48	23,98	0,08	0,63	0,02
67	26,95	1.761,04	528,07	28,11	4,54	14,21	2,21

Ek.3. (devam)

68	24,64	1.610,33	482,88	25,70	1,16	6,15	0,08
69	10,50	1.713,93	589,87	30,80	10,95	17,34	2,37
70	15,39	2.512,33	864,65	45,15	5145,4	9028,94	10021,21
71	11,69	1.907,96	656,65	34,29	375,2	174,51	407,93
72	12,33	2.012,54	692,64	36,17	459,1	280,42	942,32
73	16,94	3.056,28	641,99	50,76	13141,42	41984,36	31109,52
74	16,51	2.977,57	625,45	49,46	8098,09	19101,01	19152,85
75	15,46	2.788,19	585,67	46,31	4528,92	6950,69	9432,22
76	15,61	2.814,77	591,25	46,75	5461,44	10223,45	12496,87
77	43,24	2.942,58	668,55	77,16	11834,39	37782,05	30430,52
78	43,16	2.937,59	667,41	77,03	10074,54	33104,51	23876,96
79	47,24	3.214,69	730,37	84,29	45196,52	73156,04	44977,05
80	51,84	3.528,05	801,56	92,51	58465,56	74689,59	54208,05
81	97,64	2.932,75	371,83	99,20	7356,2	16569,14	17058,57
82	103,47	3.107,99	394,05	105,13	9739,68	22105,56	23136,12
83	105,86	3.179,59	403,12	107,55	16930,88	42809,68	35528,12
84	110,87	3.330,11	422,21	112,64	29683,31	62702,25	43509,27
85	31,86	3.012,04	425,50	360,03	20219,98	49677,32	41416,13
86	24,46	2.313,04	326,76	276,48	1631,17	1343,48	3707,14
87	32,60	3.082,80	435,50	368,49	25044,63	61346,50	43202,10
88	28,86	2.728,49	385,45	326,14	5722	12226,87	12663,62
89	42,37	2.746,96	238,56	72,41	2802,48	4586,08	6302,66
90	44,68	2.896,97	251,59	76,37	3630,42	4903,36	7487,01
91	42,57	2.759,68	239,67	72,75	2953,64	4686,03	6387,26
92	37,82	2.451,86	212,94	64,63	760,87	386,61	1264,58
93	29,70	2.164,89	236,06	21,34	75,36	30,72	95,34
94	24,40	1.778,78	193,96	17,53	0,37	0,67	0,04
95	25,86	1.885,13	205,56	18,58	1,1	5,50	0,06
96	24,19	1.763,45	192,29	17,38	0,03	0,18	0,01

Ek.4. HCS 50038-50045-50070 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve iç başarısızlık maliyetleri.

Haftalar	Yeniden İşlem/ Tamir Maliyeti (€)	Fire Maliyetleri (€)	Verimsizlik Maliyeti (€)	Arıza Bakım Giderleri (€)	HCS 50038 Kusurlu Oranı	HCS 50045 Kusurlu Oranı	HCS 50070 Kusurlu Oranı
1	36,34	1.204,35	95,92	201,08	0,00	0,00	0,00
2	40,25	1.333,80	106,23	222,70	0,00	0,01	0,03
3	40,26	1.334,06	106,26	222,74	0,03	0,36	0,37
4	49,81	1.650,73	131,48	275,61	4,68	102,77	78,20
5	10,41	2.478,63	225,06	270,44	10981,67	7797,23	6334,12
6	8,18	1.948,19	176,90	212,56	470,37	392,12	373,28
7	8,44	2.008,50	182,37	219,14	709,65	689,42	574,79
8	9,74	2.318,98	210,56	253,02	6585,84	5373,84	3572,27
9	8,17	2.397,05	167,32	216,64	6158,81	5118,49	3451,29
10	8,93	2.618,91	182,80	236,69	12927,61	8756,80	6585,84
11	8,43	2.471,04	172,48	223,32	8898,67	6920,62	4946,62
12	10,17	2.983,06	208,22	269,60	26192,75	21093,38	16415,08
13	5,61	7.559,79	210,25	140,16	596479,11	229732,04	130232,43
14	4,69	6.315,89	175,65	117,10	282946,84	107966,71	92069,76
15	3,44	4.636,24	128,94	85,96	115370,01	79109,50	53452,63
16	4,86	6.539,87	181,88	121,25	346517,13	142687,27	114444,32
17	17,60	3.139,77	127,33	89,26	16791,18	13463,28	9822,08
18	24,15	4.308,86	174,74	122,50	113646,98	69607,01	49003,92
19	25,73	4.590,73	186,17	130,51	212227,64	92851,60	62743,15
20	25,62	4.571,24	185,38	129,96	153647,95	81394,08	54205,02
21	61,28	3.847,32	148,46	69,70	79040,47	57030,84	43261,71
22	56,45	3.544,14	136,76	64,20	68924,89	42396,98	32075,87
23	49,38	3.100,25	119,63	56,16	16110,48	13365,33	9332,21
24	55,36	3.475,34	134,11	62,96	49794,25	30357,54	23891,11
25	10,21	1.668,74	170,95	8,43	0,13	2,41	2,33
26	14,28	2.334,65	239,17	11,79	1717,17	1728,48	1335,64
27	15,29	2.499,49	256,05	12,63	5057,75	4094,89	2822,16
28	12,00	1.962,19	201,01	9,91	24,82	140,62	97,91
29	27,42	2.008,11	223,91	59,77	73,95	272,50	169,96
30	24,92	1.824,80	203,47	54,31	3,03	88,34	77,94
31	28,15	2.061,45	229,86	61,36	487,68	405,57	452,66
32	26,86	1.966,56	219,28	58,53	32,86	172,61	151,73

