

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI OTOMOTİV İŞ GÜCÜ 16949 KALİTE
YÖNETİM SİSTEM STANDARDI TEMELİNDE KALİTE
İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ VE ÖLÇÜM SİSTEMLERİ
ANALİZİ

Ali Mert ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
İmal Usulleri Programı

Danışman
Doç. Dr. Anıl AKDOĞAN

Temmuz, 2020

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULUSLARARASI OTOMOTİV İŞ GÜCÜ 16949 KALİTE YÖNETİM
SİSTEM STANDARDI TEMELİNDE KALİTE İYİLEŞTİRME
TEKNİKLERİ VE ÖLÇÜM SİSTEMLERİ ANALİZİ**

Ali Mert ÖZCAN tarafından hazırlanan tez çalışması 23.07.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Anıl AKDOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Anıl AKDOĞAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bedri Onur KÜÇÜKYILDIRIM, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Pınar DEMİRCİOĞLU, Üye
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Anıl AKDOĞAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Uluslararası Otomotiv İş Gücü 16949 Kalite Yönetim Sistem Standardı Temelinde Kalite İyileştirme Teknikleri ve Ölçüm Sistemleri Analizi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Ali Mert ÖZCAN

İmza

Emekleri ile ÷lkemiz ve dñnyanın çarklarını döndüren tüm imalat sanayii çalışanlarına,

TEŞEKKÜR

Çalışmamda büyük destekleri bulunan başta sevgili eşim Esra Özcan ve geniş ailem olmak üzere, danışman hocam Anıl Akdoğan'a, yöneticim Can Çağlar'a ve Cem Karakaya, Ezgi Çoban ve Tezer Karayol'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ali Mert ÖZCAN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
TABLO LİSTESİ	xvii
ÖZET	xviii
ABSTRACT	xx
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Orijinal Katkı	5
2 KALİTE KAVRAMI ve KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ	6
2.1 Kalite Kavramı	6
2.2 Kalite Yönetim Felsefeleri ve Öncüleri	9
2.3 Kalite ve Yönetimde Standardizasyonun Tarihi	14
2.4 Otomotivde Kalite Yönetim Sistemi	16
2.4.1 Dünya ve Türkiye Otomotiv Endüstrisi Hakkında Genel Bilgiler	16
2.4.2 IATF 16949:2016 ve Getirdiği Yenilikler	17
2.4.3 Ülkelerin Otomotiv Yan Sanayisinin IATF 16949:2016 Sertifikasyon Performansı	23
3 MAKİNE İMALATINDA ÖLÇME ve DEĞERLENDİRMENİN ÖNEMİ	24
3.1 İmalatta Ölçme ve Değerlendirme	24
3.1.1 Ölçme Tekniği Temel Kavramlar	24
3.1.2 İmalat Sanayisinde Kullanılan Ölçme Aletleri	30
3.2 Gelecekteki İmalat ve Metroloji	38
3.3 Otomotiv Endüstrisinin Geleceği	44
3.3.1 Türkiye'nin Otomotiv Stratejisi	45

4	IATF 16949:2016'DAKİ KALİTE İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ	50
4.1	İleri Ürün Kalite Planlaması - APQP	50
4.2	Üretim Parçası Onay Prosesi - PPAP	51
4.3	Hata Türü ve Etkileri Analizi - FMEA	54
4.4	İstatistiksel Proses Kontrol - SPC	57
4.5	Ölçüm Sistemleri Analizi - MSA	68
4.5.1	Doğruluk ve Kesinlik Kavramları	70
4.5.2	Ölçüm Sisteminde Varyasyon Türleri	70
4.5.3	Gage R&R Metotları	76
4.5.4	Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi	80
4.5.5	Ölçüm Sistemleri Analizi İçin Referans El Kitapları	85
5	UYGULAMA	87
5.1	Uygulamanın Yapıldığı İşletme Hakkında Genel Bilgiler	87
5.2	İşletmenin İmalat Prosesleri	87
5.3	İşletmenin Ölçme Cihazları	88
5.4	İşletmenin Kalite Yönetim Sistemi	88
5.5	MSA Uygulamaları	88
5.5.1	GRR Uygulamaları	88
5.5.2	Niteliksel MSA Uygulaması	96
5.6	APQP Uygulamaları	99
5.7	PPAP Uygulamaları	106
5.7.1	Tasarım Kaydı	106
5.7.2	Müşteri Mühendisliği Onayı	110
5.7.3	Tasarım FMEA	113
5.7.4	Proses Akış Şeması	115
5.7.5	Proses FMEA	116
5.7.6	Kontrol Planı	127
5.7.7	MSA Çalışmaları	129
5.7.8	Boyutsal Sonuçlar	129
5.7.9	Malzeme/performans test sonuçları kayıtları	132
5.7.10	Ön proses çalışmaları	132
5.7.11	Nitelikli Laboratuvar Dokümantasyonu	137
5.7.12	Kontrol ekipmanları	138
5.7.13	PPAP Sunum Garantisi (Part Submission Warrant, PSW)	139
6	SONUÇ VE ÖNERİLER	142
	KAYNAKÇA	143

A	d_2^* TABLOSU	147
B	KONTROL KARTLARI için SABİTLER ve FORMÜLLER TABLOSU	149
C	AIAG MSA EL KİTABINDAKİ GRR TASLAKLARI	150
D	NİTELİKSEL ÇALIŞMA VERİ SETİ	152
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	153

SİMGE LİSTESİ

K_1	ANOVA Çalışmasında Yapılan Ölçüm Denemesi Sayısına Bağlı Olan Bir Sabit
K_2	AV Hesaplamasında Kullanılan Bir Sabit
D_{alt}	İyi Olarak Tanımlanan Tüm Parçaların En Düşük Spesifikasyon Değeri İçinde Son Referans Değeri İle Kötü Olarak Tanımlanan Tüm Parçaların En Düşük Spesifikasyon Değeri Dışında İlk Referans Değeri Arasındaki Fark
d_2	K_1 Sayısının Matematiksel Tersi
p_o	Kappa Hesabında İki Ölçme Operatörü İçin Gözlemlenen Uyumların Toplam Orantısı
p_e	Kappa Hesabında Uyumun Şansa Bağlı Ortaya Çıkma Olasılığı
D_{ust}	Kötü Olarak Tanımlanan Tüm Parçaların En Yüksek Spesifikasyon Değeri Dışında Son Referans Değeri İle, İyi Olarak Tanımlanan Tüm Parçaların En Yüksek Spesifikasyon Değeri İçinde İlk Referans Değeri Arasındaki Fark
C_m	Makine Yeterlilik İndisi
C_{mk}	Makine Yeterlilik Yndisi
$\bar{X}_{DIFF}$	Maksimum Ortalama Değerleme Farkı
μm	Mikrometre; Kalite Karakteristikleri Ortalaması
$\bar{R}$	Ortalama Aralık
σ_{MSA}	Ölçüm Sistemi Varyansı
R_p	Parça Ölçüm Sonuç Değerlerinin Ortalama Aralığı
C_p	Proses Yeterlilik İndisi
C_{pk}	Proses Yeterlilik İndisi
σ_{Proses}	Proses Varyansı

K_3	PV Hesaplamasında Kullanılan Bir Sabit
D_i	Sinyal Algılama Yaklaşımında İkinci Bölge İçin Ortalama
σ	Standart Sapma
σ_{Total}	Toplam Varyans
$\bar{X}_{DIFF}$	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)
$\bar{x}$	X Değerleri Ortalaması

KISALTMA LİSTESİ

ADTL	Alt Doğal Tolerans Limitleri
AFNOR	Fransız Ulusal Standartlar Örgütü
AIAG	Otomotiv Endüstrisi Eylem Grubu
AISI	Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
ANFIA	Otomotiv Sanayii Sektörü Ulusal Birliği (İtalya)
ANOVA	Varyans Analizi
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
AV	Operatör Varyasyonu
APQP	İleri Ürün Kalite Planlaması
AQAP	Müttefik Kalite Güvence Yayını
ASL	Alt Spesifikasyon Limiti
ASME	Amerikan Makine Mühendisleri Birliği
ASQC	Amerikan Kalite Kontrol Derneği
BIPM	Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu
BS	İngiliz Standartı
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	Bilgisayar Destekli İmalat
CAQ	Bilgisayar Destekli Kalite
CMM	Koordinat Ölçme Cihazı
CNC	Bilgisayar Sayımlı Yönetim
EV	Ekipman Varyasyonu
FMEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi
G7	Gelişmiş 7 Ülke Birliği

GDT	Geometrik Boyutlandırma ve Tolerans
GRR	Sistem İçi ve Sistemler Arası Varyansların Toplamı
GUM	Uluslararası Belirsizlik Ölçümleri Rehberi
IAOB	Uluslararası Otomotiv Gözetim Bürosu
IATF	Uluslararası Otomotiv İş Gücü
ICAD	Akıllı Bilgisayar Destekli Tasarım
ICAM	Akıllı Bilgisayar Destekli İmalat
ICAQ	Akıllı Bilgisayar Destekli Kalite
ICMM	Akıllı Koordinat Ölçme Cihazı
IIM	Akıllı Entegre Üretim
IPPC	Akıllı Kirlilik Önleme ve Kontrol
IPS	Akıllı Üretim Sistemleri
IQS	Akıllı Kalite Sistemi
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
JIT	Tam Zamanında Üretim
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükte İşletme
KTA	Nükleer Güvenlik Standartları Komisyonu (Almanya)
KYS	Kalite Yönetim Sistemi
MCA	Makine Yeterlilik Analizi
MFIF	Çok Fonksiyonlu Entegre Fabrika
MFI-MR	Çok Fonksiyonlu Akıllı Ölçüm Robotları
MFP	Çok Fonksiyonlu Ürün
MIMS	Modern Entegre Yönetim Sistemi
MSA	Ölçme Sistemleri Analizi
NATO	Kuzey Atlantik Paktı
NC	Nümerik Kontrol
ndc	Ayrık Kategori Sayısı
NFX	AFNOR Kalite Standartı
NQA	Nükleer Kalite Güvencesi

OEM	Orijinal Ekipman İmalatçıları
OHSAS	İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi
ÖNORM	Avusturya Normu
PPAP	Üretim Parçası Onay Prosesi
PSW	Parça Sunum Garantisi
PV	Parça Varyasyonu
QFD	Kalite Fonksiyon Yayılımı
RÖS	Risk Öncelik Sayısı
SN	İsviçre Normu
SPC	İstatistiksel Proses Kontrol
TC	Teknik Komite
TOGG	Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu
TS	Türk Standartı
TV	Toplam Varyasyon
ÜDTL	Üst Doğal Tolerans Limitleri
ÜSL	Üst Spesifikasyon Limiti
VDA	Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği
VIM	Metroloji Sözlüğü
WCM	Dünya Sınıfında Üretim

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	KYS'nin metodoloji entegrasyonu [16]	8
Şekil 2.2	Otomotiv üretiminde önemli yer tutan bazı ülkelerin AR-GE harcamalarındaki otomotiv sektörü payı [24]	16
Şekil 2.3	ISO üyeleri (gri:üyeler, açık kahverengi: muhabir (correspondent) üyeler, koyu kahverengi: abone (subscriber) üyeler, siyah: üye olmayanlar [25]	18
Şekil 3.1	Bureau International des Poids et Mesures(BIPM) [25]	25
Şekil 3.2	Uzunluk ölçümleri izlenebilirlik zinciri(%95, k=2) [28]	28
Şekil 3.3	Kalibrasyon hiyerarşisi/izlenebilirlik piramidi [28]	29
Şekil 3.4	Farklı tip mikrometreler [28]	31
Şekil 3.5	Kumpaslar [28]	31
Şekil 3.6	Farklı tip mihengirler [28]	32
Şekil 3.7	Farklı tip ve şekildeki komparatörler [28]	32
Şekil 3.8	Çap standartları [28]	33
Şekil 3.9	Halka, küre ve pim masterlar [28]	33
Şekil 3.10	Atölye masterları [28]	34
Şekil 3.11	Bir silindir veya kürenin yuvarlaklık profili (radyal sapmalar yüzlerce kez büyütülmektedir) [28]	35
Şekil 3.12	Paralellik parametresi ve teknik resimde gösterimi [28]	36
Şekil 3.13	Sınıf 1'den 4'e kadar yüzey sapmaları [28]	36
Şekil 3.14	Yüzey hassasiyet dereceleri [30]	37
Şekil 3.15	Yüzey ölçme ve imalat [30]	37
Şekil 3.16	MFIF modeli [7]	39
Şekil 3.17	Bir dişin 3 boyutlu lazer tarayıcı ile 3 boyutlu CAD modelinin oluşturulması [7]	41
Şekil 3.18	3 boyutlu ölçüm ve honlanmış yüzey dokusunun fonksiyonel gereksinim için incelenmesi [7]	42
Şekil 3.19	Otomasyondan otonomasyona [7]	43
Şekil 3.20	Ana sanayi ortaklıkları [31]	45
Şekil 3.21	En büyük 10 otomotiv tedarikçi satışı – Türkiye (Milyar USD) [31] .	46
Şekil 3.22	Ana sanayilerin ve tedarikçilerin ihracat hacmi (Milyar USD) [31] .	46

Şekil 3.23	Türk otomotiv tedarikçileri ürün portföyüne bakış [31]	47
Şekil 3.24	Türkiye Ar-Ge çalışanları ve Ar-Ge harcamaları gelişimi -otomotiv [31]	49
Şekil 4.1	Ürün kalite planlaması sorumlulukları matrisi [32]	51
Şekil 4.2	Ürün kalite planlama zamanlaması [32], [33]	52
Şekil 4.3	FMEA'daki şiddet(severity) değerleri	55
Şekil 4.4	FMEA'daki olasılık(occurence) değerleri	56
Şekil 4.5	FMEA'daki tespit(detection) değerleri	56
Şekil 4.6	Süreç yeterlilik analizi adımları [44]	60
Şekil 4.7	Normal dağılıma bağlı olarak alt ve üst doğal tolerans limitleri [44]	61
Şekil 4.8	Tolerans (USL-ASL) ve gerçek(doğal) proses genişliği gösterimi	62
Şekil 4.9	C_p ve C_{pk} indisleri [44]	62
Şekil 4.10	C_p ve C_{pk} indislerine bağlı olarak prosesin durumu [44]	63
Şekil 4.11	Ishikawa(balık kılçığı) diyagramı [43]	64
Şekil 4.12	Makine yeterliliği için minimum koşul [44]	65
Şekil 4.13	Müdahale sınırları hesaplaması için değişken değerler	67
Şekil 4.14	Nitel kontrol kartlarının müdahale sınırları hesaplaması için formüller	67
Şekil 4.15	Ölçüm sistemleri değişkenliklerinin sebep-sonuç diyagramı [35]	69
Şekil 4.16	Doğruluk ve kesinlik [48]	70
Şekil 4.17	Lokasyon ve yayılım varyasyonu [35]	71
Şekil 4.18	Bias [35]	72
Şekil 4.19	Stabilite [35]	72
Şekil 4.20	Lineerlik [35]	73
Şekil 4.21	Bias, stabilite ve lineerlik değerlerini etkileyen faktörler [35], [48]	74
Şekil 4.22	Tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik [35]	75
Şekil 4.23	GRR [35]	77
Şekil 4.24	Ortalama ve aralık metodu ile ANOVA metodu arasındaki fark [48]	78
Şekil 4.25	Ölçme sistemi ile ilişkili 'gri' bölgeler [35]	81
Şekil 4.26	Örnek proses $P_p=P_{pk}=0,5$ [35]	82
Şekil 5.1	'060 Kovan' parçası üzerinde 1/100 mm'lik kumpas için GRR çalışması	89
Şekil 5.2	X ortalama grafiği	90
Şekil 5.3	Range(R) aralık grafiği	90
Şekil 5.4	'368-28 anahtar' ürünü Üzerinde 1/100 mm'lik kumpas için GRR çalışması	91
Şekil 5.5	X ortalama grafiği	92
Şekil 5.6	Aralık(Range (R)) grafiği	92
Şekil 5.7	Göbek geçiş çapı için aralık(Range (R)) grafiği	93
Şekil 5.8	Göbek geçiş çapı için X ortalama grafiği	93

Şekil 5.9	'060 Kovan' ürününün göbek geçiş çapı üzerinde 1/100mm'lik kumpas için GRR çalışması	94
Şekil 5.10	'Menteşe Uzun-Orta' ürününün pim delik çapı üzerinde 1/1000 mm'lik kumpas için GRR çalışması	95
Şekil 5.11	'Menteşe Uzun-Orta' ürünü için X ortalama grafiği	96
Şekil 5.12	'Menteşe Uzun-Orta' ürünü range(R) aralık grafiği	96
Şekil 5.13	'060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi	97
Şekil 5.14	'060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - ölçme operatörlerinin karşılaştırılması -1	97
Şekil 5.15	'060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - ölçme operatörlerinin karşılaştırılması -2	98
Şekil 5.16	'060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - ölçme operatörlerinin karşılaştırılması -3	98
Şekil 5.17	'060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - Kappa uyumsuzluğu analizi -1	98
Şekil 5.18	'060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - Kappa uyumsuzluğu analizi yorumu	99
Şekil 5.19	'060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi etkinlik(verimlilik) analizi	99
Şekil 5.20	'060.4.0.28.30' ürün ailesi için APQP zaman planı	101
Şekil 5.21	APQP uygulaması için proje ekibinin oluşturulması	103
Şekil 5.22	Yeni ürün fizibilite formu 1. kısım	105
Şekil 5.23	Yeni ürün fizibilite formu 2. kısım	107
Şekil 5.24	Blok diyagramı formu	108
Şekil 5.25	Parametre diyagramı formu	108
Şekil 5.26	'060.4.0.28.30' ürün ailesinin tasarım kaydı	109
Şekil 5.27	'060 Kovan' parçasının tasarım kaydı	111
Şekil 5.28	'060.4.0.28.30' ürün ailesi için müşteri mühendisliği onayı	112
Şekil 5.29	'Kovan' parçası için tasarım FMEA	114
Şekil 5.30	'Kovan' parçası için tasarım FMEA'da önerilen faaliyetler ve faaliyet sonuçları	115
Şekil 5.31	'Kovan' parçası proses akış şeması(1.kısım)	117
Şekil 5.32	'Kovan' parçası proses akış şeması(2.kısım)	118
Şekil 5.33	'Kovan' parçası proses akış şeması(3.kısım)	119
Şekil 5.34	'Kovan' parçası proses FMEA(1.kısım)	120
Şekil 5.35	'Kovan' parçası proses FMEA önerilen faaliyetler ve faaliyetlerin sonuçları(1.kısım)	122
Şekil 5.36	'Kovan' parçası proses FMEA(2.kısım)	124

Şekil 5.37 'Kovan' parçası proses FMEA önerilen faaliyetler ve faaliyetlerin sonuçları(2.kısım)	126
Şekil 5.38 'Kovan' parçası kontrol planı	128
Şekil 5.39 '060 YPK Dili' parçasının dış çap uzunluğu üzerinde MSA çalışması .	130
Şekil 5.40 'Kovan' parçası ilk numune kontrol formu	131
Şekil 5.41 'Kovan' parçası malzemesinin(AISI 304) muayene sertifikası	133
Şekil 5.42 'Kayar Otomat 3' CNC torna makinesi için makina yeterlilik analizi .	135
Şekil 5.43 Proses yetenek çalışması	136
Şekil 5.44 X ortalama grafiği	137
Şekil 5.45 Normal dağılım diyagramı	137
Şekil 5.46 R ortalama grafiği	137
Şekil 5.47 Çeyrek dönüşlü kilit ömür testi	138
Şekil 5.48 Laboratuvar test raporu	138
Şekil 5.49 Görsel yardım(checking aids)	140
Şekil 5.50 Parça sunum garantisi(PSW)	141
Şekil A.1 d_2^* tablosu	148
Şekil B.1 Kontrol kartları için sabitler ve formüller tablosu [54]	149
Şekil C.1 GRR veri listesi [35]	150
Şekil C.2 GRR raporu [35]	151
Şekil D.1 Niteliksel çalışma veri seti [35]	152

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Kalite standartlarının tarihsel gelişimi	15
Tablo 2.2	IATF 16949:2016 Sertikalı İşletme Sayısı 500'den Fazla Olan Ülkeler	23
Tablo 4.1	GRR kabul kriterleri	80
Tablo 5.1	Örnek etkinlik kriterleri yönergeleri [35]	99

Uluslararası Otomotiv İş Gücü 16949 Kalite Yönetim Sistem Standardı Temelinde Kalite İyileştirme Teknikleri ve Ölçüm Sistemleri Analizi

Ali Mert ÖZCAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Anıl AKDOĞAN

Otomotiv imalat endüstrisi, ana imalatçılar ve onların alt tedarikçileri, dünya ve Türkiye imalat sanayiinde çok büyük bir öneme sahiptir. Bu endüstri tarihi boyunca, teknolojik ilerlemeye, inovasyona ve ekonomik büyümeye ön ayak olmuştur. Dünya için bu denli büyük bir öneme sahip olan otomotiv endüstrisi imalatçıları için bilinen en önemli kalite yönetim standardı IATF (International Automotive Task Force) tarafından hazırlanan 16949 numaralı Kalite Yönetim Sistem standardıdır. Standardın 2016 yılındaki son versiyonu, OEM'ler (Orijinal Ekipman İmalatçıları) başta olmak üzere tedarikçilerin ve ilgili tarafların da katkılarıyla sektöre özel şekilde oluşturulmuştur.

Bu çalışmada; IATF 16949:2016 kalite yönetim sisteminin üreticilere uygulanmasını önerdiği kalite tekniklerinden olan; İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP), Üretim Parçası Onay Prosesi (PPAP), Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA), İstatistiksel Proses Kontrol (SPC) ve Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA) tekniklerine yer verilmiştir. Standarttaki bu tekniklerden bir kısmı otomotiv tedarikçisi bir işletmenin ağırlıklı olarak metrolojik faaliyetleri üzerinde uygulanmış ve imalata etkisi gözlemlenmiştir.

Gözlemler sonucunda; uygulanan kalite teknikleri ile imalat performanslarında artış sağlandığı, hataların oluşmadan önlendiği böylece kalite ve verimlilik artışları yakalandığı görülmüştür. Bu kazançların başlıca sebepleri olarak; uygulanan kalite teknikleri sayesinde proseslerin daha iyi gözlemlenip üzerlerinde daha iyi kontrol sağlanabilmesi, işletmenin müşterisi ile daha iyi iletişim kurup karşılıklı anlaşılmanın

artması ve işletmenin ölçme sistemlerini bilimsel yöntemler sayesinde iyi analiz ederek ölçme sistemlerindeki sorunları net bir biçimde tespit edebilmesi görülmüştür.

Şüphesiz ki; bu kalite tekniklerinin, standardın diğer tüm şartları gibi doğru anlaşılıp uygulanması ile sertifikasyon sürecinde başarı kaçınılmazdır. Bu çalışmada ele anılan kalite teknikleri uygulamaları, işletmelerin IATF 16949:2016 sertifikasyon denetimlerinde başarılı olması için de bir rehber niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: IATF 16949, msa, metroloji, kalite teknikleri, otomotiv

Quality Improvement Techniques Based On International Automotive Task Force 16949 Quality Management System and Measurement System Analysis

Ali Mert ÖZCAN

Department of Mechanical Engineering
Master of Science Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Anıl AKDOĞAN

Automotive manufacturing industry, major manufacturers and their sub-suppliers, has a great importance in the world's manufacturing industry and Turkey's, as well. This industry has been leading the way in technological progress, innovation and economic growth throughout its history. The most important quality management standard known for manufacturers of the automotive industry, which has such a great importance for the world, is the Quality Management System standard numbered 16949, prepared by IATF (International Automotive Task Force). The last version of the standard in 2016 was created for the sector with the contributions of suppliers, especially OEMs (Orijinal Ekipman İmalatçıları), and related parties.

In this study, one of the quality techniques that IATF 16949: 2016 quality management system requires manufacturers to apply; Advanced Product Quality Planning (APQP), Production Part Approval Process (PPAP), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Statistical Process Control (SPC) and Measurement Systems Analysis (MSA) techniques are included. Some of these techniques of the standard have been applied predominantly on metrological activities of an automotive supplier enterprise and its effect on manufacturing has been observed.

As a result of the observations, it is concluded that the applied quality techniques increase the manufacturing performance, prevent errors before they occur and thus increase the quality and efficiency. The main reasons for these gains are that thanks

to the techniques applied, processes are better observed and better controlled, better communication is established with the customer, and the measurement systems are better analyzed by scientific methods.

Undoubtedly; manufacturing companies that want to have a quality certificate will not fail in the certification processes by correctly understanding and applying these quality techniques like all other conditions of the standard. Therefore, the quality techniques practices discussed in this study are also a guide for the manufacturing companies to be successful in IATF 16949: 2016 certification audits.

Keywords: IATF 16949, msa, metrology, quality techniques, automotive

1.1 Literatür Özeti

Küresel rekabetin her geçen gün arttığı güncel dünya ekonomisi koşullarında, hayatta kalmak isteyen işletmelerin, kalite anlayışına ve kalite yönetim sistemine sahip olmaları temel bir gereklilik haline gelmiştir.

Otomotiv endüstrisinde otomobil ana sanayii firmalarının pek çoğunun üyesi olduğu IATF, tedarikçilerinin IATF 16949 Kalite Yönetim Sistemine sahip olmalarını zorunlu kılar.

Literatürde, hem genel olarak imalat işletmelerinin hem de imalat işletmelerinin alt bir grubu olan otomotiv OEM'lerinin imalat süreçlerini inceleyen ve kalite yönetim sistemi uygulamalarının, işletmelere çeşitli hususlardaki etkilerini araştırma konusu edinen pek çok çalışma bulunmaktadır.

[1] çalışmasında, istatistiksel proses kontrolün kalitesizlik maliyeti üzerindeki etkisi alüminyum döküm parçalar üreten bir işletmede incelenmiştir. Kalitesizlik maliyeti, iç başarısızlık maliyeti ve dış başarısızlık maliyeti olmak üzere ikiye ayrılır. İç başarısızlık; işletmenin iç prosesleri sırasında ortaya çıkan ve ürünün ayrılması, onarılması gibi işlemlere tabi tutulması olarak ele alınır. Dış başarısızlık ise müşteriye çoktan ulaşmış olan hatalardır. Çalışmada, fireyi azaltmanın imalatçılar için çok önemli olduğu teyit edilmiştir ve istatistiksel kontrolün tüm imalat proseslerine uygulanması ile kalitesizlik maliyetinin iyileştirilmesi önerilmiştir. Ayrıca, tüm kalite iyileştirmelerinin sadece proje bazlı geliştirilebileceği vurgulanmıştır.

[2] çalışmasında; bir otomotiv şirketinde yeni bir imalat hattının uygulanması durumunda; özellikle dekoratif parçalarda, 'bir milyon parçada kalite kaynaklı reddedilen parça sayısı oranını' (ppm rate) düşürmek için APQP faaliyetleri ve PPAP gereklilikleri arasında iyi bir ilişkinin gerekliliğini vurgulanmıştır.

[3] çalışmasında; birçok imalat şirketinin, Dünya Sınıfında Üretim (WCM) felsefesini

benimsediği ve en iyi uygulamaların bu kavramda özetlendiğini belirtilmiştir. ISO TS 16949 tarafından sertifikalandırılmış şirketlerin olgunluk seviyelerinin dünya klasında olup olmadığını doğrulamanın henüz mümkün olmadığı, ancak bu sınıflandırmanın elde edilmesinin uzak olmadığını belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca; i başarışlılıklar olarak prosesin herhangi bir bölümünde yüzde 1’den fazla hatanın (10.000 ppm’den daha fazla) meydana gelebildiği belirtilmiştir. Firmaların; ISO TS 16949 tarafından onaylandıktan sonra, israflarını minimize etmelerine odaklanmaları gerektiğinden bu yüksek hata durumunun bulunmaması gerektiği vurgulanmıştır.

[4] çalışmasında, kalite yönetim sistemi standartları ile firmaların inovasyon performansı arasındaki ilişki incelenmiş ve bu ilişkiyi inceleyen önceki çalışmaların sayısının oldukça az olduğu ve bu konuda bir fikir birliği olmadığı belirtilmiştir. Bazı firmaların yönetim standartlarının kendilerini sınırladığı düşüncesinde oldukları ve standartları kullanan diğer bazı firmaların ise yenilikçi bir süreç başlattıklarının gözlemlendiği aktarılmıştır. Yönetim sistemleri ve firmaların inovasyon performansı arasındaki ilişki üzerine bugüne kadar yapılan çalışmaların incelenmesi neticesinde, konuyla ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu bulgunun yanı sıra, toplam kalite yönetimi ve inovasyon sürecinin ana ilkesi olan adanmış katılım, sürekli iyileştirme, proses yönetimi, müşteri odaklılık, insan kaynakları yönetimi ile firmalar tarafından sistematik değişikliklerin yaşanacağı pek çok araştırmacı tarafından genel olarak kabul edildiği iletilmiştir. Çalışmada ayrıca, kalite yönetim sistemi standartlarının sistematik olarak uygulanmasının, Türkiye’deki sınai mülkiyet haklarının ortaya çıkmasını olumlu ve uyumlu bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle kalite yönetim sistemi standartlarının benimsenmesinin, Türkiye’deki ulusal inovasyonun artışına olanak tanıyacağı ifade edilmiştir.

[5] çalışmasında; ampirik bulguların sonucu olarak, kalite yönetim standartlarının (ISO 9001) benimsenmesinin işgücü verimliliğinin seviyesini yükseltmek için yeterli olmadığı belirtilmiştir. Kalite yönetim standartlarının kabul edilmesinden sonra, Firma personellerinin etkin katılımlarının gerekli olduğu ifade edilmiştir. Bulgular, yönetim kadrosu tarafından ampirik yaklaşımlar ve farklı alt örnekler üzerinde yapılan testler ile doğrulanmıştır. Bu çalışmanın yanı sıra; [6] çalışmasında, sertifikalı ve sertifikalı olmayan firmalar arasında performans açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu çalışmada tek yönlü varyans analizi, Türkiye’den 255 küçük ve orta ölçekli işletme örneğine dayanmaktadır.

[7] çalışmasında, Akıllı Entegre Üretim (IIM)-intelligent integrated manufacturing- ile tasarım, üretim ve kalite sistemleri arasındaki veri iletişimi sayesinde proseslerin optimal bir şekilde yönetildiği belirtilmiştir. Ayrıca; müşterilere uyarlanmış kalite

iyileştirmeleri, arttırılmış verimlilik ve güvenilirlik, kaynakların ve enerjinin daha verimli kullanılması ve çevrenin korunmasının sağlanması gibi konularda IIM'nin güncel pazar koşullarında bir gereklilik olarak ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Çalışmada yer tutan bir diğer kavram ise 'Modern Entegre Yönetim Sistemi (MIMS)' kavramıdır. Akıllı kalite güvencesine sahip MIMS'in, imalat işletmelerinde ve özellikle de gelişmiş üretim ortamlarında hali hazırda önemli bir yer tuttuğu aktarılmıştır. Bu sistemin, gelecek nesil fabrikalarda da temel ve en önemli rolü oynayacağı ifade edilmiştir. Gelecekte üretimin, kalite yönetimi ve kalite güvencesinin otonom olmasına dayanan akıllı üretim sistemleri (IPS'ler) ile gerçekleşeceği ve bunun eşzamanlı, etkileşimli, işbirlikçi, modüler, bütünleştirici, öğrenen, otonom, kendini optimize eden ve kendini düzenleyen fonksiyonlar gibi özellikleri sunacağı belirtilmiştir [7].

Çalışmada ayrıca; yeni nesil üreticilerin teknoloji geliştiricileriyle işbirliğinin, üretim ortamlarındaki otonomluk ve metroloji trendlerine çözümler geliştirmek için vazgeçilmez bir gereklilik olduğu vurgulanmıştır. Yeni nesil imalat endüstrisinin, inovasyon performansı için temel öneme sahip bir konu olarak, hassas ölçüm sistemlerini; üretim zorluklarının üstesinden gelmek, kaynakların daha verimli kullanımı, iyileştirilmiş proses kontrolü, daha iyi ürün homojenliği, daha az atık, daha fazla güvenlik ve diğer sürdürülebilir faydalar için , geometrik spesifikasyon ve otomasyona entegre etmesinin gerekliliği belirtilmiştir [7].

Çalışmada bunlara ek olarak, tüm ürün üretim proseslerinde akıllı metrolojiye dayalı entegre yönetim sistemi süreçleri kullanılacağı aktarılmıştır. Günümüzde zorluğun; otonomluk konseptlerini, metrolojik teknolojilere izin veren üretim proseslerini yalnızca büyük üretim komplekslerinde değil, aynı zamanda KOBİ'lerde de yeni sensörlerin olanaklarıyla yaratıcı bir şekilde uygulamak olduğu ifade edilmiştir. Sensör teknolojisi ve robotik, otonomluk konseptinin pratik uygulamasında kilit unsurlardan ikisidir [7].

[8] çalışması, ISO/TS 16949 Kalite Yönetim Sistemi bünyesinde gerçekleştirilen kalite uygulamaları ile işletme performansı (finansal ve süreç performansı) arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma modeli ve hipotezler, otomotiv sektöründe faaliyetlerde bulunan bir ana üreticinin tedarikçilerine yapılan altmış soruluk anket yardımıyla test edilmiştir. Daha sonra ankettten elde edilen veriler incelenerek ve istatistiksel analizler yapılmıştır. Çalışmada bulgu olarak, işletmenin ISO/TS 16949 Kalite Yönetim Sistemine konu uygulamalar ile finansal performansı arasında olumlu ve anlamlı bir bağlantı tespit edilememiştir. Ancak ISO/TS 16949 Kalite Yönetim Sistemi uygulamaları ile işletmenin süreç performansı arasında anlam ifade eden ve olumlu bir ilişki tespit edilmiştir.

[9] çalışmasında; IATF 16949:2016'da kalite iyileştirme amacıyla kullanılan istatistiki teknikler olan Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA) ve İstatistiksel Proses Kontrol Analizi (SPC) uygulanmış ve veriler analiz edilmiştir. Çalışmada, kalitenin firma performansı ile doğru orantılı ilişkisi olduğu desteklenmiştir. Kullanılan istatistiksel kalite iyileştirme teknikleriyle; firmaların, üretime devam edebilme kararına, proseslerinin veya makinelerinin güvenilir sonuçlar verip vermediğini araştırarak ulaşacağı vurgulanmıştır. Kullanılan istatistiksel teknikler sayesinde; firmaların üretimlerini planlayacağı, üretimde ve satışta iyileşmeler sağlayacağı belirtilmiştir. Ayrıca, istatistiksel kalite iyileştirme tekniklerinin, parça hassasiyetleri göz önünde bulundurularak tekrar edilmesinin önemi ifade edilmiş, firmaların verilerin doğruluğundan, ölçenlerden ve ölçümlerden emin olarak üretimlerini sürdürmeleri gerekliliği vurgulanmıştır.

[10] çalışmasında, otomotiv sanayisine tedarik yapan bir işletmede ileri ürün kalite planlaması (APQP) uygulaması yapmıştır. Uygulama sonunda; gereksiz zaman kayıplarının önüne geçildiği, yeni ürünlerin mevcut ürünler arasına yerleştirilmesinin güvenceye alındığı, ürünle ilgili müşteri özel istekleri dikkate alınarak hataların müşteriye ulaşmadan tespit edildiği, ürüne yönelik kontrol planı çıkarıldığı ve bu sayede taslak proses kontrolün doküman haline getirildiği ve iletişimin sağlandığı belirtilmiştir.

[11] çalışmasında, bir otomotiv yan sanayi firmasında altı sigma metodolojisi uygulanmış ve yüksek oranlarda iyileşmeler gözlemlenmiştir.

[12] çalışmasında; 'Yedi Kalite Tekniği' olarak adlandırılan, kontrol çizelgesi, balık kılçığı diyagramı, histogram, kontrol diyagramı, pareto diyagramı, serpilme(dağılım) diyagramı ve akış diyagramı kullanılarak bir otomobil şirketinde imalat hatalarının azaltılması incelenmiştir. İncelemenin sonunda, işletmedeki şasi montaj hattındaki daha önce keşfedilen 132 hata, yedi kalite aracı uygulamasından sonra 7 hataya inmiştir. Trim hattındaki uygulamada ise hata, 157'den 28'e inmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı; otomotiv endüstrisi için tedarikçi bir imalat işletmesinde otomotiv sektörü ile ilişkili kalite yönetim standardının seçilen gerekliliklerini yerine getirmek ve çalışmalar sayesinde işletmenin imalat süreçlerinde iyileşmeler sağlanmasıdır. İmalat süreçlerinde gerçekleştirilen objektif ölçme işlemleri ve veri değerlendirme çalışmaları sayesinde proseslere sağlanan geri bildirimlerle sürekli iyileştirme çalışmalarına katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Bu çalışma temelinde sergilenen kalite geliştirme uygulamaları ve ölçme sistemleri analizleri

alışmaları, mevcut amaçlarla iyileştirme çalışmaları gerçekleştirmek isteyen tüm seri imalat işletmelerine rehber niteliği taşıyabilir.

1.3 Orijinal Katkı

Bu alışmada Türkiye sanayisi ve dolayısıyla ekonomisi için büyük öneme sahip otomotiv sektörünü ilgilendiren en önemli kalite standardı olan IATF 16949 KYS standardının en güncel versiyonu incelenmiştir. IATF 16949:2016 kalite yönetim sisteminin önerdiği kalite iyileştirme tekniklerinden olan; İstatistiksel Proses Kontrol (SPC), Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA), İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP), Üretim Parçası Onay Prosesi (PPAP) ve Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA) tekniklerine yer verilmiştir. Bu tekniklerin büyük bir kısmı; ülkemiz otomotiv tedarikçisi bir işletmede, ağırlıklı olarak işletmenin bazı metrolojik faaliyetlerinde ilk kez uygulanmış ve imalata etkisi gözlemlenmiştir.

2.1 Kalite Kavramı

”Kalite: Yapısal karakteristikler (Madde 3.5.1) kümesinin şartları (Madde 3.1.2) yerine getirme derecesi [13].” Bu ifadedeki ’yapısal’ sözcüğü, ’tayin edilmiş’ sözcüğünün aksine, bir şeyde özellikle sürekli, kalıcı bir karakteristik olarak bulunduğu anlamını taşır.

“Kalite, terimi kötü, iyi veya mükemmel gibi sıfatlar ile kullanılabilir [13].”

”Kalite tanımındaki ’şart’(3.1.2.), genellikle dolaylı olarak belirtilen veya zorunlu olarak ifade edilen ihtiyaç veya beklentidir. ’Genellikle dolaylı olarak belirtilen’ ifadesi, kuruluş (Madde 3.3.1), müşterileri (Madde 3.3.5) ve diğer ilgili taraflar (Madde 3.3.7) için açıkça veya örtülü belirtilen ve dikkate alınan ihtiyaç veya beklentinin anlatılmasındaki alışkanlık veya yaygın uygulama için kullanılır. Bir niteleyici ürün şartı, kalite yönetim şartı, müşteri şartı gibi özel bir şart tipini belirlemek amacıyla kullanılabilir [13].”

”Kalite tanımındaki ’karakteristik’ (3.5.1) , ayırt edici özelliktir. Bir karakteristik yapısal olabilir veya tayin edilmiş olabilir. Bir karakteristik nitel veya nicel olabilir. Aşağıdaki gibi çeşitli karakteristik sınıfları vardır [13]:”

- ”Fiziksel (örneğin, mekanik, elektriksel, kimyasal ve biyolojik karakteristikler”
- ”Duyusal (örneğin, koku alma, dokunma, tatma, görme ve duyma ile ilgili)”
- ”Davranış ile ilgili (örneğin, nezaket, dürüstlük, doğruluk)”
- ”Zamana ait (örneğin, dakiklık, güvenilirlik, bulunabilirlik)”
- ”Ergonomik (örneğin, fizyolojik karakteristik veya insan güvenliği ile ilgili)”
- ”Fonksiyonel (örneğin, bir uçağın azami hızı)”

”Kaliteye odaklanan bir organizasyon, müşterilerin ve ilgili diğer tarafların ihtiyaç ve beklentilerini yerine getirerek değer sağlayan davranış, tutum, faaliyet ve süreçlerle sonuçlanan bir kültürü teşvik eder [14].”

”Bir kuruluşun ürün ve hizmetlerinin kalitesi, müşterileri memnun etme kabiliyeti ve ilgili taraflar üzerinde amaçlanan ve istenmeyen etkiler ile belirlenir. Ürün ve hizmetlerin kalitesi yalnızca amaçlanan işlev ve performanslarını değil aynı zamanda müşteriye yönelik algılanan değerlerini ve faydalarını da içerir [14].”

Bu tanımlara ek, yapılmış diğer kalite tanımlamaları [15]:

- Rosander’e göre kalite; ”bir organizasyonun bütün çalışmalarında yer alan kalıcı bir fonksiyondur.”
- Amerikan Kalite Kontrol Derneği (ASQC) tanımına göre kalite, ”bir mal veya hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür.”
- Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu’na göre kalite, ”bir hizmet veya ürünün müşteri isteklerine uygunluk derecesidir.”
- P. Crosby tarafından kalite “isteklere uygunluktur. İstekler anlaşılmalı ve ölçümler, bunlara uygunluğu sürekli denetler şekilde olmalıdır. Tespit edilen uygunsuzluk, kalitesizlik demektir. Böylece kalite problemleri, uygunsuzluk problemleri haline gelir ve kalite de tanımlanabilir duruma gelir.”
- J.M. Juran’a göre kalite, ”amaca ve kullanıma uygunluk olarak tanımlanmaktadır.”
- G. Taguchi tarafından kalite, ”ürünün sevkiyattan sonra toplumda neden olduğu minimal zarardır. Kalite, eksiklerden kaçınmaktır.”
- Deming’e göre kalite, ”müşterinin şimdiki ve gelecekteki isteklerinin karşılanmasıdır.”
- Japon Sanayi Standartları Komitesi’ne (JIS) göre kalite, ”ürün veya hizmeti ekonomik yoldan üreten ve müşterilerin isteklerine cevap veren bir üretim sistemidir. Kalite, esnekliktir.”
- Abbott ve Feigenbaum’e göre kalite, ”bir ürün veya hizmetin değeridir.”
- Gilmore ve Levitt’e göre kalite, ”spesifikasyonlara uygunluktur.”

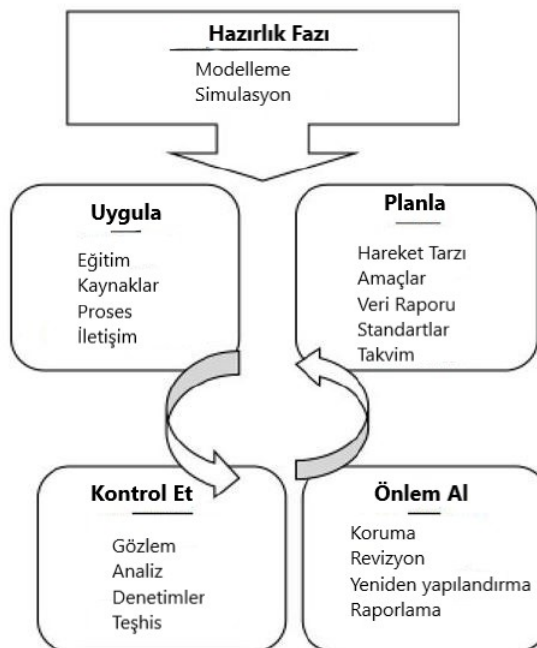
Kaizen stratejisi açısından düşünüldüğünde; hiçbir ürün veya hizmet, tasarlandığı seviyeyi aşamaz. Dolayısıyla, tasarımın sahibi olan insanın kalitesine odaklanılmalıdır. İşi meydana getiren üç temel unsur olan donanım, yazılım ve insan kaynakları arasında öncelik; insan kaynaklarına verilmeli ve insan unsuru tam olarak çözümlendikten sonra, işin donanım ve yazılıma ilişkin bölümleri üzerinde çalışılmalıdır. İnsanlarda kaliteyi sağlamak, Kaizen bilincini kazanmalarına yardımcı olmaktadır [15].

”Kalite yönetim sistemi, kuruluşun amaçlarını belirlediği ve istenen sonuçları elde etmek için gereken süreçleri ve kaynakları belirlediği faaliyetleri içermektedir [14].”

”KYS [14]:

- İlgili taraflar için değer sağlamak ve sonuçları gerçekleştirmek için gereken etkileşimli süreçleri ve kaynakları yönetir.
- KYS; üst yönetimin vereceği kararın kısa ve uzun vadeli sonuçlarını değerlendirerek, üst yönetimin kaynakların kullanımını optimize etmesini sağlar.
- Ürün ve hizmet sağlamadaki amaçlanan ve istenmeyen sonuçları ele almak için yapılacak eylemleri belirleme aracı sağlar.”

Şekil 2.1, KYS'nin metodolojisi entegrasyonunu göstermektedir.



Şekil 2.1 KYS'nin metodoloji entegrasyonu [16]

2.2 Kalite Yönetim Felsefeleri ve Öncüleri

Toplam kalite öncülerinin önemli çalışmaları 1920-1950 yılları arasında Shewhart'tan başlayarak yapılmıştır. Akli önceliklendiren, insan davranışının pozitif bilimin yöntemleri kullanılarak değiştirebileceğine inanan, işletmeyi doğrusal(lineer) ve hesaplara dayanan teknik bir iş olarak nitelendiren, örgüt içi davranışı Pavlov'cu tarzda etki-tepki ilişkisine indirgeyen pozitivist işletme anlayışı 1980'lerde artık yetersiz gelmiştir ve alternatif arayışlar; bilim insanlarını farklı modeller geliştirmeye ve aynı zamanda gerekli ilgiyi görmemiş eski modelleri yeniden keşfetmeye yönlendirmiştir [17].

Frederick Taylor pozitivist geleneğin işletme kuramı olan 'yapısalcı yaklaşımın' atası olarak bilinir. Gerçekten de Taylor'un örgütlerle ilgili dünya görüşü, içerisinde pozitivistizmin pek çok temel ögesini içerir: İnsanların davranışı, içinde bulundukları örgütsel yapı tarafından oluşturulur; insanlar kendilerine verilen örgütsel rolleri adeta bir robot monotonluğunda yerine getirmelidir; insanları motive etmenin en etkili yolu ödül ve cezalardır vb. Tüm bunların yanı sıra, bazı kaynaklar Taylor'u aynı zamanda toplam kalite yönetiminin baş mimarlarından birisi olarak değerlendirir. Tenner ve DeToro'ya göre 'bilimsel yönetim' anlayışının babası olan Taylor, "ekonomik pastanın yalnızca kapital ve iş gücü unsurlarına uygulanması yoluyla artırılabilirliğini göstermişti.". Taylor'un "zaman ve hareket" çalışmaları, işin ince ayrıntılarıyla analizi, anlaşılması ve tüm bunlara dayalı olarak yeniden kurgulanmasının önünü açmıştı. Örneğin, 'süreç akış şemaları' büyük ölçüde Taylor'un bu başlangıç çalışmalarından etkilenecek geliştirilmiştir. Ancak, Tenner ve DeToro, Taylor hakkında şunu da belirtirler:'Evet, Taylor bilginin işe uygulanması konusunda bir çığır açmıştır ancak işçiyi; işine yabancılaştırmış, işin kurgu ve geliştirilmesinde işçilerin rolünü neredeyse sıfırlayarak bu işi teknik birimlere ve mühendislere kaydırarak örgüt ve işletmelerin 1980'lerde karşılaştığı problemlere de kaynaklık etmiştir [17].'

Toplam kalite yönetimi kavramının oluşturulması ve geliştirilmesinde şu isimler ön plana çıkmaktadır: Water A. Shewhart, W. Edwards Deming, Joseph M. Juran, Kaoru Ishikawa, Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum.

Walter A. Shewhart

Walter Shewhart, Amerikalı bir istatistikçidir. Shewhart'ın toplam kalite anlayışına getirdiği en önemli temel katkı, istatistiki ölçme yöntemlerini üretim süreçlerine uygulamasıdır. 'Sanayi Ürünlerinin Kalitesinin Ekonomik Kontrolü' (The Economic Control of Quality of Manufactured Products) adlı eseri; istatistikçiler tarafından, üretim süreçlerinin kalite kontrolü hakkında yapılmış en büyük çalışma olarak görülmektedir. Shewhart; burada temel olarak üretim süreçlerinde 'değişkenliğin' (varyasyon)

anlaşılması ve kontrol altına alınmasında; örneklem ve olasılık analizi gibi çeşitli istatistik araçları, herkesin anlayabileceği basitlikte oluşturmuş ve örneklendirerek kullanılmasını basitleştirmiştir [17].

Shewhart'ın; değişkenlik, örneklem ve olasılık analizi konularında geliştirdiği teknik, 'Kontrol Kartları (Control Charts)' olarak bilinir. Shewhart, kaliteyi sübjektif ve objektif kalite olarak iki farklı türde tanımlamıştır ve sübjektif kalite kavramında müşteri taleplerine yer vermiştir. İstatistiksel kalite metoduyla, kalite maliyetlerinin ve parça ret oranlarının düşürülmesi ve maksimum yarar elde etmeyi hedeflemiştir [18].

Edwards Deming

Edwards Deming, Wyoming Üniversitesi'nde öğrenim görmüştür. Sonrasında, Colorado Üniversitesi'nde yüksek lisans yapmıştır ve 1928 yılında ise Yale Üniversitesi'nden doktora derecesini almıştır. İstatistiki örneklem konusundaki uzmanlığı Deming'i 1930'lu yıllarda Tarım Bakanlığı ile tanıştırmıştır. 1930'lu yılların sonlarında, nüfus sayım bürosu personellerine yeni örnekleme metotlarını öğretmesi için davet edilmiştir ve bu zamanlarda İkinci Dünya Savaşı patlak vermiştir. Bu süreçte, Deming ile birlikte bazı uzmanlar Amerikan harp sanayisine teknik destek sağlamaları için görevlendirilmiştir ve toplam kalite alanında Deming'in en büyük katkılarının ilk uygulamaları da bu zamanda oluşmuştur. Deming, Shewhart tarafından daha önceden geliştirilmiş olan varyans ve istatistiki proses kontrol işlemlerini daha da ilerleterek İkinci Dünya Savaşı süresince savaş sanayii ile bağlantılı firmalarda çalışan 30.000'i aşkın mühendise istatistik kontrol metodlarının üretim proseslerinde nasıl kullanılabileceğini öğretmiştir. Savaşın sonrasında, bu yöntemlerin, özellikle işletmelerin sahipleri veya yönetimleri tarafından ilgi görmeyerek sürdürülmediğini farketmiştir ve bu gözlem, 14 maddelik prensiplerinden birinin ilham kaynağı olmuştur: ' Kalite, öncelikle yönetimin görev ve sorumluluğundadır; bir işletmede ortaya çıkan problemlerin yüzde 80'i çalışanlardan değil, sistemden kaynaklıdır. Sistem ise yönetim sorumluluğundadır [17].'