Ek.4. (devam)

33	40,48	2.257,35	184,56	42,49	994,93	1038,02	855,02
34	26,05	1.452,55	118,76	27,34	0,00	0,00	0,01
35	44,64	2.489,65	203,55	46,87	5870,52	5060,37	3314,70
36	44,61	2.487,75	203,39	46,83	3411,88	3580,91	2583,55
37	4,69	2.830,62	243,95	19,69	13172,19	8808,56	7580,90
38	4,28	2.586,41	222,90	17,99	7228,82	6873,35	3919,14
39	3,91	2.363,95	203,73	16,45	1555,80	1335,12	1178,89
40	2,63	1.588,05	136,86	11,05	0,03	0,45	0,77
41	42,07	2.292,58	168,33	7,08	960,38	970,18	706,94
42	40,49	2.206,42	162,00	6,82	555,66	436,52	565,83
43	49,74	2.710,57	199,02	8,37	10772,67	7754,02	6201,05
44	46,89	2.555,27	187,61	7,89	6739,20	5810,03	3579,17
45	7,06	2.093,12	195,07	7,29	0,12	1,75	1,66
46	7,76	2.302,40	214,57	8,02	0,67	61,98	71,36
47	7,36	2.183,10	203,45	7,60	0,28	4,78	29,71
48	7,29	2.160,62	201,36	7,53	0,13	2,99	2,54
49	1,35	3.130,31	183,82	80,32	18049,30	14402,47	13027,69
50	1,30	3.001,64	176,26	77,02	15387,37	12195,92	8980,53
51	1,07	2.485,78	145,97	63,78	2346,31	2271,59	1603,39
52	1,07	2.480,97	145,69	63,66	2321,15	2204,92	1478,95
53	13,17	3.120,05	182,28	31,41	16554,32	13461,52	9339,29
54	11,93	2.825,09	165,05	28,44	12793,61	8568,53	6512,44
55	10,88	2.577,72	150,60	25,95	2749,13	3436,15	2287,99
56	10,72	2.539,77	148,38	25,57	2532,28	2428,24	1710,09
57	17,40	2.323,00	216,35	34,65	1712,44	1419,36	1283,47
58	17,31	2.311,37	215,26	34,47	1233,08	1331,13	1070,28
59	18,81	2.510,87	233,84	37,45	6844,73	5963,10	3716,22
60	17,27	2.305,34	214,70	34,38	1018,45	1184,99	888,09
61	11,85	1.772,77	208,21	33,81	0,37	41,61	67,42
62	11,26	1.684,24	197,82	32,12	0,26	4,51	11,99
63	12,85	1.921,96	225,74	36,65	30,38	168,86	128,51
64	10,33	1.545,78	181,55	29,48	0,03	0,81	1,00
65	28,82	1.883,57	564,81	30,06	772,19	885,58	698,42
66	22,99	1.502,28	450,48	23,98	0,30	18,24	46,48
67	26,95	1.761,04	528,07	28,11	85,14	318,33	180,46

Ek.4. (devam)

68	24,64	1.610,33	482,88	25,70	17,34	130,53	91,08
69	10,50	1.713,93	589,87	30,80	140,08	318,79	286,20
70	15,39	2.512,33	864,65	45,15	18598,31	19798,28	13772,01
71	11,69	1.907,96	656,65	34,29	1722,55	1885,42	1389,81
72	12,33	2.012,54	692,64	36,17	2625,91	2986,88	1877,58
73	16,94	3.056,28	641,99	50,76	64256,47	32329,19	27418,04
74	16,51	2.977,57	625,45	49,46	30324,56	22440,98	17053,48
75	15,46	2.788,19	585,67	46,31	18363,99	17230,49	13147,83
76	15,61	2.814,77	591,25	46,75	20876,39	20030,11	15206,08
77	43,24	2.942,58	668,55	77,16	50696,96	32204,96	25747,71
78	43,16	2.937,59	667,41	77,03	31891,32	27918,91	19798,28
79	47,24	3.214,69	730,37	84,29	78934,54	49788,45	41777,49
80	51,84	3.528,05	801,56	92,51	87088,22	63486,39	44285,22
81	97,64	2.932,75	371,83	99,20	29771,17	21866,04	16536,61
82	103,47	3.107,99	394,05	105,13	31188,00	22446,20	18530,44
83	105,86	3.179,59	403,12	107,55	65875,68	34211,97	28289,40
84	110,87	3.330,11	422,21	112,64	77496,70	46601,91	40415,10
85	31,86	3.012,04	425,50	360,03	70502,22	45564,57	35098,23
86	24,46	2.313,04	326,76	276,48	9425,22	7670,88	5419,88
87	32,60	3.082,80	435,50	368,49	73650,54	46373,70	37456,42
88	28,86	2.728,49	385,45	326,14	23439,18	20782,81	15262,79
89	42,37	2.746,96	238,56	72,41	13919,02	8899,21	8245,78
90	44,68	2.896,97	251,59	76,37	15926,09	13304,58	9137,24
91	42,57	2.759,68	239,67	72,75	14309,87	11504,30	8943,08
92	37,82	2.451,86	212,94	64,63	3125,56	3513,30	2445,48
93	29,70	2.164,89	236,06	21,34	713,16	885,25	624,39
94	24,40	1.778,78	193,96	17,53	0,37	27,14	59,51
95	25,86	1.885,13	205,56	18,58	5,46	106,06	79,74
96	24,19	1.763,45	192,29	17,38	0,28	6,90	40,82

Ek.5. HCS 30012-30013-30017 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve fire maliyetleri.