Deming, 1947 senesinde Japonya'ya nüfus sayımı çalışmalarına destek sağlaması için davet edilmiştir. Fakat Japonya'ya asıl katkısını nüfus sayımı konusunda değil, toplam kalite anlayışını Japon sanayisine öğretmekle yapmıştır. Bu sanayi işletmeleri arasında günümüzde dahi yüksek marka değerini koruyabilmiş; Sony, Nissan, Mitsubishi ve Toyota da bulunmaktadır [17].

Demingin toplam kalite anlayışına yaptığı son derece önemli bazı kavramlar [17]:

- İstatistiki proses kontrol kartları (Shewhart'tan öğrenmiş ve eklemelerle çok daha iyi duruma getirmiştir.)

- Varyasyonların genel ve özel sebepleri
- Planla-yap-denetle-uygula (plan, do, check, act) aşamalarına dayanan kalite planlama modeli
- 14 toplam kalite prensibi

”Deming’e göre, işletmelerin ’beş ölümcül hastalığı’ [17]:

- Hedef ve sürekliliğin var olmaması
- Kısa vadeli kazanca odaklanmak
- Performans, liyakat ve yıllık değerlendirmelerin yanlış veya eksik araçlarla yapılması veya hiç yapılmaması
- Yönetimin çok sık değişmesi
- Yönetimin, karar verme süreçlerinde daha az görülebilir ya da örtülü unsurları önemsemeyerek aşırıya kaçarak nicel-sayısal verilere odaklanması”

Joseph M. Juran

Romanya’da doğan Juran, Amerika’daki eğitimi sonrası istatistiksel kalite üzerinde çalışmalar yürütmüş ve Deming gibi ikinci dünya savaşının ardından Japonlar ile birlikte çalışmıştır. Hata ve kayıpların temel kaynağının sistem hataları olduğunu ifade etmiştir. Juran, kalite konusundaki en büyük eserlerden biri olan “Quality Control Handbook’un (Kalite Kontrolü Elkitabı) yazarıdır [19].

”Juran; kaliteyi, kullanıma uygunluk olarak tanımlamıştır. Juran’ın kalite programının amacı, uygunluğun artırılması ve kalitesizlik kaynaklı meydana gelebilecek maliyetlerin azaltılmasıdır [20].”

Juran, üst yönetim desteğinin ve geniş kapsamlı eğitim zorunluluğunun önemini vurgulamıştır. Juran’ın ilkeleri [21]:

- Sürekli gelişim doğrultusunda amaçlar oluşturulmalıdır.
- Kalite sağlamaya yönelik gereken ortam oluşturulmalıdır ve kaliteye katkı sağlayacak ihtiyaçlar belirlenmelidir.
- Kuruluşta en yukarı kademedен en aşağı kademeye kadar herkes eğitim etkinliklerinden faydalandırılmalıdır.

- Kalite ekibinin koyduğu hedeflere ulaşabilmek için görevler, sorumluluklar, görev grupları, uygun araç ve gereçler belirlenmeli ve bununla uyumlu bir organizasyon oluşturulmalıdır.
- Tüm faaliyetler dokümanite edilmelidir.
- Problemleri çözümleyecek projeler yapılmalıdır.
- Tüm faaliyetler için onay alınmalıdır.
- Sonuçlar ilgili çalışan ve birimlere bildirilmelidir.
- Başarılar kayıt altına alınmalıdır.
- İyileştirmeler senelik olarak göz önünde tutulmalı ve kuruluşun iyi işleyen birimlerine ve proseslerine uygulanmalıdır.

Kauro Ishikawa

Ishikawa, Amerikan kalite sistemini geliştirerek Japonya'ya özgü tasarlamış Japon kalite öncülerindendir. Yaptığı en önemli katkı, 1962 senesinde geliştirdiği “Kalite Çemberleri”dir [18].

Ishikawa; basit problem çözme metotlarını, her bilgi ve beceri seviyesindeki çalışanların anlayıp kullanabileceği şekilde iş ortamlarına uyarlayarak toplam kalite akımına başka büyük bir katkı sağlamıştır. Bunlar; sebep-sonuç diyagramı (Ishikawa diyagramı), histogram, süreç akış şemaları, pareto analizi ve çetelelerdir [17].

Philip Crosby

Crosby'nin en büyük ve özgün katkısı 'sıfır hata' kavramını oluşturmastır. Ayrıca, “Quality is Free” adlı kitabı, en önemli kalite eserlerinden biri olarak kabul edilmektedir ve en çok satan eseridir. Crosby'nin belirlemiş olduğu ve “sıfır hata” kavramının da içerisinde olduğu kalitenin dört şartı [18]:

- “Kalite kavramı, herkes tarafından aynı biçimde algılanmalıdır. Crosby; kaliteyi, 'müşteri ihtiyaçlarına uygunluk' olarak tanımlandırır.
- Kaliteyi sağlamak için bir sistem olmalıdır ve bu bir kontrol ve incelemeye dayanan sistem değil, bir hata önleme sistemi olmalıdır.
- Kalite performansı, 'sıfır hata' standardında olmalı ve eğer 'sıfır hata' standardından farklılık söz konusu ise, kalite iyileştirilmeye ihtiyaç var demektir.

- Kalite nasıl ölçülecektir? Bu, kalite standardından sapmanın bedelidir.”

Armand V. Feigenbaum

Feigenbaum, 'Toplam kalite kontrol ile Kalite Maliyetleri' kavramlarını ortaya koyan kişidir. “Toplam Kalite Kontrol” isimli eseriyle kalite literatürüne önemli bir katkı sağlamıştır. Kalitenin yalnızca üretim için değil, daha geniş kapsamlı olduğunu ifade ederek; toplam kalite kontrolü; müşteri memnuniyetine yönelik, en ekonomik düzeyde, bir işletmedeki üretim, finansman, pazarlama, insan kaynakları, mühendislik gibi farklı bölümlerin gayretlerini bütünleştiren bir sistem olarak tanımlamıştır [21].

Feigenbaum'a göre kalite, bir ürünün kavram olarak ortaya çıkmasından başlayarak tasarımı, üretimi ve müşteriye sunulması ile devam eder. Bu sürecin içerisinde tedarikçilerin de önemli bir yeri bulunmaktadır. Bütün bu süreçlerin tam anlamıyla kontrol altında tutulması önemli olmakla birlikte, müşteri memnuniyeti bunların içerisinde en önemlisidir. Bu süreç bir döngüdür ve Feigenbaum bu "sanayi döngüsü" fikrini ortaya atan ilk kişilerdendir. Bütün bunlar bugün artık çok alışık olduğumuz, sıkça duyduğumuz ve uygulamalarına da sıkça şahit olduğumuz kavramlardır, ancak Feigenbaum'un Toplam Kalite Kontrolü isimli eserinin çıktığı 1950'lerin başında bunlar, son derece yeni ve yöneticiler dahil pek çok kimsenin henüz duymadığı kavramlardı [17].

Genichi Taguchi

Çoğu kalite öncüsü gibi, kendisi de bir istatistikçi olan Taguchi, istatistiksel yöntemler ile endüstriyel standartların oluşumuna katkı sunmuştur. Taguchi, tasarımda güvenilirlik ve kaliteyi vurgulamış ve kalite kayıp fonksiyonu (Quality Loss Function), istatistiksel deney tasarımı ile üretim sürecine kaliteyi taşımıştır [21].

Taguchi'nin Güçlü Tasarım (Robust Design) fikri; kalite kavramına ve üretim süreçlerine büyük katkılar sağlamıştır [17]:

- Ürünler geniş çevre koşulları altında işlevlerini yerine getirebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Örneğin; 10m'de su geçiren saat, 50m'de su geçiren saat veya -15 dereceye dayanıklı antifiriz, -30 dereceye kadar dayanıklı antifiriz gibi.
- Üretim prosesindeki ve çevre şartlarındaki değişimlere karşı da hassas olmayan ürünler tasarlanmalıdır. Örnek: Fırınlama; ısı fırının her yerinde aynı olmayabilir ama üreteceğimiz bisküviler bu farklardan etkilenmemelidir. (Güçlü bisküvi tasarımı)

- Üretimdeki ve kullanımdaki çevre şartlarına hassas olmayan tasarım yapmak genelde çevre şartlarını kontrol etmeye çalışmaktan daha kolaydır/mantıklıdır.

Shigeo Shingo

Shingo, diğer kalite öncülerinin aksine istatistiki kontrolün kaliteye ulaşmada sanıldığından daha az önem arz ettiğini ileri sürerek ; üretim hatalarına ilişkin istatistiklerin düzeltme ve iyileştirme amacıyla paylaşılmasının, çalışanlar üzerinde baskı oluşturabileceği ve moral bozabileceği gerekçesiyle uygun bulmamıştır. 1960 yılında Yamada Elektrik'te çalışırken üretim sürecinde işçilerin hatalı montaj yapması veya bir parçanın montajını unutması durumunda uyarı işareti veren, basit mekanik gereçler geliştirerek montaj hattında kullandı. Bir uyarı alındığında montaj duruyor, hatanın kaynağına inilerek düzeltilmesi ve bir daha tekrar etmemesine yönelik kalıcı düzeltme işlemi yapılıyordu. Hatanın kaynağına inerek kalıcı düzeltme ve iyileştirme düşüncesi, Shingo'nun kalite kavramına kattığı en büyük yeniliktir. 1967'de Shingo bu sistemi daha da geliştirmiş ve Japonca 'Poke-Yoke' adı verilen yöntem ortaya çıkmıştır. Shingo'nun sistemi daha sonra kalite kavramı ve süreçleri içinde önemli bir yer edindi. Shingo bu yolla kalite sürecindeki 'sıfır hata' hedefini farklı bir yolla gerçekleştirmeyi keşfetmişti. Poka-Yoke, daha sonra sanayi üretiminde bir hayli yaygınlaşan 'Tam Zamanında Üretim' (Just-in-Time) modelinin de esin kaynağı olmuştur. Tam zamanında üretim(JIT); girdi mallarının tam gerekli olduğu zamanda, stoklamaya gerek kalmaksızın üretime sokulduğu esnek üretim modelidir. Bu yolla, stok maliyetleri düşer ve ufak üretimler sayesinde hem üretilen malın, hem de stoklanacak hammadde ve malzemenin bakım ve benzeri maliyetleri azalmış olur [17].

2.3 Kalite ve Yönetimde Standardizasyonun Tarihi

Kalite standartlarının tarih sahnesine ilk çıkışı 1959 yılında Amerikan ordusunda olmuştur. Bu standart daha sonra 1963 yılında revize edilmiştir. 1968 yılında NATO üyesi ülkeler için hazırlanmış 'Allied Quality Assurance Publications' (Müttefik Kalite Güvence Yayınları) ile kalite standardı kavramı yaygınlaşmıştır.

İlk ISO standardı, 'ISO 6215: Nuclear Power Plants- Quality Assurance' (Nükleer Enerji Tesisleri - Kalite Güvencesi) 1980 yılında oluşturulmuştur. ISO 9000 - ISO 9004 standardı ise 1985 yılında ilk kez oluşturulup 2015 yılındaki son revizyonu ile bugünlere kadar gelmiştir. Kalite standartlarının kilometre taşları Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Kalite standartlarının tarihsel gelişimi

Kalite Standartları Gelişiminin Kilometre Taşları	
1959	MIL-Q 9858: Askeri Teknik Şartname (Military Specification, Quality Program Requirement)
1968	ASQC Standard C1: Kalite Programı için Genel Gerekliliklerin Şartnamesi (Specification of General Requirements for a Quality Program, American Society for Quality Control)
1968	Müttefikler Kalite Güvence Yayımları (AQAP(Allied Quality Assurance Publications), NATO)
1970	Nükleer Enerji Santralleri ve Yakıt Geri İşleme Tesisleri için Kalite Güvence Kriterleri (Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants)
1971	US ANSI Standard Z-1.8: Kalite Programı için Genel Gerekliliklerin Şartnamesi (Specification of General Requirements for a Quality Program)
1972	BS 4891: Kalite Güvencesi için Rehber(A Guide to Quality Assurance)
1975	Australian Standards 1821-1823: Tedarikçi, Kalite Kontrol Sistemleri (Suppliers Quality Control Systems)
1978	Z 299: Kanada Kalite Güvence Programı Gereklilikleri (Quality Assurance Program Requirements in Canada)
1979	BS 5750 Kalite Sistemleri(Quality Systems)
1979	ANSI / ASQC Z-1.15: Kalite Sistemleri için Genel Rehberler (Generic Guidelines for Quality Systems)
1979	ASME-NQA-1: Nükleer Enerji Santralleri için Kalite Güvence Program Gereklilikleri(Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Power Plants)
1980	NF X50-110: AFNOR
1980	KTA 1401
1980	ISO 6215: Nükleer Enerji Santralleri için Kalite Güvencesi (Quality Assurance for Nuclear Power Plants)
1982	SN 029100
1984	ÖNORM 6672
1985	ISO 9000- ISO 9004
1990	Revize ISO 9000
1994	Revize ISO 9000
1992	British Standard 7750: Çevre Yönetim Sistemleri için Şartname (Specification for Environmental Management Systems)
1996	ISO 14000/ 14001: Çevre Yönetim Sistemi
2000	Revize ISO 9000
2008	Revize ISO 9000
2015	Revize ISO 9000

2.4 Otomotivde Kalite Yönetim Sistemi

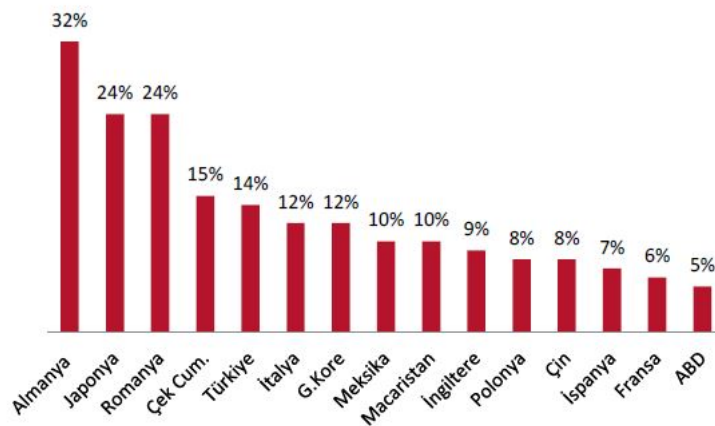
2.4.1 Dünya ve Türkiye Otomotiv Endüstrisi Hakkında Genel Bilgiler

Uluslararası Motorlu Araç Üreticileri Organizasyonu (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers) raporuna göre 2018 yılında 95,706,293.00 adet motorlu araç üretilmiştir ve bu araçların 70,567,581'i binek otomobilidir. 60 milyon araç üretilmesi, araçların ve bunlara giren parçaların yapımında doğrudan yaklaşık 9 milyon kişinin istihdam edilmesini gerektirmektedir. Bu, dünyadaki toplam üretim istihdamının yüzde 5'inin üzerindedir. Otomotiv endüstrisindeki her bir doğrudan işin, endüstri ile bağlantılı en az 5 dolaylı işi desteklediği ve bunun da imalat ve servis endüstrilerine 50 milyondan fazla istihdam yarattığı tahmin edilmektedir. Otomobil endüstrisinin bağlantılı olduğu endüstrilere; çelik, demir, alüminyum, cam, plastik, cam ve tekstil endüstrileri örnek olarak verilebilir. Otomotiv sektörünün; G7 ülkeleri söz konusu olduğunda, 1 dolarlık katma değer artışıyla toplam ekonomiye 3 dolarlık katma değer artışı getirdiği hesaplanmaktadır.

2006'dan 2016'ya kadar otomotiv endüstrisi otomobil satışlarında en yüksek seviyede idi [22].

Önümüzdeki 20 yıl içinde, orijinal yedek parça imalatçıları(OEM) tarafından yapılan otomotiv yedek parça satışlarının yüzde 50 artacağı tahmin ediliyor [23].

Otomotiv sektöründe önemli yer tutan ülkeler incelendiğinde; başka sektörlerle kıyasla, otomotiv sektörünün toplam AR-GE harcamalarında daha yüksek paya sahip olduğu görülür. Bu durum; hem gelişmiş ekonomiye sahip Japonya, Almanya, İtalya ve G. Kore gibi ülkelerde hem de Türkiye, Romanya ve Meksika gibi gelişmekte olan ekonomilere sahip ülkelere aynıdır. (Şekil 2.2) [24].



Şekil 2.2 Otomotiv üretiminde önemli yer tutan bazı ülkelerin AR-GE harcamalarındaki otomotiv sektörü payı [24]

2.4.2 IATF 16949:2016 ve Getirdiği Yenilikler

2.4.2.1 IATF 16949:2016 Oluşum Süreci

16949 standardının revizyon çalışmaları Aralık 2014'te başlamış ve Ağustos 2016'da tamamlanmıştır. Revizyon Çalışma Ekibi, 14 kuruluştan (IATF OEM'leri, IATF Global Gözetim Büroları ve diğerleri) ve 17 küresel ortağından oluşmuştur. Bunlar; AIAG, IAOB, ANFIA, IATF Fransa, BMW, Jaguar Land Rover, FCA US LLC (eski adıyla Chrysler), PSA Grubu, FCA Italy S.p.A. (eski Fiat), SMMT, Ford, VDA QMC, GM ve VW'dir. Bunun yanı sıra IATF, Ulusal Birlikler aracılığıyla Haziran 2015'in başında 2.000'in üzerinde kilit paydaştan geri bildirim almak üzere bir anket başlatmıştır. Bu kilit paydaşlar, OEM'ler, tedarikçiler (tüm Katmanlar), sertifika kuruluşları, tanık denetçiler, konu uzmanları ve gözetim bürolarından oluşmuştur. Sonrasında, ISO / TS 16949 güncellemelerinin değerlendirilmesi için 1.700'den fazla yorum alınmıştır. Ek olarak; IATF, Nisan 2016'da İtalya'nın Roma kentinde IATF 16949 Standardı taslağında tedarikçi temsilcileri ile birlikte bir gözden geçirme çalışması yapmış ve standarda son şeklini vermiştir.

2.4.2.2 IATF 16949:2016'daki Yenilikler

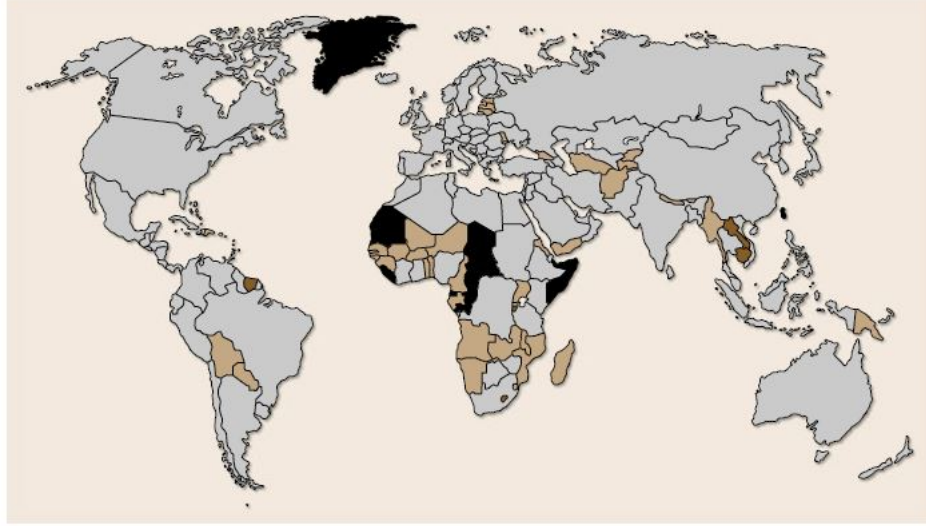
IATF 16949: 2016, gömülü yazılıma sahip ürünler de dahil olmak üzere otomotiv ürünlerinin tasarımı, geliştirilmesi ve üretimi ve varsa montajı ve servisi için kalite yönetim sistemi gereksinimlerini belirtir. IATF 16949: 2016, ISO 9001 ile aynı bölüm başlıklarını ve madde yapısını paylaşır ve 2015 güncellemesinden sonra da diğer yönetim sistemlerini (ISO14001 ve ISO27000 serisi gibi) yöneten standartlara uyum sağlamaya adanmış 10 maddeyle aynı üst düzey yapıyı takip eder. ISO / TS 16949 ve diğer endüstri standartlarının aksine; IATF 16949: 2016, ISO 9001: 2015 metnini içermez ve bu da şartları okumayı ve anlamayı zorlaştırabilir (ISO / TS 16949, ISO 9001 metninden alıntı yapmıştı).

Otomotiv standartlarının Uluslararası Standardlar Örgütü'nden (ISO) ayrılması, otomotiv sektörüne bu standardın tam kontrolünü sağlar.

IATF 16949'un şartlarındaki temel değişiklik; ISO 9001'deki değişikliklerle birleştirilen ISO / TS 16949'daki şartlarla karşılaştırıldığında, "Müşteriye Özel İstekler"(MÖİ) ın eklenmesidir.

Müşterilerine üstün ürün ve hizmetler sunmak için özel şartlar yayınlayan otomotiv ana firmaları ve yayınları;

ISO üyeleri Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.3 ISO üyeleri (gri:üyeler, açık kahverengi: muhabir (correspondent) üyeler, koyu kahverengi: abone (subscriber) üyeler, siyah: üye olmayanlar [25]

BMW Grubu

'IATF 16949: 2016' için BMW Group Müşteri Özel İstekleri - Eylül 2017

Daimler AG

'IATF 16949: 2016' için Daimler AG Müşteri Özel İstekleri - Eylül 2017

FCA ABD LLC

'IATF 16949: 2016' için FCA US LLC Müşteri Özel İstekleri- 08 Temmuz 2019

'IATF 16949' için Alt Katman Tedarikçiler İçin Minimum Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Şartları- Eylül 2017

PPAP 4. Versiyon için Ford Motor Company Müşteri Özel İstekleri, Haziran 2013

PPA US LLC PPAP 4. Baskı ve Hizmet PPAP 1. Baskı için Müşteri Özel İstekleri- 17 Ekim 2016

FCA İtalya SpA

FCA EMEA / LATAM Bölgeleri 'IATF 16949: 2016' için Müşteri Özel İstekleri- 29 Mart 2019

'IATF 16949' için Alt Katman Tedarikçiler İçin Minimum Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Şartları- Eylül 2017

Ford Motor

Ford Motor Şirketi 'IATF 16949: 2016' için Müşteri Özel İstekleri- Mayıs 2017'den itibaren geçerlidir

Alt Katman Tedarikçiler İçin Minimum Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Şartları- Eylül 2017

PPAP 4. Versiyon için Ford Motor Şirketi Müşteri Özellikleri - Haziran 2013

General Motors

General Motors 'IATF 16949: 2016' için Müşteri Özel İstekleri- 1 Haziran 2019'dan itibaren geçerlidir

'IATF 16949' için Alt Katman Tedarikçiler İçin Minimum Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Şartları- Eylül 2017

Groupe PSA - Opel Vauxhall

'IATF 16949: 2016' ile kullanım için Opel Vauxhall Müşteri Özel İstekleri - 1 Mayıs 2018 tarihinden itibaren geçerlidir

Groupe PSA - Peugeot Citroen DS

'IATF 16949: 2016' ile kullanım için Grup PSA Müşteri Özel İstekleri - 1 Mayıs 2018 tarihinden itibaren geçerlidir

Renault Grubu

'IATF 16949' için Renault Grubu Müşteri Özel İstekleri - Temmuz 2017

Volkswagen Grubu

Volkswagen Grubu 'IATF 16949: 2016' ile kullanım için Müşteri Özel İstekleri- Ocak 2018

Formül formunda, değişiklikler şu şekilde tarif edilebilir:

IATF 16949 = ISO 9001: 2015 + MÖİ + 104 IATF Yeni Şartı.

IATF'nin 104 yeni maddesi şunları içerir [26]:

- 13 yeni şart

- 83 IATF 16949 modifikasyonu
- ISO TS 16949'dan 8 maddenin nakli

IATF 16949: 2016'da kabul edilen değişikliklerin bir kısmı, ISO 9001: 2015'te yapılan değişiklikleri içermektedir. Diğerleri ya ISO / TS 16949: 2009'daki varyasyonlar ya da tamamen yeni konulardır. IATF standardında sağlanan temel değişiklikler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Bölüm 4 Kuruluşun Bağlamı

Kuruluşun bağlamı, kalite yönetim sistemlerinin kuruluşların işleyişini etkileyen koşulları yansıtmalarını sağlama ihtiyacını açıklayan yeni bir kavramdır. “Kurumun hedeflerini tanımlama ve gerçekleştirme yaklaşımını olumlu ya da olumsuz etkileyebilecek dış ve iç faktörlerin birleşimidir”. Kuruluşun bağlamını anlamak; kalite yönetim sisteminin kapsamı, prosesler, politikalar, kalite hedefleri, risk ve fırsat tanımının belirlenmesi gibi temel sistem öğelerinin tanımlanması için hayati önem taşımaktadır. IATF 16949'da öngörülen temel değişiklik; ürünlerin ve proseslerin müşteri, yasal ve mevzuat şartlarına (Bölüm 4.4.1.1 and 8.4.2.2) uygun olmasını sağlamanın yanı sıra tedarik zinciri boyunca basamaklandırılmış özel onaylar şeklinde ürün güvenliği ile ilgili şartları(Bölüm 4.4.1.2 Product safety) da sağlamaktır.

Bölüm 5 Liderlik

Hem ISO 9001 hem de IATF 16949, yönetime ek olarak liderliği de vurgulamaktadır. Bu, kuruluşun en azından rüşvetle mücadele politikasını, çalışanların davranış kurallarını ve etik güçlendirme (düdük çalma) politikasını kapsayan bir kurumsal sorumluluk politikası oluşturması ve uygulaması gerektiği anlamına gelir (IATF Bölüm 5.1.1.1 Kurumsal sorumluluk).

Bölüm 6 Planlama

IATF 16949 Bölüm 6.1.2.1'e göre risk analizi; ürün geri çağırmları, ürün denetimleri, saha iadeleri ve onarımları, şikayetler, hurda ve yeniden işleme konularını kapsayacak şekilde genişletilmelidir. Bölüm 6.1.2.3; kuruluşları, üretim çıktılarını korumak ve müşteri şartlarının karşılanmasını sağlamak için tüm üretim prosesleri için iç ve dış risklerin tanımlanması ve değerlendirilmesi ile ilgili verileri içermesi gereken beklenmedik durum planları hazırlamaya mecbur kılar.

Bölüm 7 Destek

IATF 16949; tesis ve ekipman planlarının hazırlanması ve iyileştirilmesinde(Bölüm

7.1.3.1), proses ortamının düzenli bir durumda tutulmasında, temizliğin korunmasında ve ürün ve üretim süreci ihtiyaçları doğrultusunda onarımların yapılmasında(Bölüm 7.1.4.1) kullanılan, risk tanımlama ve risk azaltma yöntemlerini kapsayan multidisipliner yaklaşıma daha fazla önem vermektedir. Kuruluşun dahili laboratuvarının yanı sıra kullandığı harici laboratuvarların belirli bir uzmanlık kapsamı olmalı ve özellikle gerekli kontrolleri, testleri ve kalibrasyonları gerçekleştirme yeteneğini göstermelidir. (Bölüm 7.1.5.3).

Bölüm 8 Operasyon

Ürün ve hizmet tasarımı ve geliştirilmesi tedarik zincirindeki tüm paydaşlar için geçerli olmalıdır (APQP, FMEA, DFM ve DFA, DFSS, DFMA ve FTA araç ve tekniklerinin kullanımı için geçerli kalifiye personel ile multidisipliner bir yaklaşım, Bölüm 8.3.2.1). Ürün spesifikasyonları için yeni ve genişletilmiş şartlar geçerlidir: sınır çizgisi ve arayüz gereksinimleri, alternatif tasarım yöntemlerinin dikkate alınması, risk değerlendirmesi, kuruluşun riskleri azaltma / yönetme yeteneği ve ayrıca yazılım tasarımı, geliştirme ve öz değerlendirme yetenekleri. Dışarıdan temin edilen ürün, proses ve hizmetlere ilişkin olarak; IATF 16949, tedarikçi seçimi kriterlerini ve ayrıca temin edildiği ülkedeki, sevkiyattaki ve müşterinin belirlediği teslimat ülkesindeki yasal ve mevzuat şartlarına uygunluğunu doğrulamak için ürün, malzeme ve hizmet riskinin türü ve kapsamını ve değerlendirmesini içerir(Bölüm 8.4.2.1 and 8.4.2.2). Şart kriterleri, tedarikçi kalite yönetim sistemi geliştirme (Bölüm 8.4.2.3) ve otomotiv ürünüyle ilgili yazılım ve gömülü yazılımlı otomotiv ürünleri (Bölüm 8.4.2.3.1) için geçerlidir.

Bölüm 9 Performans değerlendirme

IATF 16949 şartları; sistemleri, prosesleri ve ürünleri kapsayan kuruluş çapında bir iç denetim programının geliştirilmesi ve devreye alınması için riske dayalı bir yaklaşım oluşturma ihtiyacını güçlendirmiştir. ”Denetim programı, iç ve dış performans eğilimleri ve süreç kiritikliği için risk önceliklerini belirlemelidir.(Bölüm 9.2.2.1-3) ”

Bölüm 10 İyileştirme

IATF 16949, problem çözme için daha spesifik bir şart sunmaktadır (Bölüm 10.2.3). Bunlar, “müşterinin nihai ürün sistemi çerçevesinde entegre organizasyon ürün yazılımının bağlantılarının analizi (Bölüm 10.2.6)” dahil olmak üzere müşteri şikayetlerinin ele alınması ve saha başarısızlık testi analizleridir. IATF, “garanti yönetim sistemi ” için yeni şart benimser (Bölüm 10.5.2). - “ürünleri için garanti vermesi gereken her kurum, bir garanti yönetim süreci hazırlamalı ve uygulamalıdır” (IATF, 2016; ISO 2015, ISO / TS 2009)

IATF 16949: 2016, ISO 9001: 2015'in üst düzey yapısını takip eder ve ISO 9001: 2015 ile birlikte kullanılmalıdır. Bir başka deyişle, gereksinimlere sahip olmak için 2 ayrı belge kullanılmalıdır; IATF 16949, bağımsız bir gereksinim belgesi olarak kullanılamaz.

IATF 16949 "belgelenmiş prosesler" gerektirmeye devam eder. Belgelenmiş bir prosedür gerektiren IATF 16949 maddeleri:

- 4.4.1.2 ürün güvenliği
- 7.1.5.2.1 kalibrasyon/doğrulama kayıtları
- 7.2.1 yetkinlik—ek
- 7.2.3 iç tetkikçi yetkinliği
- 7.3.2 çalışan motivasyonu ve yetkilendirme
- 7.5.3.2.2 mühendislik şartnamesi
- 8.4.2.1 kontrolün türü ve kapsamı—ek
- 8.4.2.2 yasal ve mevzuat şartları
- 8.4.2.4 tedarikçi izleme
- 8.5.6.1 değişikliklerin kontrolü—ek
- 8.5.6.1.1 proses kontrollerinin geçici olarak değiştirilmesi
- 8.7.1.4 yeniden işlenen ürünün kontrolü
- 8.7.1.5 tamir edilen ürünün kontrolü
- 8.7.1.7 uygun olmayan ürünün ayrıştırılması
- 9.2.2.1 iç tetkik programı
- 10.2.3 problem çözme
- 10.2.4 hata önleme
- 10.3.1 sürekli iyileştirme—ek

IATF 16949, ISO 9001: 2015'in aksine bir kalite el kitabına ihtiyaç duymaya devam etmektedir. Artık bir kalite el kitabı,müşteri özel istek'lerinin KYS içerisindeki konumunu belirtmelidir. Kuruluşların herhangi bir müşteri özel isteğini tanımlamak ve ele almak için bir prosesi olmalıdır; çünkü bu, tedarikçilerinin IATF 16949 sertifikasına sahip olmasını isteyen müşteriler için kritik öneme sahiptir.

2.4.3 Ülkelerin Otomotiv Yan Sanayisinin IATF 16949:2016 Sertifikasyon Performansı

Uluslararası Otomotiv Gözetim Bürosu'nun (International Automotive Oversight Bureau-IAOB) 2019 Ekim değerlendirmesine göre dünyada 75,970 sertikalı işletme bulunmaktadır. Çin, bu sertifikaların neredeyse %50'sine sahiptir. Türkiye; Ortadoğu bölgesine göre değerlendirildiğinde 1,051 sertika ile ilk sırada yer alırken, Avrupa bölgesine göre değerlendirildiğinde ise Almanya ve İtalya'dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Sertikalı işletme sayısı 500'den fazla olan ülkeler Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2 IATF 16949:2016 Sertikalı İşletme Sayısı 500'den Fazla Olan Ülkeler

AVRUPA	Almanya	3,048
	İtalya	1,455
	Türkiye	1,051
	İspanya	962
	Fransa	956
	Çekya	777
	Polonya	711
	Birleşik Krallık	599
KUZEY AMERİKA	ABD	3,882
	Meksika	1,898
GÜNEY AMERİKA	Brezilya	1,146
ORTADOĞU	İran	627
ASYA PASİFİK	Çin	37,390
	Hindistan	5,936
	G. Kore	4,971
	Tayland	1,650
	Japonya	1,589
	Tayvan	1,368
	Malezya	547

3

MAKİNE İMALATINDA ÖLÇME ve DEĞERLENDİRMENİN ÖNEMİ

3.1 İmalatta Ölçme ve Değerlendirme

3.1.1 Ölçme Tekniği Temel Kavramlar

Metroloji, ölçüm bilimidir. Doğruluk düzeyi ve uygulama alanına bakılmaksızın ölçüme dayalı tüm pratik ve teorik konuları kapsar. Ölçüm prosesleri, ölçüm yöntemleri ve prosedürleri, enstrümantasyon, kalibrasyon, ölçüm sistemlerinin belirlenmesi, doğrulama, ölçüm doğruluğu, ölçüm hassasiyeti, ölçüm hatası, veri toplama, ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi, istatistiksel değerlendirmelerin oluşumu ve kalite belirlemeleri metrolojinin ana konularıdır [27].

Ölçüm cihazlarının güvenilirliği, mikroelektroniklerin yaygın kullanımı ile aynı oranda artmıştır. Günümüzde, daha hızlı, daha doğru ve daha esnek ölçüm taleplerini karşılamak için ölçüm teknikleri gerekmektedir. Ölçüm sonuçlarının dokümantasyonu da aynı derecede önemlidir. Hassas üretim teknolojisinin geliştirilmesi, daha hassas ölçüm teknolojisine duyulan ihtiyacı beraberinde getirir. Teknolojideki, özellikle ölçüm teknolojisi alanındaki gelişmeler, ölçümün doğruluğuna ilişkin artan taleplerin ana nedeni olmuştur. Mikro ve nanoteknolojiler kullanıldığından, bu doğruluklarda ölçüm işlemlerinin yapılmasını sağlayan cihaz ve cihazların geliştirilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir [27].

19. yüzyılın ortalarında, dünya çapında bir ondalık metrik sisteme duyulan ihtiyaç çok belirgin hale geldi. 1875'te Paris'te, 17 hükümetin Metre Sözleşmesi'nin diplomatik anlaşmasını imzaladığı konferans yapıldı. İmzacılar, kalıcı bir bilimsel enstitü kurmaya ve finanse etmeye karar verdiler ve bunun üzerine Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) kurulmuştur. (Şekil 3.1) [25].

Metrolojide Standardizasyon

Standartlar ölçüm referansları olarak kabul edilir. Metroloji ile ilgili temel standartlar,

bir ölçüm olarak tanımlanan izlenebilirliğin temelidir ve sonuç, kesintisiz bir kalibrasyon zinciri aracılığıyla yapılan bir referansla ilişkilendirilebilir. Uluslararası standartlaştırılmış birimler sistemleri, Metroloji Sözlüğü (VIM), Uluslararası Belirsizlik Ölçümleri Rehberi (GUM) veya Uluslararası Standartlaştırılmış Ölçüm Yönetim Sistemleri [3] kullanılarak sonuçların güvenilirliğinin artırılması sağlanır.



Şekil 3.1 Bureau International des Poids et Mesures(BIPM) [25]

Metroloji, otomotiv, havacılık, makine mühendisliği, yüzey mühendisliği gibi birçok endüstride standartlarını, birim sistemlerini, enstrümanlarını, kalibrasyon prosedürlerini, belirsizliklerini, muayenesini ve kalite kontrol konularını içeren çok önemli bir bilimdir. Bugün olduğu gibi, gelecekte bilimsel araştırmaları destekleyecek teknolojik gelişmelerin yardımıyla metroloji alanında her zaman değerli araştırmalar olacaktır. Ölçümlerin güvenilirliğine ve izlenebilirliğine gösterilen özen her zaman çok önemli olacaktır. Metroloji, kurallarına ve uluslararası standartlara göre yürütüldüğünde, insanlık için çok yararlı ve hayati önemde olduğu şüphesizdir.

Ölçü birimi

Her ölçüm sürecinin ve üretim tekniğinin en önemli koşulu, gerekli miktarlara göre tam olarak tanımlanan birimlerin varlığıdır ve bu birimler, uluslararası olarak belirlenmiş kurallara göre belirlenmelidir. Ölçüm sonuçları, bir miktarın kesin büyüklüğü olan bir “ölçü birimi” ile açıklanabilir. Uluslararası Birimler Sistemi olan SI, metrik sistemin modern şeklidir ve en yaygın kullanılan ölçüm sistemidir. Özel isimler ve sembollerle 22 türetilmiş birimi tanımlayan 7 temel birimden oluşur. Baz üniteler, sistemin tüm ölçüm ünitelerini tanımlamak için kullanılan referansı sağlarken, türetilen üniteler baz ünitelerin ürünleri olup türetilmiş miktarların ölçüsü olarak kullanılır. Türetilmiş birimler, temel ve yardımcı birimlerden cebirsel işlemlerle elde edilen birimlerdir.

Ölçüm belirsizliği

Bir ölçümün belirsizliği, ölçümün gerçek değeri de dahil olmak üzere değer aralığını karakterize eden bir tahmindir. Ölçüm belirsizliği, tüm ölçüm alanları için önemli bir konudur. Tüm ölçümlerde hata vardır. Bir ölçümün hatası bilinemez, çünkü ölçülen miktarın gerçek değerini bilmeden hatayı bilemeyiz.

Ölçüm belirsizliği genel anlamda pek çok unsuru kapsar. ölçüm serilerinden elde edilen büyüklük değerlerinin istatistiksel dağılımını kullanan A tipi ölçüm belirsizliği değerlendirilmesi yöntemiyle, bu unsurların bazıları belirlenir ve standart sapma ile nitelendirilir. Diğer bileşenler ise B tipi ölçüm belirsizliği hesabı yöntemiyle belirlenerek, deneyim ve diğer bilgilere dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonlarından elde edilen standart sapma ile nitelendirilebilir [28].

Standart Ölçüm Belirsizliği

”Standart sapma ile ifade edilen ölçüm belirsizliğidir [28]”.

Bileşik Standart Ölçüm Belirsizliği

”Bir ölçüm modelinin girdi büyüklükleriyle ilişkili bütün standart ölçüm belirsizliklerinin kullanımıyla elde edilen standart ölçüm belirsizliği [28]”.

Bağıl Standart Ölçüm Belirsizliği

”Standart ölçüm belirsizliğinin ölçülen büyüklük değerinin mutlak değerine oranı. Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği: Bileşik standart ölçüm belirsizliğinin birden büyük bir faktör ile çarpımı [28]”.

Kapsam Olasılığı (Güvenilirlik Seviyesi)

”Bir ölçülene ait gerçek büyüklük değerler kümesinin belirli bir kapsam aralığı içinde bulunma olasılığıdır [28].”

Kapsam Faktörü

”Genişletilmiş ölçüm belirsizliğinin elde edilmesi için bileşik standart ölçüm belirsizliği ile çarpılan birden büyük bir sayı [28].”

Belirsizlik Bütçesi

”Ölçüm belirsizliğini, bileşenlerini, bunların hesaplanmasını ve kombinasyonlarını içeren beyan. Bir belirsizlik bütçesi, ölçüm modelini, bu modeldeki büyüklükler ile ilgili ölçüm belirsizliklerini ve tahmini değerlerini, kovaryansları, uygulanan olasılık yoğunluk fonksiyonlarının tipini, serbestlik derecelerini, ölçüm belirsizliği hesabının

tipini kapsam faktörlerini içermelidir [28].”

Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

Ölçümde Belirsizliğin İfadesi Rehberi (GUM), ölçümdeki belirsizliğin değerlendirilmesi ve ifade edilmesi için genel kurallar sağlar. Ölçüm belirsizliği genellikle birçok bileşeni içerir. Bu bileşenlerin bazıları, seri ölçüm sonuçlarının istatistiksel dağılımına dayanarak tahmin edilebilir ve ampirik standart sapmalarla karakterize edilebilir. Diğer bileşenlerin tahminleri sadece ana bilgilere veya deneyimlere dayanmaktadır. Ölçümlerin belirsizliği ilgili uluslararası standartlara göre değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır.

Ölçme belirsizlik değeri, müşteri talepleri doğrultusunda gerçekleşmeyen hiçbir ölçme işlemi kabul edilebilir değildir. Belirsizlik tahminleri; müşterinin talepleri ve mevcut metrolojik unsurların kapasiteleri doğrultusunda, ancak metrolojik hizmeti sunanla müşterisi tarafından birlikte tahmin edildiğinde gerçekçi değerlere ulaşabilmektedir [29].

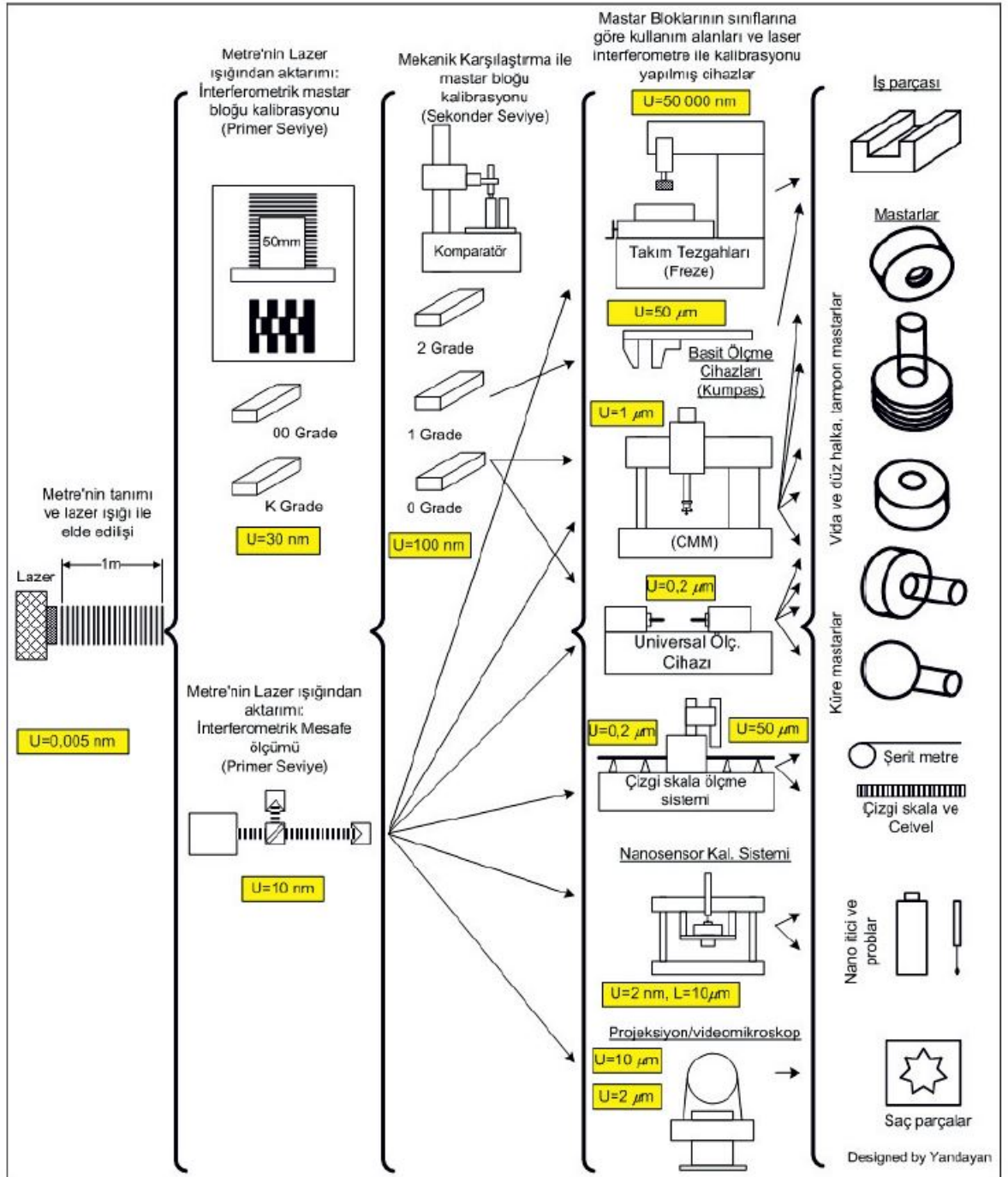
Kalibrasyon

Kalibrasyonun amacı, ekipmanın ne kadarının gerçek değerle hatada olduğunu belirlemektir. Sonuçtaki hata miktarı dikkate alınarak doğru değer elde edilir. Kalibrasyon, bir ölçerde okunan değer ile ölçer boyutu arasındaki ilişkiyi belirleme işlemidir. Muayene ve kontrol ekipmanlarının kalibrasyonu ve kontrolü, üretim sırasında yapılan ölçümlerin uygunluğunu sağlar. Bu güvenliğin sürekliliği, söz konusu ekipmanın düzenli ve tanımlanabilir kalibrasyonu ile sağlanır. Kalibrasyon, ölçüm büyüklüğü tarafından bilinen bir normalite ölçümü ile karşılaştırılarak gerçekleştirilir. Özetlemek gerekirse; kalibrasyon, ilgili standartta açıklanmıştır: belirtilen koşullar altında, bir ölçüm cihazı veya cihaz tarafından belirtilen değerler ile malzeme ölçümü veya referans materyali tarafından belirtilen değerler arasındaki ilişkinin tesis edildiği operasyon serisi.

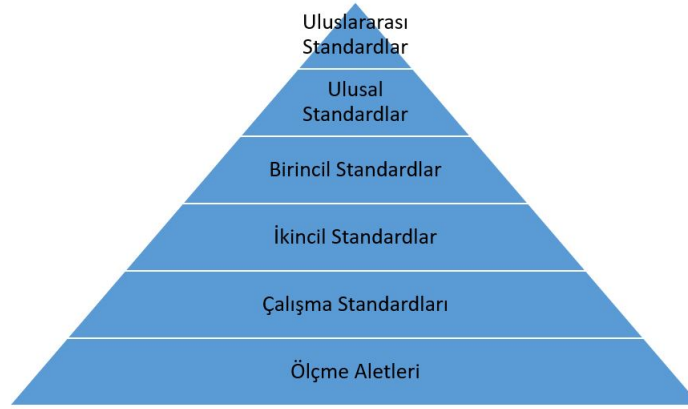
”Belirli koşullarda, ilk aşamada ölçüm standartları tarafından sağlanan büyüklük değerleri ve ölçüm belirsizlikleri ile bunlara karşılık gelen gösterge değerleri ve ilgili ölçüm belirsizlikleri arasında bir ilişkinin oluşturulduğu, ikinci aşamada ise bu bilginin ölçüm sonucunun göstergeden elde edilmesinde kullanıldığı işlemler dizisidir [28].”

Ölçümlerde izlenebilirlik sağlamak için, Şekil 3.3’deki kalibrasyon hiyerarşisi dikkatle izlenmelidir [27].

Uzunluk ölçümleri için izlenebilirlik zinciri Şekil 3.2’te gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Uzunluk ölçümleri izlenebilirlik zinciri(%95, k=2) [28]



Şekil 3.3 Kalibrasyon hiyerarşisi/izlenebilirlik piramidi [28]

Doğrulama

”Bir ögenin belirtilen şartları sağladığını gösteren açık kanıtların elde edilmesi [28].”

Ölçüm Hatası

”Ölçülen büyüklük değeri ile referans büyüklük değeri arasındaki farktır [28].”

’Ölçüm hatası’ kavramı iki durum için kullanılabilir:

1. Başvurulacak tek bir referans büyüklük değeri olması durumunda, öyle ki, bir ölçüm standardı kullanılarak gerçekleştirilen kalibrasyon sonucu elde edilen ölçülen büyüklük değerinin ihmal edilebilir bir ölçüm belirsizliğine sahip olması veya kabul edilen bir büyüklük değerinin verilmesi halinde, ölçüm hatası bilinmemektedir.
2. Ölçülenin, tek bir gerçek büyüklük değeri veya ihmal edilebilir bir aralık içerisinde gerçek büyüklük değerler kümesi ile ifade edildiği durumda ölçüm hatası bilinmemektedir.

Ölçüm Doğruluğu

”Ölçülen büyüklük değeri ile ölçülenin gerçek büyüklük değeri arasındaki uyuşmanın yakınlığı. Ölçüm doğruluğu kavramı bir büyüklük değeri ve bir sayısal büyüklük değeri ile gösterilmez. Ölçüm hatası küçüldükçe, ölçümün daha doğru olduğu söylenilir [28].”

Ölçüm Kesinliği

”Belirli koşullar altında aynı veya benzer nesneler üzerinde tekrarlanan ölçümler

ile elde edilen göstergeler veya ölçülen büyüklük değerleri arasındaki uyuşmanın yakınlığıdır [28].”

Sistematik Ölçüm Hatası

”Ölçüm hatasının tekrarlanan ölçümlerde sabit kalan veya tahmin edilebilir şekilde değişen bileşenidir [28].”

Rastgele Ölçüm Hatası

”Tekrarlanan ölçümlerde tahmin edilemez bir şekilde değişen ölçüm hatası bileşeni. Rastgele ölçüm hatası için referans büyüklük değeri, aynı ölçülen üzerinde sonsuz kere tekrarlanan ölçümlerin ortalamasıdır [28].”

3.1.2 İmalat Sanayisinde Kullanılan Ölçme Aletleri

Temel Ölçme Cihazları

Temel ölçme cihazları endüstride yaygın kullanıma sahip boyut ölçüm cihazlarıdır. Bazı fabrikalarda binlercesi aktif olarak kullanılmaktadır. İmalat anında üretilen parçanın üretim toleransları içerisinde olup olmadığının kontrolünde veya imalattan sonra üretilen parçanın, hassas ölçümlere başlamadan önce ilk kontrolünde yaygın olarak kullanılırlar [28].

Temel Ölçme Cihazları:

1. Mikrometre
2. Kumpas
3. Mihengir
4. Ölçü Saati(Komparatör)

Mikrometre

Vidalı bir milin sabit bir ünite içerisinde hareket ederek ilerlemesi prensibi ile imal edilmiş temel ölçüm cihazlarıdır. En yaygın kullanılan mikrometreler, dış çap mikrometreleridir. Farklı tip mikrometreler Şekil 3.4’te gösterilmektedir.

0-100 mm aralığında üretilmiş mikrometreler en yaygın kullanıma sahip olan mikrometrelerdir. Bununla birlikte, aynı tür mikrometlerin bile farklı yapıda üretilmiş olanları ile karşılaşmak mümkündür. Üretim kolaylığı, ucuz maliyet ve dayanıklı

olmasından dolayı gövde; dökme demir veya çelikten, ölçüm mili ve sabit çene ise çelikten imal edilmektedir [28].



Şekil 3.4 Farklı tip mikrometreler [28]

Kumpas

Boyut ölçümlerinde kullanılan en basit ve temel ölçü aletleridir. Sabit bir çeneye ait kızak üzerinde hareket eden skalalı bir hareketli çeneden oluşur. Kumpaslar, çoğunlukla çelik malzemedir, 3000 mm'ye kadar üretilir [28].

Farklı tip kumpaslar Şekil 3.5'te gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Kumpaslar [28]

Mihengir

Kumpasa benzer olmakla birlikte dik çalışırlar ve sabit çene olarak zemini kullanırlar. Kumpaslar gibi mihengirler de çoğunlukla çelik malzemedir ve 3000 mm'ye kadar üretilirler [28].

Farklı tip mihengirler Şekil 3.6'da gösterilmektedir.

Ölçü Saati(Komparatör)

Ölçü saatleri, yapısal özelliklerine göre ölçü piminin hareketini farklı

konfigürasyonlardaki dişli çark mekanizmaları ile büyüterek, dönen bir skalaya yansıtan mekanizmalardır. Kullanım kolaylığı ve uygulama çeşitliliği sayesinde imalat sırasında yaygın olarak kullanılırlar. Türleri, kullanılacak yere ve uygulamaya göre değişkenlik gösterir.



Şekil 3.6 Farklı tip mihengirler [28]

Farklı tip komparatörler Şekil 3.7’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Farklı tip ve şekildeki komparatörler [28]

3.1.2.1 Geometrik Standartlar ve Form Ölçümleri

Çap, Boşluk ve Vida Standartları

Boyutsal metrolojide master bloklarından sonra metrenin endüstriyel uygulamasında kullanılan en temel referanslar çap standartlarıdır (Şekil 3.8). Çap standartları; laboratuvarlara ait ölçüm cihazlarının ilk ayar işleminde ve ayrıca, imalat atölyesi veya fabrikalarda elle alıştırma metoduyla parçaların seri olarak kontrol edilmesi amacıyla kullanılırlar [28].

Çap standartları konusunda ilk akla gelen masterlar; halka ve tampon masterlar

olsa da, küre ve pim masterlar da bu grupta sayılabilecek masterlardır (Şekil 3.9) . Ayrıca, halka-tampon masterların yanında yaygın kullanıma sahip vida halka-tampon masterları da çap standartları içerisinde sayılmalıdır [28].



Şekil 3.8 Çap standartları [28]

Çap standartları, kullanım özelliklerine göre değerlendirildiklerinde referans masterlar ve atölye masterları olmak üzere iki temel gruba ayrılırlar.

”Referans masterlar (Şekil 3.9), hassas olarak imal edilmiş ve ölçüm cihazlarının ilk ayar işleminde kullanılan, metre biriminin taşınmasını ve endüstriye aktarılmasını sağlayan temel masterlardır. Bu masterlar için önemli olan çap değerlerinin düşük bir belirsizlikle bilinmesidir. Bu sebeple üretilirken belirli bir çap tolerans aralığına göre üretilmezler. Çap değerinin düşük bir belirsizlik ile belirlenmesindeki en kritik nokta, masterın sahip olduğu (üretimden kaynaklı) form hatalarıdır (Yuvarlaklık, silindiriklik vb.). Formu; ideal forma en yakın şekilde üretilen referans masterların çap ölçümü için verilen belirsizlik değerleri, diğer masterlara göre belirgin bir şekilde daha düşük olur. Bu da çap değerinin bilinmesindeki kesinliği ve hassasiyeti artırır [28].”



Şekil 3.9 Halka, küre ve pim masterlar [28]

Halka-tampon (düz, vida) veya pim masterların imalatlarında, çelik en çok tercih edilen malzeme olmakla beraber; küre masterlar, seramik veya safirden imal edilirler. Bunun nedeni, küre formunun en düzgün elde edilebildiği malzemelerin seramik veya safir malzemeler olmasıdır.

Atölye Masterları

”Atölye masterları: İmalat atölyeleri ve fabrikalarda üretilen parçanın; imalat toleransları içerisinde olup olmadığını ölçmeden, elle alıştırma yöntemiyle kontrol etmek amacıyla kullanılan masterlardır [28].”

Genellikle, halka tampon veya pim masterı formunda çelikten imal edilirler. Bu grupta referans masterlardan farklı olarak çatal masterlar da yer almaktadır. Çatal masterlar, seri imalat sırasında imal edilen parçaların istenilen tolerans değerleri içerisinde olup olmadıklarının hızlı ve güvenilir bir biçimde kontrol edilmesini sağlar. Halka masterlar ile kontrol edilmesi mümkün olmayan mil sistemleri de çatal masterlar ile kontrol edilirler.

Atölye masterlarının (Şekil 3.10) çap değerleri, kontrol edilen parçanın toleranslarından daha küçük toleranslar ile imal edilir. Atölye masterları, kontrol edilecek çap aralığını (delik veya mil) tarayabilmesi için; o aralığın içerisine girebilecek (geçer masterlar) veya girmeyecek (geçmez masterlar) şekilde, kontrol edilen parçanın toleranslarından daha küçük toleranslar ile imal edilir.

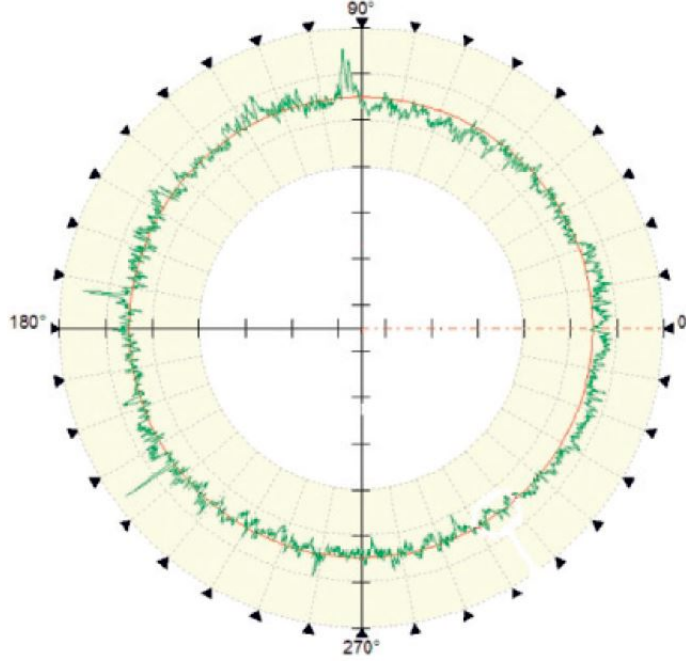


Şekil 3.10 Atölye masterları [28]

Atölye masterı, 'Geçer' ve 'Geçmez' bölüm olmak üzere iki kısımdan oluşur. İmalattan sonra kontrol edilecek parçanın el ile alıştırma yöntemiyle kontrolü sırasında, masterın 'Geçer' kısmı ile yapılan denemede imal edilmiş olan parçaya (eğer istenilen toleranslarda üretilmiş ise) rahatlıkla geçmesi beklenirken, masterın 'Geçmez' kısmının geçmemesi beklenir. Tolerans dışı imal edilen parçalar, yukarıda anlatılan uygulamanın tersine uygun davranacakları için kolay tespit edilip rahatlıkla ayırt edilebilirler.

3.1.2.2 Form Ölçümleri

Form ölçümleri, cisimlerin yüzeylerinin ideal geometrik şekillerden sapmalarını belirlemek amacıyla yapılır. Örneğin; yuvarlaklık ölçümü, cismin bir kesitinin ideal bir çemberden sapmasını; doğrusalık ölçümü ise yüzeyin ideal bir doğrudan sapmasını ifade eder (Şekil 3.11).



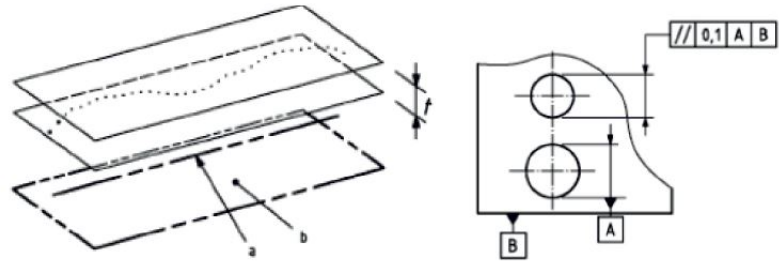
Şekil 3.11 Bir silindir veya kürenin yuvarlaklık profili (radyal sapmalar yüzlerce kez büyütülmektedir) [28]

İmalat sanayiinde form ölçümleri büyük öneme sahiptir. İmal edilen parçaların boyut ve montajdaki konumlandırma tamlığı sağlanmış olsa da, eğer formu kabul edilebilir hata sınırları içerisinde değilse, parça fonksiyonunu yerine getiremeyebilir. Ayrıca, boyut ölçümlerinin güvenilirliği için de form ölçümlerine gerek duyulmaktadır. Bu nedenle, ölçümlerin hassasiyetle tatbik edilmesi gerekir.

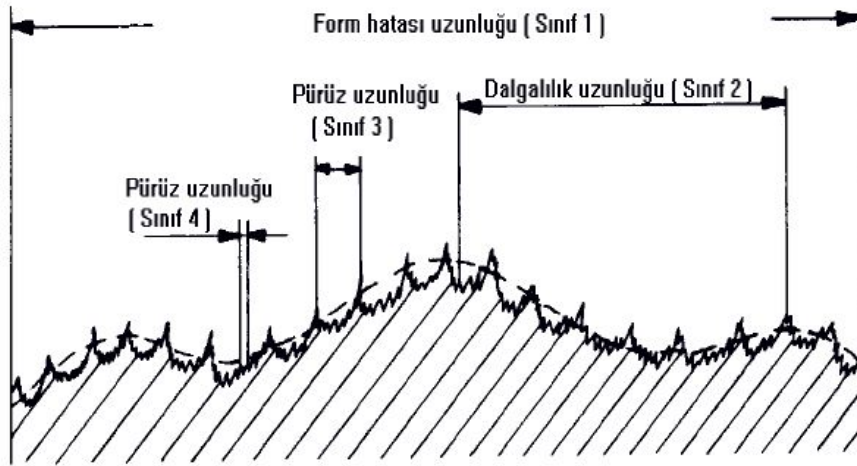
Form ölçümleri, cisimlerin yüzey yapısının makro ölçekte incelenebilmesi amacıyla yapılmaktadır. Yüzeyde alınan ölçümler ile yüzeyin profilleri elde edilir ve bu profillerde pek çok form parametresi hesaplanabilir. Örneğin; yuvarlaklık, doğrusalık, paralellik ve diklik yaygın olarak hesaplanan form parametreleridir.

Paralellik parametresi ve teknik resimde gösterilişi Şekil 3.12’de gösterilmektedir.

Temelde form ve pürüzlülük ölçümleri benzer prensiplere sahip olmakla birlikte; aralarındaki en önemli fark, yüzey düzensizliklerinin dalga boylarının farklı mertebelerde olmasıdır (Şekil 3.13). Yüzey hassasiyet dereceleri ve bu dereceleri ölçebilecek ölçme cihazları Şekil 3.14’te gösterilmektedir.

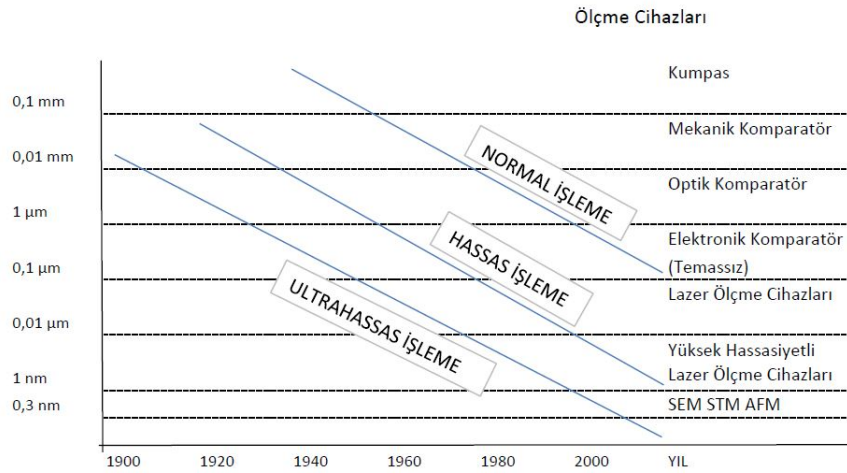


Şekil 3.12 Paralellik parametresi ve teknik resimde gösterimi [28]



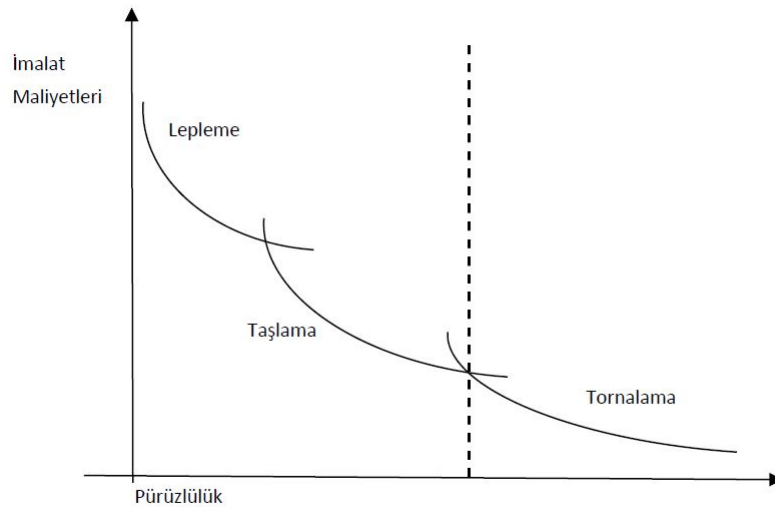
Şekil 3.13 Sınıf 1'den 4'e kadar yüzey sapmaları [28]

Yüzey topografyası karakterizasyonu tasarım, üretim ve fonksiyonu birbirine bağlar [25].



Şekil 3.14 Yüzey hassasiyet dereceleri [30]

İmalat maliyetleri, parça pürüzlülüğü ve pürüzlülüğü oluşturan imalat yöntemlerinin ilişkisi Şekil 3.15'te gösterilmektedir.



Şekil 3.15 Yüzey ölçme ve imalat [30]

Form ölçümleri için kullanılan cihazlar [28]:

- Form ölçüm cihazları
- Özel form ölçüm cihazları (Ör: dişli ölçümlerine yönelik, krank mili ölçümlerine yönelik)
- Koordinat ölçüm cihazları

- Kontur ölçüm cihazları
- Profil projektörler

3.2 Gelecekteki İmalat ve Metroloji

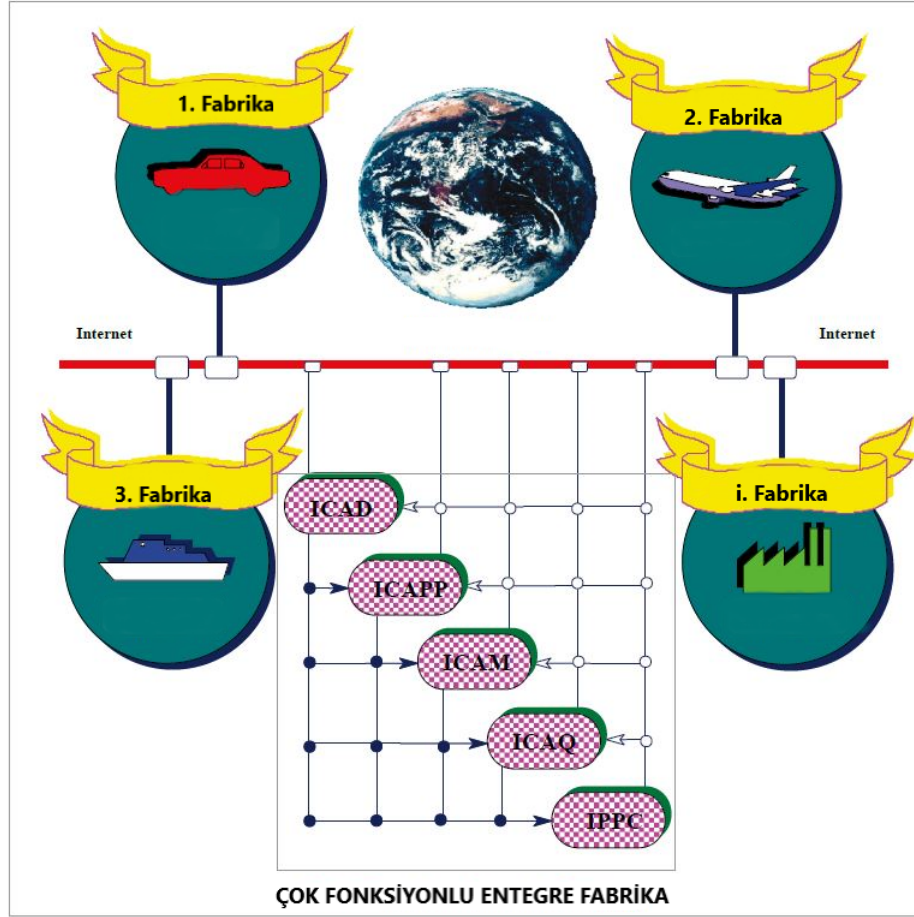
Pazardaki güncel değişiklikler; müşterilere uyarlanmış kalite iyileştirmeleri, artan verimlilik ve güvenilirlik, kaynakların ve enerjinin daha verimli kullanılması ve çevrenin korunmasının sağlanması gibi konularda 'Akıllı Entegre Üretim'i (Intelligent Integrated Manufacturing-IIM-) gerekli kılmıştır. IIM; yalın üretim, eşzamanlı mühendislik, ortak ürün veri modellerinin kullanımı, eşzamanlı veri iletişimi gibi modern üretim teknolojileri ve tasarım/üretim/kalite sistemleri arasındaki veri iletişimi hususlarında süreçlerin optimal bir şekilde yönetilmesine izin vermiştir [7].

Modern Entegre Yönetim Sistemi (Modern Integrated Management System -MIMS-) imalat işletmelerinde ve özellikle de gelişmiş imalat ortamlarında önemli bir yer tutar. Bu sistem aynı zamanda gelecek nesil fabrikalarda da temel ve en önemli rolü oynaması beklenmektedir. Gelecekteki amaç; imalatın, kalite yönetimi ve kalite güvencesinin otonomlaşmasına dayanan 'akıllı üretim sistemleri' (Intelligent Production System-IPS-) ile gerçekleşmesini sağlamaktır. Bu; eşzamanlı, etkileşimli, işbirlikçi, modüler, bütünleştirici, öğrenen, otonom, kendini optimize eden ve kendini düzenleyen fonksiyonlar gibi özelliklere sahip olacaktır.

Herkesin gelecek nesil fabrikalar ve "endüstri 4.0" gibi kavramlar hakkında çok fazla düşündüğü ve yazdığı bu zamanlarda, makine mühendisliği alanındaki üretimin gelişimine dair çalışan bir örnek sunulmalıdır. Bu, özellikle modern işletmelerin gelecekteki konforlu günlük yaşam için üst düzey talepleri karşılaması için inovatif konsept ve model temelinde mümkün olacaktır. İmalat işletmeleri, ürün talep değişikliklerine hızla cevap verebilecek kadar esnek ve atik olmalıdır ve bunun için de gelecekteki üretim sistemleri için yeni modeller ve yapılandırmaların araştırılması gerekir.

Çok fonksiyonlu entegre fabrikaya (Multi Functioned Integrated Factory -MFIF-) dayalı önerilen yeni model, gelecekteki işletmeler için inovatif bir konseptir. Bu konsept; akıllı entegre üretim teknolojisi, internet, ileri mühendislik veri değişim teknikleri ve akıllı entegre yönetim sistemlerini kullanarak yakın gelecekte müşteriye yönelik çok fonksiyonlu ürünler üretmek için uygun maliyetli, atik ve optimum yollar sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Veri iletişimi ve veri değişimi gelecekteki üretimin gerçekleştirilmesinde temeldir; uygun veri iletişimi olmadan, üretim sistemleri ve CAD, CAM, CAQ vb. verimli olmayacaktır. İnternet, DCE ve paralel işleme teknolojileri

ve gelişmiş ürün verisi gösterimi ve değişimi modeli STEP sayesinde, örneğin; otomobil, uçak ve gemi üreten fabrikalar, ihtiyaca göre, her üç fonksiyonun da bulunduğu yeni bir fabrika türü oluşturmak için birbirine bağlanabilir. Şekil 3.16'da bu durum görselleştirilmiştir [7].



Şekil 3.16 MFIF modeli [7]

Ürün (Multi Function Product-MFP-), her biri farklı fonksiyonlara sahip uygun fabrikalarda, üretilmesi gerektiği şekilde üretilecek ve daha sonra montajlama işlemi yapılacaktır. Bu modeldeki fabrika, multi-fonksiyonluluğun avantajlarını kullanarak çalışır. Yüksek verimli ve atık olarak; düşük maliyetli ve müşteri odaklı olan multi fonksiyonlu ürünler üretir. Yeni nesil imalatçıların; teknoloji geliştiricileriyle işbirliği, üretim ortamlarındaki otonomasyonluk ve metroloji trendlerine çözümler geliştirmek için vazgeçilmez bir gereklilik olmuştur.

İmalat sistemi içerisinde ve akıllı kalite güvencesine dayalı; kalite, çevre, enerji, sağlık ve güvenlik (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 50001:2011, ISO 31000:2009, OHSAS 18001:2007) gibi modern entegre yönetim sistemleri, süreçte hatalardan kaçınma ve ortaya çıktıktan sonra mümkün olan en erken zamanda keşfetme fırsatı sağlar. Mevcut durumda; kalite güvencesi ve otomasyon, endüstriyel üretimin

tasarımında temel görevleri yerine getirmektedir.

Kendini geliştirebilme yeteneğiyle öğrenme, 'Sıfır Hata' 'ya giden yolu mümkün kılar. Proses zincirinde kalitenin denetlenmesinin yanı sıra, bilgi ve yapay sinir ağı tabanlı öğrenme yönetim sistemi aracılığıyla optimizasyon da geliştirilmiştir. Yöntem MFIF'de kullanılabilir ve hatalardan aşamalı olarak öğrenmeye ve prosesleri sürekli iyileştirmeye izin verir.

Akıllı Kalite sisteminde 'Bulanık Mantık'; Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) için, ölçüm cihazlarının bakımının izlenmesi ve tahmin edilmesi için, CAD için ve tolerans/ kalite planlaması için uygulanacaktır.

Eş zamanlı, etkileşimli ve ilişkisel kalite yönetimi ve kalite güvencesini sağlamak ve kalite güvence sürecini kendi kendine optimize etmek için; öğrenme metodolojisi, kalite güvence süreçleri için kullanılmalı ve MFIF fabrikalarının Akıllı CAQ (Intelligent -ICAQ-) bileşenleri tüm proses adımlarını birbirine bağlamalıdır. Bu sayede, MFP'nin üretimi için kalite yönetimi ve güvence bilgileri, tasarım değiştiğinde veya MFP üretim işlemlerinden birinde kalite güvence aktiviteleri değiştirildiğinde otomatik olarak yenilenir [7].

MFIF'teki ortak çalışma yöntemi, yalnızca elektronik veri alışverişi işlevini değil, aynı zamanda çevrimiçi etkileşimli bir çalışma işlevini gerçekleştirme ve aynı ürün modelini ortaya çıkaran farklı yerlerde ve heterojen sistemlerde çalışma hedefine sahiptir. Bu tür bir işlem, modern veri iletişim teknolojileri ve yukarıda açıklandığı gibi akıllı kalite yönetimi ve kalite güvencesi ile garanti altına alınacaktır. MFP'nin tasarım çalışmasının, tasarım kalitesi ve kalite güvencesi veri alışverişinde belirtilen teknikler kullanılarak garanti edilebilir.

ICAM sisteminde; kalite yönetimi ve kalite güvence bilgisi ve programları aynı anda, etkileşimli ve işbirliğine dayalı olarak takas olacak ve modifiye edilecektir. Sistem, uygun fonksiyonel kalite güvence görevlerine göre otonom bir şekilde çalışır ve tüm imalat kalitesi faaliyetlerini ve birimlerini en uygun fabrikalarda en iyi şekilde organize eder. Sistem; ICAM birimlerinin kalite güvence kısımları, proseslerden prosesleri öğrenerek tüm üretim süreci kalite güvence parametrelerini sürekli olarak iyileştirir [7].

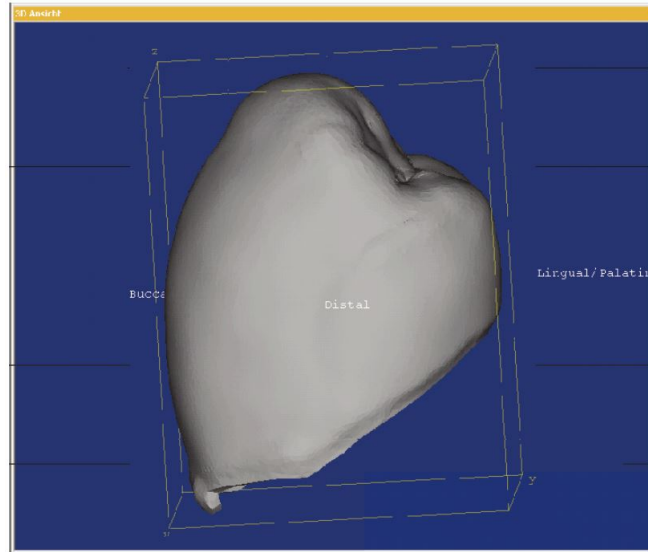
Tüm bu özelliklerin akıllı bir kalite yönetimi ve güvence yapısında uygulanması çetin bir iştir. Dağıtılmış, merkezi olmayan, kendi kendine organize olmuş ve kendi kendine optimize edilmiş konseptler bu amaç için ana yaklaşım olacaktır.

MFIF'deki her işletmenin entegre ve akıllı bir üretim ortamı vardır. Her işletme;

örneğin, ürünü test etmek veya karmaşık ürün modellerini serbest biçimli yüzeylerle taramak ve dijitalleştirmek için ICMM(akıllı koordinat ölçme makinesi) içeren tümleşik IQS sistemini kullanır. Burada amaç; ürünün dijital modelini elde etmek, ICAD sisteminde modifiye etmek ve daha sonra atölyede makine merkezi tarafından son ürünün üretimi için yeni bir modifiye edilmiş serbest biçimli yüzey modeli ve NC programları oluşturmaktır.

Akıllı 3D metroloji, endüstrinin esnek ve yüksek doğruluk talepleri dikkate alındığında esastır. Bu şekilde; metroloji, yüksek kaliteli sonuçlar gerektiren karmaşık boyutsal ve geometrik sorunlara çözüm sunar. Ölçüm sistemleri ve uygun parametrelerin belirlenmesi için ölçüm stratejisi, zaman, maliyet ve önceden belirlenmiş proses stabilitesinin ölçülebilir ve korelasyonlu parametreler ile belirlenmesi ele alınmıştır. Şimdilerde, minimum miktarda ölçülmüş nicel parametre (iş parçasının işleviyle ilişkilendirilmelidir) önemlidir.

Akıllı 3B ölçüm sistemleri (örneğin, ICMM) tasarım ve üretim ağları kullanarak bağlanır. Amaç akıllı tasarım, üretim ve kalite sistemlerinde depolanan verileri karşılıklı olarak kullanmak ve veri paralel işlemeyi gerçekleştirmektir. Şekil 3.17, bir dişin 3B ölçüm ile 3 boyutlu CAD modelinin oluşturulmasını göstermektedir.

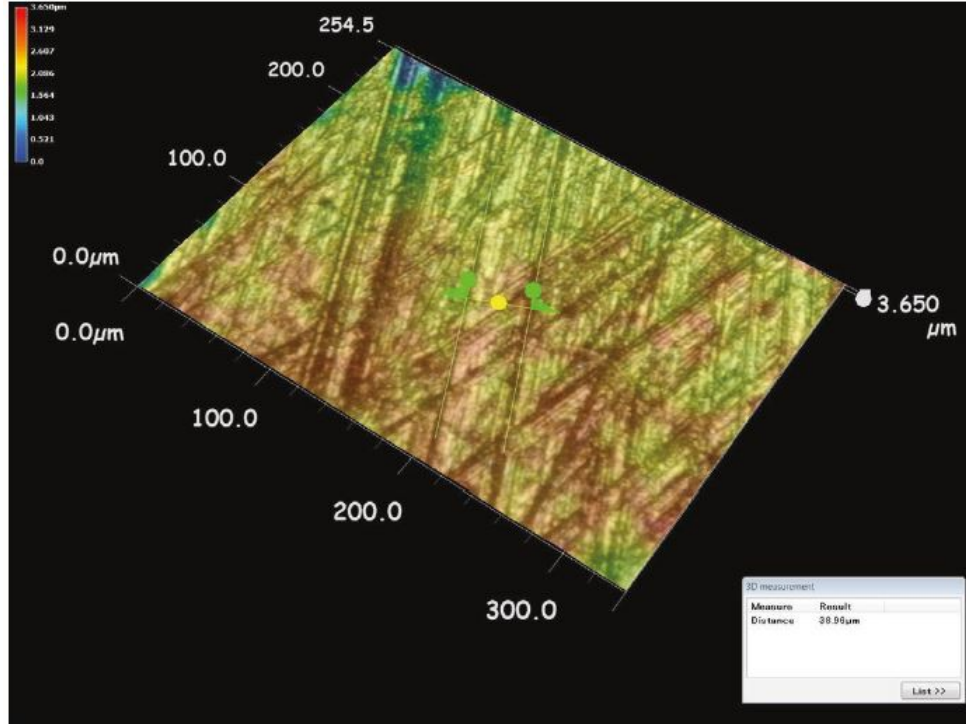


Şekil 3.17 Bir dişin 3 boyutlu lazer tarayıcı ile 3 boyutlu CAD modelinin oluşturulması [7]

Nihai ürünün, uygulamada işlevsel gereksinimlerini karşıladığından emin olmak için imalatçı firmaların tasarım yaklaşımlarını temelden değiştirmeleri ya da geliştirmeleri gerekmektedir. Bu; gerçekleştirilmesi zor bir kavram olabilir ve seçilen malzemelerin ve üretim verimliliğinin hesaba katılarak, tasarım ve üretim sırasında uygulama işlevselleğinin tezahür etmesini sağlamak için gerekli parametreleri sağlamak fonksiyonel testlerde önemli bir masraf olabilir. Teknik bir parçanın uygunluğunu

belirlemede en önemli parametreler uyumluluk, fonksiyonellik, performans ve korozyon direncidir.

Aşınma, sürtünme ve minyatürleşmenin hassas değerlendirilmesi için nanometre ölçekli yüzey yapıları, ince film biriktirmeli yüzeyler ve yeni imalat araçları, ölçüm cihazları ve tekniklerinin kullanılması ile sağlanan ultra hassas yüzey işlemleri gereklidir. Bunlar; yüzey desenlerinin mikro ve nanofabrikasyonu, lazer işleme sonucu oluşmuş topografiler, fotolitografik teknikler ve teknik yüzeylerde 10 nm ila 100 μm arasında değişen boyutlarda kontrollü yapılar üreten elektron ışını ve koloidal litografi yöntemleri olarak örneklendirilebilir. Bu güçlü enstrümanlar nanometrolojide ölçüm kabiliyeti sağlar. Halihazırda 3B yüzey ölçümünün; aşınma, girinti, topografya, temas sorunları ve yüzeylerin işlevsel davranışı gibi birçok yüzey analizi alanında önemli bir enstrüman olduğu kanıtlanmıştır. Şekil 3.18, honlanmış bir yüzey dokusunun incelenmesini göstermektedir [7].



Şekil 3.18 3 boyutlu ölçüm ve honlanmış yüzey dokusunun fonksiyonel gereksinim için incelenmesi [7]

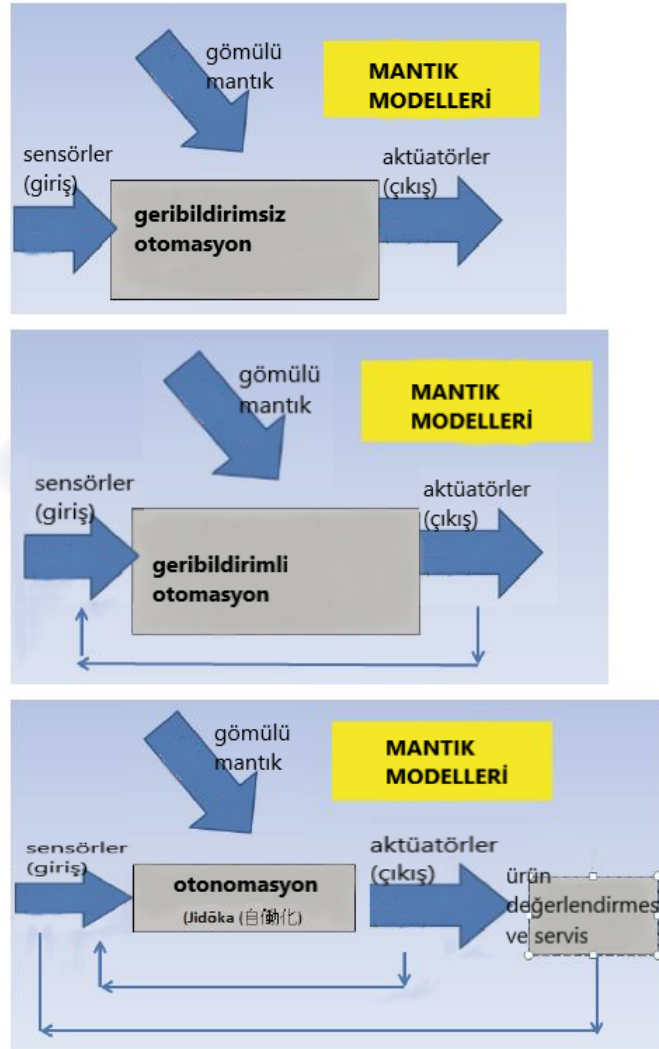
Fonksiyonla ilgili veri toplama ve el kitapları tasarım mühendislerini destekler. Ancak, birçok ürün böyle tasarlanmamış ve test edilmemiştir. Yine de; detaylı fonksiyonel testlerin yapıldığı örnekler de vardır ve bunlar; hassas cihaz mühendisliği konusu olan mikro bileşenlerin ve nano yapıların üretimi, havacılık bileşenlerinin ve otomobil motorlarının üretimi ve tıbbi cihazların hassas testleri olarak örneklendirilebilir.

Bir iş parçasının fonksiyonel ihtiyaçlardan dolayı türetilen işlevsel özelliklerine

göre; geometrik özellikler, tasarım aşamasında ayarlanacaktır. Bir tesiste; ürünün gerçekleştirilmesine yönelik bu ilk adımda, bir parçanın bir dizi özelliğinin izin verilen sapma alanı belirtilecektir. Bu; imalat süreçlerine, imalat için izin verilen sınırlara ve iş parçasının uygunluk tanımına uygun olarak yüksek bir kalite seviyesi oluşturacaktır.

Akıllı ölçüm tekniği, imalattaki kalite kontrol döngülerini kapatır. Çünkü bir analizle; olası reddetme nedenlerini erkenden tanımak, imalat proseslerinin iyileştirilmesini ve önleyici düzeltmelerin getirilmesini sağlar. Deneysel değerler ve geometrik sapmalara dair uzman bilgisi, anlamlı stratejilerin keşfedilmesini kolaylaştırır.

Şekil 3.19, gelişmiş üretim sistemleri içindeki otonom bir imalat sürecinin temel yapısını göstermektedir.



Şekil 3.19 Otomasyondan otonomasyona [7]

Günümüzde sensörler ve metrolojideki yeni gelişmeler, otonomasyon zorluklarını başarılı bir şekilde ele almayı ve Endüstri 4.0'da birleşen tüm teknolojilerin

olanaklarını artırmayı sağlıyor. Tüm proseslerde otonom imalat, sıfır hurda açığa çıkmasını ve akıllı kalite güvencesi için %100 metrolojik muayenenin otomasyonunu içerir. Otonomasyon; bu bağlamda, imalat süreci otomasyonunun tarihsel gelişiminde niteliksel bir değişikliktir.

Yeni nesil imalat endüstrisi; imalat zorluklarının üstesinden gelmek, kaynakları daha verimli kullanmak, iyileştirilmiş proses kontrolü sağlamak, daha iyi ürün homojenliği elde etmek, daha az atık oluşturmak, daha fazla güvenlik sağlamak ve diğer sürdürülebilir faydalar için hassas ölçüm sistemlerini geometrik şartname (geometrical specification) ve otomasyona entegre etmelidir.

Gelecekte tüm ürün imalat proseslerinde akıllı metrolojiye dayalı entegre yönetim sistemi süreçleri kullanılacaktır. Günümüzdeki zorluk; otonomluk konseptlerini, metrolojik teknolojilere izin veren ve telebulunma (telepresence) imalat proseslerini, yalnızca büyük imalat komplekslerinde değil, aynı zamanda KOBİ'lerde de endüstri 4.0'a entegre eden yeni sensörlerin olanaklarıyla yaratıcı bir şekilde uygulamaktır.

Sensör teknolojisi ve robotik, otonomluk konseptinin pratik uygulamasında kilit unsurlardan ikisidir. Yeni sensör teknolojileri, çok işlemcili metrolojiye ve endüstriyel proseslere uygulanan 'yapay görme'ye (machine vision) önem vererek otomasyonun güçlendirilmesini sağlar. Bunun yanı sıra, 'Çok Fonksiyonlu Akıllı Ölçüm Robotları' (MFI-MR) gibi metrolojik robotlar, otonomluğun dinamik ve akıllıca uygulanmasını sağlar [7].

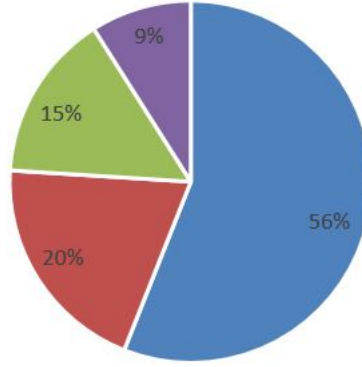
3.3 Otomotiv Endüstrisinin Geleceği

Gelecekteki otomobil için otomotiv endüstrisinin ana konuları; elektrikli araçlar ve pil teknolojilerinin gelişip daha yaygın kullanımı, otonom araçlar, paylaşımlı araçlar ve daha çevreci araç teknolojilerinin oluşturulması olarak düşünülmektedir. Özellikle otonom araçlarda, ağırlıklı olarak yazılım şirketlerinden oluşan yeni oyuncular rekabet içerisinde yer kazanmaya başlamıştır ve durum beraberinde ana sanayi firmalarının bu yeni oyuncularla ortaklıklarını getirmiştir.

Otomotiv endüstrisindeki bu yeni trendler ışığında; özellikle geleneksel içten yanmalı motor odaklı çalışmakta olan tedarikçilerde, akü hücresi, kaplama ve elektrik motorları konusunda ana sanayiler ile işbirliği halinde, Ar-Ge faaliyetlerinde artış yaşanacağı beklenmektedir.

Ana sanayi ortaklıklarının %56'sı otonom araçlar, %20'si bağlantılı araçlar, %15'i paylaşımlı araçlar ve %9'u ise elektrikli araçlar üzerinedir (Şekil 3.20) [31].

■ otonom araçlar ■ bağlantılı araçlar ■ paylaşımlı araçlar ■ elektrikli araçlar



Şekil 3.20 Ana sanayi ortaklıkları [31]

Önümüzdeki döneme hazırlanmak için yazılım yetkinlikleri edinmek veya ortaklık anlaşmaları yapmak endüstri oyuncuları arasında gitgide yaygınlaşıyor. Bunun arkasındaki sebep, satışta hızlı büyüme veya coğrafi genişleme benzeri alışık olunan sebeplerden farklı sebeplere dayanıyor. Birleşme ve satın alma faaliyetleri; mevcut ürünlerin geleceğe uyumlu hale gelmesini sağlamak amacıyla, elde edilen bilgi birikimi kullanılarak, yazılım ve elektrik/elektronik yoğun alanlara odaklanıyor. Tarihsel olarak da maliyet liderliğine yatırım yapan şirketler, endüstri konsolidasyonu vasıtasıyla ölçek ekonomisine ulaşmak için her zaman birleşme ve satın almaya yönelmiştir. Bu birleşme durumuna güncel bir örnek olarak, PSA Group'a ait olan Fiat Chrysler ve Peugeot'nun 31 Ekim 2019 tarihindeki şirket açıklamasına göre birleşmesi gösterilebilir. Bu operasyon, dünyanın üçüncü büyük otomobil üreticisini yaratarak, elektrikli ve otonom araç geliştirmenin yüksek maliyetinin paylaşılmasını sağlayacaktır [31].

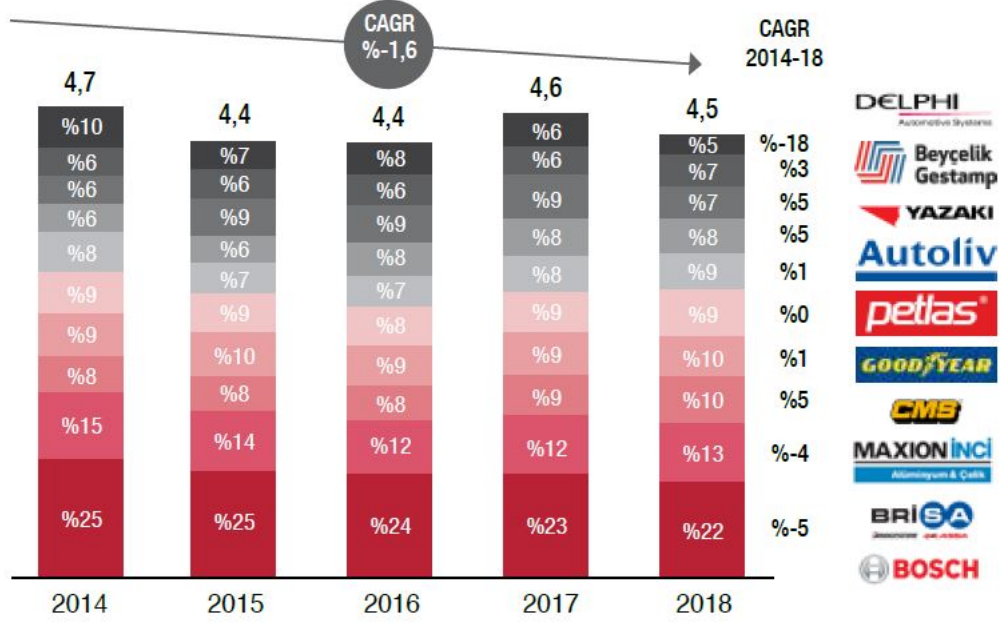
3.3.1 Türkiye'nin Otomotiv Stratejisi

Endüstri liderleri ile yapılmış görüşmelere göre, gelecekteki büyümeyi engelleyen ve Türkiye'deki otomotiv tedarikçileri için düşüş trendine zemin hazırlayan iki sebep söz konusudur. Bunlar [31]:

1. Türkiye'deki tedarikçilerin yeni teknolojilere uyum sağlama hususunda yaşadıkları problem. Küresel olarak teknolojiye dayalı ürünlere yönelik talep artışına rağmen, düşük katma değerli üretimdeki yoğunlaşma, karlarda belirgin kayıplara neden oluyor.
2. Şirket ve ülke ölçeğinde strateji eksikliği. Strateji eksikliği neticesinde, zaman günü kurtarmaya çalışmakla geçiyor ancak gelecekte rekabetçi olmak için hangi

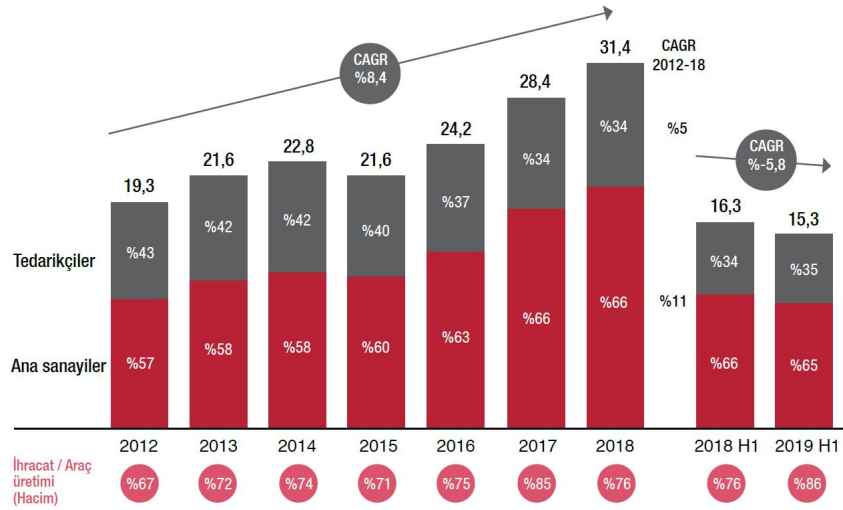
pazar konumlamasının, yetkinlik ve ürünlerin gerekeceği dikkate alınmıyor. Yatırımlar ya hiç yapılmıyor ya da hâlâ olması gereken yerlere yapılmıyor.

Türkiye'deki en büyük 10 otomotiv tedarikçisinin satış gelirleri Şekil 3.21'de gösterilmektedir.



Şekil 3.21 En büyük 10 otomotiv tedarikçi satışları – Türkiye (Milyar USD) [31]

Türkiye ana sanayi ve tedarikçilerin ihracat hacimleri Şekil 3.22'de gösterilmektedir.



Şekil 3.22 Ana sanayilerin ve tedarikçilerin ihracat hacmi (Milyar USD) [31]

Geleneksel sistemlerden yüksek teknolojiye geçiş, büyük oranda mekanik sistemler imal eden Türk otomotiv tedarikçilerinin karşılaştığı temel güçlüklerden biri. Türkiye'deki otomotiv tedarikçilerinin ürün portföyüne genel bir bakış Şekil 3.23'te gösterilmektedir [31].

Şekil 3.23 Türk otomotiv tedarikçileri ürün portföyüne bakış [31]

Endüstri oyuncuları ile yapılmış görüşmelerde, Türkiye'deki tedarikçilerin Ar-Ge faaliyetlerine girmekten çekindiklerini ortaya konuluyor. Özellikle olası teknik zorluklarla karşılaşmaktan ve harcadıkları zaman ve kaynağın kendi güçlerini aşmasından kaygı duyduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, yeni teknolojilere uyum sürecine alışmak zaman aldığından ve finansal geri dönüşü ancak ileriki yıllarda gerçekleştiğinden, inovasyona geçişi askıya alma eğilimi gösterdikleri belirlenmiştir, bu da Türk tedarik şirketlerinde düşük teknolojik gelişim gözlemlenmesine neden olmaktadır. Bu sorun çeşitli aktörleri ve onların birbirleriyle etkileşimini kapsamaktadır [31]:

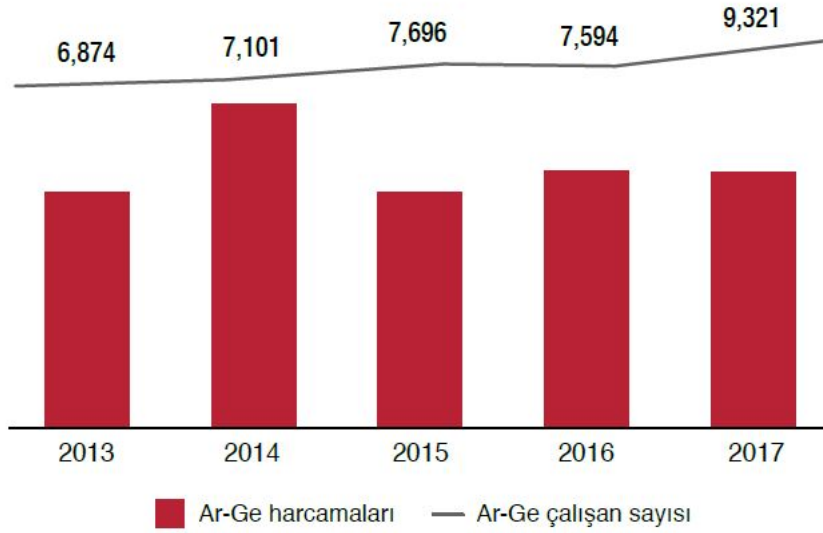
1. Türkiye'deki ana sanayiler ya yabancı bir ana sanayinin doğrudan yatırımı ya da ortak girişimidir ve bu durum, teknoloji ve inovasyon ile alakalı kararların yerel birimler yerine küresel merkezler tarafından alınmasına sebep olmaktadır. Buna ek olarak; yerel üretim, elektrikli araçlar/hibrid teknolojisi yerine daha çok içten yanmalı motorlar üzerine kurulu durumdadır.
2. İş gücü tarafında, otomotiv tedarikçileri ve dijital şirketler yetenek için birbirleriyle rekabet ediyor ve pazarda vasıflı iş gücü giderek azalıyor. Buna ilave olarak; tedarikçiler, üniversiteler ve startup'lar arasındaki iş birliğinin mevcut durumu, verimli ve sürdürülebilir inovasyon ortamı oluşturmak için yetersiz durumda.
3. Devlet destekli fonlar ve teşvikler şirketler tarafından endüstrilerdeki inovasyon seviyesini yükseltecek şekilde değerlendirilemedi. İnovatif bir ortam yaratmak için eğitim düzeyini yükseltmek, destekleyici organizasyonel/yönetsel bir yapıyı benimsemek ve özellikle küçük ölçekli şirketlerin ve startup'ların uygun fonlara erişimine olanak sağlamak kritik önem arz ediyor.