Haftalar	Hamurhane Fireleri	Ekstruder Hamur Fireleri	Ekstruder Hortum Fireleri	Laboratuvar Fireleri / Son Kontrol	Şekilli Fireleri	HCS 30012 Kusurlu Oranı	HCS 30013 Kusurlu Oranı	HCS 30017 Kusurlu Oranı
1	0,00	1.009,17	195,18	0,00	0,00	0	0,00	0,00
2	0,00	1.117,64	216,16	0,00	0,00	0	0,01	0,00
3	0,00	1.117,86	216,21	0,00	0,00	0	0,02	0,00
4	0,00	1.383,20	267,53	0,00	0,00	0,67	3,32	0,06
5	0,00	2.301,17	1,94	1,75	173,77	2020,98	1864,26	4671,33
6	0,00	1.808,70	1,53	1,38	136,58	19,52	18,83	3,32
7	0,00	1.864,70	1,57	1,42	140,81	52,77	27,12	50,42
8	0,00	2.152,95	1,82	1,64	162,58	960,38	651,07	2436,74
9	0,00	87,29	428,54	374,70	1.506,52	908,5	584,49	2052,81
10	0,00	95,37	468,20	409,38	1.645,95	2247,97	3239,14	5336,05
11	0,00	89,98	441,77	386,27	1.553,02	1486,73	1043,18	3678,41
12	0,00	108,63	533,31	466,31	1.874,82	7254,51	13302,14	15576,20
13	127,39	921,79	1.356,91	0,00	5.153,70	115255,95	133552,18	120794,93
14	106,43	770,12	1.133,65	0,00	4.305,70	98677,58	112959,22	81393,80
15	78,12	565,31	832,16	0,00	3.160,64	76617,05	86772,66	63998,85
16	110,20	797,43	1.173,85	0,00	4.458,39	115255,95	121394,15	106761,27
17	85,23	787,47	0,55	0,00	2.266,53	4194,94	6373,66	8714,97
18	116,96	1.080,68	0,75	0,00	3.110,47	61409,14	74689,59	61192,51
19	124,61	1.151,37	0,80	0,00	3.313,95	97722,06	93088,48	74689,59
20	124,08	1.146,48	0,80	0,00	3.299,88	88291,81	90616,94	65231,55
21	1.033,28	0,81	0,81	0,07	2.812,36	58025,95	74579,69	49225,79
22	951,86	0,74	0,74	0,06	2.590,73	19343,76	48360,81	40441,52
23	832,64	0,65	0,65	0,05	2.266,25	3691,05	5577,21	8160,92
24	933,38	0,73	0,73	0,06	2.540,44	11736,41	36813,95	25251,93
25	14,42	111,82	0,58	0,05	1.541,87	0	0,06	0,01
26	20,17	156,44	0,82	0,07	2.157,15	329,23	158,36	297,95
27	21,60	167,49	0,87	0,07	2.309,46	841,19	428,43	1521,98
28	16,96	131,48	0,69	0,06	1.813,01	1,62	6,94	0,09
29	0,00	16,56	0,00	2,58	1.988,97	3,91	12,50	2,15
30	0,00	15,05	0,00	2,34	1.807,41	0,5	2,77	0,06
31	0,00	17,00	0,00	2,65	2.041,80	22,95	22,53	6,94
32	0,00	16,22	0,00	2,53	1.947,82	3,77	11,27	1,01

Ek.5. (devam)

33	0,00	121,39	0,00	0,00	2.135,96	129,5	46,40	121,05
34	0,00	78,11	0,00	0,00	1.374,44	0	0,01	0,00
35	0,00	133,88	0,00	0,00	2.355,76	894,07	491,25	1868,17
36	0,00	133,78	0,00	0,00	2.353,97	786,41	427,80	1456,26
37	298,08	145,69	106,74	0,00	2.280,11	2350,69	3735,23	5850,71
38	272,36	133,12	97,53	0,00	2.083,39	1389,45	983,46	3342,77
39	248,94	121,67	89,14	0,00	1.904,20	275,16	114,72	251,23
40	167,23	81,73	59,88	0,00	1.279,20	0	0,05	0,00
41	90,41	99,20	0,00	0,00	2.102,96	124,72	40,05	120,83
42	87,01	95,48	0,00	0,00	2.023,93	48,58	26,85	17,69
43	106,90	117,29	0,00	0,00	2.486,38	1644,81	1740,61	4249,08
44	100,77	110,57	0,00	0,00	2.343,92	1246,71	791,27	2788,87
45	85,36	88,74	0,00	0,00	1.919,02	0	0,06	0,00
46	93,90	97,61	0,00	0,00	2.110,89	0,46	2,15	0,05
47	89,03	92,55	0,00	0,00	2.001,51	0,01	0,09	0,01
48	88,12	91,60	0,00	0,00	1.980,90	0,01	0,06	0,01
49	20,16	64,18	0,00	0,00	3.045,97	4524,76	6433,82	9292,92
50	19,33	61,55	0,00	0,00	2.920,76	3091,29	4699,60	6484,70
51	16,01	50,97	0,00	0,00	2.418,80	391,36	246,77	529,86
52	15,98	50,87	0,00	0,00	2.414,12	386,61	191,94	435,73
53	0,07	0,13	0,00	0,00	3.119,85	3774,58	6277,04	8686,22
54	0,06	0,12	0,00	0,00	2.824,91	2047,76	3037,04	4949,37
55	0,06	0,11	0,00	0,00	2.577,56	672,65	356,58	1112,97
56	0,06	0,10	0,00	0,00	2.539,61	435,7	272,56	559,69
57	20,67	6,14	34,22	0,00	2.261,97	320,36	118,29	252,35
58	20,57	6,11	34,05	0,00	2.250,64	234,05	110,95	250,01
59	22,34	6,64	36,98	0,00	2.444,90	1335,75	850,24	3126,07
60	20,51	6,09	33,96	0,00	2.244,78	140,62	106,29	184,27
61	166,62	7,67	25,10	0,00	1.573,37	0,37	0,99	0,05
62	158,30	7,29	23,85	0,00	1.494,79	0,01	0,09	0,01
63	180,65	8,32	27,22	0,00	1.705,77	2,49	10,62	0,67
64	145,29	6,69	21,89	0,00	1.371,91	0	0,05	0,00
65	0,10	0,16	26,57	0,00	1.856,74	91,55	37,95	117,68
66	0,08	0,13	21,19	0,00	1.480,88	0,08	0,63	0,02
67	0,09	0,15	24,84	0,00	1.735,95	4,54	14,21	2,21