Şekil 3.24, Türkiye'deki toplam otomotiv Ar-ge çalışanları sayısının ve otomotiv Ar-Ge harcamalarının 2013-2017 yılları arasındaki durumunu göstermektedir.

Otomotiv endüstrisinde gelecekteki rekabetin yönünün, teknoloji liderliği veya maliyet liderliği olması düşünülmektedir. Otomotiv tedarikçilerinin yetkinlik farklılaştırma ve stratejik seçenekleri belirleme konularına henüz odaklanmadığı gözlemlenmiştir [31].

Aralık 2019'da Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG), elektrikli araç TOGG'u tanıtmıştır. 13 yılda 3.7 milyar USD yatırım yapılacak proje ile senelik 175.000 adete kadar elektrikli araç üretilmesi amaçlanmıştır. Bu proje, Türkiye'nin elektrikli araç üretimine yönelik stratejisini göstermektedir ve tedarikçiler önümüzdeki süreçte bu yöndeki ihtiyaçları karşılayacak inovatif stratejiler benimsemelidir.

Türkiye, net bir vizyon ve strateji ihtiyacı konusunda tek değil. Otomotiv endüstrisinde lider ülkeler dahi gelecek net olmadığı için aynı sorunu yaşıyor:. Bununla birlikte, bazı alanlarda liderliği alabilmek için inisiyatif alıyorlar. Türkiye, mühendislik ve Ar-Ge alanlarında yatırım yapan AVL, FEV, Idida ve Ricardo gibi küresel şirketler için önemli bir merkez konumuna gelmiş bulunmaktadır. Ayrıca, yürürlükte olan çok sayıda Ar-Ge teşviki söz konusu ve şirketler Ar-Ge çalışanlarının sayılarını arttırmaktadırlar. Fakat mesele, değer zincirinde rol ve sorumlulukları teşvik etmek için özellikle devlet destekli entegre eden bir gücün yokluğundan kaynaklanıyor. Böyle yapılar olmadığında üretim pazarı, “herkesin herkes ile rekabet ettiği” bir endüstri modeli haline geliyor ve şirketler kendileri için uzmanlık alanı oluşturamıyor [31].



Şekil 3.24 Türkiye Ar-Ge çalışanları ve Ar-Ge harcamaları gelişimi -otomotiv [31]

Türkiye’de bulunan otomotiv tedarikçilerinin avantajları şu şekilde sıralanabilir.

- Mevcut ana sanayiciler ile kuvvetli ilişkiler içerisinde olması.
- Türkiye’nin, AB pazarına yakınlığı ve gümrük birliği sayesinde özellikle AB pazarına girmek isteyen Asyalı şirketler için cazibe merkezi olması. Bu sayede, Asyalı şirketler Türk tedarikçilerle ortaklıklar ve işbirlikleri düşünmeye devam edecektir.
- Hali hazırda ürün ve araç geliştirme konusunda tecrübeye sahip olması. Bu tecrübe ve yeteneğin geliştirilebilme potansiyeli taşıması.
- Türkiye’nin güçlü işgücü piyasasına sahip olması. Örneğin; benzer niteliklere sahip olan bir Türk mühendis, AB’deki eş durumdaki mühendise göre %66 daha az maliyetlidir.

IATF 16949:2016'DAKI KALİTE İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

Kalite iyileştirme teknikleri, etkili bir kalite yönetim sisteminin yapı taşlarıdır. Bu iyileştirme teknikleri arasında; İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP), Üretim Parçası Onay Süreci (PPAP), Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA), İstatistiksel Proses Kontrol (SPC) ve Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA) bulunmaktadır.

Günümüzde, çoğu otomotiv üreticisi ve tedarikçisi bir veya daha fazla temel tekniğin kullanılmasına gereksinim duymaktadır. Bu nedenle; ancak temel kalite iyileştirme tekniği proseslerinde uzmanlaşmış çalışana sahip kuruluşlar, sektörün en kalifiye bireylerinin kendi adlarına çalıştığının, IATF 16949 ve geçerli kalite referans el kitabı gereksinimlerinin hatasız bir şekilde karşılanacağını garantisini müşterilerine verebilir.

4.1 İleri Ürün Kalite Planlaması - APQP

Şekil 4.1'de gösterilen matris, üç tür kuruluş için Ürün Kalite Planlama İşlevlerini göstermektedir [32].

İleri Ürün Kalite Planlaması, bir ürünün müşteri memnuniyetini sağlaması için gereken adımların tanımlanmasını ve uygulanmasını sağlayan yapısal bir metottur. Ürün kalite planlamasının hedefi, gereken bütün adımların zamanında tamamlandığından emin olmak için ilgili herkesle iletişimi basitleştirmektir. Etkili ürün kalitesi planlaması, bir şirketin müşteri memnuniyetini sağlamak için gereken çabaya yönelik üst yönetim gayretine bağlıdır [32].

APQP'nin Esasları [32]

- Ekibin Oluşturulması (Organize the Team)
- Kapsamın Tanımlanması (Define the Scope)

- Ekipler Arası Çalışma (Team-to-Team Training)
- Müşteri ve Tedarikçi Katılımı (Customer and Organization Involvement)
- Eşzamanlı Mühendislik (Simultaneous Engineering)
- Kontrol Planları (Control Plans)
- Sorunların Çözümü (Concern Resolution)
- Ürün Kalite Planlama Zamanlaması (Product Quality Timing Plan)
- Zamanlama ile İlgili Planlar (Plans Relative to the Timing Chart)

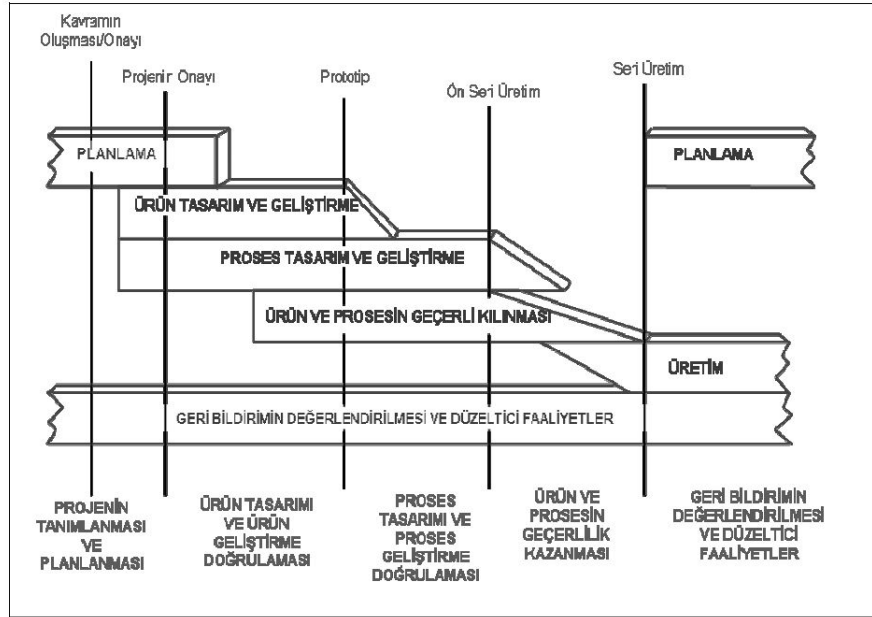
	Tasarım Sorumluluğu Olan Tedarikçiler	Sadece Üretim Sorumluluğu Olan Tedarikçiler
Kapsamın Belirlenmesi	X	X
Projenin Tanımlanması ve Planlanması Bölüm 1	X	
Ürün Tasarımı ve Geliştirilmesi Bölüm 2	X	
Fizibilite Bölüm 2.13	X	X
Proses Tasarımı ve Geliştirme Bölüm 3	X	X
Ürün ve Prosesin Geçerlilik Kazanması Bölüm 4	X	X
Geri Besleme, Değerlendirme ve Düzeltici Faaliyetler Bölüm 5	X	X
Kontrol Planları Bölüm 6	X	X

Şekil 4.1 Ürün kalite planlaması sorumlulukları matrisi [32]

Şekil 4.2 kalite planlama zamanlamasını göstermektedir.

4.2 Üretim Parçası Onay Prosesi - PPAP

PPAP'ın amacı, tüm müşteri mühendislik tasarım kaydı ve spesifikasyon gerekliliklerinin kuruluş tarafından doğru bir şekilde anlaşılıp anlaşılmadığını belirlemektir ve ayrıca; imalat prosesinin, fiili imalat boyunca belirtilen imalat hızında bu gereksinimleri karşılayan ürünü istikrarlı bir şekilde imal etme potansiyeline sahip olup olmadığını belirlemektir [34].



Şekil 4.2 Ürün kalite planlama zamanlaması [32], [33]

PPAP; imalat parçaları, servis parçaları, imalat malzemeleri veya dökme malzeme tedarik eden iç ve dış organizasyon sahalarına uygulanmalıdır. Dökme malzemeler için PPAP, yetkili müşteri temsilcisi tarafından belirtilmedikçe gerekli değildir [34].

PPAP gereklilikleri [34]:

1. Tasarım kayıtları
2. Onaylı mühendislik değişiklik dokümanları (Authorized engineering change documents)
3. Müşteri mühendisliği onayı (Customer engineering approval)
4. Tasarım FMEA
5. Proses akış diyagramları
6. Proses FMEA
7. Kontrol planı
8. MSA çalışmaları
9. Boyutsal sonuçlar
10. Malzeme/performans test sonuçları kayıtları
11. Ön proses çalışmaları

12. Nitelikli laboratuvar dokümantasyonu
13. Görünüm onayı raporu (Appearance approval report)
14. Numune imalat parçası
15. Şahit Numune (Master Sample)
16. Kontrol ekipmanları
17. Müşteri özel istekleri
18. PPAP Sunum Garantisi (Part Submission Warrant, PSW)

Temelde aynı bakış açısı ve amaçla hazırlansa da otomotiv sanayiinde standart bir PPAP süreci yoktur. Her firma kendi özel PPAP sürecini oluşturmuştur.

Her bir PPAP sürecini özel bir planlamaya tabi tutmak ve bunu müşteri ile imalatçı arasındaki bir pazarlık süreci olarak görmek gerekir. Başka bir deyişle; PPAP'ta müşterinin isteklerini gerçekleştirmek asıl görev olmakla birlikte, mevcut şartları müşteriye kabul ettirme seçeneği de söz konusudur.

PPAP; herhangi bir imalat parçasına mühendislik değişikliği geldiğinde ve bir parçanın yapılacak ilk imalatında kesinlikle oluşturulmalıdır. Bununla birlikte; imalat süreçlerindeki (makine,metod, personel değişiklikleri, malzeme değişiklikleri, vb.) değişikliklerde de yeniden gözden geçirilmelidir.

PPAP uygulamasında beş seviyeli imalatçı onay seviyeleri [34]:

- Seviye 1- Müşteriye, 'Üretim Parçası Garanti Mektubu' ve görünüm kalitesi talep edilen parçalar için 'Görünüş Onay Raporu' gönderilir.
- Seviye 2- Müşteriye, 'Üretim Parçası Garanti Mektubu' ve numune parça ile beraber sınırlı sayıda destekleyici doküman gönderilir.
- Seviye 3- Müşteriye, 'Üretim Parçası Garanti Mektubu' ve numune parça ile beraber gerekli tüm destekleyici dokümanlar gönderilir.
- Seviye 4- Müşteriye 'Üretim Parçası Garanti Mektubu' ve müşterinin belirttiği diğer talepler gönderilir.
- Seviye 5- 'Üretim Parçası Garanti Mektubu' ve numune parça ile beraber destekleyici tüm dokümanlar üretim yerinde incelenir.

Müşteri tarafından özel bir talep yok ise; imalatçı, seviye 3'ü onay seviyesi olarak kabul eder.

4.3 Hata Türü ve Etkileri Analizi - FMEA

FMEA, ürün ve proses geliştirme süreci boyunca olası problemlerin düşünülmesi ve çözümlenmesine yönelik analitik bir metodolojidir [35].

Bir FMEA, aşağıdakileri amaçlayan sistemli bir grup faaliyet olarak tanımlanabilir [36]:

- bir ürünün veya prosesin olası hatalarını ve bu hataların etkilerini tanımak ve değerlendirmek,
- potansiyel hatanın meydana gelme olasılığını ortadan kaldıracı veya azaltabilecek eylemleri belirlemek,
- prosesi belgelemek. Bu, müşteriye memnun etmek için bir tasarım veya prosesin ne yapması gerektiğini tanımlayan prosesi ortaya koymaktır.

FMEA, öncelikle Amerikan ordusunca (1949) sistem ve ekipman kusurlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmış ve sonra 1988 senesinde Amerika'nın üç büyük otomotiv firması olan Ford, Chrysler ve General Motors bu tekniği genel standart haline getirmiştir. 1993 senesi itibarıyla FMEA, AIAG (The Automotive Industry Action Group) ve ASQC (The American Society for Quality Control) tarafından benimsenmiştir. Türkiye'de ise 1985 senesinden bu yana uygulanmaktadır [37].

FMEA'lar kullanımlarına göre iki kategoriye ayrılabilir: Tasarım FMEA ve Proses FMEA. Tasarım FMEA'larının odak noktası, ürün tasarımı ve işlevselliğinden kaynaklanan potansiyel kalite endişelerini anlamak için ürünü (sistem ve alt sistem düzeyinde) analiz etmektir. Proses FMEA'lar, uygunsuz proses tasarımından kaynaklanan potansiyel arızaları tespit etmek ve analiz etmek için imalat ve montaj prosedürlerini araştırmak için yapılır [38].

FMEA'nın avantajları [39]:

- Güçlü bir araçtır,
- Sistematik, iyi organize edilmiş ve verimlidir.
- Kullanıcılara hataların tanımlanmasını ve sınıflandırılmasını sağlar.
- Kritik hatalara bir eylem planı sağlayabilir ve sistemin güvenilirliğini artırabilir.

Ancak bazı dezavantajları da bulunur. Bunlar [38]:

- FMEA'lar genellikle bir formalite olarak gerçekleştirilir ve üretilen bilgi tanımlanan sorunları çözmek için uygulanmaz.
- Doğru FMEA'ları gerçekleştirmek için farklı departmanlardan mühendislerin koordineli çabaları gereklidir.
- FMEA'ları gerçekleştirmek için gereken çaba ve zaman, kullanımından kaçınmaya neden olabilir.
- FMEA'lar niteliksel niteliktedir ve ekipler içindeki mühendislerden tutarsız bilgi gelebilir.

Tasarım ve Proses FMEA; hataların ortaya çıkma olasılığı(Occurance), hataların farkedilebilirliği(Algılama, detection) ve hataların şiddetine(Severity) yönelik uzmanların deneyim ve fikirlerine dayalı değerlendirme puanlarının çarpılmasıyla hesaplanan Risk Öncelik Sayısına(RÖS) göre iyileştirme noktalarını belirler ve öncelikli faaliyet alanlarını saptar [37].

Şekil 4.3, şiddet değerlerini göstermektedir.

ETKİ	DEĞERLENDİRME :ETKİNİN ŞİDDET DERECEŚİ	PUAN
Güvenlik Ve Yasal Gereklilere Uyumsuzluk	Potansiyel hata durumu herhangi bir işaret vermeksizin kullanım güvenliğini etkiler veya yasal gereklilikleri karşılamaz.	10
	Potansiyel hata durumunu işaret vererek kullanım güvenliğini etkiler veya yasal gereklilikleri karşılamaz.	9
Temel İşlevlerin Azalması ya da Kaybı	Temel işlevler yerine gelmez (Araç işlevsiz, güvenliğe etki yok).	8
	Temel işlevlerde düşüklük (Araç işlevde ancak düşük performans).	7
İkincil İşlevlerin Azalması ya da Kaybı	İkincil işlevler yerine gelmez (Araç işlevde ancak konfor/özellikleri işlemez).	6
	İkincil işlevlerde düşüklük (Araç işlevde ancak konfor özellikleri düşük seviyede).	5
Konfor Rahatsızlıkları	Ayrıntılar yeterli düzeyde değil (Duyulan ses,görünüm),müşterilerin çoğu tarafından farkediliyor (%75).	4
	Ayrıntılar yeterli düzeyde değil (Duyulan ses,görünüm),Ortalama müşteriler tarafından farkediliyor (%50).	3
	Ayrıntılar yeterli düzeyde değil (Duyulan ses,görünüm),dikkatli müşteriler tarafından farkediliyor (%25).	2
Etki Yok	Farkedilir etki mevcut değil.	1

Şekil 4.3 FMEA'daki şiddet(severity) değerleri

Şekil 4.4, olasılık değerlerini göstermektedir

Şekil 4.5, tespit değerlerini göstermektedir.

HATA OLASILIĞI	OLASI HATA ORANI	PUAN
Çok Yüksek	Yeni teknoloji/yeni tasarımla ilgili geçmiş veri yok	10
Yüksek	Yeni tasarım uygulama ya da çalışma şartlarındaki değişiklik sonucu hata kaçınılmaz	9
	Yeni tasarım uygulama ya da çalışma şartlarındaki değişiklik sonucu hata oluşması olası	8
	Yeni tasarım uygulama ya da çalışma şartlarındaki değişiklik sonucu hata oluşması tahmin edilemez	7
Orta	Tasarım simülasyonlarında, testlerde ya da benzer tasarımlarda hata sıkça görülür	6
	Tasarım simülasyonlarında, testlerde ya da benzer tasarımlarda hata ara sıra görülür	5
	Tasarım simülasyonlarında, testlerde ya da benzer tasarımlarda hata münferit olarak görülür	4
Düşük	Tasarım simülasyonlarında, testlerde ya da hemen hemen eş tasarımlarda hata münferit olarak görülür.	3
	Tasarım simülasyonlarında, testlerde ya da hemen hemen eş tasarımlarda hata görülmez.	2
Çok Düşük	Hata önleyici sistemler	1

Şekil 4.4 FMEA'daki olasılık(occurrence) değerleri

Tespit Aşaması	Tespit Durumu	PUAN
Tespit şansı yok	Tasarım kontrolü yok, tespit ya da analiz şansı mümkün değil	10
Herhangi bir aşamada tespit şansı az	Tasarım kesinleştirildikten sonra Tasarım analiz ve tespit kontrolleri zayıf yeterlilikte; görsel analizler beklenen güncel operasyonel şartlara uygunluğu sağlayamıyor.	9
Tasarım kesinleştirme sonrası seri başlangıç öncesi (Tasarımın dondurulmasından sonra/seri üretimden önce)	Tasarım kesinleştirildikten ya da üretim başlangıcı öncesi ürün doğrulama ve geçerli kılma aktivitelerinde geçer/geçmez testlerinde hatanın ortaya çıkması (Kabul kriterlerine göre sistem testleri Ör. Sürüş testleri sevkiyat değerlendirmesi)	8
	Tasarım kesinleştirildikten ya da üretim başlangıcı öncesi ürün doğrulama ve geçerli kılma aktiviteleri testleri sırasında hatanın ortaya çıkması (Hata meydana gelene kadar yapılan testler Ör. Ömür testleri)	7
	Tasarım kesinleştirildikten ya da üretim başlangıcı öncesi ürün doğrulama ve geçerli kılma aktiviteleri testlerinden sonra hatanın ortaya çıkması (Ömür testlerinden sonra fonksiyon kaybı)	6
Tasarım kesinleştirmeden önce	Tasarım kesinleştirmeden önce ürün geçerli kılma aktivitelerinde geçer/geçmez testlerinde hatanın ortaya çıkması (Kabul kriterlerine göre sistem testleri Ör. Sürüş testleri sevkiyat değerlendirmesi)	5
	Tasarım kesinleştirmeden önce ürün geçerli kılma aktiviteleri testleri sırasında hatanın ortaya çıkması (hata meydana gelene kadar yapılan testler Ör. Ömür testleri)	4
	Tasarım kesinleştirmeden önce ürün geçerli kılma aktiviteleri testlerinde sonra hatanın ortaya çıkması (Ömür testlerinden sonra fonksiyon kaybı)	3
Sanal analizler korelasyonlar	Tasarım analiz ve tespit kontrolleri yüksek yeterlilikte; Sanal analizler (CAE,FEA vs.) beklenen güncel operasyonel şartlara uygunluğu yüksek derecede sağlıyor.	2
Hata önleme	Tasarım çözümleri hata olasılığını ortadan kaldırıyor (Kanıtlanmış tasarım standartları en iyi örnekler yaygın malzeme kullanımı)	1

Şekil 4.5 FMEA'daki tespit(detection) değerleri

RÖS'ü hesaplamada kullanılan 2 yaklaşım:

1. Çarpma ile $RÖS = (O) \times (D) \times (S)$
2. Toplama ile $RÖS = (O) + (D) + (S)$

Uygulamada yaygın olan yaklaşım, çarpma işlemi ile RÖS'ü hesaplamaktır .

Her şirket kendi belirlediği RÖS değerine göre; ya önlem almaya ihtiyaç görmez, ya önlem alınmasında fayda görür ya da kesinlikle önlem alınmasını uygun görür.

Ölçme tasarımındaki risk alanlarını analiz etmek için kullanılacak FMEA prosesi, bakım ve kalibrasyon planının geliştirilmesine de yardımcı olacaktır [35].

4.4 İstatistiksel Proses Kontrol - SPC

"İstatistiksel kalite kontrol, bir ürünün ekonomik ve faydalı bir biçimde imal edilmesini sağlamak için önceden belirlenen kalite standartlarına uygunluğunu sağlamak ve hatalı imalatı en aza indirmek amacıyla istatistiksel yöntemlerin kullanılmasıdır [40]."

AIAG'ın İPK'ye yönelik el kitabının son versiyonu 2005 yılında çıkarılmıştır.

İstatistiksel proses kontrolün sağladığı yararlar şu şekilde gösterilmektedir [41]:

- Potansiyel hataların oluşmasını önler.
- Hataların erken yakalanmasına yardımcı olur.
- Kontrol maliyetlerinin azaltılmasını sağlar.
- Ürün kalitesinde ve üretimde süreklilik sağlar.
- Ürüne duyulan güvenle birlikte, müşteri memnuniyetinin artmasına yardımcı olur.
- Ürün ve proseste meydana gelen değişkenliğin hemen fark edilmesini sağlayarak kalitede oluşan farklılıkları azaltır.
- Çalışanların karar verme kabiliyetini kazanmalarına ve karar aşamasında sürece katılımlarını arttırmaya yardımcı olur.

ISO, biri "ISO TC69 İstatistiksel Yöntemlerin Uygulaması" olan çok sayıda teknik komiteden oluşmaktadır. TC69'un amacı; verilerin üretilmesi, toplanması (planlama

ve tasarım), analiz, sunum ve verilerin yorumlanması dahil istatistiksel yöntemlerin uygulanmasında standartlaştırmadır [42].

Her kalite belgesi, TC69 veya TC69'un alt komiteleri içindeki çalışma grubundan oluşturulmaktadır. Bu alt komiteler yayınlanan belgelere doğal bir organizasyon sağlar. Şu anda, ISO TC 69'da aşağıdaki altı aktif alt komite bulunmaktadır [42]:

- TC 69 / SC 1 Terminoloji ve semboller
- TC 69 / SC 4 Proses yönetiminde istatistiksel yöntemlerin uygulamaları
- TC 69 / SC 5 Kabul örnekleme
- TC 69 / SC 6 Ölçüm yöntemleri ve sonuçları
- TC 69 / SC 7 Six Sigma'nın uygulanması için istatistiksel ve ilgili tekniklerin uygulamaları
- TC 69 / SC 8 Yeni teknoloji ve ürün geliştirme için istatistiksel ve ilgili metodolojinin uygulanması

TC69/SC4 Belgeleri [42]:

- ISO 22514-1: 2009 Süreç yönetiminde istatistiksel yöntemler - Yetenek ve performans - 1: Genel ilke ve kavramlar
- ISO 22514-3: 2008 Proses yönetiminde istatistiksel yöntemler - Yetenek ve performans - Bölüm 3: Ayrık parçalar üzerinde ölçülen veriler için makine performans çalışmaları
- ISO / TR 22514-4: 2007 Proses yönetiminde istatistiksel yöntemler - Yetenek ve performans - Bölüm 4: Proses yeterlilik tahminleri ve performans
- ISO 21747: 2006 İstatistiksel yöntemler - Ölçülen kalite özellikleri için proses performansı ve yetenek istatistikleri
- ISO 11462-1: 2001 İstatistiksel süreç kontrolünün (SPC) uygulanmasına ilişkin yönergeler - Bölüm 1: SPC'nin unsurları
- ISO 8258: 1991 Shewhart kontrol kartları
- ISO 7966: 1993 Kabul kontrol kartları
- ISO 7873: 1993 Uyarı sınırları olan aritmetik ortalama için kontrol grafikleri

- ISO / TR 7871: 1997 Kümülatif toplam kartları - CUSUM tekniklerini kullanarak kalite kontrol ve veri analizi konusunda rehberlik
- ISO 7870-1: 2007 Kontrol kartları - Bölüm 1: Genel yönergeler

Proses yeterliliği, bir prosesin tanımlı bir çıktı üretmeye uygunluğunu açıklar. Proses yeterlilik indislerinin hesaplanması için, üretim proseslerinin ölçüm verileri istatistiksel özellikler vasıtasıyla değerlendirilir ve karşılaştırılan tolerans spesifikasyonu ile karşılaştırılır. Belirlenen proses dağılımı, proses müdahaleleri olmadan prosesin davranışını gösteren doğal dağılıma karşılık gelir. Bu proses dağılımı rastgele olarak değerlendirilmelidir [43].

Yeterlilik analizinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için ilk basamak seçilen kalite karakteristiğinin değişkenlik gösterip göstermediğinin, başka bir deyişle sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığının belirlenmesidir. Bu amaca yönelik kontrol diyagramları kullanılmaktadır. Uygun kontrol diyagramı vasıtasıyla süreç izlenerek kontrol altına alınır ve sonrasında proses yeterlilik analizi yapılır. İstatistiksel olarak kontrol altındaki bir proses için hesaplanan parametre değerleri büyük bir ihtimalle doğrudur. Proses kontrol altında olduktan sonra hesaplanan bu değerlere ve müşteri spesifikasyonlarına bağlı olarak yeterlilik değerleri hesaplanır. Yeterlilik değerleri hesaplandıktan sonra, proses için belirlenmiş olan kritik değerlerle karşılaştırılarak prosesin durumu değerlendirilir ve bu değerlere bağlı olarak proses geliştirilir. Bu değerlerin kayıt altına alınarak prosesin devamlı izlenmesi ve değerlendirilmesi sağlanır. Bu sayede, sürekli olarak prosesin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi mümkün hale getirilmiş olur [44].

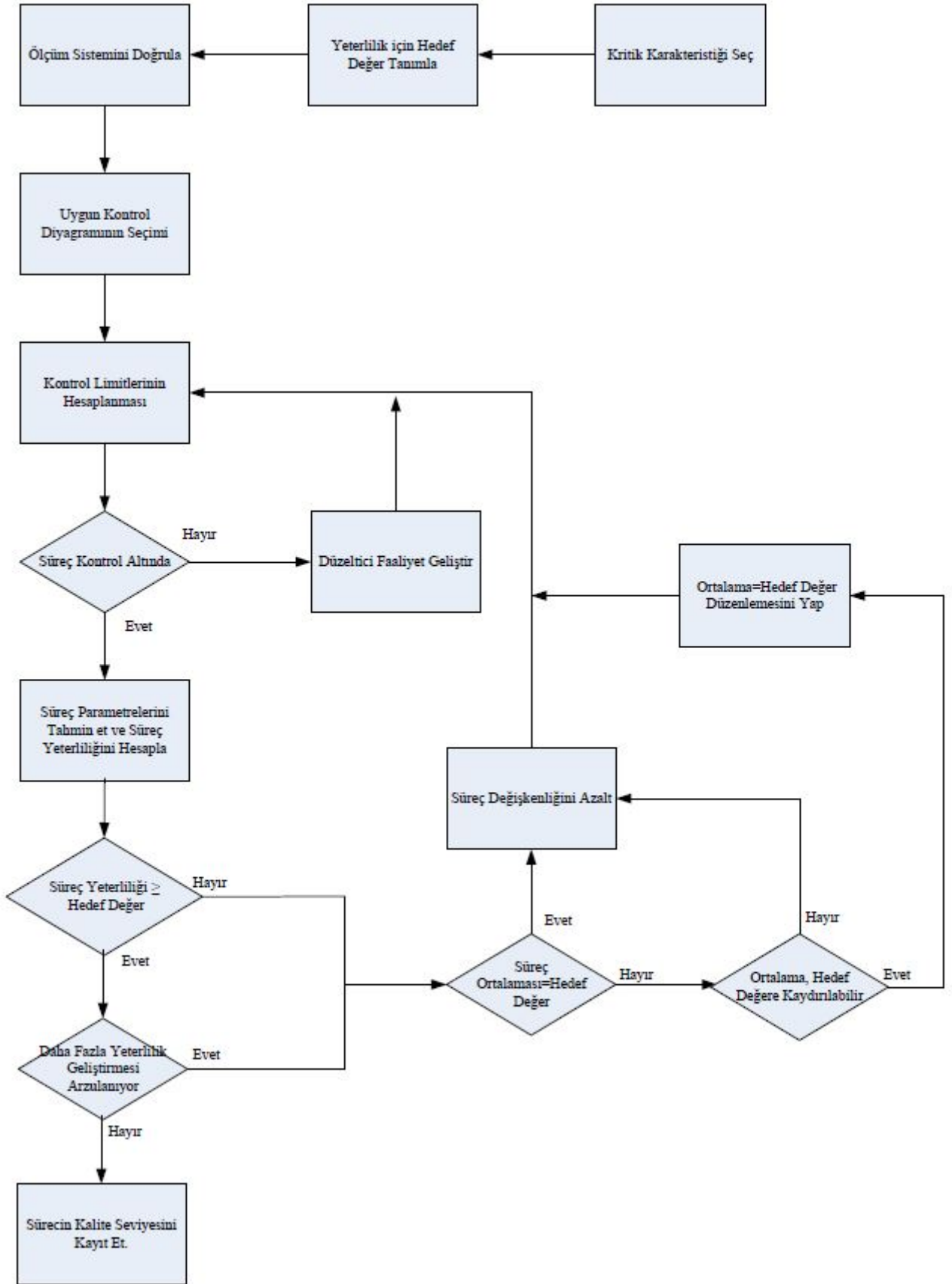
Süreç yeterlilik analizi basamakları Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Altı sigma genişliği, süreç yeterlilik ölçüsü olarak ürün kalite karakteristiklerinin dağılımından yola çıkılarak seçilir ve “doğal tolerans genişliği” olarak adlandırılır.

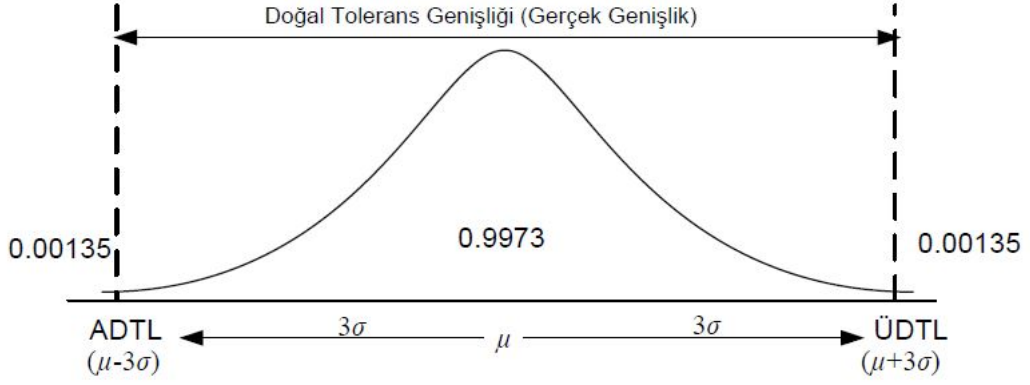
Şekil 4.7, kalite karakteristikleri ortalaması μ ve standart sapması σ olan normal dağılıma sahip bir proses ve bu prosesin doğal tolerans limitlerini göstermektedir [44].

Şekil 4.7'de gösterildiği gibi; normal dağılım için doğal tolerans limitleri, değişkenliğin %99,73'ünü içerir. Başka bir deyişle, prosesin sadece %0,27'si tolerans limitlerinin dışında kalır. Bu %0,27 değeri çok küçük bir değer olsa da, bu değer milyonda 2700 hataya tekabül eder. Ayrıca, eğer proses çıktıları normal dağılım göstermiyorsa, limitler dışına çıkma yüzdesi farklı olur [44].

Proses yeterlilik değerlendirmesindeki temel teknikler [44]:



Şekil 4.6 Süreç yeterlilik analizi adımları [44]



Şekil 4.7 Normal dağılıma bağlı olarak alt ve üst doğal tolerans limitleri [44]

- Proses Yeterlilik İndisleri
- Deney Tasarımı
- Olasılık Grafiği ve Histogramlar
- Kontrol Diyagramları

Proses yeterlilik indislerinin prosesin istatistiksel parametreleri üzerinde hesaplandığı göz önüne alındığında, yeterlilik indisinin şans dağılımı dikkate alınmalıdır. Proseste sistematik ve rastgele sapmalar görülür. Bu rastgele sapmalar, şans denilen dağılmaya neden olur [43].

Proses yeterlilik indisleri, proses performansını değerlendirmek için tek tip ve anlaşılması kolay bir temel oluşturmaya yarar. Bu durumda, istatistiksel olarak saptanabilir en önemli proses parametreleri mantıklı bir şekilde belirlenmeli ve özetlenmelidir. Ayrıca, bu indisler üretim proseslerinin ülkeler arası ve endüstriyel karşılaştırmasına izin vermelidir [43].

Uzun Süreli Yeterlilik Analizi (C_p , C_{pk} Proses Yeterlilik İndisi)

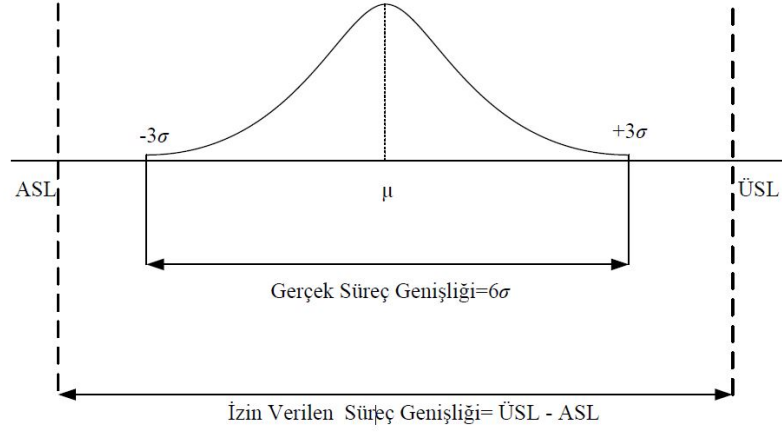
İstatistiksel proses kontrolde sürecin kontrol altında olması ve sürecin yeterli olup olmadığı konusunda karar vermemize yardımcı olan indisler C_p ve C_{pk} 'dir.

$$C_p = \frac{\bar{USL} - ASL}{6\sigma} = \frac{\text{tolerans}}{6\sigma} \quad (4.1)$$

Şekil 4.8'de tolerans ve gerçek proses genişliği gösterilmektedir.

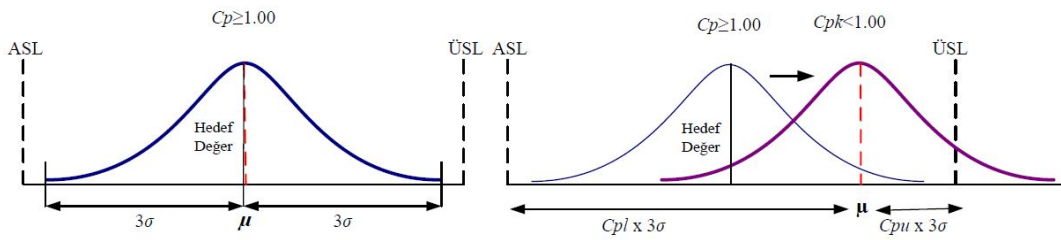
C_p indisi değerinin mümkün olduğunca yüksek olması ve ayrıca 1,00'den küçük

olmaması istenilir. C_p değerinin 1,00'den küçük olması, proses değişkenliğinin izin verilen toleranslar içerisinde olmadığını gösterir.



Şekil 4.8 Tolerans (USL-ASL) ve gerçek (doğal) proses genişliği gösterimi

C_p yeterlilik indisi, proses merkezlenmesi hakkında bilgi vermediği için prosesin gerçek performansı hususunda kesin bir bilgi kapsamamaktadır. Eğer proses ortalaması spesifikasyonlara yakın olarak yerleşmişse, C_p önemsenmez. Proses ortalamasının hedef değerden sapmasının da dikkate alınabilmesi için başka bir yeterlilik indisine gerek duyulur. Şekil 4.9'da da görüldüğü gibi, eğer proses ortalaması hedef değer olarak belirtilen spesifikasyon limitlerinin orta noktasında bulunmuyorsa, prosesin yeterlilik performansını belirtebilmek için C_p indisi ile beraber, C_{pk} olarak adlandırılan başka bir indis kullanılmalıdır [44].



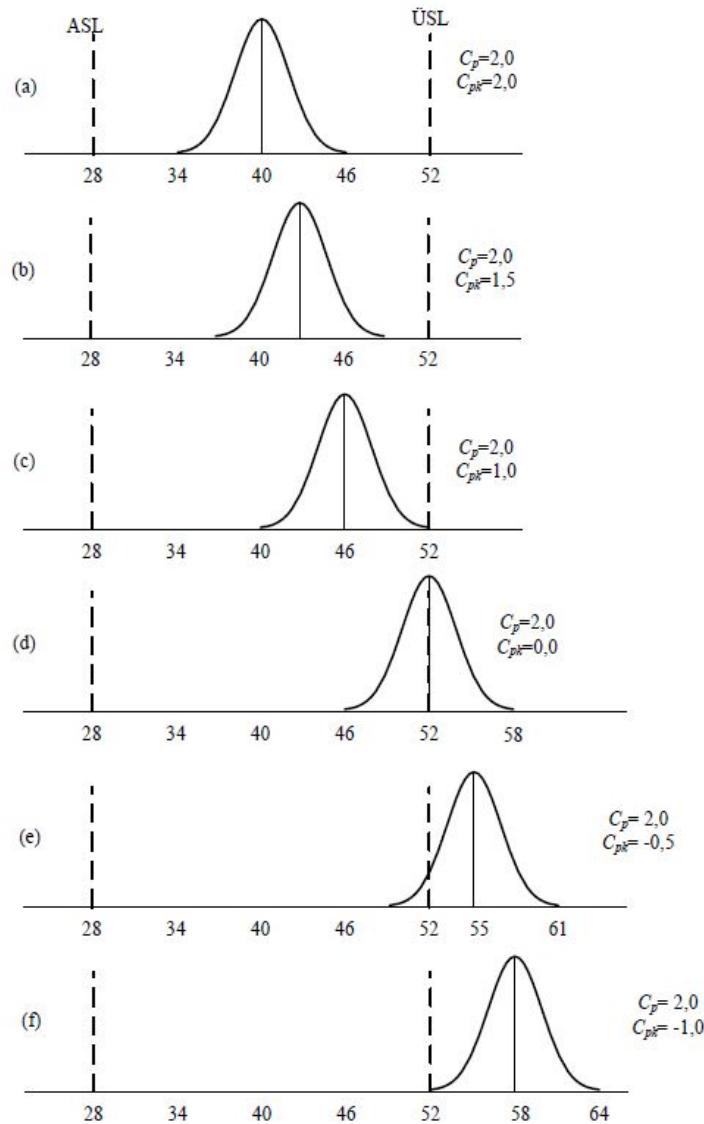
Şekil 4.9 C_p ve C_{pk} indisleri [44]

C_{pk} aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır.

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - ASL}{3\sigma} \right\} \quad (4.2)$$

$$C_{pk} = \{C_{pu}, C_{pl}\} \quad (4.3)$$

C_{pk} indisinin gerekliliği ile ilgili olarak Şekil 4.10'da bir proses için örnek durumlar sunulmuştur. Bu prosesin yeterlilik performansı altı durum için de değişkenlik göstermekle birlikte, bütün durumlarda C_p indisi 2.00 olarak hesaplanmıştır. Ancak, bu prosesin en güçlü pozisyonunun (a)'da gösterilen şekilde olduğu ifade edilebilir. Proses ortalaması, gösterilen diğer beş durumda hedef değer üzerinde merkezlenmemiştir [44].



Şekil 4.10 C_p ve C_{pk} indislerine bağlı olarak prosesin durumu [44]

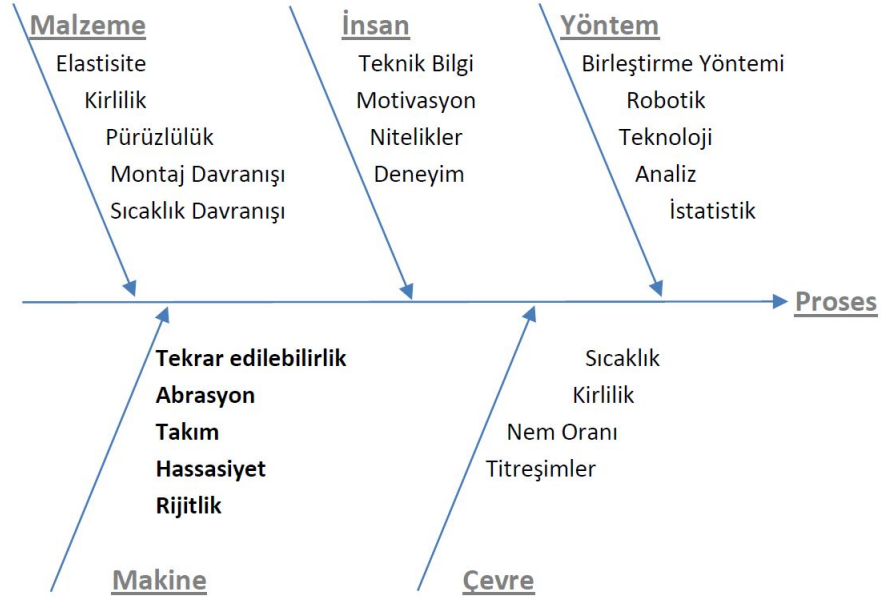
Kısa Süreli Yeterlilik Analizi (Makine Yeterlilik Analizi)

Makine yeterlilik analizi şartları ISO 22514-3:2008'e bağlıdır. Makine yeterlilik analizi (MCA), kısa süreli yeterlilik analizi olarak da adlandırılır ve bir makinenin kalite yeterliliğini belirlemeye yarar. Bu bağlamda kalite yeterliliği, makinenin tekrarlanabilir bir çıktı sağlayabildiği anlamına gelir.

Makine yeterlilik analizi; mühendislere, denetmenlere ve yönetime şu hususlarda yardımcı olur [45].

- Bir makinenin satın alınma veya bakım kararının verilmesinde
- Problem çözümünde
- Sadece makineden kaynaklanan varyasyonların belirlenmesinde

Şekil 4.11, proses sonucuna etki etmesi olası faktörleri (5M Yöntemi: Malzeme (Material), İnsan (Man), Yöntem (Method), Makine (Machine) ve Çevre (Milieu) Ishikawa diyagramı ile göstermektedir [43]. Makine yeterlilik analizi, bu diyagramdaki makine unsurunu analiz etmektedir ve diyagramda makine unsuruna etki edebilecek faktörler koyu renkte gösterilmektedir.



Şekil 4.11 Ishikawa(balık kılçığı) diyagramı [43]

MCA çalışmasında kullanılacak parça sayısı genellikle 100'dür. Ancak, varyasyon dağılımının normal olmaması bekleniyorsa parça sayısı en az 100 olmalıdır [45].

Bazı makineler çok düşük çevrim sürelerine sahiptir ve dolayısıyla bir çevrim sürelerinde 100 parça üretemezler. Bu şartlar altında 30 parça ile çalışılması önerilir [45].

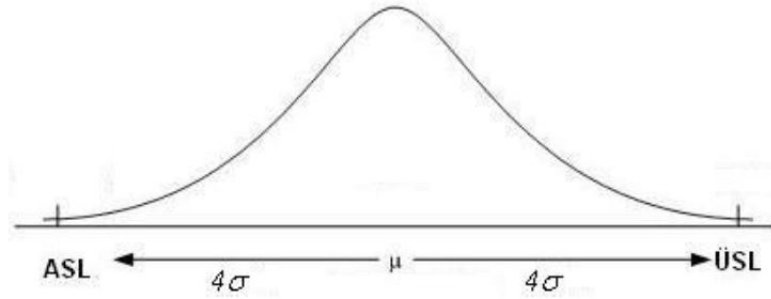
MCA'de kullanılacak ölçme sistemi GRR'si ideal olarak yüzde 10'un altında olmalıdır. Ancak, yüzde 10 ve 30 arasında ise uygulamaya bağlı olarak kabul edilebilir. Yüzde 30 üzeri ise uygun değildir [45].

MCA'nın; kısa süreli serpilme davranışını, üretim doğruluğunu ve makinenin tekrarlanabilirliğini göstermesi amaçlanmıştır. Ayrıca; MCA, aynı fonksiyona sahip farklı makinelerin karşılaştırılmasını mümkün kılmak için bir indis elde etmek için de kullanılır. MCA'nın prosedürü şöyledir: Makine, en istikrarlı koşullar altında, arka arkaya parça üretir. Bu süreçte üretim sürecine müdahalelerden kaçınılmalıdır. Bir müdahale meydana gelirse, MCA tekrarlanmalıdır. Daha sonra; makine yeterlilik indisleri olan C_m ve C_{mk} ölçülen verilerden hesaplanır. C_m ve C_{mk} değerleri için de hedef, 1.67'den büyük olmalarıdır [43].

Makine yeterliliği, kısa dönem etkilerin ölçümüdür ve makinenin yeterli varsayılabilmesi için asgari koşul;

$$\bar{x} \pm 4\sigma$$

dağılım genişliğinin spesifikasyon sınırları içinde olmasıdır. Bu durum bizlere, makinenin %99,994 oranında hatasız parça imal ettiğini ifade eder. Şekil 4.12'de makine yeterliliği için asgari koşul verilmiştir [44].



Şekil 4.12 Makine yeterliliği için minimum koşul [44]

Makine yeterlilik indisi hesaplamaları:

$$C_m = \frac{\bar{USL} - ASL}{6\sigma} = \frac{8\sigma}{6\sigma} = 1,3\bar{3} \quad (4.4)$$

Makinelerde çift taraflı yeterlilik, minimum 1,33 değerinde olmalıdır [44].

Tek taraflı yeterlilik oranları:

$$C_{mk} = \min(C_{ma}, C_{mü}) = \min\left(\frac{\mu - ASL}{3\sigma}\right), \min\left(\frac{\bar{USL} - \mu}{3\sigma}\right) = \min\left(\frac{4\sigma}{3\sigma}\right) = 1,3\bar{3} \quad (4.5)$$

Bu denklemlerde μ yerine $\bar{x}$; σ yerine, S değeri veya $\hat{\sigma}$ değerleri kullanılabilir.

Kalite Kontrol Kartları

Kalite kartlarının temeli Shewhart diyagramlarıdır. Bu diyagramlarda, üretim prosesinden düzenli olarak belirli aralıklarla alınan veriler işlenir. BU aralıklar, zaman ölçüsü (örneğin; saat) veya miktar ölçüsü (örneğin; parça adedi) olarak tanımlanabilir.

Kalite kontrol kartları; bir prosesin istatistiksel kontrol altında çalışıp çalışmadığını ve prosese hakimlik durumunu gösterir. Ayrıca, rastgele ve sistematik varyasyonların birbirinden ayırt edilip sistematik varyasyonların ne olduğunun tespit edilmesini sağlar.

Kalite kontrol grafikleri, uygulama alanı bakımından verinin çeşidine göre iki gruba ayrılır [40]:

1. Nicel kontrol grafikleri
2. Nitel kontrol grafikleri

Nicel Kontrol kartları

Niteliksel ölçümlere göre daha pahalı olmaskla beraber, daha etkili kontrol metotlarını mümkün hale getirmesi ve proses performansı ile ilgili daha çok veri verdiği için yaygın kullanılmaktadır. Nicel kontrol grafikleri, merkezi eğilim ve dağılımı tahmin eder ve yaklaşan problemlerin önceden farkedilmesini sağladıkları için kullanılırlar [40].

Ölçülebilen özellikler için kullanılan nicel kontrol grafikleri [40]:

- $\bar{x}$ (ortalama) kartı
- S (Standart sapma) kartı
- R (aralık) kartı

Şekil 4.13, müdahale sınırları için değişken değerleri göstermektedir.

'Kontrol Kartları için Faktörler ve Formüller Tablosu' Ek B'de yer almaktadır.

Nitel Kontrol kartları

Değişimleri nicel olarak ölçülemeyen özellikler için kullanılan kontrol kartlarıdır [40].

Nitel kontrol kartları [40]:

- c (örnek başına kusur sayısı) grafiği
- P (kusurlu oranı) grafiği
- d kontrol grafiği
- np (kusurlu sayısı) grafiği
- u (birim başına kusur sayısı) grafiği

Kontrol kart	Standart değerler verilmeden		Standart değerlerle	
	Orta çizgi	Müdahale sınırları	Orta çizgi	Müdahale sınırları
$\bar{x}$	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_2 \bar{R}$ veya $\bar{\bar{x}} \pm A_3 \bar{s}$	x_0 veya μ	$x_0 \pm A\sigma_0$
R	$\bar{R}$	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$	R_0 veya $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0, D_2 \sigma_0$
s	$\bar{s}$	$B_3 \bar{s}, B_4 \bar{s}$	s_0 veya $c_4 \sigma_0$	$B_5 \sigma_0, B_6 \sigma_0$
x_0, R_0, s_0, μ ve σ_0 verilen standart değerler				

Şekil 4.13 Müdahale sınırları hesaplaması için değişken değerler

Şekil 4.14, müdahale sınırları hesaplaması için formülleri göstermektedir.

Kontrol kart	Standart değerler verilmeden		Standart değerlerle	
	Orta çizgi	3σ Müdahale sınırları	Orta çizgi	3σ Müdahale sınırları
p	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	p_0	$p_0 \pm 3\sqrt{p_0(1-p_0)/n}$
np	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	np_0	$np_0 \pm 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$
c	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	c_0	$c_0 \pm 3\sqrt{c_0}$
u	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\bar{u}/n}$	u_0	$u_0 \pm 3\sqrt{u_0/n}$
p_0, np_0, c_0 ve u_0 verilen standart değerler				

Şekil 4.14 Nitel kontrol kartlarının müdahale sınırları hesaplaması için formüller

Kontrol grafikleri oluşturulurken şu adımlar takip edilir [40]:

- İncelenecek kalite özelliği belirlenir.

- Hangi kontrol kartının kullanılacağı belirlenir.
- Elverişli bir örnekleme metoduyla rasyonel alt gruplar seçilir, ölçüm sonuçları kaydedilir.
- Merkez Hattı(MH), kontrol sınırları (AKS, ÜKS) hesaplanır.
- Kontrol sınırlarının dışında kalan örneklerin hatalı olma nedenleri tespit edilir ve uygun önlemler alınır.

4.5 Ölçüm Sistemleri Analizi - MSA

Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA), Otomotiv Endüstrisi Eylem Grubu (AIAG) tarafından “stabil koşullar altında çalışan bir ölçüm sisteminden elde edilen çoklu ölçümlerin istatistiksel özellikleri” olarak tanımlanmaktadır [35].

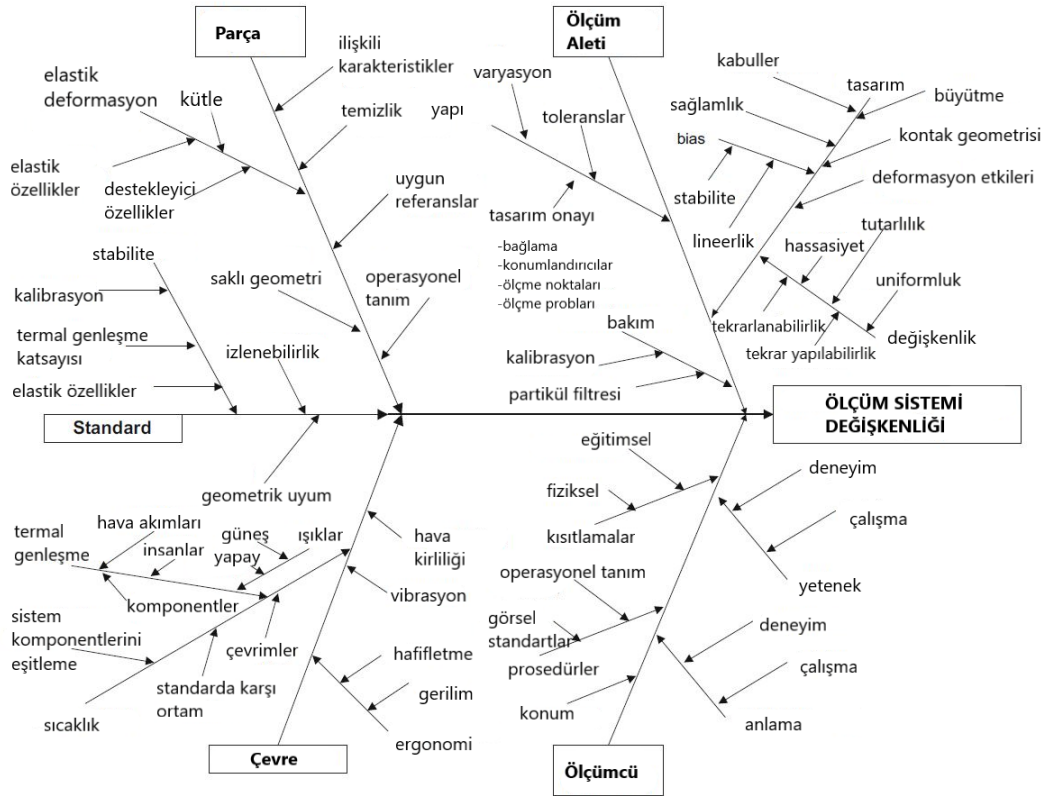
Ölçüm verileri her zamankinden daha sık ve daha fazla şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, bir üretim prosesini ayarlama kararı artık yaygın olarak ölçüm verilerine dayanmaktadır. Veriler ya da bunlardan hesaplanan bazı istatistikler, işlem için istatistiksel kontrol sınırlarıyla kıyaslanır ve kıyaslama, işlemin istatistiksel kontrolün dışında olduğunu gösterirse, düzeltmeler uygulanır. Aksi takdirde, işlemin düzeltilmeden çalışmasına izin verilir. Ölçüm verilerinin bir başka kullanımı, iki veya daha fazla değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını belirlemektir. Örneğin, kalıplanmış bir plastik parça üzerindeki kritik bir boyutun besleme malzemesinin sıcaklığı ile ilişkili olduğundan şüphelenilebilir. Bu olası ilişki, kritik boyutun ölçümlerini besleme malzemesinin sıcaklığının ölçümleri ile karşılaştırmak için regresyon analizi adı verilen istatistiksel bir prosedür kullanılarak incelenebilir.

Bu ilişkileri araştıran çalışmalar, Dr.W.E. Deming’in analitik çalışmalar olarak adlandırdığı terimin örnekleridir. Genel olarak, analitik bir çalışma, süreci etkileyen nedenler sistemi hakkında bilgiyi artıran bir çalışmadır. Analitik çalışmalar, ölçüm verilerinin en önemli kullanımları arasındadır, çünkü sonuçta süreçlerin daha iyi anlaşılmasına yol açarlar [35].

Veri tabanlı bir prosedür kullanmanın yararı, büyük ölçüde kullanılan ölçüm verilerinin kalitesiyle belirlenir. Veri kalitesi düşükse, prosedürün faydası düşük olabilir. Benzer şekilde, verilerin kalitesi yüksekse, yararın da yüksek olması muhtemeldir.

Ölçüm verilerinin kullanılmasından elde edilen faydanın, elde etme maliyetini garanti edecek kadar büyük olmasını sağlamak için, verilerin kalitesine dikkat edilmesi gerekir.

Şekil 4.15, ölçüm sistemleri değişkenliklerinin (varyasyon) sebep-sonuç diyagramını göstermektedir.



Şekil 4.15 Ölçüm sistemleri değişkenliklerinin sebep-sonuç diyagramı [35]

Ölçüm sistemleri analizinin kullanıldığı alanlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [35]:

- Bir ölçüm cihazının diğeriyle karşılaştırılması
- Proses varyasyonunu hesaplamak için gerekli bir bileşeni ve bir üretim prosesi için kabul edilebilirlik seviyesinin belirlenmesini sağlama
- Ölçüm ekipmanlarının kabul kriterinin belirlenmesi
- Ölçümü gerçekleştiren operatörlerin karşılaştırılması
- Ölçüm aletinin onarım öncesi ve sonrası durumunun kıyaslanması
- Yetersiz olduğundan şüphelenilen bir ölçü aletinin değerlendirmesi

Ölçüm süreçlerinin kabulü için farklı kurallar vardır. Bu tutarlılık eksikliği göz önüne alındığında, ölçüm yönetiminin kalitesi aşağıdaki sorunlar nedeniyle zarar görür [46]:

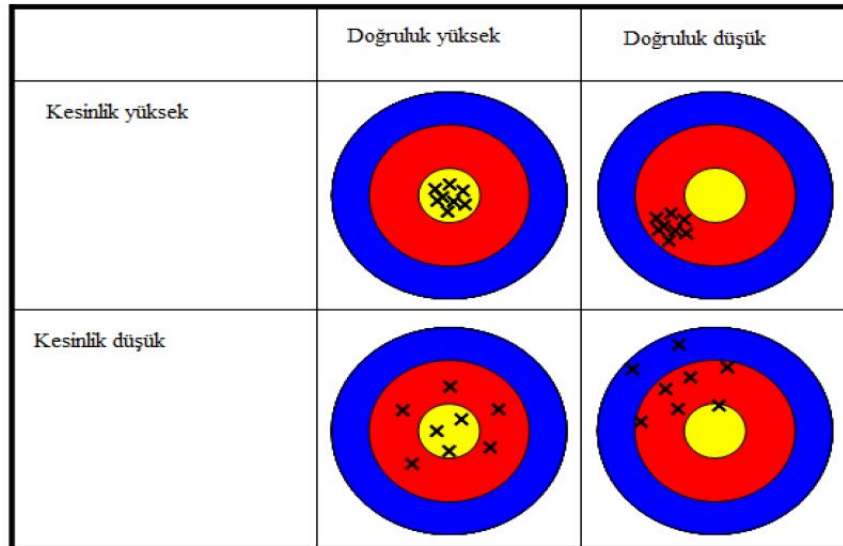
- İyi ürünlerin reddi

- Sonraki üretim aşamalarına veya müşterilere, kabul edilebilir standartlara uymayan ürünlerin tedariki
- Uygunsuz ölçme cihazı satın alma maliyetleri
- Şirket ve müşteri tarafından elde edilen sonuçlar arasında büyük tutarsızlıklar

4.5.1 Doğruluk ve Kesinlik Kavramları

”Ölçüm sonucunun kalitesi, doğruluk ve kesinlik olarak iki temel unsura bağlıdır. Doğruluk, gerçek değerin tam şekilde ölçülebilme kabiliyeti olarak tanımlanırken; kesinlik, ölçüm sonuçlarının birbirlerine yakınlıkları ile tanımlanır [47].”

Şekil 4.16, doğruluk ve kesinlik kavramları arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 4.16 Doğruluk ve kesinlik [48]

4.5.2 Ölçüm Sisteminde Varyasyon Türleri

”**Gerçek Değer** Bir ürün/parçanın, bir ölçüsünün mutlak değeridir. Kesin olarak bilinmesinin mümkünatı yoktur[35].”

”**Referans Değer** Bir ürün/parçanın, bir ölçüsünün kabul edilen referans değeridir. Operasyonel tanımlama gerektirir ve gerçek değerin yerine kullanılır [35].”

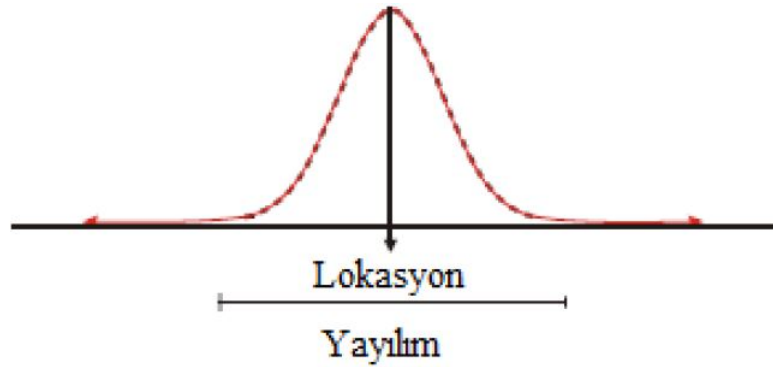
Genellikle ölçümlerin kesin olduğu varsayılır ve sıklıkla analiz ve sonuçların bu varsayımı temel aldığı varsayılır. Kişi, ölçüm sisteminde ölçümleri ve daha sonra verilere dayanan kararları etkileyen bir varyasyon olduğunu fark edemeyebilir. Ölçüm sistemi hatası beş kategoriye ayrılabilir [35]:

1. Bias
2. Tekrarlanabilirlik
3. Tekrar yapılabilirlik
4. Stabilité(kararlılık)
5. Doğrusallık(lineerlik)

Herhangi bir ölçüm aleti kullanılarak yapılmış bir grup ölçüm değerinde proses veya ölçüm sistemi veya her ikisinden kaynaklı varyasyonlar (değişkenlikler) bulunur. İlgili denklem:

$$\sigma_{Total}^2 = \sigma_{Process}^2 + \sigma_{MSA}^2 \quad (4.6)$$

Formülde; σ_{Total} toplam varyans, σ_{Proses} proses varyansı, σ_{MSA} ölçüm sistemi varyansıdır.



Şekil 4.17 Lokasyon ve yayılım varyasyonu [35]

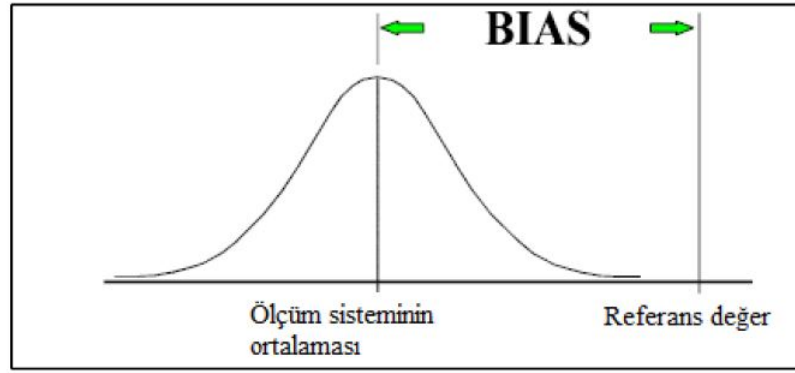
Lokasyon varyasyonları

Lokasyon varyasyonları (Şekil 4.17); doğruluk, bias, stabilite ve lineerliktir.

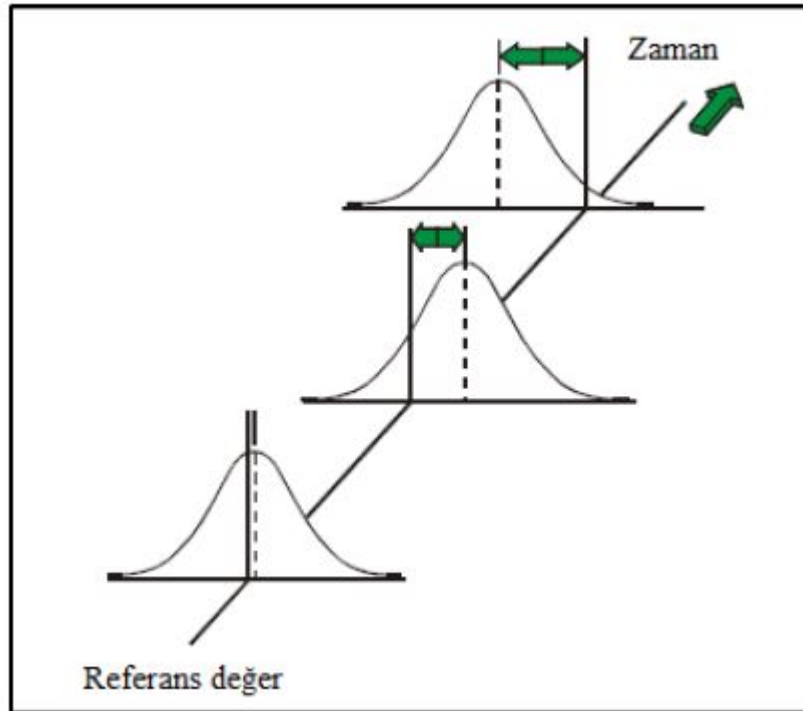
”Doğruluk(Accuracy), ölçüm değerinin gerçek değere veya kabul edilen bir referans değere yakınlığıdır [35].”

”Bias; gözlemlenen ölçümlerin ortalama değeri ile aynı ölçü için referans değeri arasındaki farktır (Şekil 4.18). Bias, ölçüm sisteminin sistematik hatasını ifade eder [35].”

Stabilite, biasın zamanla değişimidir (Şekil 4.19). Kararlı bir ölçüm süreci, konumu açısından istatistiksel kontrol altındadır [35].



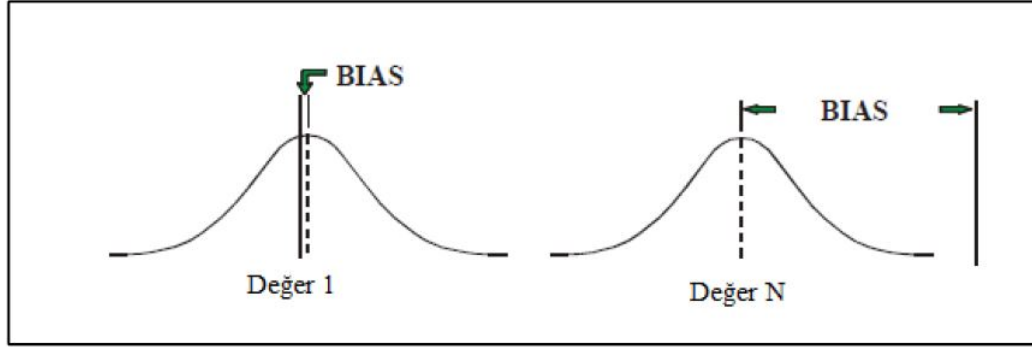
Şekil 4.18 Bias [35]



Şekil 4.19 Stabilité [35]

”Lineerlik; biasın, ölçüm aletinin normal çalışma aralığındaki varyasyonudur (Şekil 4.20). Başka bir ifadeyle; biasın büyüklük ile değişimi, lineerliktir. [35]. Bu konuda örnek olarak, bir ölçüm sisteminin küçük parçaları ölçmede daha hassas iken büyük parçaları ölçmede daha az hassas olması gösterilebilir [48]. ”

Lineerlik, ölçüm sisteminin sistematik bir hata bileşenidir [35].



Şekil 4.20 Lineerlik [35]

Bias, stabilite ve lineerlik değerlerini etkileyen unsurlar Şekil 4.21’de gösterilmektedir.

Yayılım Varyasyonları (Width Variations)

Yayılım varyasyonlarını; kesinlik, tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik ifade eder.

Kesinlik, tekrarlanan okumaların birbirine yakınlığıdır [35].

Ayrt edilebilirlik, tekrarlanabilirlik ve hassasiyetin belirli bir çalışma aralığındaki (büyüklük, aralık veya zaman) net etkisi kesinliktir (precision). Bazı organizasyonlarda kesinlik, tekrarlanabilirliğin yerine kullanılabilir. Aslında; kesinlik, çoğunlukla ölçüm aralığı boyunca tekrarlanan ölçümlerin beklenen varyasyonunu tanımlamak için kullanılır; bu aralık boyut veya zaman olabilir.

Başka bir deyişle; kesinlik, ölçme yöntemleri ya da cihazlarının bir karakteristiğidir. Bir ölçüm sistemindeki kesinlik, varyasyonları gözden geçirerek değerlendirilebilir. Varyasyon; ölçümlerin, aynı operatör tarafından, aynı ölçüm metoduyla, aynı ölçüm aletiyle ve aynı parça üzerinde tatbiki ile gözlemlenebilir. Ölçüm neticesi belirgin bir varyasyon göstermiyorsa, ölçüm sistemi son derece keskindir [49].

Tekrarlanabilirlik(Repeatability); bir ölçüm cihazı, bir ölçme operatörü tarafından, aynı numunenin aynı karakteristiğini birkaç kez ölçerken elde edilen ölçümlerin varyansdır [35].

Tekrarlanabilirlik, genellikle yanıltıcı olsa da, ekipman varyasyonu (EV) olarak

adlandırılır. Aslında, tekrarlanabilirlik, tanımlanmış ölçüm koşulları altında birbirini izleyen denemelerdeki yaygın neden (rastgele hata) varyasyonudur. Tekrarlanabilirlik için en iyi terim, ölçüm koşulları sabit ve tanımlanmış olduğundaki (sabit parça, alet, standart, yöntem, operatör, çevre ve varsayımlar) sistem varyasyonudur [35].

Bias Değer Aşımalarının Nedenleri	Stabiliteyi Bozan Nedenler	Lineerlik Hatasına Neden Olan Faktörler
Cihaz kalibre edilmelidir	Cihazın kalibre edilmesi gerekli, kalibrasyon süresi kısaltılmalı	Cihazın kalibre edilmesi gerekli, kalibrasyon süresi kısaltılmalı
Cihaz , ekipman veya fikstürün hasarlı olması	Cihaz , ekipman veya fikstürün hasarlı olması	Cihaz , ekipman veya fikstürün hasarlı olması
Yenmiş veya hasarlı master, mastarda hata	Normal yaşlanma veya eskime	Yetersiz bakım - hava, enerji, hidrolik, filtreler, korozyon, pas, temizlik
Uygun olmayan kalibrasyon veya uygun olmayan ayar mastarı kullanımı	Yetersiz bakım - hava, enerji, hidrolik, filtreler, korozyon, pas, temizlik	Yenmiş veya hasarlı master(lar), mastarlar)da hata min-max
Düşük kalite cihaz - dizayn veya uyumluluk	Yenmiş veya hasarlı master, mastarda hata	Uygun olmayan kalibrasyon (çalışma aralığını kapsamayan) veya uygun olmayan ayar master(lar)ının kullanımı
Lineerlik hatası	Uygun olmayan kalibrasyon veya uygun olmayan ayar mastarı kullanımı	Düşük kalite cihaz - dizayn veya uyumluluk
Uygulama için yanlış ölçüm cihazı kullanımı	Düşük kalite cihaz - dizayn veya uyumluluk	Cihaz tasarımı veya metot yeterli sağlamlıkta değil
Farklı ölçüm metodu - ayar, yükleme, sabitleme teknikleri	Cihaz tasarımı veya metot yeterli sağlamlıkta değil	Uygulama için yanlış cihaz kullanımı
Yanlış karakteristiğin ölçülmei	Farklı ölçüm metodu - ayar, yükleme, sabitleme teknikleri	Farklı ölçüm metodu - ayar, yükleme, sabitleme teknikleri
Tahrif (ölçüm cihazı veya parça)	Tahrif (ölçüm cihazı veya parça)	Tahrif (ölçüm cihazı veya parça), parça ebatıyla değişiklik
Çevresel faktörler - sıcaklık, nem, vibrasyon, temizlik	Çevresel faktör farklılaşması - sıcaklık, nem, vibrasyon, temizlik	Çevresel faktörler - sıcaklık, nem, vibrasyon, temizlik
Kabullerin ihlali, uygulanan sabitte hata	Kabullerin ihlali, uygulanan sabitte hata	Kabullerin ihlali, uygulanan sabitte hata
Uygulama - parça ebatı, pozisyonu, operatör yeteneği, yorgunluk, okuma hatası (okunabilirlik, paralaks)	Uygulama - parça ebatı, pozisyonu, operatör yeteneği, yorgunluk, okuma hatası (okunabilirlik, paralaks)	Uygulama - parça ebatı, pozisyonu, operatör yeteneği, yorgunluk, okuma hatası (okunabilirlik, paralaks)

Şekil 4.21 Bias, stabilite ve lineerlik değerlerini etkileyen faktörler [35], [48]

Tekrarlanabilirlik, statik ve dinamik tekrarlanabilirlik olarak sınıflandırılmıştır. Statik tekrarlanabilirlik, parçanın ölçüm fikstüründen hiç kaldırılmadan defaten ölçülmesi ile elde edilir [50].

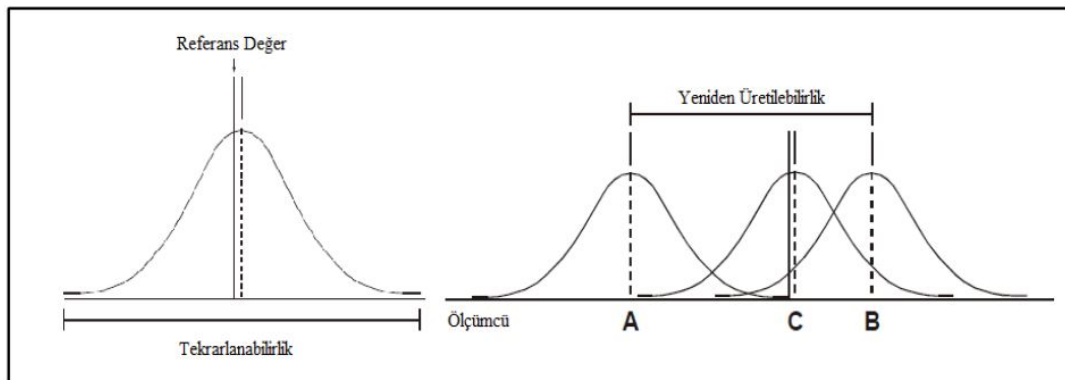
Düşük tekrarlanabilirlik nedenleri [35]:

- Parçadan kaynaklı; şekil, pozisyon, yüzey durumu, koniklik, numune tutarlılığı

- Ölçüm cihazından kaynaklı; bakım, tamir, ekipman veya fikstür hatası, düşük kaliteli ekipman veya düşük kaliteli bakım
- Standart kaynaklı; kalite, klasman, eskime
- Yöntem kaynaklı; kurulumda varyasyon, teknik, sıfırlama, tutma ve kavrama
- Ölçme operatörü kaynaklı; teknik, pozisyon, tecrübe eksikliği, yorulma, manipülasyon becerisi veya eğitimi
- Çevre kaynaklı; sıcaklıkta kısa çevrim dalgalanmaları, nem, titreşim, aydınlatma, temizlik
- Bir varsayımın ihlali
- Cihaz tasarımının veya yöntemin sağlamlıktan uzak olması, düşük uniformluk
- Uygulama için yanlış cihaz
- Tahribat(cihaz veya parça), rijitlik yetersizliği

Yeniden üretilebilirlik(Reproducibility) tipik olarak, aynı parça üzerinde özdeş karakteristikler ölçülürken aynı ölçüm cihazını kullanan farklı operatör tarafından yapılan ölçümlerin ortalamasındaki varyasyon olarak tanımlanır. Bu genellikle operatörün becerisinden etkilenen manuel cihazlar için geçerlidir. Bununla birlikte, operatörün önemli bir varyasyon kaynağı olmadığı ölçüm süreçleri (yani otomatik sistemler) için bu doğru değildir. Bu nedenle tekrarlanabilirlik, sistemler arasındaki veya ölçüm koşulları arasındaki ortalama varyasyon olarak adlandırılır [35].

Tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik Şekil 4.22’de gösterilmektedir.



Şekil 4.22 Tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik [35]

Düşük yeniden üretilebilirlik nedenleri [35]:

- Parçalar arası (numuneler): Aynı enstrüman, operatörler ve yöntem kullanılarak A, B, C vb. parça tiplerini ölçerken oluşan ortalama fark.
- Aletler arasında: Aynı parçalar, operatörler ve çevre için A, B, C, vb. aletleri kullanılırken oluşan ortalama fark.
- Standartlar arası: Ölçüm sürecinde farklı standartların ortalama etkisi.
- Metotlar arası: Değişen nokta yoğunlukları, manuel ve otomatik sistemler, sıfırlama, tutma veya kenetleme yöntemleri vb. nedenlerle oluşan ortalama fark
- Operatörler arası: Eğitim, teknik, beceri ve deneyimden kaynaklanan A, B, C vb. operatörler arasındaki ortalama fark.
- Ortamlar arası: Zaman 1, 2, 3 vd. süresince yapılan ölçümlerde çevresel etkilerden dolayı oluşan ortalama fark.
- Çalışmada bir varsayım ihlali
- Enstrüman tasarımı veya yöntemi sağlamlıktan yoksundur.
- Operatör eğitiminin etkinliği
- Uygulama - parça boyutu, konum, gözlem hatası (okunabilirlik, paralaks)

GRR

Gage RR(GRR), sistem içi ve sistemler arası varyansların toplamını verir (Şekil 4.23) [35].

Buradaki Gage kelimesi, ölçüm aletini ifade eder. RR ise tekrarlanabilirlik (Repeatability) ve yeniden üretilebilirlik (Reproducibility) sözcüklerinin İngilizce ilk harfleridir.

$$\sigma_{GRR}^2 = \sigma_{reproducibility}^2 + \sigma_{repeatability}^2 \quad (4.7)$$

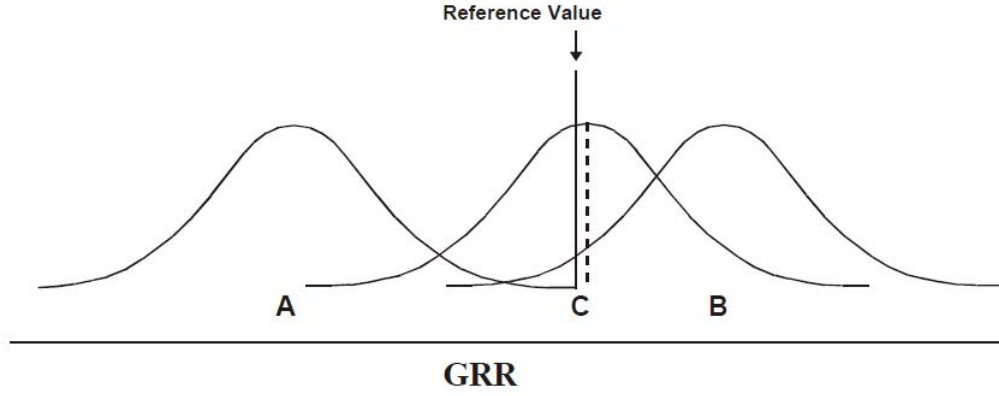
4.5.3 Gage R&R Metotları

Gage R&R çalışması üç farklı metot ile yapılabilir. Bunlar [35]:

- Aralık Metodu
- Ortalama ve Aralık Metodu

- ANOVA metodudur (ANOVA, Analysis of Variances, Değişkenler Analizi)

ANOVA metodu; diğer iki metottan farklı olarak, operatör-parça (operator to part variation) ile ilgili cihaz hatasını da gösterdiğinden dolayı daha çok tercih edilir [35].



Şekil 4.23 GRR [35]

Varyans analizi (ANOVA), standart bir istatistiksel tekniktir ve bir ölçüm sistemleri çalışmasında ölçüm hatasını ve diğer varyans kaynaklarını analiz etmek için kullanılabilir. ANOVA'da, varyans dört kategoriye ayrılabilir; parçalar, operatörler, parça-operatör etkileşimi ve ölçüm cihazına bağlı tekraralama hatası [35].

ANOVA tekniklerinin Ortalama ve Aralık yöntemleriyle karşılaştırıldığında avantajları [35]:

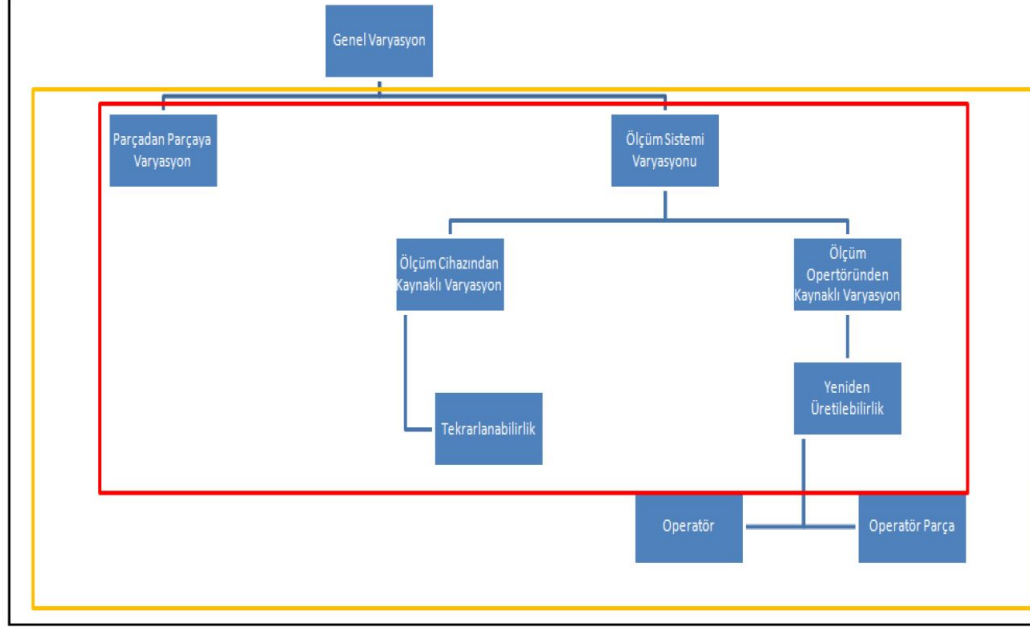
- ANOVA her tip deneysel düzenek için kullanılabilir.
- Varyansları daha doğru tahmin edebilir.
- Deneysel verilerden daha fazla bilgi (parçalar ve operatör arasındaki etkileşim gibi) elde edilir.

Dezavantajı ise, sayısal hesaplamaların daha karmaşık olması ve kullanıcıların sonuçları yorumlamak için belirli bir istatistik bilgisine sahip olması gerekliliğidir [35].

İki metot arasındaki fark, Şekil 4.24'de gösterilmiştir. Kırmızı dikdörtgen, ortalama ve aralık metodunu gösterirken; sarı dikdörtgen, ANOVA metodunu işaret etmektedir.

Ölçüm sistemleri analizi, kuruluşlardan zaman ve kaynak almaktadır. Bu nedenle; deneylerdeki sonuçların, gerçekleştirilen ölçümün kalitesini etkili bir şekilde ifade edebilmesi için bu analizler uygun bir şekilde yapılmalıdır. Yalnızca; mevzuat veya

müşteri gereksinimlerini karşılamak için yapılan çalışmalar ideal koşullar altında yürütülebilir, gerçek çalışma koşulları ise farklıdır. Öte yandan, müşteriler çok yüksek oranlar talep ettiğinde, uygulanabilir ölçümün kullanılmasının mümkün olmadığı sistemler yaratırlar [35].



Şekil 4.24 Ortalama ve aralık metodu ile ANOVA metodu arasındaki fark [48]

Ekipman varyasyonu (EV), ölçümlerden alınan sonuçların ölçüm aletinden kaynaklanan varyasyonunu ifade eder. Bu, tekrarlanabilirliğin ölçüm aletiyle tahmin edilmesidir [35].

$$EV = K_1 \times \bar{R} \quad (4.8)$$

Burada; $\bar{R}$ ortalama aralık ve $K_1 = \frac{1}{d_2}$ dir. K_1 ; çalışmada yapılan ölçüm denemesi sayısına bağlı olan bir sabittir ve formülden de görüldüğü gibi d_2 'nin tersidir. d_2 , parça sayısına ve aralığa bağlı bir sabittir. Bu değer için Ekler bölümüne(EKC) bakınız [35].

Tekrarlanabilirlik veya değerlendirme varyasyonu (AV), maksimum ortalama değerlendirme farkının ($\bar{X}_{DIFF}$) bir sabitle (K_2) çarpılmasıyla belirlenir. K_2 , gage çalışmasında kullanılan değerlendirme uzmanlarının sayısına bağlıdır ve Ek C'den elde edilen d_2 'nin tersidir. d_2 ; yalnızca bir aralık hesaplaması olduğundan, değerlendirme uzmanı (m) ve g = 1'e bağlıdır. Operatör varyasyonu, ekipman varyasyonu ile kontamine olduğundan, ekipman varyasyonunun bir kısmının çıkarılmasıyla ayarlanmalıdır. Bu nedenle,

değerleme varyasyonu (AV) şu şekilde hesaplanır [35]:

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{nr}} \quad (4.9)$$

Karekök işaretinin içerisinde negatif bir değer hesaplanırsa, operatör varyasyonu (AV) sıfır olarak varsayılır [35].

Tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik için ölçüm sistemi varyasyonu (GRR), ekipman varyasyonunun karesi ve operatör varyasyonunun karesinin toplanıp kareköklerinin alınmasıyla hesaplanır [35]:

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (4.10)$$

Parça varyasyonu (PV) Denklemi [35]:

$$PV = R_p \times K_3 \quad (4.11)$$

Parça varyasyonu (PV veya σ_p) parça ölçüm sonuç değerlerinin ortalama aralığının R_p , sabit K_3 ile çarpılmasıyla belirlenir. K_3 , ölçüm çalışmasında kullanılan parçaların sayısına bağlıdır ve Ek C'den elde edilen d_2 'nin tersidir. d_2 , parça (m) ve (g) sayısına bağlıdır. Bu durumda $g = 1$, çünkü sadece bir aralık hesaplaması vardır.

Toplam varyasyon (TV veya σ_T), GRR'nin karesi ve parça varyasyonunun (PV) karesi toplanıp kare kökü alınarak hesaplanır [35]:

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \quad (4.12)$$

Toplam varyasyondaki faktörlerin yüzdesi aşağıdaki gibi hesaplanır [35]:

$$\%EV = 100 \left[\frac{EV}{TV} \right] \quad (4.13)$$

$$\%AV = 100 \left[\frac{AV}{TV} \right] \quad (4.14)$$

$$\%GRR = 100 \left[\frac{GRR}{TV} \right] \quad (4.15)$$

$$\%PV = 100 \left[\frac{PV}{TV} \right] \quad (4.16)$$

Her faktörün yüzdelerinin toplamı %100'e eşit olmayacaktır [35].

GRR kabul kriterleri Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1 GRR kabul kriterleri

[35]

% GRR	Karar
%10'un altı	Ölçüm sistemi kabul edilir.
%10 - %30 arası	Ölçüm sistemi, uygulamanın önemine, ölçüm cihazının maliyetine, tamir masraflarına v.b. bağlı olarak kabul edilebilir. Kabul kararı için müşteri onayı alınmalıdır.
%30 üstü	Ölçüm sistemi kabul edilmez. Ölçüm sistemini geliştirici faaliyetler uygulanmalıdır.

Sayısal analizin son adımı, ölçüm sistemi tarafından güvenilir bir şekilde 'ayrık kategori sayısı'nı (number of distinct categories-ndc-) belirlemektir. Ölçüm sisteminin ayrıştırılabilmek konusunda sorun yaşaması durumunda; ölçüm sistemi, proses varyasyonunu tanımlayacak veya tekil olarak parça karakteristiklerini belirleyebilecek imkana sahip olmayacaktır. Bu durumda, aşağıdaki denklem ile ndc hesaplaması yapılarak farklı bir ölçüm tekniği kullanılmalıdır [35].

$$ndc = 1,41x \left(\frac{PV}{GRR} \right) \quad (4.17)$$

ndc = 0 önlemek için, bazı bilgisayar programları hesaplanan sonucu yuvarlar. Bu, aynı veriler farklı programlar tarafından değerlendirildiğinde nihai raporlarda farklılıklara neden olabilir [35].

4.5.4 Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi

Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi, Ölçüm Sistemleri Analizi'nin bir alt dalıdır ve bir kalite sürecinde parçaların ölçülmeden, sayısal veriler olmadan, yalnızca parçanın uygun olup olmadığını bakılarak, ölçüm sisteminin uygunluğunu kontrol eden bir tekniktir. Ölçüm sisteminde değişkenler birbiri ile kıyaslanmaktadır. Sistem içinde en

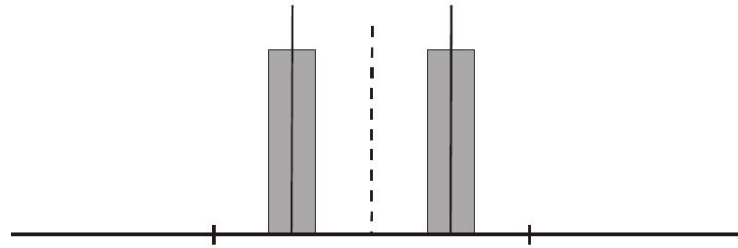
sık kullanılan araç; go/no-go (geçer/geçmez) masterlarıdır. Diğer niteliksel sistemler ise (ör: görsel standartlardan), çok iyi, iyi, adil, kötü, çok kötü gibi beş ila yedi sınıflandırmaya dayanmaktadır. Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi çalışmalarında; en büyük risk kategori sınırları olduğundan en uygun analiz, ölçüm performans eğrisi ile ölçüm sistemi değişkenlik miktarı ile yapılmaktadır [35].

Bazı nitelik durumlarında, değişken referans değerlerine sahip yeterli parçaların elde edilmesi mümkün değildir. Bu gibi durumlarda, yanlış ya da tutarsız karar alma riski değerlendirilir. Bu risk analizi yöntemleri [35]:

- Hipotez Testi Analizi
- Sinyal Algılama/Yakalama Teorisi

Bu yöntemler ölçüm sistemi değişkenliğini ölçmediğinden, yalnızca müşterinin onayıyla kullanılmalıdır. Bu tür tekniklerin seçimi ve kullanımı, iyi istatistiksel uygulamalara, ürün ve ölçüm süreçlerini etkileyebilecek potansiyel varyasyon kaynaklarının anlaşılmasına ve yanlış kararın geri kalan süreçler ve son müşteri üzerindeki etkisine dayanmalıdır [35].

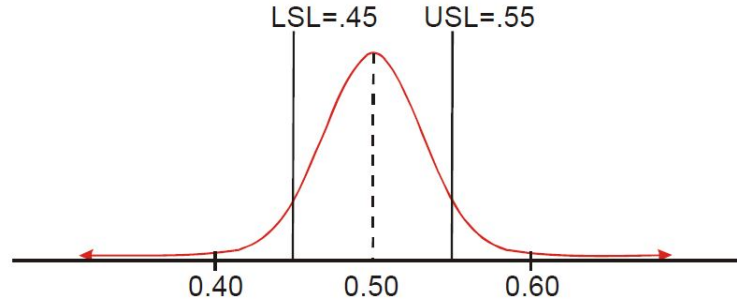
Nitelik sistemlerinin varyasyon kaynakları, insan faktörlerinin sonuçları ve ergonomik araştırmalar kullanılarak en aza indirilmelidir [35].



Şekil 4.25 Ölçme sistemi ile ilişkili 'gri' bölgeler [35]

Üretim sürecinde, uygun olmayan ürünün üretimi engellenir ve kabul edilmeyen parçalar ıskartaya çıkarılır ve sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olması gerekmektedir. Masterlar değişken ölçüm cihazlarından farklı olarak, parçanın ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğunu değil, parçanın kabul edilip edilmeyeceğini göstermektedir. Bu masterların çoğu bir şahit numune (müşterinin kabul ettiği parça) parça üzerinde doğrulama yapılarak kullanılmaktadır. Bu doğrulama go/no go (geçer/ geçmez) adı verilen masterlar sayesinde gerçekleştirilmektedir. Pek çok mastarda da olduğu gibi, go / no go masterlarda da yanlış karar verilebilecek “gri” bölgeler (Şekil 4.25) mevcut olmaktadır [35].

Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi çalışması yapılırken parçaların yaklaşık %25'i alt limitte veya alt limite yakın, %25'i üst limitte veya üst limite yakın seçilmektedir. P_p , $P_{pk} = 0,5$ (beklenen proses performansında yaklaşık olarak %13 hata) kabul edilerek, numune sayısı 50 parçadan rasgele seçim yapılmaktadır (Şekil 4.26) [35].



Şekil 4.26 Örnek proses $P_p=P_{pk}=0,5$ [35]

Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi çalışması en az 2 operatör ile yapılmakta ve her operatör her parça için en az 2 kez ölçüm yapmaktadır. Uygun ölçüm bir (1), uygun olmayan ölçüm ise sıfır (0) olarak kaydedilmektedir. Hazırlanan tabloda seçilen parçalar daha önce ölçülmüş olduğundan, referans sütununda parçanın uygun olup olmadığı (0 veya 1) ve referans değeri sütununda da nicel olarak ölçülmüş değeri belirtilmektedir. Operatörler bu değerleri ve birbirlerinin yaptıkları ölçümleri görmemelidir [35], [51].

AIAG tarafından hazırlanmış 'niteliksel çalışma veri seti Ek'tedir.

AIAG'nin kullandığı standartlara uygun tablo hazırlandıktan sonra ilk olarak gözlemlenen veriler özetlenir. Kodlarda; '-' uygun bulunmayan gözlemleri, '+' uygun bulunan gözlemleri, 'x' gözlemciler arasındaki uyumsuzluk gösteren gözlemlerini ifade etmektedir. Her bir ölçme operatörü çiftinin değerlendirmeleri kendi arasında karşılaştırılmaktadır [35], [51]

Ölçüm Sistemleri Analizi'nde üzerinde çalışma yürütülecek numune sayısı oldukça önemlidir. Çalışmaya başlarken genel olarak numune sayısının yeterli olduğu varsayılmaktadır. Nitel Ölçüm Sistemleri'nin ilgilendiği bölge "gri" bölgelerdir. Gri bölgeler; operatörler tarafından uygun parçanın red edildiği, uygun olmayan parçanın kabul edildiği veri grupları olduğundan dolayı, proses yeterliliği (C_p , C_{pk} veya P_p , P_{pk}) iyileştikçe, gereken numune sayısı yükselmektedir. Eğer süreç için P_p , $P_{pk} = 1,33$ olarak kabul edilirse; parçaların ölçüm değerlerinin hepsi kabul edilmekte ve hiçbir parça "gri" bölgeye düşmemektedir. Bu durumda yanlış değerlendirme yapılamayacağından tüm ölçme operatörleri kabul edilebilir olarak verileri değerlendirmektedir. Bu sebeple bir süreç içinde verilerin; P_p , $P_{pk} = 0,5$

(beklenen proses performansında yaklaşık olarak %13 hata) olduğunda, numune sayısı 50 adet olarak alınmaktadır [35], [51].

Hipotez Testi Analizi – Çapraz Tablolar

Ekip; parçalar için referans kararları bilmediğinden, değerlendirme uzmanlarının her birini diğeriyle karşılaştıran çapraz tablolar geliştirirler. Çapraz tablolama işlemi, iki veya daha fazla kategorik değişken için dağıtım verilerini analiz eder. Bir matris biçiminde sunulan sonuçlar, değişkenler arasındaki bağımlılığı gösteren bir beklenmedik durum tablosu oluşturur. [35]

A ve B operatör çiftinin tamamıyla şans eseri bir ölçümde uyum veya uyumsuzluk olasılığı beklenen dağılımlarla;

$$P(\text{operatör}) = \frac{\text{operatöre ait toplam red adeti}}{\text{toplam gözlem}} \quad (4.18)$$

İki gözlemci bağımsız olduğu için, parçanın kötü olduğu konusunda hemfikir olma olasılıkları [35]:

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B) \quad (4.19)$$

A operatörü ile B operatörünün kaç adet parçada reddedildiğine göre aralarındaki uyum olasılıkları hesaplaması:

$$n \times P(A \cap B) \quad (4.20)$$

toplam ölçüm sayısını, örnekleme ifade etmektedir. Aynı yöntem ile uygun kabul edilen parçalar arasındaki uyumun olasılıkları da hesaplanmaktadır.

Kappa katsayısı, kategorik noktaların değerlendirilmesinde iki ölçme operatörü arasındaki uyumu ölçen istatistiktir. Kappa testi, ölçme operatörleri arasındaki uyumun şans eseri olabileceğini de gözettiğinden dolayı, iki ölçme operatörü arasındaki yüzde, orantı olarak bulunan uyumdan daha kuvvetli bir sonuç olarak düşünülür. “Cohen’in kappa katsayısı” yalnızca iki ölçme operatörü arasındaki uyumdur ve uyumun ölçüldüğü ölçme operatörü sayısının ikiden fazla olması durumunda “Fleiss’in kappa katsayısı” uygulanır. K (Kappa), -1 ile +1 arasında bir değer olabilir. Kappa değerinin +1 olması, iki ölçme operatörü arasında mükemmel uyum olduğunu gösterirken; -1 olması ise iki ölçme operatörü arasındaki

uyumsuzluğun çok yüksek olduğunu gösterir. Kappa değerinin 0 bulunması halinde ise incelenen bu iki ölçme operatörü arasındaki uyumun şansa bağlı olabilecek uyumdan farklı olmadığı anlamı çıkar [35], [52].

Kappa formülü [35]:

$$kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (4.21)$$

p_o : İki ölçme operatörü için gözlemlenen uyumların toplam orantısı

p_e : Uyumun şansa bağlı ortaya çıkma olasılığı

Ölçme sisteminin etkinliği (verimlilik) [35]:

$$effectiveness = \frac{\text{doğru karar adeti}}{\text{karar için toplam olanaklar}} \quad (4.22)$$

Kappa bir testten ziyade bir ölçüdür. Büyüklüğü, istatistiği oluşturmak için asimtotik bir standart hata kullanılarak değerlendirilir. Genel kural, 0.75'in üzerindeki kappa değerlerinin iyi ila mükemmel uyumu (maksimum kappa = 1 ile) göstermesidir; 0.40'ın altındaki değerler ise uyumun zayıf olduğunu gösterir [35].

Sinyal Algılama/ Yakalama Yaklaşımı

Sinyal Algılama Yaklaşımı, seçilmiş parçaların ölçüm değerlerinin süreci hangi oranda yansıttığını göstermektedir. Yüksek yeterlilik sağlayan süreçler için bazı parçaların, spesifikasyonları dışında ve tolerans limitlerine yakın ölçüm sistemi analizi yapılmaktadır. Bu nedenle, parçalar veya sürecin aralığını temsil eden örnekler toplanmakta ve referans değerleri ile elde edilen neticeler kıyaslanmaktadır [51].

İki veya daha fazla ölçme operatörü ile her parça, belirlenen ölçüm sistemi ile en az 3 kere ölçülmektedir. Ölçülen bu parçalar iyi veya kötü, doğru veya yanlış parçalar olarak tanımlanmaktadır. Referans değerleri hesaplanan parçaların azalan bir şekilde sıralanması yapılarak ayarlanmaktadır. Üç bölgeden oluşan dağılımda, her parça bir yere atanmaktadır. Birinci bölgede, kötü parçalar ölçme operatörü tarafından kötü olarak tanımlanmaktadır. İkinci bölge, 'gri bölge' olarak adlandırılmakta ve kötü parçalar bazen iyi, iyi parçalar da bazen kötü olarak tanımlanmakta olduğundan bu bölgeye düşmektedir. Üçüncü bölgede de iyi parçalar ölçme operatörü tarafından iyi olarak tanımlanmaktadır. Ortalamanın tolerans değeri %25 civarında olmalıdır [51].

İkinci bölge için ortalama, D_i olarak ifade edilmektedir.

$$D_i = \frac{d_{alt\ limit} - d_{üst\ limit}}{2} \quad (4.23)$$

" $D_{üst}$, kötü olarak tanımlanan tüm parçaların en yüksek spesifikasyon değeri dışında son referans değeri ile iyi olarak tanımlanan tüm parçaların en yüksek spesifikasyon değeri içinde ilk referans değeri arasındaki fark ile hesaplanmaktadır [51]."

" D_{alt} , iyi olarak tanımlanan tüm parçaların en düşük spesifikasyon değeri içinde son referans değeri ile kötü olarak tanımlanan tüm parçaların en düşük spesifikasyon değeri dışında ilk referans değeri arasındaki fark ile hesaplanmaktadır [51]."

4.5.5 Ölçüm Sistemleri Analizi İçin Referans El Kitapları

Ölçüm sistemlerinin analiz edilmesi için otomotiv endüstrisi tarafından 'VDA 5' ve 'MSA kılavuzu' geliştirilmiştir. Şu anda dördüncü versiyonunda olan MSA kılavuzu, 2010 yılında Otomotiv Endüstrisi Eylem Grubu (AIAG) tarafından yayınlanmıştır. VDA 5 kılavuzu ise Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği tarafından geliştirilmiş ve en son 2011 yılında revize edilmiştir.

Ölçüm sistemlerinin analizinde uygulanan istatistiksel yöntem ne olursa olsun, müşteriler ve tedarikçiler arasında yeterli iletişim şarttır. Ve bu iletişim her iki taraftan da teknik bilgi gerektirir. Sadece istatistiksel araçlar hakkında değil, aynı zamanda ürün özelliklerinin uygulanması konusunda da teknik bilgi şarttır. Bu olmadan, diğer tüm eylemler eksik ve maliyetlidir. İlgili kişiler arasında olumlu bir sinerji varsa tutarlı bir ölçüm sistemleri analizi gerçekleştirilir.