Ek.5. (devam)

68	0,09	0,14	22,71	0,00	1.587,39	1,16	6,15	0,08
69	0,00	13,90	0,00	0,00	1.700,03	10,95	17,34	2,37
70	0,00	20,37	0,00	0,00	2.491,96	5145,4	9028,94	10021,21
71	0,00	15,47	0,00	0,00	1.892,49	375,2	174,51	407,93
72	0,00	16,32	0,00	0,00	1.996,22	459,1	280,42	942,32
73	494,48	15,84	0,00	0,00	2.545,96	13141,42	41984,36	31109,52
74	481,74	15,43	0,00	0,00	2.480,39	8098,09	19101,01	19152,85
75	451,10	14,45	0,00	0,00	2.322,63	4528,92	6950,69	9432,22
76	455,40	14,59	0,00	0,00	2.344,78	5461,44	10223,45	12496,87
77	475,51	15,21	0,00	0,00	2.451,86	11834,39	37782,05	30430,52
78	474,70	15,19	0,00	0,00	2.447,70	10074,54	33104,51	23876,96
79	519,48	16,62	0,00	0,00	2.678,59	45196,52	73156,04	44977,05
80	570,12	18,24	0,00	0,00	2.939,69	58465,56	74689,59	54208,05
81	474,43	15,12	0,00	0,00	2.443,21	7356,2	16569,14	17058,57
82	502,78	16,02	0,00	0,00	2.589,19	9739,68	22105,56	23136,12
83	514,36	16,39	0,00	0,00	2.648,85	16930,88	42809,68	35528,12
84	538,71	17,16	0,00	0,00	2.774,24	29683,31	62702,25	43509,27
85	432,28	24,87	0,00	0,00	2.554,89	20219,98	49677,32	41416,13
86	331,96	19,10	0,00	0,00	1.961,98	1631,17	1343,48	3707,14
87	442,43	25,46	0,00	0,00	2.614,91	25044,63	61346,50	43202,10
88	391,58	22,53	0,00	0,00	2.314,38	5722	12226,87	12663,62
89	394,02	22,55	0,00	0,00	2.330,39	2802,48	4586,08	6302,66
90	415,54	23,78	0,00	0,00	2.457,65	3630,42	4903,36	7487,01
91	395,85	22,65	0,00	0,00	2.341,18	2953,64	4686,03	6387,26
92	351,69	20,12	0,00	0,00	2.080,05	760,87	386,61	1264,58
93	0,00	0,00	0,00	0,00	2.164,89	75,36	30,72	95,34
94	0,00	0,00	0,00	0,00	1.778,78	0,37	0,67	0,04
95	0,00	0,00	0,00	0,00	1.885,13	1,1	5,50	0,06
96	0,00	0,00	0,00	0,00	1.763,45	0,03	0,18	0,01

Ek.6. HCS 50038-50045-50070 numaralı hortumlara ait kusurlu oranları ve fire maliyetleri.