Temel bir özellik, ölçüm cihazı çözünürlüğüdür. Bu anlamda, VDA 5 kılavuzunun yönü, okumaların kalitesine yardımcı olmak için toleransın maksimum %5'ini önerdiği için iddialıdır. Yeterli çözünürlük olmadan, bir üründen diğerine önlemler arasındaki farkları tespit etmek mümkün değildir. Çözünürlük yetersizse, varyasyon çok düşük tahmin edilecektir (genellikle sıfıra yaklaşır) ve makul bir değerlendirme mümkün değildir. Uygun çözümleme ile, ayrık kategori sayısının (ndc) belirlenmesi de zorunludur. Ancak burada, GRR çalışmasında kullanılan parçaların farklı ölçülere sahip olmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde, ölçüm sistemi parçalar arasındaki farkı tespit edemeyecektir, çünkü bu fark pratik olarak mevcut değildir.

MSA el kitabı; GRR yönergelerinin tek başına kabul kriteri olarak kullanılmasının, bir ölçüm sisteminin kabul edilebilirliğini belirlemek için kabul edilebilir bir uygulama olmadığı konusunda uyarılmaktadır. Bunun nedeni, GRR'nin sadece ölçüm

sisteminin rastgele varyasyonunu değerlendirmesidir. Hangi istatistiksel özelliklerin incelenmesi gerektiğini tanımlamak için ölçüm sistemi türüne göre kritik ve teknik bir değerlendirme yapılmalıdır. Tipik olarak, Bias ve GRR yapılacak minimum çalışmalar olmalıdır.

Bias analizi için, VDA 5 kılavuzunda sunulan Tip 1 çalışması uygundur, çünkü ölçüm cihazının kalibrasyon sonuçlarını tamamlar ve ölçüm sisteminin kullanılacağı normal koşulları göz önünde bulundurur [35].

GRR analizi için, varyasyon kaynakları arasındaki etkileşimleri de değerlendirmesine izin verdiği için, en uygun değerlendirme yöntemi ANOVA'dır. ANOVA, ölçüm sistemi analizinde yer alan parametrelerin daha doğru tahminlerini verir, herhangi bir deney düzeneğini kaldırabilir, varyansı daha doğru bir şekilde değerlendirebilir ve deneysel verilerden daha fazla bilgi elde edebilir. ANOVA'nın tercih edilmesinin bir başka sebebi ise değerlendirme için bol miktarda bilgi sağlamasıdır [53].

Bununla birlikte, ölçüm sistemleri analizinin en büyük sorunu, izin verilen maksimum hataların tanımlanmasıdır.

MSA el kitabı Bias'ın sıfıra eşit olması gerektiğini belirtirken, VDA 5 el kitabında Q_{MS} , toleransın %15'ine ayarlanarak sapmalara izin verilir.

Ölçüm işleminin (ölçüm sistemi) varyasyonu için VDA 5 kılavuzunda; Q_{MP} , toleransın %30'unu belirtirken, MSA kılavuzu %GRR için %10'a kadar bir sınır atar. MSA kılavuzunun %99,73 güven seviyesi için hesaplamalar yaptığını ve ölçüm sistemi varyasyon aralığını makul ölçüde artırdığını bildirmek önemlidir. VDA 5 kılavuzunda ana hatları verilen ölçüm belirsizliği çalışmaları yaklaşık %95'lik bir güven seviyesi için gerçekleştirilir. "Güven seviyesi ne kadar yüksek olursa, güven aralığı da o kadar büyük ve ifade o kadar anlamsız olur [53]".

Bu nedenle, MSA'nın %10'a kadar GRR el kitabı sınırlama yüzdesinde oluşturulan titizlik, çeşitli ölçüm sistemlerinin kullanımını imkansız kılmıştır, bu normal değerlendirme koşullarında gerekli ölçüm görevi için uygun olacaktır.

Mevcut IATF 16949 (2016), ölçüm sistemlerinin analizi için referans kılavuzlarının kullanılmasını gerektirir. Yani, MSA kılavuzunun veya VDA 5 kılavuzunun kullanılması konusunda kayıtsızdır, tabii herhangi bir özel müşteri gereksinimi olmaması durumunda. Bu bağlamda, GRR kabul yüzdeleri için daha fazla esneklik olmalıdır.

5.1 Uygulamanın Yapıldığı İşletme Hakkında Genel Bilgiler

Uygulamalar, İstanbul Silivri’de yer alan otomotiv sanayii tedarikçisi bir firmada yapılmıştır. Firma, endüstriyel kilit ve menteşe sektöründe 1979 yılından bu yana faaliyette olup, Türkiye’de pazar lideri, küresel pazarlarda ise marka haline gelmeyi başaramış bir kuruluştur. Firmanın, Silivri bölgesinde 35.000 m2 kapalı alandaki tesisinde 330 çalışan istihdam edilmektedir. Firmanın 17 ana kategorideki 500’den fazla çeşit ürünü, 75’ten fazla ülkeye ihraç edilmektedir. Firma ayrıca her sene ortalama 20 yeni ürünü ürün portföyüne eklemektedir.

5.2 İşletmenin İmalat Prosesleri

İşletmedeki ana imalat prosesleri:

- Zamak Enjeksiyon
- Plastik Enjeksiyon
- Talaşlı İmalat
- Kalıphanede kalıp tasarımı ve imalatı
- Pres
- Toz boyama
- Montaj
- Barel, Anahtar, Fişe işleme

5.3 İşletmenin Ölçme Cihazları

İşletmede; kumpas, mikrometre, mastar (tampon, diş), boya kalınlığı ölçme cihazı, mihengir, spektrometre, kaplama kalınlığı ölçme cihazı ve sertlik ölçme cihazları bulunmaktadır.

5.4 İşletmenin Kalite Yönetim Sistemi

İşletme sertifika ve deklarasyonları:

- ISO 9001:2015
- ISO 14001:2015
- OHSAS 18001:2007
- ISO 27001:2013
- ISO 50001:2001
- Ürünlerin tamamında yurtiçi ve yurtdışı üretim normlarına ve düzenlemelerine uygunluk
- RoHS - 2002/95/EC sayılı Avrupa Birliği direktiflerine uygunluk
- Avrupa Birliği Reach direktifine uyumluluk
- ELS System (ACU & MCU) ürünleri CE etiketine sahiplik

5.5 MSA Uygulamaları

İşletmedeki 1/100 mm'lik kumpas ve 1/1000 mm'lik dijital kumpas için MSA çalışmaları yapılmıştır.

5.5.1 GRR Uygulamaları

Öncelikle, '060 Kovan' parçası üzerinde GRR uygulaması yapılmıştır. Şekil 5.1'de, uygulamanın detayları gösterilmektedir.

Şekil 5.27'de, parçanın tasarımına ait tüm ölçü değerleri gösterilmektedir.

Uygulamada; 3 ölçme operatörü, 10 numune üzerinde, 3'er kez ölçüm yapmıştır. Bu ölçümler, GRR formülleri tanımlanan Excel'e girilmiştir ve ölçüm ortalamaları, aralık değerleri, ortalamaların ortalamaları, maksimum ortalama değerlendirme farkı ($\bar{X}_{DIFF}$)

), üst kontrol limiti (ÜKL), alt kontrol limiti (AKL), EV (ekipman varyasyonu), AV (ölçme operatörü varyasyonu), GRR, PV (parça varyasyonu) ve TV (toplam varyasyon) değerleri elde edilmiştir. %GRR ve ndc değerlerine göre ise kabul, şartlı kabul veya red kararları referans el kitabı doğrultusunda yorumlanarak verilmiştir.

ÖLÇME SİSTEMİNİN YETERLİLİĞİ

PARÇA ADI	060 Kovan	TARİH	:
KARAKTERİSTİK	N/A	ÖLÇÜMCÜ	:
TOLERANS	±0,1	HAZIRLAYAN	:
ÖLÇÜM ALETİ	Kumpas	ONAY	:

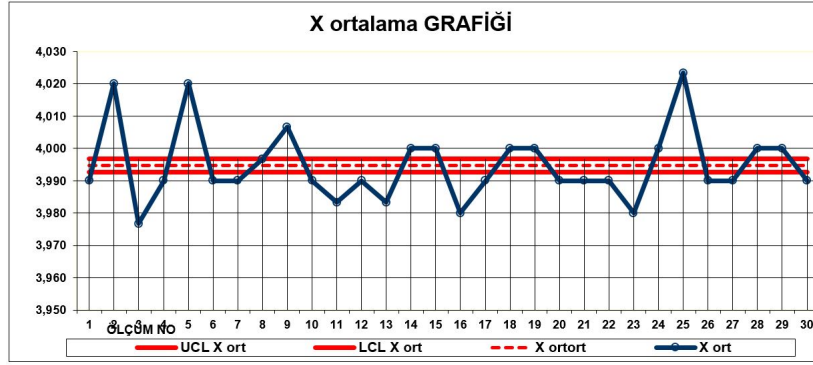
ÖLÇÜMCÜ	3	DENEME				3	PARÇA				10			
ÖLÇÜMCÜ DENEME	PARÇA										ORTALAMA			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ÖLÇÜMCÜ A	1	3,990	4,020	3,970	3,990	4,020	3,990	3,990	4,000	4,010	3,990	3,997		
2.	2	3,990	4,020	3,980	3,990	4,020	3,990	3,990	3,990	4,010	3,990	3,997		
3.	3	3,990	4,020	3,980	3,990	4,020	3,990	3,990	4,000	4,000	3,990	3,997		
4.	Ortalama	3,990	4,020	3,977	3,990	4,020	3,990	3,997	4,007	3,990	X _{ort} =	3,9970		
5.	Aralık	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	R _{ort} =	0,003		
ÖLÇÜMCÜ B	1	3,980	3,990	3,980	4,000	4,000	3,980	3,990	4,000	4,000	3,990	3,991		
7.	2	3,990	3,990	3,980	4,000	4,000	3,980	3,990	4,000	4,000	3,990	3,992		
8.	3	3,980	3,990	3,990	4,000	4,000	3,980	3,990	4,000	4,000	3,990	3,992		
9.	Ortalama	3,983	3,990	3,983	4,000	4,000	3,980	3,990	4,000	4,000	3,990	X _{ort} =	3,9917	
10.	Aralık	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	R _{ort} =	0,002	
ÖLÇÜMCÜ C	1	3,990	3,990	3,980	4,000	4,020	3,990	3,990	4,000	4,000	3,990	3,996		
12.	2	3,990	3,990	3,980	4,000	4,020	3,990	3,990	4,000	4,000	3,990	3,996		
13.	3	3,990	3,990	3,980	4,000	4,030	3,990	3,990	4,000	4,000	3,990	3,996		
14.	Ortalama	3,990	3,990	3,980	4,000	4,023	3,990	3,990	4,000	4,000	3,990	X _{ort} =	3,9953	
15.	Aralık	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	R _{ort} =	0,001	
16.	Parça Ortalaması (X _p)	3,988	4,000	3,980	3,997	4,014	3,987	3,990	3,999	4,002	3,990	X _{ort} =	3,9947	
												R _p =	0,034	
17.	(R _{ort} = 0,003 + R _{ort} = 0,002 + R _{ort} = 0,001) / Ölçümcü = 3										R _{ort} =	0,0020		
18.	(Max X _{ort} = 3,9970) - Min X _{ort} = 3,9917 = X _{diff}										Deneme	D ₄	D ₃ = 0	0,0053
19.	(R _{ort} = 0,0020) x (D ₄ = 2,58) = ÜKL _R										2	3,27		0,0052
20.	(R _{ort} = 0,0020) x (D ₃ = 0,00) = AKL _R										3	2,58		0,000

Ölçüm Cihazı Analizi	Tolerans : 0,2000	% Toplam Varyasyon TOLERANSA GÖRE (TA)
Tekrarlanabilirlik - Cihaz varyasyonu (EV)		
EV = R _{ort} x K ₁	Deneme	K ₁
= 0,0020 x 0,5908	2	0,8862
= 0,00118	3	0,5908
		% EV = 100 (EV / TA) 100 (EV/TV)
		= 3,54 % 10,50 %
Tekrar Yapılabilirlik - Ölçümcü Varyasyonu (AV)		
AV = √ (X _{diff} x K ₂) ² - (EV ² / nr)	Ölçümcü	K ₂
= √ 0,000 - 0,00000	2	0,7071
= 0,00278	3	0,5231
		% AV = 100 (AV / TA) 100 (AV/TV)
		= 8,34 % 24,73 %
Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik (R&R)		
GRR = √ (EV) ² + (AV) ²		
= √ 0,000 + 0,000		
= 0,00302	Parça	K ₃
	2	0,7071
	3	0,5231
	4	0,4467
	5	0,4030
	6	0,3742
	7	0,3534
	8	0,3375
	9	0,3249
	10	0,3146
Parça Varyasyonu (PV)		
PV = R _p x K ₃		
= 0,034 x 0,31		
= 0,01084		
		% PV = 100 (PV / TA) 100 (PV/TV)
		= 32,51 % 96,32 %
Toplam Varyasyon (TV)		
TV = √ GRR ² + PV ²		
= √ 0,000 + 0,000		
= 0,01125		
		ndc = 1,41* (PV / GRR)
		= 5,06
		KARAR : PARÇA VARYASYONU/ÖLÇÜM SİSTEM VARYASYONU KABUL SEVİYESİNDE.

Şekil 5.1 '060 Kovan' parçası üzerinde 1/100 mm'lik kumpas için GRR çalışması

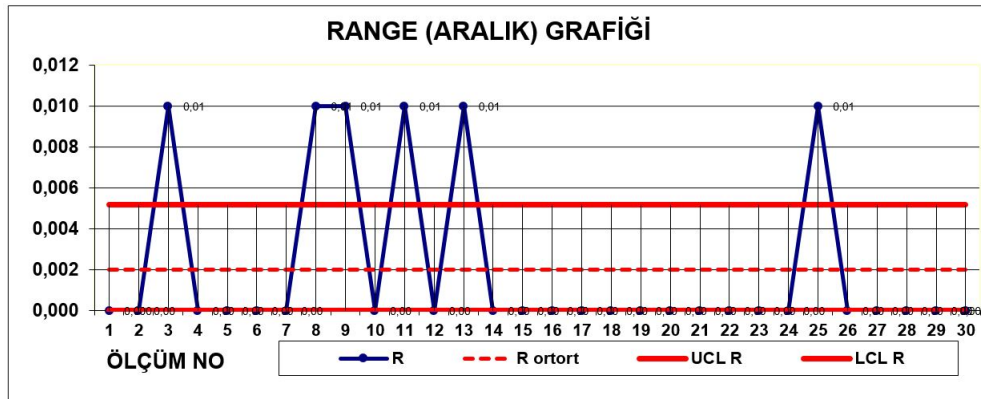
Şekil 5.2'de, elde edilen X_{ort} değerlerine ait grafik gösterilmektedir. Yaklaşık olarak ortalamaların yarısı veya daha fazlası kontrol limitlerinin dışına düşmelidir. Böyle ise ölçüm sistemi parçadan parçaya değişkenliği algılamaya ve prosesi analiz ve kontrol için veri sağlamaya yeterlidir. Değil ise ölçüm sistemi yeterli çözünürlükte değildir

veya parça örnekleme umulan proses değişkenliğini yansıtmıyordu.



Şekil 5.2 X ortalama grafiği

Şekil 5.3'te elde edilen R değerlerine ait grafik gösterilmektedir. Bütün dağılımlar kontrol limitleri içinde ise bütün ölçme operatörleri uyumlu ve doğru iş yapmışlardır. Bir ölçme operatörünün sonuçları kontrol dışı ise kullandığı yöntem diğerlerinden farklıdır. Bütün ölçme operatörlerinin bazı sonuçları kontrol dışı ise ölçüm sistemi, ölçme operatörlerinin ölçme tekniklerine karşı hassas demektir ve veri toplama yönteminin iyileştirilmesine ihtiyaç vardır. Uygulamaya ait grafikten de görüldüğü gibi her ölçme operatörünün az sayıda da olsa bazı ölçümleri kontrol limitlerinin dışındadır. Bu sonuç; genel anlamda kumpasın ölçüm aletleri arasında, ölçme operatörünün ölçme tekniğine karşı en duyarlı ölçüm aletlerinden biri olduğunun teyididir. Ancak, kumpasın bu doğal özelliğine rağmen yine de ölçme operatörlerinin ölçüm teknikleri incelenip olabildiğince standart bir ölçüm tekniğine sahip olmaları sağlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.3 Range(R) aralık grafiği

'368-28 Anahtar' parçası üzerinde yapılan GRR uygulaması Şekil 5.4'te gösterilmektedir. Bu çalışmada, %GRR değeri 7,04 ile kabul seviyesinde bulunmuştur. Ndc değeri ise 5'ten büyük çıkarak 7,57 bulunmuştur. Dolayısıyla ndc değeri de kabul seviyesindedir.

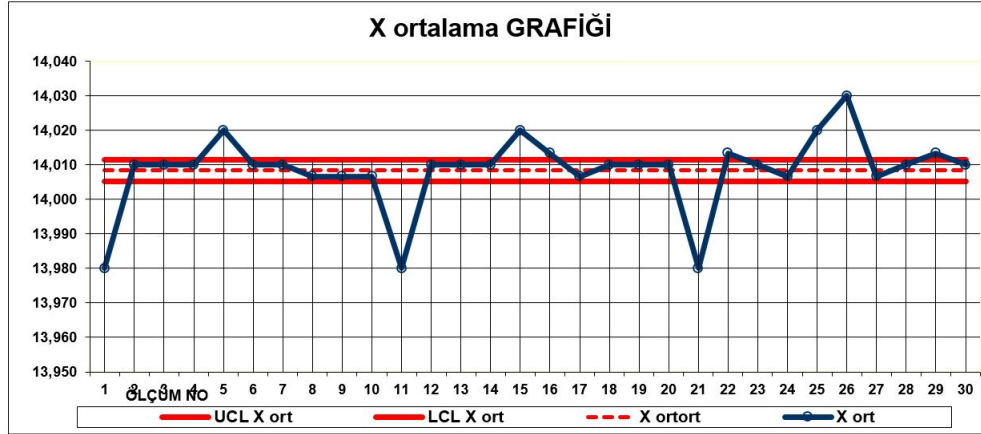
ÖLÇME SİSTEMİNİN YETERLİLİĞİ

PARÇA ADI : 368-28 Anahtar
 KARAKTERİSTİK :
 TOLERANS : 14±0,1
 ÖLÇÜM ALETİ : Kumpas
 TARİH :
 ÖLÇÜMCÜ :
 HAZIRLAYAN :
 ONAY :

ÖLÇÜMCÜ	3	DENEME	3	PARÇA	10							
ÖLÇÜMCÜ DENEME	PARÇA										ORTALAMA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
ÖLÇÜMCÜ A	1	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,010	14,010	14,010	14,010	14,010	14,008
2.	2	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,010	14,010	14,010	14,000	14,000	14,008
3.	3	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,010	14,010	14,000	14,010	14,010	14,007
4.	Ortalama	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,010	14,010	14,007	14,007	14,007	X _{ort} = 14,0070
5.	Aralık	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	R _{ort} = 0,003
ÖLÇÜMCÜ B	1	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,010	14,000	14,010	14,010	14,010	14,007
7.	2	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,020	14,010	14,010	14,010	14,010	14,009
8.	3	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,010	14,010	14,010	14,010	14,010	14,008
9.	Ortalama	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,013	14,007	14,010	14,010	14,010	X _{ort} = 14,0080
10.	Aralık	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	R _{ort} = 0,002
ÖLÇÜMCÜ C	1	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,030	14,000	14,010	14,020	14,010	14,010
12.	2	13,980	14,010	14,010	14,010	14,020	14,030	14,010	14,010	14,010	14,010	14,010
13.	3	13,980	14,020	14,010	14,000	14,020	14,030	14,010	14,010	14,010	14,010	14,010
14.	Ortalama	13,980	14,013	14,010	14,007	14,020	14,030	14,007	14,010	14,013	14,010	X _{ort} = 14,0100
15.	Aralık	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	R _{ort} = 0,004
16.	Parça Ortalaması (X _p)	13,980	14,011	14,010	14,009	14,020	14,018	14,008	14,009	14,010	14,009	X _{ort} = 14,0083 R _p = 0,040
17.	(R _{ort} = 0,003 + R _{ort} = 0,002 + R _{ort} = 0,004) / Ölçümcü = 3											R _{ort} = 0,0030
18.	(Max X _{ort} = 14,0100) - Min X _{ort} = 14,0070) = X _{diff}											D ₂ = 0 D ₃ = 0
19.	(R _{ort} = 0,0030) x (D ₂ = 2,58) = ÜKL _R											2 3,27 0,0077
20.	(R _{ort} = 0,0030) x (D ₃ = 0,00) = AKL _R											3 2,58 0,000
Ölçüm Cihazı Analizi Tolerans : 0,2000 % Toplam Varyasyon TOLERANSA GÖRE (TA)												
Tekerlanabilirlik - Cihaz varyasyonu (EV)												
EV = R _{ort} x K ₁												
= 0,0030 x 0,5908												
= 0,00177												
Tekerlanabilirlik - Ölçümcü Varyasyonu (AV)												
AV = √(X _{diff} x K ₂) ² - (EV ² / nr)												
= √(0,000 - 0,00000)												
= 0,00154												
Tekerlanabilirlik ve Tekerlanabilirlik (R&R)												
GRR = √(EV) ² + (AV) ²												
= √(0,000 + 0,000)												
= 0,00235												
Parça Varyasyonu (PV)												
PV = R _p x K ₃												
= 0,040 x 0,31												
= 0,01258												
Toplam Varyasyon (TV)												
TV = √(GRR ² + PV ²)												
= √(0,000 + 0,000)												
= 0,01280												
ndc = 1,41* (PV / GRR)												
= 7,57												
KARAR : PARÇA VARYASYONU ÖLÇÜM SİSTEM VARYASYONU KABUL SEVİYESİNDE.												

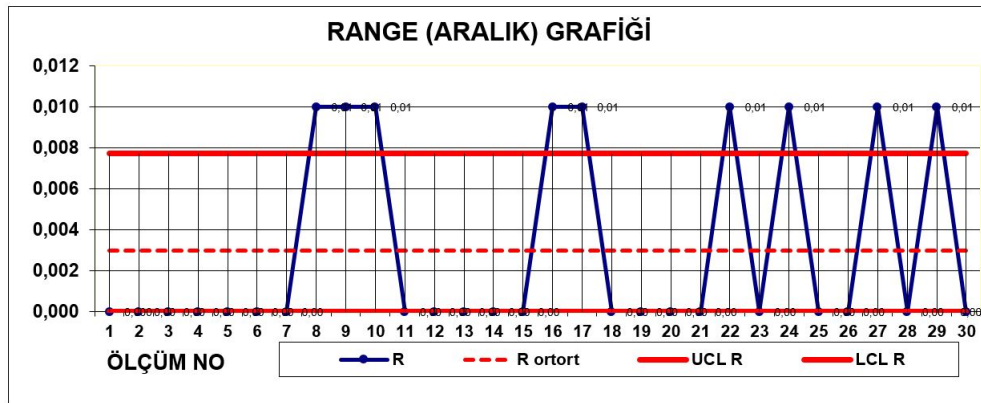
Şekil 5.4 '368-28 anahtar' ürünü Üzerinde 1/100 mm'lik kumpas için GRR çalışması

Şekil 5.5'te gösterilen grafikte, ölçümlerin 1/3'lük kısmının kontrol limitlerinin dışında olduğu görülmektedir. Bu durum, ölçüm sisteminin yeterli çözünürlükte olmadığına veya parça örneklemesinin umulan proses değişkenliğini yansıtmadığına işaret etmektedir.



Şekil 5.5 X ortalama grafiği

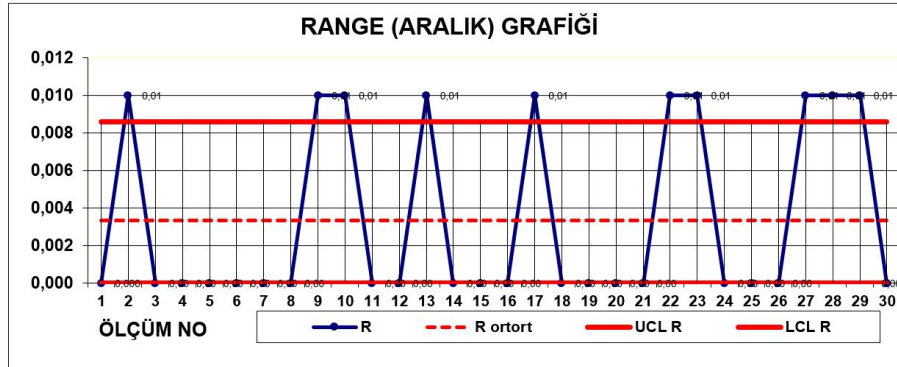
Şekil 5.6'da gösterilen grafikte, 30 R değerinin 9'unun dışında kaldığı görülmüştür ve bu limit dışı ölçümler tüm ölçme operatörlerinde mevcuttur. Bu durumda, ölçüm sistemi ölçme operatörlerinin ölçme tekniklerine karşı hassas demektir ve veri toplama yönteminin iyileştirilmesine ihtiyaç vardır.



Şekil 5.6 Aralık(Range (R)) grafiği

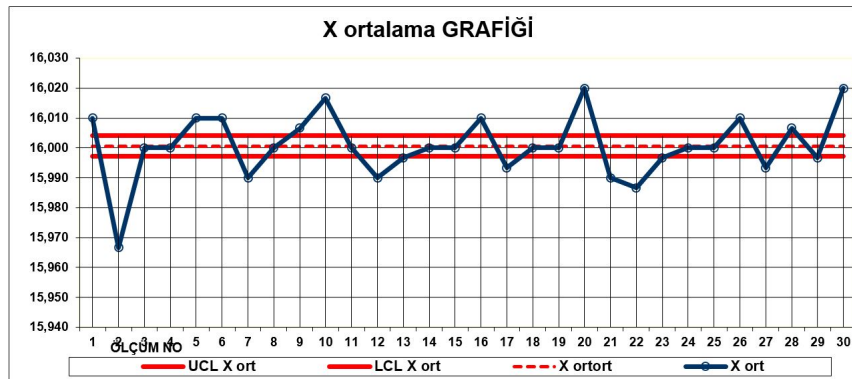
'060 Kovan' parçasının göbek geçiş çapı için tolerans $16 \pm 0,05$ 'tir. 1/1000 mm'lik kumpas ile yapılan ölçümler sonucunda; EV değeri, 0,00197; AV değeri, 0,00038; PV değeri, 0,01188; TV Değeri, 0,01205 bulunmuştur. %GRR değeri ise %12,0'dir ve %10'un ile %30 değerleri arasında kalmıştır. Bu tür durumlarda; uygulamanın önemine, ölçüm cihazının maliyetine, tamir masraflarına v.b. bağlı olarak karar verilir. Bu çalışmada, şartlı kabul kararı verilmiştir. Sonraki MSA'lerde süreç yakından takip edilip sistem sürekli iyileştirilmeye devam edilecektir. 'Ayrık kategori sayısı' (number

of distinct categories -ndc-) ise 8,36 bulunmuştur ve 5'in üstü bir değer olduğu için kabul seviyesindedir. Çalışmaya ait Excel görüntüsü 5.9'da gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Göbek geçiş çapı için aralık(Range (R)) grafiği

Şekil 5.8'te gösterilen grafikte, ölçümlerin yarısından fazla bir kısmının kontrol limitlerinin dışında olduğu görülmektedir. Bu durumda, ölçüm sistemi parçadan parçaya değişkenliği algılamaya ve prosesi analiz ve kontrol için veri sağlamaya yeterlidir.



Şekil 5.8 Göbek geçiş çapı için X ortalama grafiği

Şekil 5.7'da gösterilen grafikte, 30 R değerinin 10'unun limitler dışında kaldığı görülmüştür ve bu limit dışı ölçümler tüm ölçme operatörlerinde mevcuttur. Bu durumda, ölçüm sistemi ölçme operatörlerinin ölçme tekniklerine karşı hassas demektir ve veri toplama yönteminin iyileştirilmesine ihtiyaç vardır.

'Menteşe Uzun-Orta' parçası için yapılan GRR çalışması, Şekil 5.10'da gösterilmektedir.

'Menteşe Uzun-Orta' parçasının pim delik çapı için tolerans $5,1 \pm 0,05$ 'tir. 1/1000 mm'lik kumpas ile yapılan ölçümler sonucunda; EV değeri, 0,00331; AV değeri, 0,00139; PV değeri, 0,01398; TV Değeri, 0,01444 bulunmuştur. %GRR değeri ise %21,5'tir ve %10 ile %30 değerleri arasında kalmıştır. Bu çalışmada da şartlı kabul kararı verilmiştir.

ÖLÇME SİSTEMİNİN YETERLİLİĞİ

PARÇA ADI: 060 Kovan
 KARAKTERİSTİK: Göbek geçiş çapı
 TOLERANS: 16±0,05
 ÖLÇÜM ALETİ: 0,001 Hassasiyetli Dijital Kumpas (015012)

TARİH: 01.05.2023
 ÖLÇÜMCÜ: HAZIRLAYAN
 ONAY:

ÖLÇÜMCÜ	3	DENEME	3	PARÇA	10									
ÖLÇÜMCÜ DENEME	PARÇA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ORTALAMA		
1	16,010	15,970	16,000	16,000	16,010	16,010	15,990	16,000	16,010	16,020		16,002		
2.	2	16,010	15,970	16,000	16,000	16,010	16,010	15,990	16,000	16,010	16,020	16,002		
3.	3	16,010	15,980	16,000	16,000	16,010	16,010	15,990	16,000	16,000	16,010	15,999		
4.	Ortalama	16,010	15,967	16,000	16,000	16,010	16,010	15,990	16,000	16,007	16,017	X _{ort} = 16,0010		
5.	Aralık	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	R _{ort} = 0,003		
1	16,000	15,990	16,000	16,000	16,000	16,010	15,990	16,000	16,000	16,000	16,020	16,001		
7.	2	16,000	15,990	15,990	16,000	16,000	16,010	16,000	16,000	16,000	16,020	16,001		
8.	3	16,000	15,990	16,000	16,000	16,000	16,010	15,990	16,000	16,000	16,020	16,001		
9.	Ortalama	16,000	15,990	15,997	16,000	16,000	16,010	15,993	16,000	16,000	16,020	X _{ort} = 16,0010		
10.	Aralık	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	R _{ort} = 0,002		
1	15,990	15,990	16,000	16,000	16,000	16,010	15,990	16,000	15,990	16,020		15,999		
12.	2	15,990	15,990	16,000	16,000	16,000	16,010	16,000	16,010	16,000	16,020	16,002		
13.	3	15,990	15,980	15,990	16,000	16,000	16,010	15,990	16,010	16,000	16,020	15,999		
14.	Ortalama	15,990	15,987	15,997	16,000	16,000	16,010	15,993	16,007	15,997	16,020	X _{ort} = 16,0000		
15.	Aralık	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	R _{ort} = 0,005		
16.	Parça Ortalaması (X _p)	16,000	15,981	15,998	16,000	16,003	16,010	15,992	16,002	16,001	16,019	X _{ort} = 16,0007 R _p = 0,038		
17.	(R _{ort} = 0,003 + R _{ort} = 0,002 + R _{ort} = 0,005) / Ölçümcü = 3											R _{ort} = 0,0033		
18.	(Max X _{ort} = 16,0010) - Min X _{ort} = 16,0000) = X _{diff}											Deneme D _k D ₃ = 0	0,0010	
19.	(R _{ort} = 0,0033) x (D _k = 2,58) = ÖKL _k											2	3,27	0,0086
20.	(R _{ort} = 0,0033) x (D ₃ = 0,00) = AKL _k											3	2,58	0,000
Ölçüm Cihazı Analizi Tolerans : 0,1000 % Toplam Varyasyon TOLERANSA GÖRE (TA)														
Tekrarlanabilirlik - Cihaz varyasyonu (EV)														
EV = R _{ort} x K ₁				Deneme		K ₁		% EV = 100 (EV / TA) 100 (EV/TV)						
= 0,0033 x 0,5908				2		0,8862		= 11,82 % 16,34 %						
= 0,00197				3		0,5908								
Tekrar Yapılabilirlik - Ölçümcü Varyasyonu (AV)														
AV = √ (X _{diff} x K ₂) ² - (EV ² / nr)				Ölçümcü		K ₂		% AV = 100 (AV / TA) 100 (AV/TV)						
= √ 0,000 - 0,00000				2		0,7071		= 2,3 % 3,15 %						
= 0,00038				3		0,5231								
Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik (R&R)														
GRR= √ (EV) ² + (AV) ²				Parça		K ₃		% GRR = 100 (GRR / TA) 100 (GRR/TV)						
= √ 0,000 + 0,000				2		0,7071		= 12,0 % 16,64 %						
= 0,00201				3		0,5231		KARAR : ÖLÇÜM SİSTEMİ ŞARTLI KABUL.						
Parça Varyasyonu (PV)														
PV = R _p x K ₃				4		0,4467		% PV = 100 (PV / TA) 100 (PV/TV)						
= 0,038 x 0,31				5		0,4030		= 71,3 % 98,61 %						
= 0,01188				6		0,3742								
				7		0,3534								
Toplam Varyasyon (TV)														
TV = √ GRR ² + PV ²				8		0,3375		ndc = 1.41* (PV / GRR)						
= √ 0,000 + 0,000				9		0,3249		= 8,36						
= 0,01205				10		0,3146		KARAR : PARÇA VARYASYONU/ÖLÇÜM SİSTEM VARYASYONU KABUL SEVİYESİNDE.						

Şekil 5.9 '060 Kovan' ürününün göbek geçiş çapı üzerinde 1/100mm'lik kumpas için GRR çalışması

ÖLÇME SİSTEMİNİN YETERLİLİĞİ

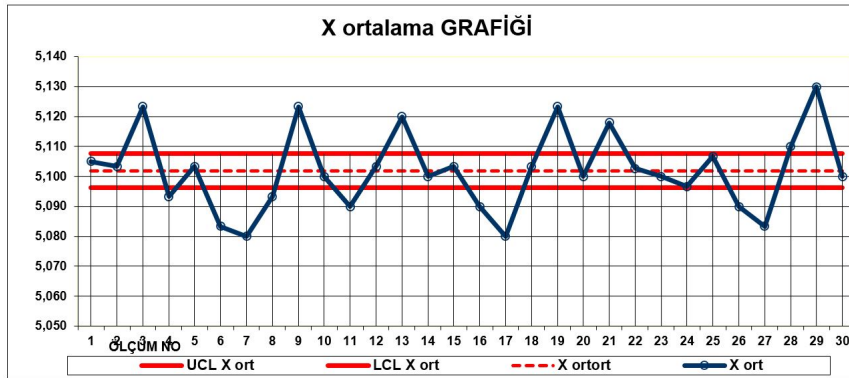
PARÇA ADI Menteşe Uzun-Orta TARİH
 KARAKTERİSTİK Pim delik çapı ÖLÇÜMCÜ
 TOLERANS 5.1 ±0.05 HAZIRLAYAN
 ÖLÇÜM ALETİ 0,001 Hassasiyetli Dijital Kumpas (015012) ONAY

ÖLÇÜMCÜ		3		DENEME		3		PARÇA		10		
ÖLÇÜMCÜ		PARÇA										ORTALAMA
DENEME		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ÖLÇÜMCÜ A	1	5,105	5,100	5,130	5,090	5,100	5,090	5,080	5,090	5,120	5,100	5,101
2.	2	5,100	5,110	5,120	5,090	5,110	5,080	5,080	5,100	5,130	5,100	5,102
3.	3	5,110	5,100	5,120	5,100	5,100	5,080	5,080	5,090	5,120	5,100	5,100
4.	Ortalama	5,105	5,103	5,123	5,093	5,103	5,083	5,080	5,093	5,123	5,100	X _{ort} = 5,1008
5.	Aralık	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	R _{ort} = 0,008
ÖLÇÜMCÜ B	1	5,090	5,100	5,120	5,100	5,100	5,090	5,080	5,100	5,130	5,100	5,101
7.	2	5,090	5,110	5,120	5,100	5,110	5,090	5,080	5,100	5,120	5,100	5,102
8.	3	5,090	5,100	5,120	5,100	5,100	5,090	5,080	5,110	5,120	5,100	5,101
9.	Ortalama	5,090	5,103	5,120	5,100	5,103	5,090	5,080	5,103	5,123	5,100	X _{bort} = 5,1013
10.	Aralık	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	R _{bort} = 0,004
ÖLÇÜMCÜ C	1	5,114	5,110	5,100	5,100	5,100	5,090	5,080	5,110	5,130	5,100	5,103
12.	2	5,120	5,100	5,100	5,100	5,110	5,090	5,080	5,110	5,130	5,100	5,104
13.	3	5,120	5,098	5,100	5,090	5,110	5,090	5,090	5,110	5,130	5,100	5,104
14.	Ortalama	5,118	5,103	5,100	5,097	5,107	5,090	5,083	5,110	5,130	5,100	X _{cort} = 5,1037
15.	Aralık	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	R _{cort} = 0,005
16.	Parça Ortalaması (X _p)	5,104	5,103	5,114	5,097	5,104	5,088	5,081	5,102	5,126	5,100	X _{ortort} = 5,1020 R _p = 0,044
17.	(R _{ort} = 0,008 + R _{bort} = 0,004 + R _{cort} = 0,005) / Ölçümcü = 3											R _{ortort} = 0,0056
18.	(Max X _{ort} = 5,1037) - Min X _{ort} = 5,1008) = X _{diffort}								Deneme	D ₄	D ₃ = 0	0,0029
19.	(R _{ortort} = 0,0056) x (D ₄ = 2,58) = ÜKL _R								2	3,27		0,0144
20.	(R _{ortort} = 0,0056) x (D ₃ = 0,00) = AKL _R								3	2,58		0,000
Ölçüm Cihazı Analizi Tolerans : 0,1000 % Toplam Varyasyon TOLERANSA GÖRE (TA)												
Tekrarlanabilirlik - Cihaz varyasyonu (EV)												
EV = R_{ortort} x K₁ = 0,0056 0,5908 = 0,00331												
Deneme K₁ 2 0,8862 3 0,5908												
% EV = 100 (EV / TA) 100 (EV/TV) = 19,85 % 22,92 %												
Tekrar Yapılabilirlik - Ölçümcü Varyasyonu (AV)												
AV = √ (X_{diffort} x K₂)² - (EV² / nr) = √ 0,000 - 0,00000 = 0,00139												
Ölçümcü K₂ 2 0,7071 3 0,5231												
% AV = 100 (AV / TA) 100 (AV/TV) = 8,3 % 9,64 %												
Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik (R&R)												
GRR= √ (EV)² + (AV)² = √ 0,000 + 0,000 = 0,00359												
Parça K₃ 2 0,7071 3 0,5231 4 0,4467 5 0,4030 6 0,3742 7 0,3534 8 0,3375 9 0,3249 10 0,3146												
% GRR = 100 (GRR / TA) 100 (GRR/TV) = 21,5 % 24,86 %												
KARAR : ÖLÇÜM SİSTEMİ ŞARTLI KABUL.												
Parça Varyasyonu (PV)												
PV = R_p x K₃ = 0,044 x 0,31 = 0,01398												
% PV = 100 (PV / TA) 100 (PV/TV) = 83,9 % 96,86 %												
Toplam Varyasyon (TV)												
TV = √ GRR² + PV² = √ 0,000 + 0,000 = 0,01444												
ndc= 1.41* (PV / GRR) = 5,49												
KARAR : PARÇA VARYASYONU/ÖLÇÜM SİSTEM VARYASYONU KABUL SEVİYESİNDE.												

Şekil 5.10 'Menteşe Uzun-Orta' ürününün pim delik çapı üzerinde 1/1000 mm'lik kumpas için GRR çalışması

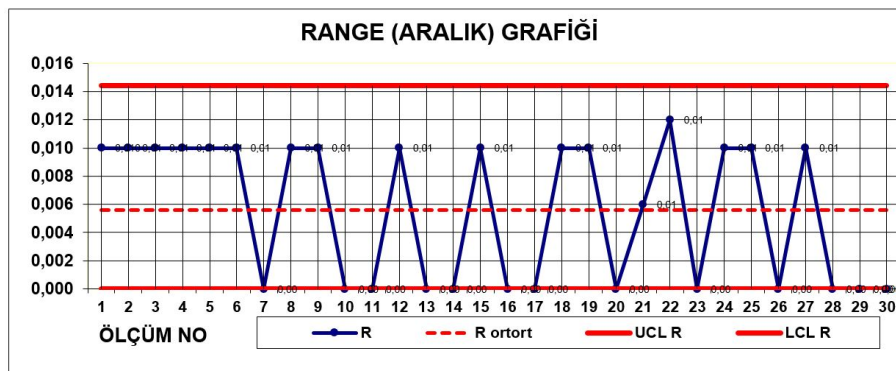
Sonraki MSA'lerde süreç yakından takip edilip sistem sürekli iyileştirilmeye devam edilecektir. 'Ayrık kategori sayısı' (number of distinct categories -ndc-) ise 5,49 bulunmuştur ve 5'in üstü bir değer olduğu için kabul seviyesindedir.

Şekil 5.11'de gösterilen grafikte, ölçümlerin yarısından fazla bir kısmının kontrol limitlerinin dışında olduğu görülmektedir. Bu durumda, ölçüm sistemi parçadan parçaya değişkenliği algılamaya ve prosesi analiz ve kontrol için veri sağlamaya yeterlidir.



Şekil 5.11 'Menteşe Uzun-Orta' ürünü için X ortalama grafiği

Şekil 5.12'de gösterilen grafikte, 30 R değerinin tamamının limitler içinde kaldığı görülmüştür. Bu durumda, bütün ölçme operatörleri uyumlu ve doğru iş yapmışlardır.



Şekil 5.12 'Menteşe Uzun-Orta' ürünü range(R) aralık grafiği

5.5.2 Niteliksel MSA Uygulaması

060 Kovan parçasının dış çap ölçümleri üzerinde niteliksel analiz yapılmıştır (Şekil 5.13). Ölçme operatörlerinin uygun gördükleri için '1' girişi, uygun görmedikleri için '0' girişi yapılmıştır. Ayrıca referans değerler de '1' ve '0' olarak girilmiştir. Sonuç olarak 39 adet 'uygun', 11 adet 'uygun değil' sonucu alınmıştır.

Sonrasında ölçme operatörleri karşılaştırılmıştır. Ü.K. ve C.B. isimli ölçme operatörlerinin karşılaştırılması Şekil 5.14'de gösterilmektedir.

Parça no:	30305002	Ölçüm ekipman adı:	Master H	Ölçüm tarihi:		Ölçümci A:	Ü.K.
Parça adı:	060 Kovan	Ölçüm ekipman no:		Ölçüm ekipman tipi:	M22x1.5 Master	Ölçümci B:	C.B.
Karakteristik:	Diş çapı ölçümü	Üst. spesifikasyon:		Alt. spesifikasyon:		Ölçümci C:	B.B.

VERİ TABLOSU											Referans	Ref.Değer	Kod
Parça	Ü.K.			C.B.			B.B.						
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1			X
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			+
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-

Şekil 5.13 '060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi

Ü.K.		X	C.B.	KARŞILAŞTIRMA		
				C.B.		Toplam
				0	1	
Ü.K.	0	Count		33	3	36
		Expected Count		8	28	36
	1	Count		0	114	114
		Expected Count		25	89	114
Toplam		Count		33	117	150
		Expected Count		33	117	150

Şekil 5.14 '060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - ölçme operatörlerinin karşılaştırılması -1

C.B. ve B.B. isimli ölçme operatörlerinin karşılaştırılması Şekil 5.15'te gösterilmektedir.

C.B.		X	B.B.	KARŞILAŞTIRMA		
				B.B.		Toplam
				0	1	
C.B.	0	Count		33	0	33
		Expected Count		7	26	33
	1	Count		0	117	117
		Expected Count		26	91	117
Toplam		Count		33	117	150
		Expected Count		33	117	150

Şekil 5.15 '060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - ölçme operatörlerinin karşılaştırılması -2

Ü.K. ve B.B. isimli ölçme operatörlerinin karşılaştırılması Şekil 5.16'da gösterilmektedir.

Ü.K.		X	B.B.	KARŞILAŞTIRMA		
				B.B.		Toplam
				0	1	
Ü.K.	0	Count		33	3	36
		Expected Count		8	28	36
	1	Count		0	114	114
		Expected Count		25	89	114
Toplam		Count		33	117	150
		Expected Count		33	117	150

Şekil 5.16 '060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - ölçme operatörlerinin karşılaştırılması -3

Karşılaştırmadan elde edilen veriler Kappa formülünde yerlerine konulmuş ve Şekil 5.17'de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

kappa UYUŞMA ANALİZİ	Ü.K.	C.B.	B.B.
Ü.K.	-	0,94	0,94
C.B.	0,94	-	1,00
B.B.	0,94	1,00	-

Şekil 5.17 '060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - Kappa uyumsuzluğu analizi -1

Kappa değerlerini yorumlamada genel kural, Kappa değerinin 0.75 ve üzeri olmasını mükemmel, 0.40-0.75 arasında olmasını orta-iyi, 0.40'ın altında olmasını ise zayıf uyum olarak değerlendirmektir. [35] Buradan referansla elde ettiğimiz sonuçlar Şekil 5.18'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1'de etkinlik kriterlerine yönelik yönergeler gösterilmektedir. Tablodaki 'Kaçırma Oranı'; uygun olmayan ürüne, uygun kararı verildiğine ve müşteriye hatalı

ürün gönderme riskine işaret eder. 'Yanlış Alarm Oranı' ise uygun olan ürüne, uygun değil kararı verildiğine ve verimlilik kaybına işaret eder.

KAPPA (UYUŞMA) ANALİZİ		
Ü.K.-x-C.B.	Good Agreement	İyi Anlaşma
C.B.-x-B.B.	Good Agreement	İyi Anlaşma
Ü.K.-x-B.B.	Good Agreement	İyi Anlaşma

Şekil 5.18 '060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi analizi - Kappa uyumsuzluğu analizi yorumu

Tablo 5.1 Örnek etkinlik kriterleri yönergeleri [35]

	Etkinlik	Kaçırma Oranı	Yanlış Alarm Oranı
Kabul	$\geq \%90$	$\leq \% 2$	$\leq \% 5$
Şartlı Kabul -Geliştirmeye ihtiyaç duyulabilir.	$\geq \% 80$	$\leq \% 5$	$\leq \%10$
Red -Geliştirmeye ihtiyaç vardır.	$<\%80$	$>\% 5$	$>\%10$

Şekil 5.19, yapılan ölçüm sistemi etkinlik analizini göstermektedir. Analize sonucunda her ölçme operatörü için kabul kararı çıkmıştır.

Sonuçlar:			
	% Etkinlik	% Kaçırma	% Y.Alarm
Ü.K.	98,00	0,00	2,56
C.B.	100,00	0,00	0,00
B.B.	100,00	0,00	0,00
Yorum:			
Ölçümcü	Ü.K.	Kabul	
Ölçümcü	C.B.	Kabul	
Ölçümcü	B.B.	Kabul	

Şekil 5.19 '060 Kovan' parçası üzerinde niteliksel ölçüm sistemi etkinlik(verimlilik) analizi

5.6 APQP Uygulamaları

AIAG tarafından tanımlanan APQP ve PPAP uygulamaları arasındaki ilişkiyi incelediğimizde, PPAP'ın APQP'nin bileşenlerinden biri olduğunu görürüz (Ürün ve Prosesin Geçerli Kılınması). PPAP sonuçları müşteri beklentilerini karşılamıyorsa, bu genellikle APQP işleminin düzgün yapılmadığı anlamına gelir. Hem APQP hem de PPAP için test, bir deneme imalatı çalışmasıdır. Bitmiş deneme ürünü arızalı parçalar

içeriyorsa, imalatçı tedarik zincirini gözden geçmeli ve PPAP veya APQP'nin nerede yanlış gittiğini bulmalıdır.

Ayrıca; PPAP belgeleri, APQP süreçlerinin neticeleri olduğu için PPAP ve APQP uygulamaları ve belgeleri birbirlerinden ayıramaz. Dolayısıyla bu çalışmada da APQP ve PPAP uygulamaları ve belgeleri ard arda ele alınmış ve tekrara düşmemek için aynı belgeler, uygulamalardan sadece birinde verilmiştir.

”Bir projenin başarısı, müşteri ihtiyaç ve beklentilerine cevap vermesine ve değer yaratan şekilde oluşan maliyetine bağlıdır. Hata önleme çalışmalarının planlama ekibi tarafından yürütülmesi beklenmektedir. Hataların önlenme yolu, ürün ve üretim mühendislik etkinliklerinin birlikte ve aynı anda yapıldığı 'eşzamanlı mühendislik' uygulamaları ile sağlanabilir. Planlama ekibi, müşteri beklentilerine cevap verecek şekilde ürün kalite planlarında değişiklikler uygulamaya hazır olmalıdır. Ekip, zamanlamaların müşteri zamanlama planlarına uygun ya da bu zamanlamalardan daha önce olmasını yerine getirmekten sorumludur [32].”

Şekil 5.20’de, firmada uygulanmış APQP basamaklarından olan 'zaman planı' çalışması gösterilmiştir. K(Kırmızı): Faaliyetin planlanan zamanda kesinlikle yapılamayacağını veya yapılmadığını göstermektedir. S(Sarı): Faaliyetin planlanan zamanda muhtemelen yapılamayacağını göstermektedir. Y(Yeşil): Faaliyetin planlanan zaman içinde yapılacağını veya yapıldığını göstermektedir.

P	Ö	NO	APQP Faaliyetleri	FORM NO	DURUM		PLANLANAN BİTİŞ TARİHİ	GERÇEKLEŞEN BİTİŞ TARİHİ	SORUMLU		DOKÜMAN NO	AÇIKLAMALAR
					K	S			BÖLÜM	KİŞİ		
					Şu An	Önceki						
PROTOTİP	X	X	1 Proje Ekibinin Oluşturulması	F-8.3.3-06	Y	S	20.09.2019	23.09.2019	ARGE	B		
	X	X	2 Proje Girdileri	-	Y	Y	20.09.2019	23.09.2019	ARGE	B		
	X		3 Tasarım FMEA	F-8.3.3-02	Y	S	24.09.2019	23.09.2019	ARGE	A		
	X	X	4 Mühendislik Çizimleri	-	Y	Y	17.09.2019	17.09.2019	ARGE	A		
	X	X	5 Mühendislik Şartnameleri		Y	Y	30.09.2019	27.09.2019	ARGE	A		
	X	X	6 Kritik Ürün Karakteristikleri (Montajlı ürün resimleri)		Y	S	24.09.2019	23.09.2019	ARGE	A		
	X		7 Tasarım Gözden Geçirmeleri ve Doğrulama	F-8.3.4-02	Y	Y	24.09.2019	23.09.2019	ARGE	A		
	X		8 Geçerli Kılma Planı	F-8.3.2-04	Y	Y	24.09.2019	23.09.2019	ARGE	A		
ÖN SERİ	X		9 Fizibilite Çalışması	F-8.3.3-03	Y	Y	30.09.2019	27.09.2019	PRJ. BAŞKANI	A		
	X		# Proses Akış Şeması ve Op. Sayfaları		Y	S	25.12.2019	25.12.2019	FAB.	C		
	X		# Proses Akış Şeması ve Op. Sayfaları		Y	S	25.12.2019	25.12.2019	FAB.	D		
	X		# Proses Yerleşim Planı	Lay-Out	Y	S	20.10.2019	7.10.2019	FAB.	C		
	X		# Proses Yerleşim Planı	Lay-Out	Y	S	20.10.2019	7.10.2019	FAB.	D		
	X		# Proses FMEA		Y	S	25.11.2019	20.11.2019	FAB.	C		
	X		Proses FMEA		Y	S	25.11.2019	20.11.2019	FAB.	D		
	X		# Aşınan Parça /Takım Aparat Listesi		Y	S	27.11.2019	26.11.2019	FAB.	C		
	X		Aşınan Parça /Takım Aparat Listesi		Y	S	N/A	N/A	FAB.	D		
	X		# Yan Sanayi APQP Planı		Y	S	30.11.2019	25.11.2019	Satınalma/YS	E		
	X		# Ön Seri / Seri Kontrol Planı		Y	S	30.11.2019	25.11.2019	FAB.	F		
	X		# Malzeme Taşıma ve Ambalajlama Standartları		Y	S	30.11.2019	25.12.2019	FAB.	D		
	X		Malzeme Taşıma ve Ambalajlama Standartları		Y	S	30.11.2019	25.12.2019	FAB.	C		
	X		# Hat / Ürün Onayı Denetimi		Y	S	30.11.2019	27.09.2019	KALİTE	F		
	X		# I.S.I.R. + Test Raporları		Y	Y	30.11.2019	20.09.2019	KALİTE	F		
	X		# Yeterlilik Çalışması		Y	S	10.11.2019	30.11.2019	KALİTE	F		
	X		# Ölçüm Ekipmanlarının analizi(MSA)		Y	S	13.11.2019	30.11.2019	KALİTE	F		
	X		# Üretim Parçası Onayı (PSW)		Y	S	10.01.2020	6.01.2020	KALİTE	F		

Şekil 5.20 '060.4.0.28.30' ürün ailesi için APQP zaman planı

Zaman planında da görülebileceği üzere ilk basamak, proje ekibinin oluşturulmasıdır. Proje özelliklerine en uygun ekip üyeleri, AIAG referans el kitabına uyumlu olarak kararlaştırılarak (Şekil 5.21) ekip kurulmuştur.

”APQP ekibi için ürün planlamasının en erken aşamasında müşteri ihtiyaçlarının, beklentilerinin ve şartlarının belirlenmesi çok önemlidir. Ekip, en azından şunları sağlamalıdır [32]:

- Bir proje ekibi yöneticisinin, planlama sürecinin takibinden sorumlu olması sağlanarak seçilmesi. (Bazı durumlarda planlama döngüsü süresince ekip liderinin değiştirilmesi yararlı olabilir.)
- Temsili olan her departman için görev ve sorumlulukların tayin edilmesi
- Müşteri ihtiyaçlarının tespiti (Uygulanma imkanı varsa QFD (Kalite fonksiyon göçerimi) kullanımı)
- İç ve dış müşterilerin tayini
- Ekibe katılması gereken departman, kişi ve/veya tedarikçilerin belirlenmesi
- Müşteri taleplerinin tam idraki (Tasarım, yürütülecek deney sayısı vb.)
- Tavsiye edilen tasarımın, performans koşullarının ve üretim proseslerinin yapılabilirliğinin analiz edilmesi
- Hesaba katılması gereken gereken süre, maliyet ve diğer kısıtların belirlenmesi
- Müşteriden ihtiyaç duyulan yardımın tespiti
- Belgeleme işlemlerinin veya yöntemlerinin belirlenmesi”

”Ekip; uygun olduğu şekilde mühendislik, imalat, malzeme kontrolü, satın alma, kalite, insan kaynakları, satış, saha servisi, tedarikçiler ve müşteriler gibi çok sayıda fonksiyondan temsilcileri içermelidir [32].”

Uygulama için kurulan ekipte; planlama ve lojistik yetkilisi, üretim yetkilisi, kalite güvence mühendisi, bölge satış yetkilisi, kilit müşteri yetkilisi ve kalite proses mühendisi bulunmaktadır.

APQP ekibi, diğer müşteri veya tedarikçi ekipleriyle iletişim yolları kurmalıdır. Bahse konu iletişim, bu ekiplerle düzenli toplantıları da içerebilir. Ekipler arası etkinliklerin içeriği, çözümlenmeye ihtiyaç duyulan konuların sayısında bağlıdır [32].

PROJECT TEAM REQUEST FORM / PROJE EKİBİ İSTEĞİ FORMU						Date / Tarih:	25.09.2019	
						Project No / Proje No:	1	
Project Name / Proje Adı:					060 Ürün Ailesi			
					Reason for Project / Proje Sebebi			
					APQP	☒	Modification / Değişiklik	☐
DEPT / BÖLÜM	REQUIRED / KATILIM	TEAM MEMBER / PROJE ELEMANI	POSITION / GÖREVİ	PHONE / E-MAIL TELEFON / E-MAIL	DEPARTMENT MANAGER / BÖLÜM YÖNETİCİSİ	DATE / TARİH	SIGNATURE / İMZA	
Planlama ve Lojistik	☒	T.B.	Planning&Logistics Executive	a	K.B.	25.09.2019		
Üretim	☒	S.Ü.	Production Executive	b	L.T.	25.09.2019		
Kalite	☒	H.D.	Quality Assurance Engineer	c	E.D.	25.09.2019		
Satın Alma	☒	C.Y.	Purchasing Executive	d	O.T.	25.09.2019		
İç Satış	☒	R.A.	Area Sales Executive	e	S.R.	25.09.2019		
İhracat	☒	Z.K.	Key Account Executive	f	C.K.	25.09.2019		
Kalite	☒	C.K.	Quality Process Engineer	g	E.D.	25.09.2019		
	☐							
	☐							
	☐							
	☐							
	☐							
Project Start / Proje Başlangıcı:		Project Target Date / Proje Bitimi Hedefi:		Is prototype required? / Prototip İmalatı Gerekli Mi?				
Team Leader / Proje Başkanı:		Meeting Frequency / Toplantı Sıklığı:		YES/EVET ☐ NO/HAYIR ☒				
Customer Approval Need? / Müşteri Onayı Gerekli Mi?				Is licence company approval? / Lisans Firm. Onayı Gerekli Mi?				
YES/EVET ☐ NO/HAYIR ☒		INFORMATION/BİLGİ ☐		YES/EVET ☐ NO/HAYIR ☒ INFORMATION/BİLGİ ☐				
CC / Bilgi:					GENERAL MANAGER / GENEL MÜDÜR			
					NAME / İSİM: M.M.			
					DATE / TARİH: 25.09.2019			
					SIGNATURE / İMZA:			

F-8.3.3-06 Rev00 25.09.2019

Şekil 5.21 APQP uygulaması için proje ekibinin oluşturulması

Ürün kalite planlaması ancak etkin bir eğitim programı ile mümkündür. Söz konusu eğitim programı, müşteri ihtiyaç ve taleplerine cevap verebilecek düzeyde gereksinimleri ve geliştirme kabiliyetlerini kapsamalıdır [32].”

Birincil müşteri, kalite planlama prosesini tedarikçi ile beraber başlatabilir. Fakat; tedarikçi, ürün kalite planlama prosesini yönetebilmek için çapraz fonksiyonlu bir ekip kurmakla yükümlüdür. Bununla birlikte, tedarikçiler de aynı faaliyeti kendi alt tedarikçilerinden talep etmelidirler [32].

Eşzamanlı mühendislik, aynı amaç için çapraz fonksiyonlu ekiplerin faaliyette bulunduğu bir prosestir. Eşzamanlı mühendislik; birbiri ardına sıralanmış ve sonuçların bir diğerine aktarılarak kullanımının sağlandığı basamakların yerine uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemin hedef, kaliteli bir ürünün daha hızlı ortaya çıkmasını sağlamaktır. APQP ekibi, farklı departman ya da ekiplerin aynı hedef veya hedefler doğrultusunda etkinliklerini planlamalarını ve gerçekleştirmelerini sağlar [32].

Tasarımı; müşterinin yapması, tedarikçinin tasarım yapılabilirliğini değerlendirme sorumluluğuna engel teşkil etmemektedir. Ekip, tavsiye edilen tasarımın üretilmesi, montajının yapılabilmesi, test edilebilmesi, paketlemesinin yapılabilmesini ve yeterli miktarda ve kabul edilebilir bir maliyetle, zamanında

müşteriye teslim edilebilmesinden emin olmalıdır. Tavsiye edilen tasarımın; uygulanabilir olduğuna ilişkin ekip kararı, tüm netleştirilme gerektiren açık noktalarla beraber dokümanite edilmeli ve desteklerinin alınması amacıyla yönetime sunulmalıdır [32].

Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'te iki parça halinde verilen fizibilite formunda da görülebilen değerlendirmeler sonucunda 'yapılabilir' (ürün bir değişikliğe gerek duyulmadan istenilen şekilde üretilebilir.) sonucuna varılmıştır.

YENİ ÜRÜN FİZİBİLİTE FORMU

Ürün Adı :	Çeyrek Dönüslü Kilit	Proje Sorumlusu :	U.B.	Fizibilite NO:	1	Hazırlayan :	U.B.
Ürün Kodu:	060.4.0.28.30	Fizibilite Baş. Tarihi :	18.09.2019	Son Düz.Tarihi :	18.09.2019	Revizyon No:	-
Katılımcılar	Ar-GE, Üretim, Planlama ve Lojistik, Satın Alma, Kalite Güvence, Proses Kalite, Satış						
		Ön Görülen	Gerçekleşen	F-8.3.3-03 Rev00 18.07.2019			
1) Proje Kapsamı (Ar-Ge)				AÇIKLAMALAR			
Panolarda kullanılacak paslanmaz malzemeden yapılan çeyrek dönüslü kilit üretimi	x	x	AISI 303 kalite hammaddeden kayar otomatlarda çeyrek dönüslü kilit üretimi.				
2) Pazar Araştırması (Satış)				AÇIKLAMALAR			
Müşterilerin ürün ile ilgili talepleri ve beklentileri	x	x	Mukavemet ve paslanmaya karşı dayanıklı olması				
Ürünün 3 yıl içerisindeki hedeflenen satış miktarları ve satış fiyatları	10.000	10.000	-				
3) Tasarım (Ar-Ge)				AÇIKLAMALAR			
Ön Tasarımın Oluşturulması	x	x					
Projede kullanılacak parçaların dışarıdan ve içeriden temini	x	x	Kovan,göbek,dil üretim ile, Cıvata,somun ve o-ring yay tedarikçi tarafından temin edilecektir.				
Projede kullanılacak hammaddelerin belirlenmesi	x	x	Paslanmaz malzeme olarak AISI303 seçilmiştir.				
Projede kullanılacak parçaların ve operasyonların belirlenmesi	x	x	Kovan,göbek,dil,o-ring,yay,dil,cıvata				
Ürüne Geçerli Kılma Testleri	x	x	Çeyrek dönüslü kilit için yapılan genel testler				
4) Operasyon Fizibilitesi (Üretim & Planlama)				AÇIKLAMALAR			
Kullanılacak İş Merkezleri /Makinalar	x	x	CNC Kayar otomat, ultrasonik yıkama,				
Operasyon Süreleri	120 sn	125 sn	Göbek ve kovan CNC kayar otomat süreleri				
İhtiyac Duyulacak Ekipmanlar	x	x					
Kapasite Yeterliliği	x	x					
5) Finansal Fizibilite (Ar-Ge & Satış)				AÇIKLAMALAR			
Proje için yapılacak Yatırım Miktarı	x	x	Kalıp veya makine yatırımı gerektiriyor.				
Yatırımın Geri dönüşü	36 ay	36 ay					
Tahmini Birim Maliyet Hesaplaması	13 TL	12,5 TL					

Şekil 5.22 Yeni ürün fizibilite formu 1. kısım

Fizibilite Formu; proje lideri, satınalma, üretim, kalite, planlama ve lojistik, kalıphane, ar-ge ve finans/ muhasebe bölümlerinden ekip üyelerince onaylanmıştır.

APQP kapsamında yapılan bir diğer çalışma olan ‘Blok Diyagramı Formu’ Şekil 5.24’de gösterilmektedir. Bu formda; ürün ailesine ait parçalar (kovan, göbek, somun, dil, cıvata, yay/D.pul, O-ring, Rondela), bu parçaların malzemeleri ve parçaların montaj yöntemleri açıkça belirtilmiştir.

APQP kapsamında hazırlanmış ‘Parametre Diyagramı Formu’ Şekil 5.25’te gösterilmektedir. Bu diyagramda, ‘060 Ürün Ailesi’ne etkiyebilecek tüm zorlayıcı faktörler (örneğin; müşteri kullanımı sırasında olabilecek aşırı yük uygulama veya zamana bağlı oluşabilecek korozyon gibi), kontrol faktörleri (doğru malzeme seçimi, kilit tasaramı vd.) ve hata durumları (sızıdım, paslanma gibi) sınıflandırılarak görselleştirme yardımıyla belirtilmiştir.

5.7 PPAP Uygulamaları

Bu bölümde, firmada yapılan PPAP uygulamalarına yer verilmiştir.

5.7.1 Tasarım Kaydı

”Kuruluş, satılabilir ürün/parça için tasarım kaydına sahip olmalıdır. Bu, satılabilir ürünün/parçanın bileşenleri veya ayrıntıları için de tasarım kayıtlarını içermelidir. Tasarım kaydının elektronik formatta (ör. CAD / CAM matematik verileri) olduğu durumda, kuruluş alınan ölçümleri tanımlamak için basılı bir kopya (örneğin, resimsel, geometrik boyutlandırma ve tolerans [GD&T] sayfaları, çizim) üretmelidir [34].”

Şekil 5.26, ‘060.4.0.28.30’ Ürün Ailesi’ne ait tasarım kaydını göstermektedir.

Fizibilite Kontrol Listesi	
Gözden Geçirme Konuları	Durum
Fizibilite değerlendirmesini sağlamak için ürün uygun bir şekilde tanımlanmış mıdır? Ürün girdileri yeterli midir?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürün, teknik resim üzerinde belirtilen toleranslara ve özel karakteristiklere, müşteri tarafından belirtilen mühendislik spesifikasyonlarına ve yasal şartlara göre ürün imal edilebilir mi? (yapılabilirlik)	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün imalatı için firma bünyesindeki mevcut teknoloji yeterli midir?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürün için standartlarımız dışında belirtilen lojistik ve paketleme şartları var ise bunlar karşılanabilir mi?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürün tasarımı, üretim içi malzemeyi taşıma tekniklerinin etkin olarak kullanımına izin veriyor mu?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünü üretmek için yeterli temel ekipman ve işgücü kaynağı, nitelik ve nicelik olarak hazır mıdır?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün boyutsal, mekanik ve fonksiyonel gerekliliklerini kontrol etmek için ekipman ve işgücü kaynağı yeterli midir?	☒ EVET ☐ HAYIR
Gerektiğinde % 25 ani kapasite artışı sağlanabilir mi?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünü üretmek için gereken kalıp, aparat, fikstür vb. gibi yardımcı üretim ekipmanları belirlendi mi ve yapılabilir mi?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürün imalatı için gerekli hammadde ve malzemeler kalite/miktar/lojistik açıdan temin edilebilir mi?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürün imalatında taşeron firma kullanılacaksa onların fizibilite sonuçları olumlu mu?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün kaplama ve depolama şartları yeterli şekilde tanımlanmış mıdır ? Yapılabilir mi ?	☒ EVET ☐ HAYIR
Müşteri hedef birim fiyatı karşılanabiliyor mu?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürün için yapılacak yatırım bedelini müşteri karşılıyor mu?	☐ EVET ☒ HAYIR
Özel karakteristikler varsa uygulanacak kontroller belirlenmiş mi? (SPC, %100 Kontrol vb)	☒ EVET ☐ HAYIR
Özel karakteristikler varsa gerekli proses yeterliliği sağlanabilir mi? (Benzer proseslere göre)	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün imalat süreçleri beklenmedik ek maliyet riski dikkate alınmış mıdır?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün imalatında işçi sağlığı ve iş güvenliği riski dikkate alınmış mıdır?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün imalatı çevre yönünden bir risk dikkate alınmış mıdır?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün imalatı enerji tüketimi yönünden dikkate alınmış mıdır?	☒ EVET ☐ HAYIR
Gerekli ürün ve müşteri şartlarını sağlamak için özel eğitim dikkate alınmış mıdır?	☒ EVET ☐ HAYIR
Ürünün testleri için yapılacak harcamalar ve yatırımlar dikkate alınmış mıdır ?	☒ EVET ☐ HAYIR

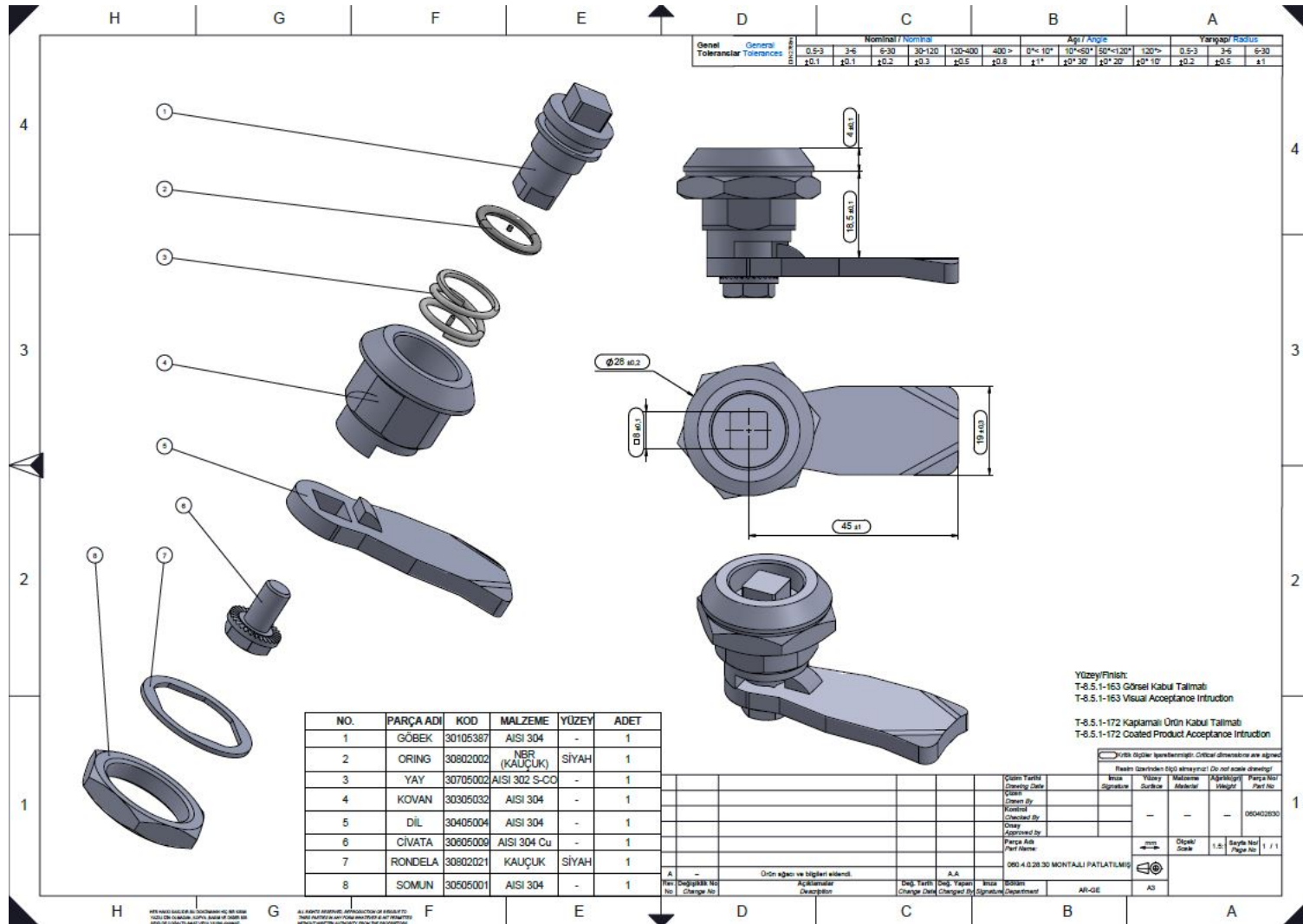
Şekil 5.23 Yeni ürün fizibilite formu 2. kısım

BLOK DİYAGRAMI FORMU				
İlgili Ürün Kodu:		060 Ürün Ailesi		Tarih : 27.07.2019
				Son. Rev. Tarihi: 27.07.2019
F-8.3.3-05 Rev00 25.09.2019				
Komponent	Malzeme	Montaj Yöntemleri		
A)	Kovan	Zamak Plastik Paslanmaz		
B)	Göbek	Zamak Plastik Paslanmaz		
C)	Somun	Zamak Plastik Paslanmaz		
D)	Dil	Çelik Paslanmaz		
E)	Cıvata	Çelik Paslanmaz		
F)	Yay/D.Pul	Çelik Paslanmaz		
G)	O-ring	Kauçuk		
H)	Rondela	Kauçuk		
HAZIRLAYAN				

Şekil 5.24 Blok diyagramı formu

PARAMETRE DİYAGRAMI FORMU				
İlgili Ürün Kodu:		060 Ürün Ailesi		Tarih: 27.07.2019
				Son. Rev. Tarihi: 27.07.2019
F-8.3.3-04 Rev00 25.09.2019				
Zorlayıcı Faktörler (Noise Factors)				
Parçadan Parçaya Değişkenlik (Piece to piece) Birleşim boşlukları, Hatalı montajlama, Pozisyonlama,	Zamana/Kar Edilen Yola Bağlı Değişimler (Change over time) Korozyon, Malzeme bozulması(kırılma),	Müşteri Kullanımı (Usage) Aşırı yük uygulama, Yanlış montajlama,	Dış Etkiler (Environment) Dış ortam nemi ve sıcaklığı,	Sistem Etkileşimleri (System Interaction) Panoya uygun ürün seçimi, Topraklama özelliği
Etki-Sinyaller (Input Signals) Güvenlik	Tepki (Ideal Responses) 90 derecede kilidin açılıp kapanabilmesi			
Kontrol Faktörleri (Control Factors)				
Kontrol Faktörü 1 - Mekanik Doğru Malzeme Seçimi, Kilit Tasarımı, Sızdırmazlık, Paketleme,		Kontrol Faktörü 2 - Kimyasal Doğru Kaplama Seçimi, ROHS REACH uyumu,		
Hata Durumları (Error States) Titrejimde gevşeme, Sızdırma, paslanma,				
HAZIRLAYAN		ONAYLAYAN		

Şekil 5.25 Parametre diyagramı formu



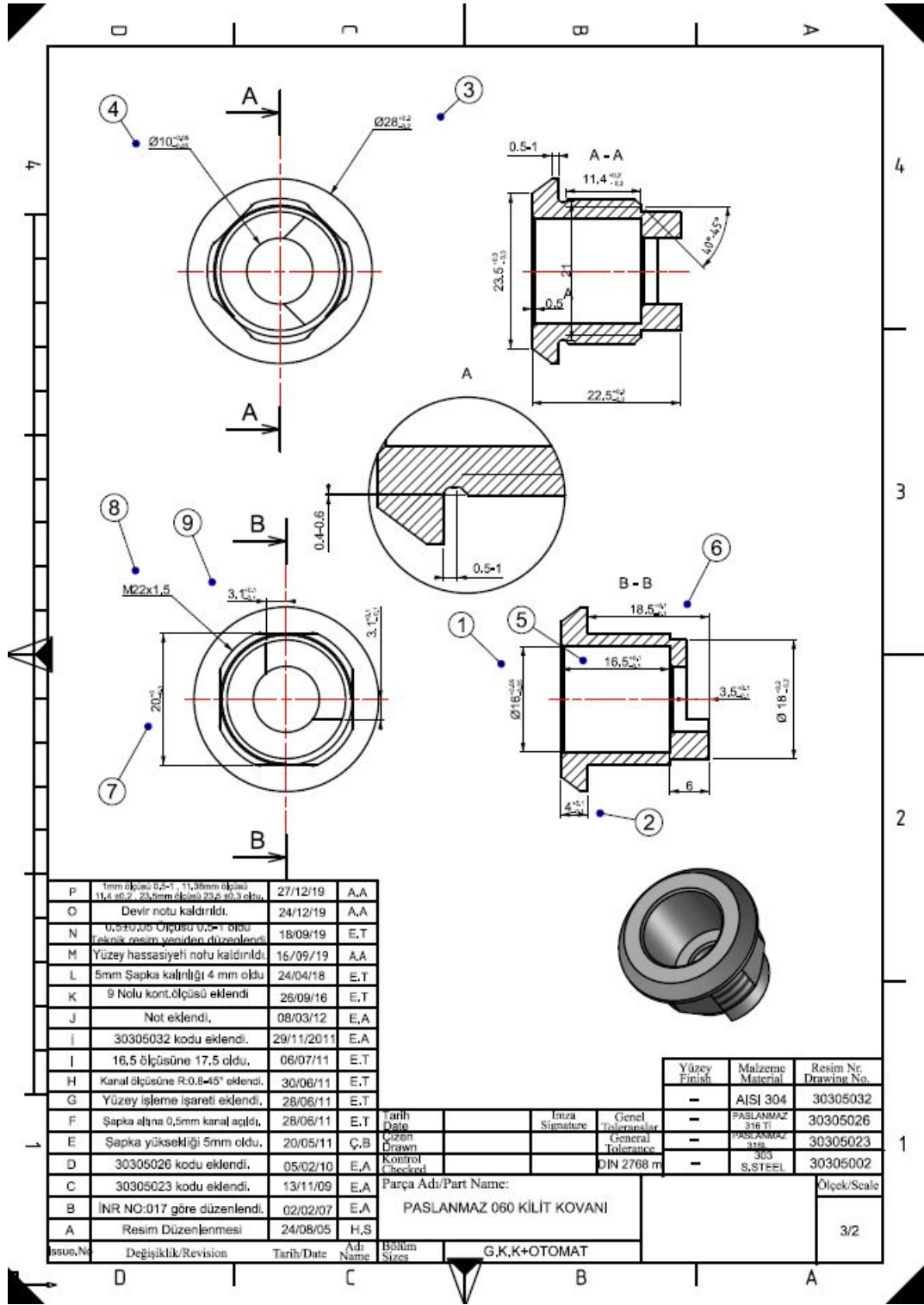
Şekil 5.26 '060.4.0.28.30' ürün ailesinin tasarım kaydı

Şekil 5.27, '060 Kovan' parçasının tasarım kaydını göstermektedir.

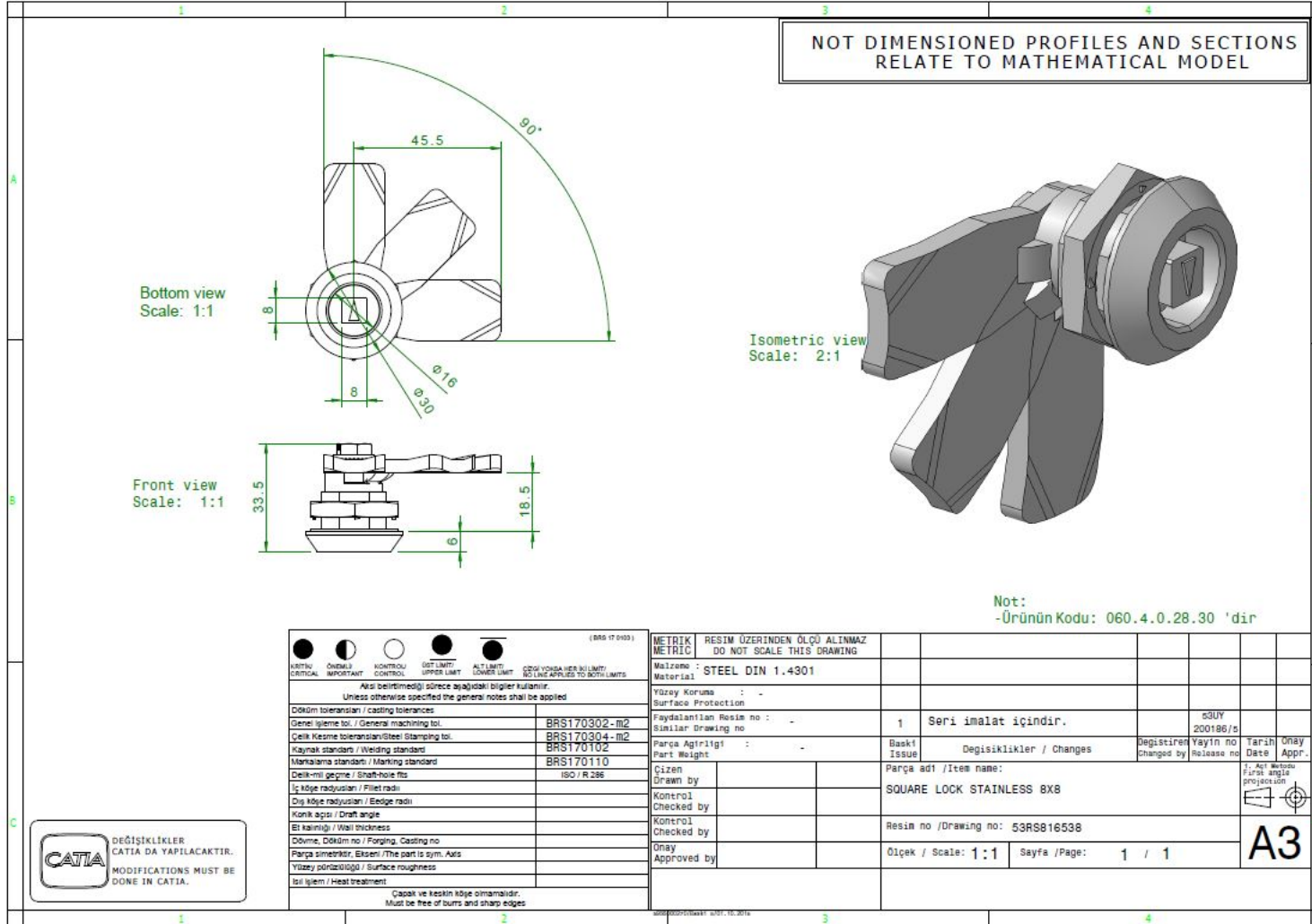
5.7.2 Müşteri Mühendisliği Onayı

"Müşteri tarafından belirtildiği takdirde, kuruluş müşteri mühendisliği onayı kanıtına sahip olmalıdır [34]."

Şekil 5.28, '060.4.0.28.30' ürün ailesi için müşteri mühendisliği onayı kapsamında kaydedilen çizim dokümanını göstermektedir. Ayrıca, müşteri ile mutabık kalındığına dair bir e-posta da kayıtlara alınmıştır.



Şekil 5.27 '060 Kovan' parçasının tasarım kaydı



Şekil 5.28 '060.4.0.28.30' ürün ailesi için müşteri mühendisliği onayı

5.7.3 Tasarım FMEA

”Ürün tasarımından sorumlu kuruluş, müşteri tarafından belirlenen şartlara (örn., Potansiyel Hata Modu ve Etkiler Analizi referans el kitabı) uygun ve bunlara uygun bir Tasarım FMEA geliştirmelidir. Benzer parça veya malzemeden oluşan bir aileye tek bir Tasarım FMEA uygulanabilir [34].”

Şekil 5.29, kovan parçası için yapılmış tasarım FMEA’nın ilk bölümünü göstermektedir.

Madde/İşlev (Item/Function)		Gereklilik (Requirement)	Potansiyel Hata Durumu (Potential Failure mode)	Hatanın Potansiyel Etkisi/Etkileri (Potential Effects of Failure)	Şiddet (Severity)	Sınıf (Class)	Potansiyel Sebep(ler) (Potential Causes)	Olasılık (Occurrence)	Mevcut Kontroller (Current Design Controls)		Tespit (Detection)	RÖF (RPN)
Parça (Item)	Fonksiyon (Function)								Önleme (Prevention)	Tespit Edici (Detection)		
Kovan	Kilidin kapağına montajlanmasını sağlamak	Geçiş ölçüsüne uygun olcak şekilde montajlanabilmeli	Sıyırma	Kovan geçiş ölçüsü içerisinde döner	7	YS	Kovanın motaj ölçüleri geçiş ölçüsünden küçük olabilir.	3	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Ptototip ve 3D tasarım ile kontrol	3	63
			Uyumsuzluk	Kovan geçiş ölçüsüne girmez ve montajlanamaz	8	YS	Kovanın motaj ölçüleri geçiş ölçüsünden büyük olabilir.	4	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Ptototip ve 3D tasarım ile kontrol	3	96
			Gevşeme	Montajdan sonra somun gevşeyebilir	4		Kovan dış ölçülerinin tanımlanmış ölçülerden düşük olması	3	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Ptototip ve 3D tasarım ile kontrol	3	36
			Kilit montajlanmaz	Somun montajlanamaz	8	YS	Kovan dış ölçülerinin tanımlanmış ölçülerden yüksek olması	3	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Ptototip ve 3D tasarım ile kontrol	3	72
		Montaj tork değerinde montajlanabilmeli	Kilit montajlanmaz	Montaj yapılamaz	8	YS	Kovanın kırılması	3	X Firması Tasarım standartlarında geçen et kalınlıklarının kullanılması	Mekanik dayanım testleri	6	144
			Kilit montajlanmaz	Montaj yapılamaz	8	YS	Kovan dişlerinin sıyırması	3	X Firması Tasarım standartlarında dış ölçülerinin kullanılması	Mekanik dayanım testleri	6	144
	Göbeğin yataklanmasını sağlamak	Göbeğin kovan içerisine montajlanabilmesi	Gevşek çalışma	Göbeğin yataklanmaması ve boşlukların fazla olması	5		Kovanın iç çap ölçüsünün gereğinden büyük olması	4	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Ptototip ve 3D tasarım ile kontrol	3	60
			Sızdırma	Sızdırmazlık gereksinimlerinin karşılanamaması	6			5	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Sızdırmazlık testleri	6	180
			Kilit montajlanmaz	Göbeğin montajı yapılamaz	8	YS	Kovanın iç çap ölçüsünün gereğinden küçük olması	3	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Ptototip ve 3D tasarım ile kontrol	3	72
			Uyumsuzluk	Kilit çalışmaz,	8	YS		3	X Firması Tasarım standartlarında geçen toleransların kullanılması	Ptototip ve 3D tasarım ile kontrol	3	72
	Ömür	Korozyon dayanımı	Paslanma	Ürün ömrü kısalmı ve görsel bozukluklara sebeptir.	6		Doğru yüzey işleminin seçilememesi	5	X Firması Tasarım standartlarında geçen yüzey işlem standardının kullanımı	Tuz testi	6	180

Şekil 5.29 'Kovan' parçası için tasarım FMEA

Şekil 5.30, kovan parçası için yapılmış tasarım FMEA'nın ikinci bölümünü göstermektedir.

RÖF (RPN)	Önerilen Faaliyetler (Recommended Action)	Faaliyet Sonuçları (Action Results)				
		Yapılan Faaliyetler (Action Taken)	Şiddet (Severity)	Olasılık (Occurrence)	Tespit (Detection)	RÖF (RPN)
63	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	7	2	2	28
96	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	8	3	2	48
36	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	4	2	3	24
72	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	8	2	3	48
144	X Firması standartlarına göre tasarım düzenlenecek	Tasarım yeniden düzenlendi	8	2	3	48
144	X Firması standartlarına göre tasarım düzenlenecek	Tasarım yeniden düzenlendi	8	2	3	48
60	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	5	3	3	45
180	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	6	3	3	54
72	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	8	2	2	32
72	Toleransların düzenlenmesi	Toleranslar yeniden düzenlendi.	8	2	2	32
180	X Firması Tasarım standartlarında geçen yüzey işlem standardının kullanılarak tasarımın	Tasarım yeniden düzenlendi	6	3	3	54

Şekil 5.30 'Kovan' parçası için tasarım FMEA'da önerilen faaliyetler ve faaliyet sonuçları

5.7.4 Proses Akış Şeması

"Proses akış şeması, mevcut veya önerilen işlem akışının şematik bir temsilidir. Bir imalat veya montaj sürecinin başından sonuna kadar makine, malzeme, yöntem ve insan gücü varyasyonlarının analizinde kullanılabilir. Varyasyon kaynaklarının proses üzerindeki etkisini vurgulamak için kullanılır. Akış şeması, prodesteki tekil adımlar yerine toplam prosesin analiz edilmesine yardımcı olur. Akış şeması, kuruluşun ürün kalitesi planlama ekibine PFMEA yürütürken ve Kontrol Planını tasarlarırken prosese odaklanma konusunda yardımcı olur [32], [34]."

Şekil 5.31, kovan parçası için hazırlanan proses akış şemasının ilk kısmını göstermektedir.

Şekil 5.32, kovan parçası için hazırlanan proses akış şemasının ikinci kısmını göstermektedir.

Şekil 5.33, kovan parçası için hazırlanan proses akış şemasının son kısmını göstermektedir.

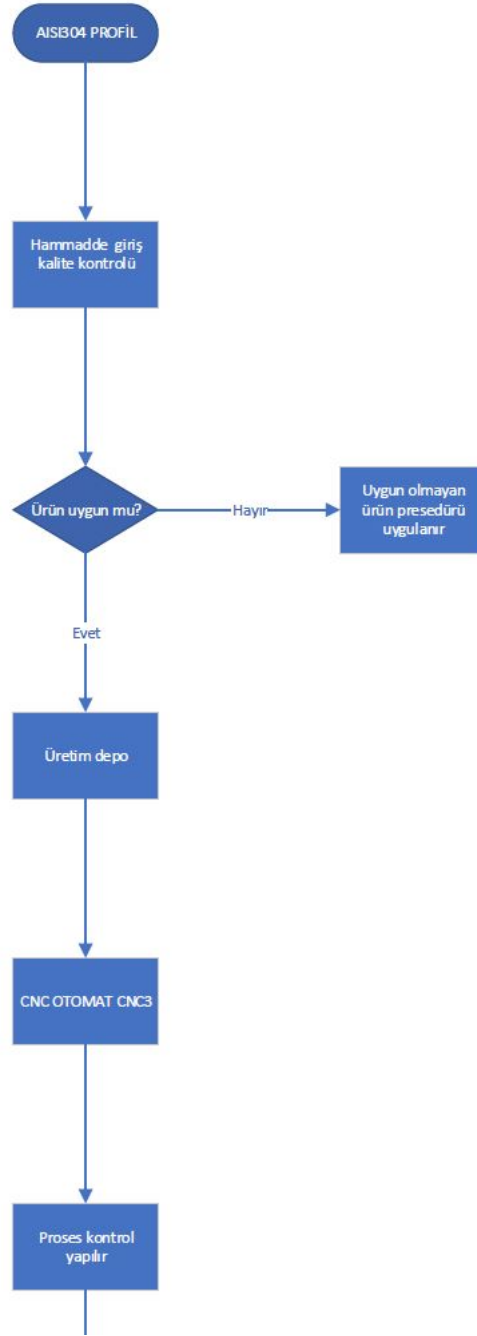
5.7.5 Proses FMEA

Proses FMEA yöntemi; yeni veya değiştirilmiş bir prosesdeki olası sorunların önceden kestirilmesi, çözüm yollarının bulunması ya da izlenmesi amacıyla prosesin yönetsel olarak gözden geçirilmesini ve analizini kapsar. PFMEA çalışması, yeni hata türleri bulunduğça güncellenmesi gereken bir dokümandır [32].

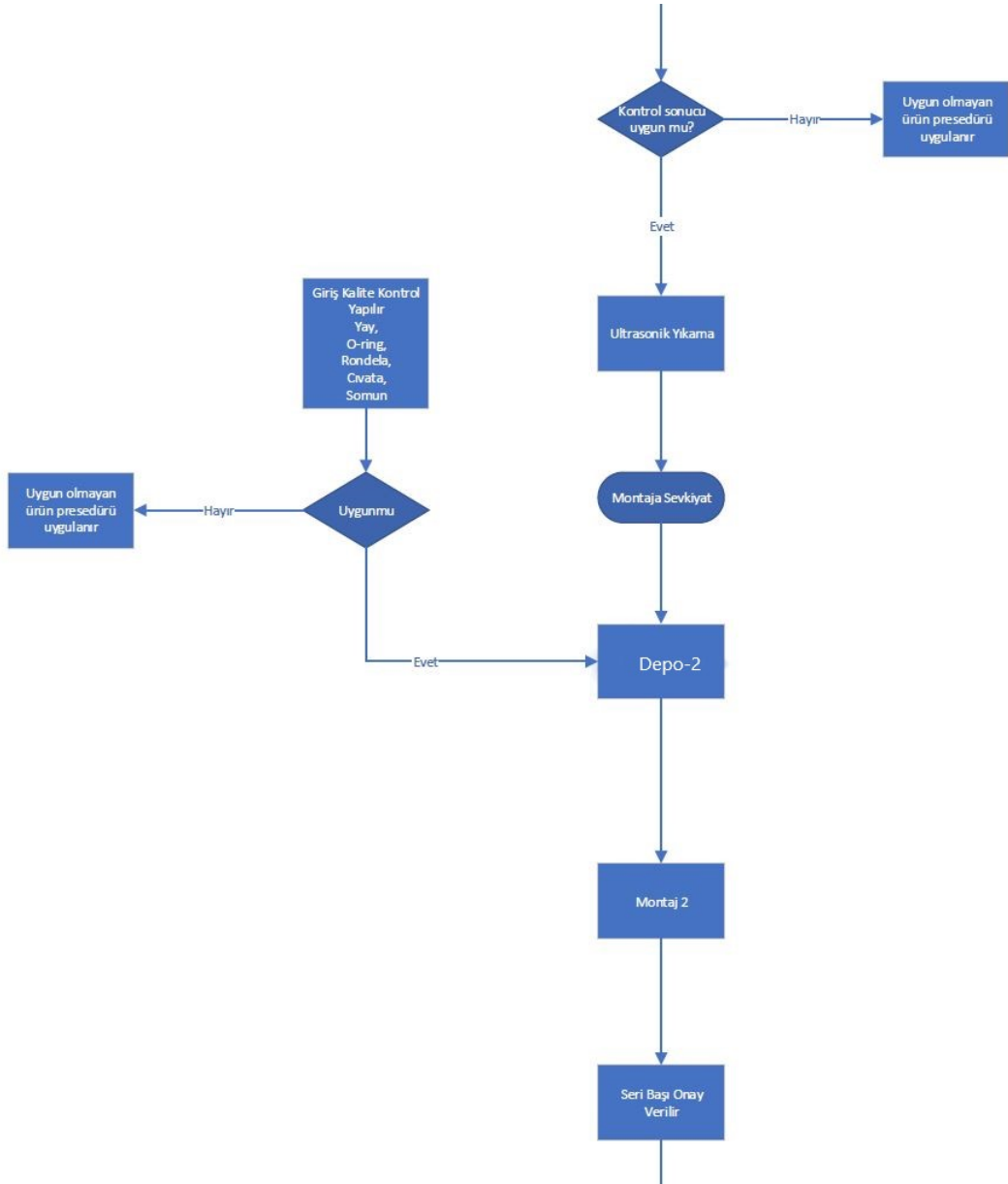
”Kuruluş, müşteri tarafından belirlenen gerekliliklere (örn., PFMEA referans el kitabı) uygun bir Proses FMEA geliştirmelidir [34].”

Şekil 5.34, kovan parçası için hazırlanan PFMEA’nın ilk kısmını göstermektedir.

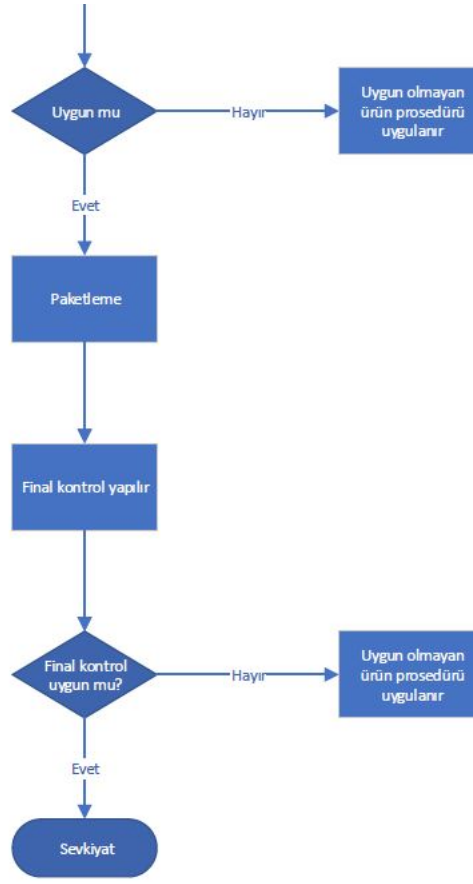
30305032 PROSES AKIŞI



Şekil 5.31 'Kovan' parçası proses akış şeması(1.kısım)



Şekil 5.32 'Kovan' parçası proses akış şeması(2.kısım)



Şekil 5.33 'Kovan' parçası proses akış şeması(3.kısım)

Madde/işlev (Item/Function)	Gereklilik (Requirement)	Potansiyel Hata Durumu (Potential Failure mode)	Hatanın Potansiyel Etkisi/Etkileri (Potential Effects of Failure)	Şiddet (Severity)	Sınıf (Class)	Potansiyel Sebep(ler) (Potential Causes)	Olasılık (Occurrence)	Mevcut Kontroller (Current Design Controls)		Tespit (Detection)	RÖF (RPN)
Proses Adımı								Önleme (Prevention)	Tespit Edici (Detection)		
Giriş Kontrol	Malzeme kalitesinin AISI 304 olması	Malzemenin AISI304 kalitesi korozyon dayanım ve mukavemet özelliklerini karşılamaması	İkincil işlevlerde düşüklük (Araç işlevde ancak konfor özellikleri düşük seviyede).	6		Spektrometre ayar parametrelerinin sapması	2	Kimyasal analiz test cihazının doğrulamasının yapılması ve periyodik bakımların zamanında yapılması	Her girişte malzeme analizinin yapılması Tedarikçi sertifikası kontrolü	5	60
		AISI304 kalitesi korozyon dayanım ve mukavemet özelliklerinden fazlasını karşılaması	Farkedilir etki mevcut değil.	1		Spektrometre ayar parametrelerinin sapması	2			5	10
	Ø28-0,05 mm	Ø27,95 mm'den düşük çapta malzeme kullanılması	Temel işlevler yerine gelmez (Araç işlevsiz, güvenliğe etki yok).	8		Ölçünün eksi toleransta hatalı ölçülmesi	2	Kalibrasyon işlemlerinin tam ve zamanında yapılması	Her girişte yapılan malzeme de boyutsal ölçümlerin sağlanması	5	80
		Ø28 mm'den yüksek çapta malzeme kullanımı	İkincil işlevlerde düşüklük (Araç işlevde ancak konfor özellikleri düşük seviyede).	6		Ölçünün artı toleransta hatalı ölçülmesi	2			5	60
	10005099 kodunun kimlik kartında tanımlanması	Yanlış hammadda kullanımı	Temel işlevler yerine gelmez (Araç işlevsiz, güvenliğe etki yok).	8		Kimlik kartında farklı kodun tanımlanması	2	Giriş kalite kontrol raporlarında formüllerin tanımlanması	Kodları sistemde tanımlı olması	8	128
Stoktan malzeme çekilmesi	Çap 28 , 304 kalitede , 3 metre malzemenin çekilmesi	Yanlış çapta malzemenin çekilmesi	Proses operasyon veya operatöre düşük etki	2		Hammaddenin yanlış rafa koyulması	2	Pense girmez veya boş geçer	Raf üzerindeki etiketlerin görsel kontrol yapılması	8	32
Stoktan malzeme çekilmesi		Yanlış kalitede malzemenin çekilmesi	İkincil işlevlerde düşüklük (Araç işlevde ancak konfor özellikleri düşük seviyede).	5		Hammaddenin yanlış rafa koyulması	3	Raf üzerinde etiket koyulması	Raf üzerindeki etiketlerin görsel kontrol yapılması	8	120
CNC torna işleme operasyonu	Yüzeylerin parlak ve pürüzsüz çıkması için yüzey tomalama hızının 5000 ±500dev/dak da yapılması	Yüzey Tomalama makineden kayıtlı olan 5000 ±500dev/dak devirden daha düşük hızda yapılması	Ayrıntılar yeterli düzeyde değil (Duyulan ses,görünüm),müşterilerin çoğu tarafından farkediliyor (%75).	4		Makinede kayıtlı 0005 numaralı programdaki G kodlarının Dışında üretim yapılması.	3	Makinede kayıtlı 0005 numaralı programdaki G kodları baz alınarak üretim yapılması	*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	5	60
	İş emrinde istenen ürünün üretilmesi	Yanlış parça üretimi	İstenilen proses çıktısı elde edilemez.	8	SC	Yanlış program ile ürün üretimi	2		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	5	80
	Ø16 ±0,05	Ölçünün büyük gelmesi	İkincil işlevler yerine gelmez (Araç işlevde ancak konfor/özellikleri işlemez).	6	SC	Yanlış takım kullanımı	3		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	5	90
		Ölçünün küçük gelmesi	Ürünün bir kısmı hurda, hat hızı yavaşlaması ya da ek iş gücü gereksinimi	7	SC	Takım aşınması	5		Ara kontrollerin yapılması.	5	175
	4 ±0,1	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Ayrıntılar yeterli düzeyde değil (Duyulan ses,görünüm),müşterilerin çoğu tarafından farkediliyor (%75).	4	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	3		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	5	60
	Ø28 ±0,2	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Ayrıntılar yeterli düzeyde değil (Duyulan ses, görünüm), müşterilerin çoğu tarafından farkediliyor (%75).	4	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	3		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	3	36

Şekil 5.34 'Kovan' parçası proses FMEA(1.kısım)

Şekil 5.35, kovan parçası için hazırlanan PFMEA'nın 'önerilen faaliyetler ve faaliyetlerin sonuçları'nın ilk kısmını göstermektedir.