Haftalar	Hamurhane Fireleri	Ekstruder Hamur Fireleri	Ekstruder Hortum Fireleri	Laboratuvar Fireleri / Son Kontrol	Şekilli Fireleri	HCS 50038 Kusurlu Oranı	HCS 50045 Kusurlu Oranı	HCS 50070 Kusurlu Oranı
1	0,00	1.009,17	195,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	1.117,64	216,16	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
3	0,00	1.117,86	216,21	0,00	0,00	0,03	0,36	0,37
4	0,00	1.383,20	267,53	0,00	0,00	4,68	102,77	78,20
5	0,00	2.301,17	1,94	1,75	173,77	10981,67	7797,23	6334,12
6	0,00	1.808,70	1,53	1,38	136,58	470,37	392,12	373,28
7	0,00	1.864,70	1,57	1,42	140,81	709,65	689,42	574,79
8	0,00	2.152,95	1,82	1,64	162,58	6585,84	5373,84	3572,27
9	0,00	87,29	428,54	374,70	1.506,52	6158,81	5118,49	3451,29
10	0,00	95,37	468,20	409,38	1.645,95	12927,61	8756,80	6585,84
11	0,00	89,98	441,77	386,27	1.553,02	8898,67	6920,62	4946,62
12	0,00	108,63	533,31	466,31	1.874,82	26192,75	21093,38	16415,08
13	127,39	921,79	1.356,91	0,00	5.153,70	596479,11	229732,04	130232,43
14	106,43	770,12	1.133,65	0,00	4.305,70	282946,84	107966,71	92069,76
15	78,12	565,31	832,16	0,00	3.160,64	115370,01	79109,50	53452,63
16	110,20	797,43	1.173,85	0,00	4.458,39	346517,13	142687,27	114444,32
17	85,23	787,47	0,55	0,00	2.266,53	16791,18	13463,28	9822,08
18	116,96	1.080,68	0,75	0,00	3.110,47	113646,98	69607,01	49003,92
19	124,61	1.151,37	0,80	0,00	3.313,95	212227,64	92851,60	62743,15
20	124,08	1.146,48	0,80	0,00	3.299,88	153647,95	81394,08	54205,02
21	1.033,28	0,81	0,81	0,07	2.812,36	79040,47	57030,84	43261,71
22	951,86	0,74	0,74	0,06	2.590,73	68924,89	42396,98	32075,87
23	832,64	0,65	0,65	0,05	2.266,25	16110,48	13365,33	9332,21
24	933,38	0,73	0,73	0,06	2.540,44	49794,25	30357,54	23891,11
25	14,42	111,82	0,58	0,05	1.541,87	0,13	2,41	2,33
26	20,17	156,44	0,82	0,07	2.157,15	1717,17	1728,48	1335,64
27	21,60	167,49	0,87	0,07	2.309,46	5057,75	4094,89	2822,16
28	16,96	131,48	0,69	0,06	1.813,01	24,82	140,62	97,91
29	0,00	16,56	0,00	2,58	1.988,97	73,95	272,50	169,96
30	0,00	15,05	0,00	2,34	1.807,41	3,03	88,34	77,94
31	0,00	17,00	0,00	2,65	2.041,80	487,68	405,57	452,66

Ek.6. (devam)

32	0,00	16,22	0,00	2,53	1.947,82	32,86	172,61	151,73
33	0,00	121,39	0,00	0,00	2.135,96	994,93	1038,02	855,02
34	0,00	78,11	0,00	0,00	1.374,44	0,00	0,00	0,01
35	0,00	133,88	0,00	0,00	2.355,76	5870,52	5060,37	3314,70
36	0,00	133,78	0,00	0,00	2.353,97	3411,88	3580,91	2583,55
37	298,08	145,69	106,74	0,00	2.280,11	13172,19	8808,56	7580,90
38	272,36	133,12	97,53	0,00	2.083,39	7228,82	6873,35	3919,14
39	248,94	121,67	89,14	0,00	1.904,20	1555,80	1335,12	1178,89
40	167,23	81,73	59,88	0,00	1.279,20	0,03	0,45	0,77
41	90,41	99,20	0,00	0,00	2.102,96	960,38	970,18	706,94
42	87,01	95,48	0,00	0,00	2.023,93	555,66	436,52	565,83
43	106,90	117,29	0,00	0,00	2.486,38	10772,67	7754,02	6201,05
44	100,77	110,57	0,00	0,00	2.343,92	6739,20	5810,03	3579,17
45	85,36	88,74	0,00	0,00	1.919,02	0,12	1,75	1,66
46	93,90	97,61	0,00	0,00	2.110,89	0,67	61,98	71,36
47	89,03	92,55	0,00	0,00	2.001,51	0,28	4,78	29,71
48	88,12	91,60	0,00	0,00	1.980,90	0,13	2,99	2,54
49	20,16	64,18	0,00	0,00	3.045,97	18049,30	14402,47	13027,69
50	19,33	61,55	0,00	0,00	2.920,76	15387,37	12195,92	8980,53
51	16,01	50,97	0,00	0,00	2.418,80	2346,31	2271,59	1603,39
52	15,98	50,87	0,00	0,00	2.414,12	2321,15	2204,92	1478,95
53	0,07	0,13	0,00	0,00	3.119,85	16554,32	13461,52	9339,29
54	0,06	0,12	0,00	0,00	2.824,91	12793,61	8568,53	6512,44
55	0,06	0,11	0,00	0,00	2.577,56	2749,13	3436,15	2287,99
56	0,06	0,10	0,00	0,00	2.539,61	2532,28	2428,24	1710,09
57	20,67	6,14	34,22	0,00	2.261,97	1712,44	1419,36	1283,47
58	20,57	6,11	34,05	0,00	2.250,64	1233,08	1331,13	1070,28
59	22,34	6,64	36,98	0,00	2.444,90	6844,73	5963,10	3716,22
60	20,51	6,09	33,96	0,00	2.244,78	1018,45	1184,99	888,09
61	166,62	7,67	25,10	0,00	1.573,37	0,37	41,61	67,42
62	158,30	7,29	23,85	0,00	1.494,79	0,26	4,51	11,99
63	180,65	8,32	27,22	0,00	1.705,77	30,38	168,86	128,51
64	145,29	6,69	21,89	0,00	1.371,91	0,03	0,81	1,00
65	0,10	0,16	26,57	0,00	1.856,74	772,19	885,58	698,42
66	0,08	0,13	21,19	0,00	1.480,88	0,30	18,24	46,48

Ek.6. (devam)

67	0,09	0,15	24,84	0,00	1.735,95	85,14	318,33	180,46
68	0,09	0,14	22,71	0,00	1.587,39	17,34	130,53	91,08
69	0,00	13,90	0,00	0,00	1.700,03	140,08	318,79	286,20
70	0,00	20,37	0,00	0,00	2.491,96	18598,31	19798,28	13772,01
71	0,00	15,47	0,00	0,00	1.892,49	1722,55	1885,42	1389,81
72	0,00	16,32	0,00	0,00	1.996,22	2625,91	2986,88	1877,58
73	494,48	15,84	0,00	0,00	2.545,96	64256,47	32329,19	27418,04
74	481,74	15,43	0,00	0,00	2.480,39	30324,56	22440,98	17053,48
75	451,10	14,45	0,00	0,00	2.322,63	18363,99	17230,49	13147,83
76	455,40	14,59	0,00	0,00	2.344,78	20876,39	20030,11	15206,08
77	475,51	15,21	0,00	0,00	2.451,86	50696,96	32204,96	25747,71
78	474,70	15,19	0,00	0,00	2.447,70	31891,32	27918,91	19798,28
79	519,48	16,62	0,00	0,00	2.678,59	78934,54	49788,45	41777,49
80	570,12	18,24	0,00	0,00	2.939,69	87088,22	63486,39	44285,22
81	474,43	15,12	0,00	0,00	2.443,21	29771,17	21866,04	16536,61
82	502,78	16,02	0,00	0,00	2.589,19	31188,00	22446,20	18530,44
83	514,36	16,39	0,00	0,00	2.648,85	65875,68	34211,97	28289,40
84	538,71	17,16	0,00	0,00	2.774,24	77496,70	46601,91	40415,10
85	432,28	24,87	0,00	0,00	2.554,89	70502,22	45564,57	35098,23
86	331,96	19,10	0,00	0,00	1.961,98	9425,22	7670,88	5419,88
87	442,43	25,46	0,00	0,00	2.614,91	73650,54	46373,70	37456,42
88	391,58	22,53	0,00	0,00	2.314,38	23439,18	20782,81	15262,79
89	394,02	22,55	0,00	0,00	2.330,39	13919,02	8899,21	8245,78
90	415,54	23,78	0,00	0,00	2.457,65	15926,09	13304,58	9137,24
91	395,85	22,65	0,00	0,00	2.341,18	14309,87	11504,30	8943,08
92	351,69	20,12	0,00	0,00	2.080,05	3125,56	3513,30	2445,48
93	0,00	0,00	0,00	0,00	2.164,89	713,16	885,25	624,39
94	0,00	0,00	0,00	0,00	1.778,78	0,37	27,14	59,51
95	0,00	0,00	0,00	0,00	1.885,13	5,46	106,06	79,74
96	0,00	0,00	0,00	0,00	1.763,45	0,28	6,90	40,82