RÖF (RPN)	Önerilen Faaliyetler (Recommended Action)	Sorumlular / Hedef Termin (Responsibility / Target Completion Date)	Faaliyet Sonuçları (Action Results)				
			Yapılan Faaliyetler (Action Taken)	Şiddet (Severity)	Olasılık (Occurrence)	Tespit (Detection)	RÖF (RPN)
60	Doğrulama numuneleri alınarak periyodik doğrulamalar yapılarak sapmalar kontrol altına alınacak						
10	Doğrulama numuneleri alınarak periyodik doğrulamalar yapılarak sapmalar kontrol altına alınacak						
80							
60							
128	İrsaliyelere sipariş verilen Mesan hammadde kodu tanımlanacak						
32							0
120	*Forklift şoförlere hammadde etiketi ile raf etiketi karşılaştırılarak raflara malzeme koyulacağı eğitimi verilecek.		Forklif operatörlerine eğitim verildi	5	2	8	80

Şekil 5.35 'Kovan' parçası proses FMEA önerilen faaliyetler ve faaliyetlerin sonuçları(1.kısım)

Şekil 5.36, kovan parçası için hazırlanan PFMEA'nın ikinci kısmını göstermektedir.

Madde/İşlev (Item/Function)	Gereklilik (Requirement)	Potansiyel Hata Durumu (Potential Failure mode)	Hatanın Potansiyel Etkisi/Etkileri (Potential Effects of Failure)	Şiddet (Severity)	Sınıf (Class)	Potansiyel Sebep(ler) (Potential Causes)	Olasılık (Occurrence)	Mevcut Kontroller (Current Design Controls)		Tespit (Detection)	RÖF (RPN)
Proses Adımı								Önleme (Prevention)	Tespit Edici (Detection)		
CNC torna işleme operasyonu	16,5 ±0,1	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Temel işlevler yerine gelmez (Araç işlevsiz, güvenliğe etki yok).	8	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	5		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	5	200
	18,5 ±0,1	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Temel işlevler yerine gelmez (Araç işlevsiz, güvenliğe etki yok).	6	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	3		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	3	54
	20 -0,1	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Fonksiyonelliği etkiler, .	6	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	3		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	3	54
	M22 x 1,5	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Fonksiyonelliği etkiler, .	3	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	2		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	3	18
	3,1 ±0,1	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Fonksiyonelliği etkiler, .	6	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	2		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	3	36
	Ø10 ±0,05	Ölçünün küçük veya büyük gelmesi	Fonksiyonelliği etkiler, .	2	SC	Takım aşınması veya program yazılımsal hata	3		*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	3	18
Ultrasonik yıkama	Malzeme üzerinde kalan yağ, talaş ve pisliklerin temizlenmesi, temiz bir görsel yüzeyin elde edilmesi.	Ayrıntılar yeterli düzeyde değil (Duyulan ses,görünüm),müşterilerin çoğu tarafından farkediliyor (%75).	Müşteri memnuniyetsizliği	4		Yıkama kimyasalının uygun periyotta değişmemesi.	3	PH ölçümü yapılarak 8-12 arası gelmemesi durumunda kimyasalın değiştirilmesi	*İlk parça onayı ve ara kontrollerin yapılması.	3	36
	Korozyon dayanımı.	Paslanma	İkincil işlevlerde düşüklük (Araç işlevde ancak konfor özellikleri düşük seviyede).	5		Parçanın üzerinde demir tozunun kalması.	8	-	Tuz testi yapılır	8	256

Şekil 5.36 'Kovan' parçası proses FMEA(2.kısım)

Şekil 5.37, kovan parçası için hazırlanan PFMEA'nın 'önerilen faaliyetler ve faaliyetlerin sonuçları'nın ikinci kısmını göstermektedir.

Madde/işlev (Item/Function)	RÖF (RPN)	Önerilen Faaliyetler (Recommended Action)	Sorumlular / Hedef Termin (Responsibility / Target Complation Date)	Faaliyet Sonuçları (Action Results)				
Proses Adımı				Yapılan Faaliyetler (Action Taken)	Şiddet (Severity)	Olasılık (Occurence)	Tespit (Detection)	RÖF (RPN)
CNC torna işleme operasyonu	200	Kesici takımın kullanım talimatının oluşturulması operatöre eğitim verilmesi ve takım ömrü takip edilmesi SPC yapılması		Kesici takım kullanma talimatı yapıldı operatörelere bilgi verildi ve takım ömrü takip edilmeye başlandı SPC uygulamaya geçildi	8	2	3	48
	54	Kesici takımın kullanım talimatının oluşturulması operatöre eğitim verilmesi ve takım ömrü takip edilmesi		Kesici takım kullanma talimatı yapıldı operatörelere bilgi verildi ve takım ömrü takip edilmeye başlandı	3	2	5	30
	54	Kesici takımın kullanım talimatının oluşturulması operatöre eğitim verilmesi ve takım ömrü takip edilmesi		Kesici takım kullanma talimatı yapıldı operatörelere bilgi verildi ve takım ömrü takip edilmeye başlandı	3	2	5	30
	18	Kesici takımın kullanım talimatının oluşturulması operatöre eğitim verilmesi ve takım ömrü takip edilmesi		Kesici takım kullanma talimatı yapıldı operatörelere bilgi verildi ve takım ömrü takip edilmeye başlandı	2	2	5	20
	36	Kesici takımın kullanım talimatının oluşturulması operatöre eğitim verilmesi ve takım ömrü takip edilmesi		Kesici takım kullanma talimatı yapıldı operatörelere bilgi verildi ve takım ömrü takip edilmeye başlandı	2	2	5	20
	18	Kesici takımın kullanım talimatının oluşturulması operatöre eğitim verilmesi ve takım ömrü takip edilmesi		Kesici takım kullanma talimatı yapıldı operatörelere bilgi verildi ve takım ömrü takip edilmeye başlandı	3	2	5	30

Şekil 5.37 'Kovan' parçası proses FMEA önerilen faaliyetler ve faaliyetlerin sonuçları(2.kısım)

5.7.6 Kontrol Planı

Kontrol Planının hedefi, kaliteli ürünün müşteri beklentileriyle uyumlu şekilde imal edilmesine olanak sağlamaktır. Kontrol Planları, ürünlerde ve proseslerde karşılaşılan değişimleri minimuma indirmek amacıyla kullanılan sistemlerin yazılı bir özetidir [10].

Kontrol Planı, parça ve proses kontrol sistemlerinin belirtildiği dokümandır. Tek bir Kontrol Planı, aynı tip proseslerle ve aynı tip kaynaklar ile imal edilen tüm ürün grupları için uygulanabilir [10].

Kontrol Planı, ürünün hayat döngüsü süresince kullanılır ve devamlılığı sağlanır. Ürün hayat döngüsünün ilk basamaklarında kontrol planının hedefi, proses kontrolünün taslak planının dokümante edilmesini ve iletişimi sağlamaktır. Sonraki aşamalarda, prosesin nasıl kontrol edilip, ürün kalitesinin nasıl sağlanacağı hususunda imalata destek olur. Sonuç olarak; Kontrol Planı, yürürlükte olan kontrol yöntemini ve kullanılan ölçüm sistemini belirten ve yaşayan bir doküman olarak kalır. Ölçüm sisteminde ve kontrol yönetiminde inceleme ve iyileştirmeler gerçekleştirildiğinde Kontrol Planı tekrar yapılmalıdır [10].

Yapılan kontrol planı çalışması Şekil 5.38’de gösterilmektedir.

OP. NO	OPERASYON TANIMI	PARÇA NO	ÜRETİM ARACI	NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİKLER		ÖZELL. SINFI	REFERANS DOKÜMAN NO	KONTROLÜN			KONTROL ALETİ	ALTERNATİF KONTROL ALETİ	HATA ÖNLEME	UYGUNSUZ LUKTA YAPILACAK İŞLEM	KAYIT
					ÜRÜN	PROSES			ŞEKLİ	SORUMLUSU	SIKLIĞI					
29280	CNC-Talaş İmalat	30305032		5	16,5 ±0,1		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	Preshane Kalite Op.	Seri başı ve 4 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-08 Proses Kalite Kontrol Formu
			MAKİNA NO	5	16,5 ±0,1		SC ★	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	CNC Op.	Her 2 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-13 CNC Proses Kontrol Formu
			KYO-3	6	18,5 ±0,1		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	Preshane Kalite Op.	Seri başı ve 4 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-08 Proses Kalite Kontrol Formu
			ALTERNATİF MAKİNA.NO	6	18,5 ±0,1		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	CNC Op.	Her 2 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-13 CNC Proses Kontrol Formu
			N/A	7	20 -0,1		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	Preshane Kalite Op.	Seri başı ve 4 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-08 Proses Kalite Kontrol Formu
			KALIP TAKIM /APARAT NO	7	20 -0,1		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	CNC Op.	Her 2 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-13 CNC Proses Kontrol Formu
			N/A	8	M22 x 1,5		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	Preshane Kalite Op.	Seri başı ve 4 saatte 1	Master M22x1,5 6G Geçer No: M28 Geçmez No: 477001	Dış Taraftan 0,01 Kumpas (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-08 Proses Kalite Kontrol Formu
			KALIP GÖZ AD.	8	M22 x 1,5		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	CNC Op.	Her 2 saatte 1	Master M22x1,5 6G Geçer No: M28 Geçmez No: 477001	Dış Taraftan 0,01 Kumpas (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-13 CNC Proses Kontrol Formu
			N/A	9	3,1 ±0,1		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	Preshane Kalite Op.	Seri başı ve 4 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-08 Proses Kalite Kontrol Formu
				9	3,1 ±0,1		SC	TR 30305032	Ölçüsel Kontrol	CNC Op.	Her 2 saatte 1	Kumpas 0,01	Mihengir (F-8.5.6.1.1-01)	-		F-8.6-13 CNC Proses Kontrol Formu
				10	Görsel Kontrol			T-8.5.1-163 Görsel Kabul Talimatı	Görsel Kontrol	Preshane Kalite Op.	Seri başı ve 4 saatte 1	Göz	-	-		F-8.6-08 Proses Kalite Kontrol Formu

Şekil 5.38 'Kovan' parçası kontrol planı

5.7.7 MSA Çalışmaları

Kovan parçasının MSA çalışması, MSA uygulaması başlığı altında incelenmişti. Bu nedenle; bu kısımda, '060.4.0.28.30' Ürün Ailesi'ne ait başka parça olan '0x45 Dil' parçası üzerinde yapılan MSA çalışması aktarılacaktır.

'0x45 Dil' parçasının dış çap uzunluğu üzerinde yapılan GRR uygulamasının detayları Şekil 5.39'da gösterilmektedir.

'0x45 Dil' parçasının dış çapı için tolerans $8,1 \pm 0,2$ 'dir. 1/100 mm'lik kumpas ile yapılan ölçümler sonucunda; EV değeri, 0,00354; AV değeri, 0,00466; PV değeri, 0,03006; TV Değeri, 0,03063 bulunmuştur. %GRR değeri ise %19,13'tür ve %10'un ile %30 değerleri arasında kalmıştır. Daha önceden de değinildiği gibi; bu tür durumlarda, uygulamanın önemine, ölçüm cihazının maliyetine, tamir masraflarına v.b. bağlı olarak karar verilir. Bu çalışmada, şartlı kabul kararı verilmiştir. Sonraki MSA'lerde süreç yakından takip edilip sistem sürekli iyileştirilmeye devam edilecektir. 'Ayrık kategori sayısı' (number of distinct categories -ndc-) ise 7,24 bulunmuştur ve 5'in üstü bir değer olduğu için kabul seviyesindedir.

5.7.8 Boyutsal Sonuçlar

Kuruluş, Tasarım Kaydının ve Kontrol Planının gerektirdiği boyutsal doğrulamaların tamamlandığını ve sonuçların belirtilen gerekliliklere uygunluğu gösterdiğine dair kanıt sunmalıdır. Kuruluş, her bir farklı üretim süreci için boyutsal sonuçlara sahip olmalıdır. Kuruluş, Tasarım Kaydında ve Kontrol Planında belirtilen tüm boyutları (referans boyutları hariç), karakteristikleri ve teknik özellikleri fiili sonuçlarla birlikte kaydetmelidir [34].

Şekil 5.40, ilk numune kontrol formunu göstermektedir.

ÖLÇME SİSTEMİNİN YETERLİLİĞİ

PARÇA ADI 0x45 Dil
KARAKTERİSTİK Dış Çap
TOLERANS 8,1±0,2
ÖLÇÜM ALETİ Kumpas

TARİH :
ÖLÇÜMCÜ :
HAZIRLAYAN :
ONAY :

ÖLÇÜMCÜ		3		DENEME					3		PARÇA					10															
ÖLÇÜMCÜ DENEME		PARÇA		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		ORTALAMA							
1.ÖLÇÜMCÜ A		1		8,120		8,110		8,120		8,120		8,130		8,130		8,200		8,100		8,120		8,120		8,127							
2.		2		8,120		8,120		8,110		8,120		8,130		8,130		8,210		8,100		8,120		8,120		8,128							
3.		3		8,130		8,130		8,120		8,120		8,120		8,130		8,210		8,100		8,130		8,110		8,130							
4.		Ortalama		8,123		8,120		8,117		8,120		8,127		8,130		8,207		8,100		8,123		8,117		X _{ort} = 8,1283							
5.		Aralık		0,01		0,02		0,01		0,00		0,01		0,00		0,01		0,00		0,01		0,01		R _{ort} = 0,008							
6.ÖLÇÜMCÜ B		1		8,100		8,110		8,120		8,110		8,110		8,130		8,210		8,120		8,110		8,120		8,124							
7.		2		8,110		8,110		8,110		8,110		8,110		8,130		8,200		8,120		8,110		8,120		8,123							
8.		3		8,100		8,100		8,110		8,120		8,110		8,130		8,210		8,120		8,120		8,120		8,124							
9.		Ortalama		8,103		8,107		8,113		8,113		8,110		8,130		8,207		8,120		8,113		8,120		X _{ort} = 8,1237							
10.		Aralık		0,01		0,01		0,01		0,01		0,00		0,00		0,01		0,00		0,01		0,00		R _{ort} = 0,008							
11.ÖLÇÜMCÜ C		1		8,130		8,120		8,130		8,140		8,110		8,130		8,210		8,120		8,110		8,120		8,132							
12.		2		8,130		8,140		8,130		8,140		8,110		8,130		8,220		8,120		8,110		8,120		8,136							
13.		3		8,130		8,120		8,130		8,130		8,110		8,130		8,210		8,120		8,110		8,120		8,131							
14.		Ortalama		8,130		8,127		8,130		8,137		8,110		8,130		8,213		8,120		8,110		8,120		X _{ort} = 8,1327							
15.		Aralık		0,00		0,02		0,00		0,01		0,00		0,00		0,01		0,00		0,00		0,00		R _{ort} = 0,004							
16.		Parça Ortalaması (X _p)		8,119		8,118		8,120		8,123		8,116		8,130		8,209		8,113		8,116		8,119		X _{ort} = 8,1282 R _p = 0,096							
17.				(R _{ort} = 0,008		+ R _{ort} = 0,006		+ R _{ort} = 0,004												Ölçümcü = 3				R _{ort} = 0,0060							
18.				(Max X _{ort} = 8,1327		) -		Min X _{ort} = 8,1237																X _{diff} = 0,0090							
19.				(R _{ort} = 0,0060		) x (D ₄ = 2,58		) = ÜKL _{it}												2		3,27		0,0155							
20.				(R _{ort} = 0,0060		) x (D ₃ = 0,00		) = AKL _{it}												3		2,58		0,000							
Ölçüm Cihazı Analizi		Tolerans : 0,2000												% Toplam Varyasyon TOLERANSA GÖRE (TA)																	
Tekrarlanabilirlik - Cihaz varyasyonu (EV)		EV = R _{ort} x K ₁ = 0,0060 x 0,5908 = 0,00354												Deneme		K ₁		2		0,8862		3		0,5908		% EV = 100 (EV / TA) 100 (EV/TV) = 10,63 % 11,57 %					
Tekrar Yapılabilirlik - Ölçümcü Varyasyonu (AV)		AV = √(X _{diff} x K ₂) ² - (EV ² / nr) = √(0,000 - 0,00000) = 0,00466												Ölçümcü		K ₂		2		0,7071		3		0,5231		% AV = 100 (AV / TA) 100 (AV/TV) = 13,99 % 15,23 %					
Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik (R&R)		GRR = √(EV) ² + (AV) ² = √(0,000 + 0,000) = 0,00566												Parça		K ₃		2		0,7071		3		0,5231		% GRR = 100 (GRR / TA) 100 (GRR/TV) = 17,57 % 19,13 %					
Parça Varyasyonu (PV)		PV = R _p x K ₃ = 0,096 x 0,31 = 0,03008												4		0,4487		5		0,4030		6		0,3742		7		0,3534		% PV = 100 (PV / TA) 100 (PV/TV) = 90,19 % 98,15 %	
Toplam Varyasyon (TV)		TV = √ GRR ² + PV ² = √(0,000 + 0,001) = 0,03083												8		0,3375		9		0,3249		10		0,3148		ndc= 1.41* (PV / GRR) = 7,24 KARAR : PARÇA VARYASYONU/ÖLÇÜM SİSTEM VARYASYONU KABUL SEVİYESİNDE.					

Şekil 5.39 '060 YPK Dili' parçasının dış çap uzunluğu üzerinde MSA çalışması

ÜRÜN ADI / PRODUCT NAME		060 Paslanmaz Kovan			KALIP NUMARASI MOLD ITEM :		-		KALIP YAPIM YERİ / MOLD MANUFACTURER:		HAMMADDE / RAW MATERIAL		AISI304	
ÜRÜN KODU / PRODUCT CODE		30305032			ÜRETİM HATTI VE MAKİNA NO - TEDARİKÇİ FİRMA / PRODUCTION LINE AND MACHINE NO-SUPPLIER		Kayar Otomat-3		KALIP GÖZ ADEDİ / CAVITY NO:		TEKNİK RESİM REV. No / TECHNICAL DRAWING REV. No:		P	
KONTROL NUMARASI / MEASURE VALUE	ÖLÇÜ / MEASURE mm	TOLERANS / TOLERANCE	KONT. YÖNT. /CHECKING METHOD	KONT. YÖNT.NO CHECKING METHOD NUMBER	ÖLÇÜM SONUÇLARI / MEASUREMENT RESULTS					ÖLÇÜM KONTROLÜ / CHECK			AÇIKLAMALAR / NOTES	
					1	2	3	4	5	KALİTE KONTROL	ARGE R & D APPROVAL			
										K	Ş.K C.OK	R N.OK		
1	Ø16	±0,05	Koordinat Ölçme	211913	16,05	16,04	16,05	16,05	16,05					
2	4	±0,1	Koordinat Ölçme	211913	4,02	4,01	4,02	3,97	4,02					
3	Ø28	±0,2	Koordinat Ölçme	211913	27,95	27,97	27,96	27,97	27,99					
4	Ø10	±0,05	Koordinat Ölçme	211913	10,05	10,02	10,05	10,04	10,05					
5	16,5	±0,1	Koordinat Ölçme	211913	16,48	16,49	16,48	16,45	16,49					
6	18,5	±0,1	Koordinat Ölçme	211913	18,53	18,54	18,53	18,53	18,53					
7	20	+0-0,1	Dijital Kumpas	B16318677	19,91	19,95	19,91	19,95	19,93					
8	M22X1,5		Halka Mastar	409628✓ 410269x	✓	✓	✓	✓	✓					
9	3,1 (X Eksen)	±0,1	Koordinat Ölçme	211913	3,13	3,08	3,11	3,11	3,14					
10	3,1 (Y Eksen)	±0,1	Koordinat Ölçme	211913	3,06	3,08	3,04	3,00	3,07					
11	0,4-0,6		Koordinat Ölçme	211913	0,49	0,49	0,48	0,50	0,51					
12	0,5-1		Koordinat Ölçme	211913	0,95	0,93	0,99	0,97	0,95					
13	3,5	±0,1	Koordinat Ölçme	211913	3,59	3,58	3,58	3,58	3,58					
14	Ø18	±0,2	Koordinat Ölçme	211913	18,05	17,80	18,00	18,11	17,98					
15	6	±0,1	Koordinat Ölçme	211913	6,07	6,05	6,07	6,05	6,06					
16	22,5	±0,2	Koordinat Ölçme	211913	22,55	22,54	22,55	22,50	22,55					
17	40°-45°		Koordinat Ölçme	211913	43°	42°	42°	42°	42°					
18	11,4	±0,2	Koordinat Ölçme	211913	11,32	11,38	11,34	11,35	11,36					
19	0,5-1		Koordinat Ölçme	211913	0,69	0,76	0,72	0,69	0,80					
20	23,5	±0,2	Koordinat Ölçme	211913	23,25	23,25	23,24	23,27	23,24					
21	21	±0,2	Koordinat Ölçme	211913	20,96	20,99	20,95	20,91	21,01					
22	0,5	±0,1	Profil Proleksiyon	PP01	0,58	0,59	0,58	0,57	0,59					
23	005 Numaralı Program		Görsel		✓	✓	✓	✓	✓					
24														
MASTAR KONTROL			HAZIRLAYAN / PARTS CHECKED BY: QUALITY CONTROL EMPLOYEE			KALİTE PROSES MÜHENDİSİ ONAYI / APPROVED BY QUALITY PROCESS ENGINEER			AR-GE ONAYI / APPROVED BY R&D					
FONKSİYONEL KONTROL														
GÖRSEL KONTROL														

F-8.5-07 Rev04 09.11.2019

Şekil 5.40 'Kovan' parçası ilk numune kontrol formu

Kuruluş; tasarım kaydının tarihini, değişim seviyesini ve parçanın yapıldığı tasarım kaydına henüz dahil edilmemiş herhangi bir yetkili mühendislik değişikliği belgesini belirtmelidir. Kuruluş; tüm yardımcı belgelere değişiklik seviyesini, çizim tarihini, kuruluş adını ve parça numarasını kaydetmelidir. Bu yardımcı malzemelerin (örneğin, yerleşim düzeni sonuç sayfaları, çizimler, izlemeler, kesitler, CMM muayene sonuçları, geometrik boyutlandırma ve tolerans sayfaları veya parça çizimi ile birlikte kullanılan diğer yardımcı çizimler) kopyaları, Tutma / Teslim Şartları Tablosuna göre boyutsal sonuçlara eşlik etmelidir. İnceleme için optik bir karşılaştırmacı gerektiğinde bir izleme dahil edilmelidir [34].

5.7.9 Malzeme/performans test sonuçları kayıtları

Kuruluş; performans veya fonksiyonel gereksinimler, tasarım kaydı veya Kontrol Planında belirtildiğinde, tüm parçalar veya ürün malzemeleri için testler yapmalıdır. Performans testi sonuçları aşağıdakileri göstermeli ve içermelidir [34]:

1. Test edilen parçaların tasarım kayıtları değişim seviyesi
2. Henüz tasarım kaydına dahil edilmemiş tüm yetkili mühendislik değişiklik belgeleri; parçanın test edildiği özelliklerin sayısı, tarihi ve değişiklik seviyesi
3. Testin yapıldığı tarih
4. Test edilen miktar; fiili sonuçlar

Parçanın malzemesi olan AISI 304 paslanmaz çelik malzemenin analiz sertifikası Şekil 5.41’de gösterilmektedir. Malzeme, 16.00 mm’lik yuvarlak çubuk şeklindedir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre; %0,0210 Karbon (C), %1,6800 Manganez (Mn), %0,28 Silisyum (Si), %0,0210 Kükürt (S), %0,0380 Fosfor (P), %18,2500 Krom (Cr), %8,0500 Nikel (Ni), %0,3100 Molibden (Mo), %0,1700 Kobalt (Co) ve %0,0810 Azot (N) içermektedir. Malzemenin mekanik özellikleri ise; 705,00 MPa çekme dayanımı, 578,00 MPa akma dayanımı, 45,00 yüzde uzama, 70,00 yüzde kesit daralması ve 210 HBW Brinell sertliği değerleri ile ölçülmüştür.

5.7.10 Ön proses çalışmaları

Başlangıçtaki proses kabiliyeti veya performans seviyesi, müşteri veya kuruluş tarafından belirlenen tüm Özel Özellikler için sunulmadan önce kabul edilebilir olarak belirlenmelidir. Kuruluş, sunulmadan önce ilk proses kapasitesini hesaplamak için indisler üzerinde müşteri onayı almalıdır [34].

(A02) INSPECTION CERTIFICATE & MILL TEST REPORT													
(A06)CUSTOMER : GOKTLRKLER CELIK A.S. Osmangazi Mah. 2647. Sok. No:34/3 34510 K#rac - Esenyurt - Istanbul TURKEY				Manufacturer's Symbol (A04) 		(A03)MTR NO.		1051021/3					
						(Z02) DATE		05.05.2019					
						MATERIAL SPEC.							
						(B02) GRADE		AISI 304					
				DIMENSIONAL SPEC.		h9							
(B01) : STAINLESS STEEL BRIGHT BARS				(B04) DELIVERY CONDITION : COLD DRAWN POLISHED - 2H									
(A07)ORDER NO: GOKTUR-20190223								(A09)Article No:					
(B09-B11)ITEM DESCRIPTION				LENGTH		(B08) PIECES(Nos)		NET WEIGHT(TO)		(B07) HEAT NO			
ROUND BAR 16.000 MM				3.00 - 3.20		172		0.828		111382			
Bundle No		1101086090											
(C71-C92) CHEMICAL ANALYSIS													
ELEMENT	%C	%Mn	%SI	%S	%P	%Cr	%Ni	%Cu	%Mo		%Co	%N	
HEAT	0.0210	1.6800	0.2800	0.0210	0.0380	18.2500	8.0500	0.4700	0.3100		0.1700	0.0810	
MECHANICAL PROPERTIES													
Inspection No. 10001358757	(C12)		Yield Strength			(C13)		Reduction of Area%		Hardness			
	Tensile Strength		Rp=0.2%		Rp = 1%	Elongation%							
	Mpa		Mpa		Mpa	Lo-4D				HBW			
	705.00		578.00			45.00		70.00		210			
(B06)Product Marking : SIZE, GRADE, HEAT NO., LOGO & INSPECTOR STAMP													
MATERIAL CONFIRMS TO ASTM A276/A276M-17 COND A, INTERGRANULAR CORROSION TEST SATISFACTORY AS PER ASTM A262-15 PRACTICE E, CERTIFIED AS PER EN 10204-3.1.													
REMARKS : MINIMUM SOLUTION ANNEALING TEMPERATURE 1050°C, SOAKING TIME 01 HR/INCH WATER QUENCHED. MATERIAL IS FREE FROM MERCURY CONTAMINATION, FREE FROM WELD OR WELD REPAIRS. WE CONFIRM THAT THE MATERIAL HAS BEEN TESTED AND FOUND TO BE FREE FROM RADIOACTIVE CONTAMINATION													

Şekil 5.41 'Kovan' parçası malzemesinin(AISI 304) muayene sertifikası

5.7.10.1 Makina Yeterlilik Analizi

İşletmenin 'Kayar Otomat 3' CNC torna tezgahında makine yeterlilik analizi (MCA) uygulaması yapılmıştır.

MCA uygulamasında, makinenin stabil şartlar altında, arka arkaya parçalar üretmesi sağlanmış ve bu sırada üretim sürecine müdahalelerden kaçınılmıştır. İmalat süreci devam ederken 30 adet numune alınarak ölçümler yapılmıştır. Ölçüm verilerinden C_m ve C_{mk} indisleri hesaplanmıştır.

'Kayar Otomat 3'CNC torna makinesi için yapılan MCA uygulamasında C_m değeri 2,427 olarak, C_{mk} ise 2,403 olarak bulunmuştur. Şekil 5.42, 'Kayar Otomat 3' makinesi için yapılan MCA uygulamasının tüm verilerini göstermektedir. C_{mk} 1,67 değerinden büyük olduğu için analiz sonucu 'uygun' olarak ortaya çıkmıştır.

5.7.10.2 Sürekli Dönem Proses Yetenek Çalışması (On-going Process Capability Study)

Proses yeterlilik çalışması, işletmenin 'kayar otomat 3' makinesinde yapılmıştır. 3 ölçme operatörü, farklı vardiyalarda ve tarihlerde, her vardiyada 4'er kez ve her ölçüm arasında 2 saat olacak olacak şekilde toplamda 100 adet ölçüm yapmıştır. Ölçümler; 0,01 hassasiyetli kumpasla gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.43'de uygulamadaki tüm elde edilmiş veriler gösterilmektedir.

Süreç için alt kontrol limiti (LSL) 16,40'tır. Üst Kontrol limiti ise 16,60'tır. Ölçümlerden elde edilen veriler, Excel yazılımına girilmiş formüller ile hesaplanmıştır ve C_p değeri 2,91 olarak, C_{pk} değeri ise 2,89 olarak bulunmuştur. Bu iki değer birbirine çok yakın olduğu için proses ortalaması hedef değer üzerinde merkezlenmiş demektir. Ayrıca, 2,91 ve 2,89 değerleri, referans değer olan 1,67'den büyük çıktığı için prosesin yeterli olduğu anlamı çıkmaktadır.

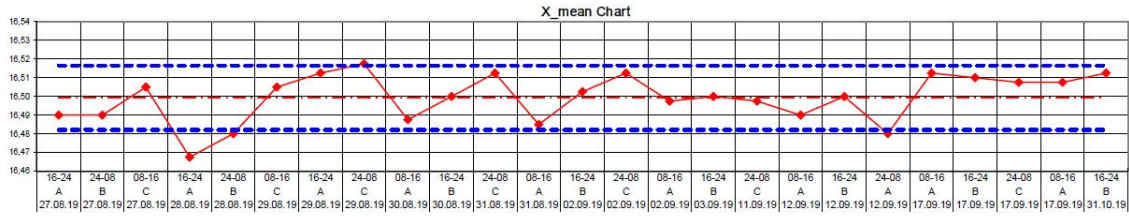
MAKİNA YETERLİLİK ANALİZİ		Rap. No	002																																																																																																										
(Çift taraflı ve alt spesifikasyon değeri (0) sıfır ile kapalı tek taraflı spesifikasyonlar için)		Sayfa No																																																																																																											
		Rev. No																																																																																																											
		ANALİZ BİLGİLERİ VE SONUÇ																																																																																																											
		PROSES ADI (PROCESS NAME)	CNC																																																																																																										
		PROSES NO (PROCESS NO)																																																																																																											
		TEZGAH ADI (MACHINE NAME)	KAYAR OTOMAT 3																																																																																																										
		TEZGAH NO (MACHINE NO)	KAYAR OTOMAT 3																																																																																																										
		MAMUL ADI (PRODUCT NAME)	060 KİLİT KOVANI PASLANMAZ																																																																																																										
		MAMUL NO (PRODUCT NO)	30305032																																																																																																										
		MÜŞTERİ MAMUL NO (ORIGINAL NO)																																																																																																											
		KARAKTERİSTİK ADI (CHARACTERISTIC NAME)	GRİP ÖLÇÜSÜ																																																																																																										
		RESİM DEĞERİ (SPECIFICATION)	18,5																																																																																																										
		ÖLÇÜ ALETİ ADI (GAGE NAME)	Mitutoyo 150 mm Dijital Kumpas																																																																																																										
		ÖLÇÜ ALETİ NO (GAGE NUMBER)	7.612.380																																																																																																										
		OPERATÖR ADI (OPERATOR NAME)																																																																																																											
		KONTROLÇÜ ADI (INSPECTOR NAME)																																																																																																											
		Max	= 18,530																																																																																																										
		Min	= 18,470																																																																																																										
		$\bar{X}$	= 18,499																																																																																																										
		Nominal	= 18,500																																																																																																										
		+/- 3σ	= 0,082																																																																																																										
		- Sapma Adeti	= 0																																																																																																										
		+ Sapma Adeti	= 0																																																																																																										
		Range = $\bar{R}$	= 0,080																																																																																																										
		Cm	= 2,427																																																																																																										
		Cmk	= 2,403																																																																																																										
		DEĞERLENDİRME (EVALUATION)																																																																																																											
		(Cmk>yada =1,67) UYGUN																																																																																																											
		ÇİFT TARAFLI SPESİFİKASYON																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">SPESİFİKASYON SINIRLARI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>USL</td> <td>18,600</td> </tr> <tr> <td>ASL</td> <td>18,400</td> </tr> <tr> <td>TOL</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÖLÇÜM DEĞERLERİ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>18,500</td></tr> <tr><td>2</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>3</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>4</td><td>18,510</td></tr> <tr><td>5</td><td>18,510</td></tr> <tr><td>6</td><td>18,500</td></tr> <tr><td>7</td><td>18,520</td></tr> <tr><td>8</td><td>18,510</td></tr> <tr><td>9</td><td>18,510</td></tr> <tr><td>10</td><td>18,510</td></tr> <tr><td>11</td><td>18,500</td></tr> <tr><td>12</td><td>18,510</td></tr> <tr><td>13</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>14</td><td>18,520</td></tr> <tr><td>15</td><td>18,530</td></tr> <tr><td>16</td><td>18,520</td></tr> <tr><td>17</td><td>18,480</td></tr> <tr><td>18</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>19</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>20</td><td>18,500</td></tr> <tr><td>21</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>22</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>23</td><td>18,470</td></tr> <tr><td>24</td><td>18,480</td></tr> <tr><td>25</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>26</td><td>18,500</td></tr> <tr><td>27</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>28</td><td>18,500</td></tr> <tr><td>29</td><td>18,490</td></tr> <tr><td>30</td><td>18,490</td></tr> </tbody> </table>		SPESİFİKASYON SINIRLARI		USL	18,600	ASL	18,400	TOL	0,2	ÖLÇÜM DEĞERLERİ		1	18,500	2	18,490	3	18,490	4	18,510	5	18,510	6	18,500	7	18,520	8	18,510	9	18,510	10	18,510	11	18,500	12	18,510	13	18,490	14	18,520	15	18,530	16	18,520	17	18,480	18	18,490	19	18,490	20	18,500	21	18,490	22	18,490	23	18,470	24	18,480	25	18,490	26	18,500	27	18,490	28	18,500	29	18,490	30	18,490	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>=</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td>=</td> <td>18,530</td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td>=</td> <td>18,470</td> </tr> <tr> <td>$\bar{R}$</td> <td>=</td> <td>0,080</td> </tr> <tr> <td>$\bar{X}$</td> <td>=</td> <td>18,49900</td> </tr> <tr> <td>σ</td> <td>=</td> <td>0,01373</td> </tr> <tr> <td>+/- 3σ</td> <td>=</td> <td>0,08240</td> </tr> <tr> <td>-NG</td> <td>=</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>+NG</td> <td>=</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Cm</td> <td>=</td> <td>2,427</td> </tr> <tr> <td>Cmk (üst)</td> <td>=</td> <td>2,451</td> </tr> <tr> <td>Cmk (alt)</td> <td>=</td> <td>2,403</td> </tr> </tbody> </table> Açıklama; Bu programda Cmk yeterlilik kabul kriteri min. 1,67 alınmış ve kabul görmüştür.		N	=	30	Max	=	18,530	Min	=	18,470	$\bar{R}$	=	0,080	$\bar{X}$	=	18,49900	σ	=	0,01373	+/- 3σ	=	0,08240	-NG	=	0	+NG	=	0	Cm	=	2,427	Cmk (üst)	=	2,451	Cmk (alt)	=	2,403
SPESİFİKASYON SINIRLARI																																																																																																													
USL	18,600																																																																																																												
ASL	18,400																																																																																																												
TOL	0,2																																																																																																												
ÖLÇÜM DEĞERLERİ																																																																																																													
1	18,500																																																																																																												
2	18,490																																																																																																												
3	18,490																																																																																																												
4	18,510																																																																																																												
5	18,510																																																																																																												
6	18,500																																																																																																												
7	18,520																																																																																																												
8	18,510																																																																																																												
9	18,510																																																																																																												
10	18,510																																																																																																												
11	18,500																																																																																																												
12	18,510																																																																																																												
13	18,490																																																																																																												
14	18,520																																																																																																												
15	18,530																																																																																																												
16	18,520																																																																																																												
17	18,480																																																																																																												
18	18,490																																																																																																												
19	18,490																																																																																																												
20	18,500																																																																																																												
21	18,490																																																																																																												
22	18,490																																																																																																												
23	18,470																																																																																																												
24	18,480																																																																																																												
25	18,490																																																																																																												
26	18,500																																																																																																												
27	18,490																																																																																																												
28	18,500																																																																																																												
29	18,490																																																																																																												
30	18,490																																																																																																												
N	=	30																																																																																																											
Max	=	18,530																																																																																																											
Min	=	18,470																																																																																																											
$\bar{R}$	=	0,080																																																																																																											
$\bar{X}$	=	18,49900																																																																																																											
σ	=	0,01373																																																																																																											
+/- 3σ	=	0,08240																																																																																																											
-NG	=	0																																																																																																											
+NG	=	0																																																																																																											
Cm	=	2,427																																																																																																											
Cmk (üst)	=	2,451																																																																																																											
Cmk (alt)	=	2,403																																																																																																											
		Makina Yetenek Analiz Grafiği																																																																																																											

Şekil 5.42 'Kayar Otomat 3' CNC torna makinesi için makina yeterlilik analizi

Sürekli Dönem Proses Yetenek Çalışması (On-going Process Capability Study)														KART NO: 01												
Customer:				Part No :	060 Kovan			Process:	Talaşlı imalat prosesi			Inspection Tool:	0,01 hassasiyetli kumpas			Insp. Frequency:	Her iki saatte bir			Date:	02.01.2020					
Project :				Part No :	30305032			Machine:	Kayar Otomat - 3			Cavity :	-			Inspector :										
Tarih	27.08.19	27.08.19	27.08.19	28.08.19	28.08.19	29.08.19	29.08.19	29.08.19	30.08.19	30.08.19	31.08.19	31.08.19	02.09.19	02.09.19	02.09.19	03.09.19	11.09.19	12.09.19	12.09.19	12.09.19	17.09.19	17.09.19	17.09.19	17.09.19	31.10.19	
K Eden	A	B	C	A	B	C	A	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	A	B	C	A	B	
Vardiya	16-24	24-08	08-16	16-24	24-08	08-16	16-24	24-08	08-16	16-24	24-08	08-16	16-24	24-08	08-16	16-24	24-08	08-16	16-24	24-08	08-16	16-24	24-08	08-16	16-24	
Measurement	1	16,51	16,48	16,51	16,51	16,50	16,50	16,51	16,51	16,48	16,51	16,52	16,48	16,52	16,51	16,51	16,51	16,50	16,48	16,48	16,48	16,51	16,51	16,50	16,50	16,51
	2	16,46	16,49	16,51	16,49	16,48	16,51	16,51	16,53	16,49	16,52	16,51	16,46	16,51	16,51	16,49	16,49	16,50	16,47	16,51	16,47	16,51	16,51	16,51	16,51	16,52
	3	16,48	16,49	16,50	16,43	16,46	16,51	16,51	16,52	16,50	16,49	16,51	16,51	16,49	16,51	16,50	16,50	16,50	16,51	16,52	16,49	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51
	4	16,51	16,50	16,50	16,44	16,48	16,50	16,52	16,51	16,48	16,48	16,51	16,49	16,49	16,52	16,49	16,50	16,49	16,50	16,49	16,48	16,52	16,51	16,51	16,51	16,51
	5																									
$\bar{X}$	16,490	16,490	16,505	16,468	16,480	16,505	16,513	16,518	16,488	16,500	16,513	16,485	16,503	16,513	16,498	16,500	16,498	16,490	16,500	16,480	16,513	16,510	16,508	16,508	16,513	
R	0,050	0,020	0,010	0,080	0,040	0,010	0,010	0,020	0,020	0,040	0,010	0,050	0,030	0,010	0,020	0,020	0,010	0,040	0,040	0,020	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	
Spec	16,50	$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = 16,50$		$UKL_X = \bar{X} + A_2 \cdot R \quad AKL_X = \bar{X} - A_2 \cdot R$ $= 16,52 \quad = 16,48$		$\hat{s} = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,011 \quad C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{s}} = 2,91$		Cpk >=1,67 Proses Yeteneği UYGUNDUR Process is CAPABLE										Estimated PPM								
USL	16,60	$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = 0,02$		$UKL_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad AKL_R = D_3 \cdot \bar{R}$ $= 0,05 \quad = 0,00$		$C_{pk} = \min \left(\frac{USL - \bar{X}}{3\hat{s}}; \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{s}} \right) = 2,89$												UCL	LCL							
LSL	16,40																	16,60	16,40							
n	4																	0	0							
k	25							0 PPM																		

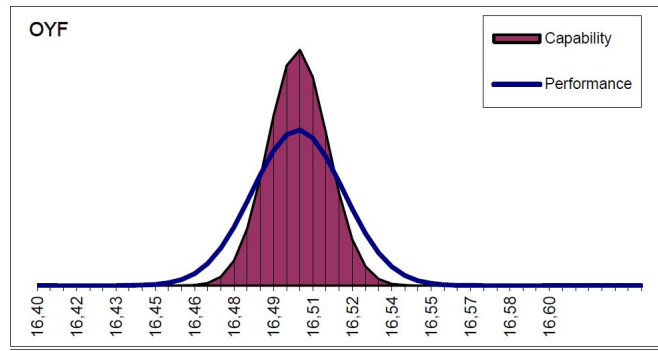
Şekil 5.43 Proses yetenek çalışması

Elde edilen ölçüm verilerinden elde edilmiş X_{ort} grafiği Şekil 5.44’de gösterilmektedir. Grafikten de görülebileceği gibi süreç; iki veri hariç kontrol limitlerinin içerisinde hareket etmektedir.



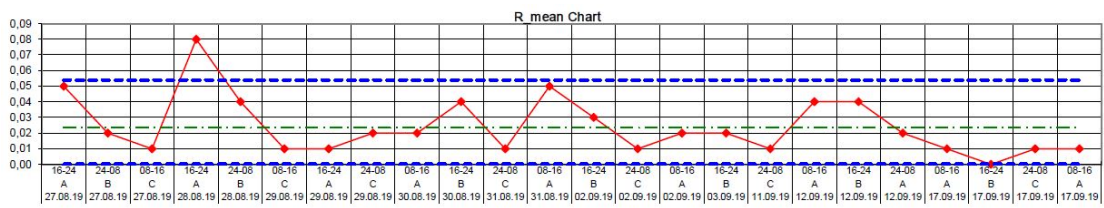
Şekil 5.44 X ortalama grafiği

Şekil 5.45, verilerin normal dağılım diyagramını göstermektedir. Grafikte hem yeterlilik (capability) hem de performans verileri bulunmaktadır.



Şekil 5.45 Normal dağılım diyagramı

Elde edilen ölçüm verilerinden elde edilmiş Rort grafiği Şekil 5.46’da gösterilmektedir. Grafikte; bir veri hariç, verilerin kontrol limitleri içerisinde hareket ettiği gözlemlenmektedir.



Şekil 5.46 R ortalama grafiği

5.7.11 Nitelikli Laboratuvar Dokümantasyonu

PPAP için muayene ve testler, müşteri istekleri tarafından tanımlanan nitelikli bir laboratuvar tarafından (örn. Akredite bir laboratuvar) yapılmalıdır. Nitelikli laboratuvar; (kuruluşun içinde veya dışında), laboratuvarın, yürütülen ölçüm veya test türleri için nitelikli olduğunu gösteren bir dokümantasyona sahip olmalıdır [34].

Montajlanmış ürüne firmada bulunan 'çeyrek dönüşlü kilit ömür testi' yapılmıştır. İlgili makine, Şekil 5.47'de gösterilmektedir.



Şekil 5.47 Çeyrek dönüşlü kilit ömür testi

Şekil 5.48, yapılan testin sonuçlarını göstermektedir. Testte, 20000 adımlık işlem sonucunda kilitte bir problem yaşanmamıştır.

LABORATUAR TEST RAPORU TEST REPORT		TARİH DATE :
		RAPOR NO : REPORT NO :
PARÇA ADI : PART NAME :	060 PASLANMAZ KİLİT	PARÇA NO PART NO :
TEMİN YERİ : SUPPLIER :		TALEP EDEN : REQUESTED BY :
MİKTAR : QUANTITY :	1	BAŞLANGIÇ : DATE OF START :
TEST TİPİ : TYPE OF TEST :	ÇEYREK DÖNÜŞ TEST	
TEST ŞARTNAMESİ : TEST REQUIREMENTS :	T-8.5.1-01 - T-8.5.1-88	
SONUÇLAR : RESULTS :	UYGUN 20.0000 ADIM SONUNDA KİLİT ÇALIŞMASINDA PROBLEM GÖRÜLMEDİ.	

Şekil 5.48 Laboratuvar test raporu

Harici bir ticari laboratuvar kullanıldığında, kuruluş test sonuçlarını laboratuvar antetli kağıdına veya normal laboratuvar raporu formatında sunmalıdır. Testleri yapan laboratuvarın adı, testlerin tarihleri ve testleri yapmak için kullanılan standartlar belirtilmelidir [34].

5.7.12 Kontrol ekipmanları

Müşteri tarafından talep edilmesi halinde, kuruluş PPAP sunumu ile herhangi bir parçaya özel montaj veya bileşen içi kontrol ekipmanı sunmalıdır [34].

Kuruluş, kontrol ekipmanlarının tüm yönlerinin parça boyutsal gerekliliklere uygun olduğunu onaylamalıdır. Kuruluş ayrıca, teslim anında kontrol ekipmanlarına dahil edilmiş olan tüm mühendislik tasarım değişikliklerini belgelemelidir. Buna ek olarak, parçanın ömrü boyunca herhangi bir kontrol ekipmanının koruyucu bakımını sağlamalıdır [34].

İşletmenin sağladığı kontrol ekipmanı Şekil 5.49'da gösterilmektedir.

5.7.13 PPAP Sunum Garantisi (Part Submission Warrant, PSW)

Tüm PPAP gerekliliklerini yerine getirdikten sonra, kuruluş, Parça Sunum Garantisi'ni (PSW) tamamlar [34].

Yetkili müşteri temsilcisi tarafından aksi kararlaştırılmadıkça, her müşteri parça numarası için ayrı bir PSW tamamlanmalıdır [34].

İmalat parçaları birden fazla kalıp, takım, kalıp veya imalat prosesi ile üretilecekse, organizasyon her bir parçanın boyutsal bir değerlendirmesini yapmalıdır. Spesifik kalıplar vb. daha sonra bir PSW üzerindeki "Kalıp/ İmalat Süreci" bölümünde veya bir PSW ekinde tanımlanmalıdır [34].

Kuruluş, tüm ölçüm ve test sonuçlarının müşteri gereksinimlerine uygun olduğunu ve gerekli tüm belgelerin mevcut olduğunu ve Seviye 2, 3 ve 4 için gönderime uygun şekilde dahil edildiğini doğrulamalıdır. Kuruluşun sorumlu bir yetkilisi PSW'yi onaylamalı ve iletişim bilgilerini sağlamalıdır [34].

Müşteri parça numarası başına bir garanti, değişikliklerin yeterince belgelenmesi ve gönderimin müşteri programı zamanlama gerekliliklerine uygun olması koşuluyla birçok değişikliği özetlemek için kullanılabilir [34].

Kuruluş; müşteri tarafından aksi belirtilmedikçe, parçanın parça ağırlığını kilogram cinsinden dört ondalık basamak haline (0.0000) PSW'ye kaydedecektir. Ağırlık, nakliye koruyucularını, montaj yardımcılarını veya ambalaj malzemelerini içermemelidir. Parça ağırlığını belirlemek için kuruluş; rastgele seçilen on parçayı tek tek tartmalı, ortalama ağırlığı hesaplamalı ve rapor etmelidir [34].

Bu ağırlık yalnızca araç ağırlığı analizi için kullanılır ve onay sürecini etkilemez. En az on parça için üretim veya hizmet gereksinimi yoksa, kuruluş ortalama parça ağırlığının hesaplanması için gerekli sayıyı kullanmalıdır [34].

Hazırlanan PSW, Şekil 5.50'de gösterilmektedir.

(PSW) Part Submission Warrant-			
			F-8.3.4.4-01 Rev00 28.10.2019
Part Name	060 Quarter Turn - Spring Loaded	Part Number	
Shown on Drawing Number	060402830	Supplier Part Number	060402830
Engineering Revision Level	1	Dated	06.09.19
Safety and/or Government Regulation	☐ Yes ☒ No	Purchase Order No.	
ORGANIZATION MANUFACTURING INFORMATION		CUSTOMER SUBMITTAL INFORMATION	
Organization Name & Supplier/Vendor Code _____		Customer Name/Division _____	
Street Address _____		Buyer/Buyer Code satin alma kodu	
City	Region	Postal Code	Country
MATERIALS REPORTING			
Has customer-required Substances of Concern information been reported ?			
☐ Yes ☐ No ☒ n/a			
REASON FOR SUBMISSION (Check at least one)			
☒ Initial submission	☐ Change to Optional Construction or Material		
☐ Engineering Change(s)	☐ Sub-Supplier or Material Source Change		
☐ Tooling: Transfer, Replacement, Refurbishment, or additional	☐ Change in Part Processing		
☐ Correction of Discrepancy	☐ Parts produced at Additional Location		
☐ Production Break > 1 year	☐ Other - please specify		
REQUESTED SUBMISSION LEVEL (Check one)			
☒ Level 1 - Part Submission Warrant (PSW) only submitted to the customer			
☐ Level 2 - PSW with product samples and limited supporting data			
☐ Level 3 - PSW with product samples and complete supporting data			
☐ Level 4 PSW and other requirements as defined by the customer			
☐ Level 5 PSW with product samples and complete supporting data available for review at the supplier's manufacturing location			
Is each Customer Tool properly tagged and numbered? ☐ Yes ☐ No ☒ n/a			
Declaration:			
I have noted on this part submission warrant any deviation from the associated design record and/or any areas of non-compliance to the customer requirements. If Yes, Explain _____			
Organization Authorized Signature _____		Date 26.09.19	
Print Name e.d.	Phone No. _____	Fax No. _____	
Title Process Quality Manager	E-mail _____		
FOR CUSTOMER USE ONLY (Level 4 PPAP's do not require signed PSW)			
PPAP Warrant Disposition: ☐ Approved ☐ Rejected ☐ Other _____			
Customer Signature _____		Date _____	
Print Name _____	Customer Tracking Number (optional) _____		

Şekil 5.50 Parça sunum garantisi(PSW)

6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; ülkemiz otomotiv endüstrisine tedarikçi konumunda olan bir firmada, IATF 16949:2016 kalite yönetim sisteminin üreticilere uygulanmasını önerdiği kalite tekniklerinden olan; Ölçüm Sistemleri Analizi(MSA), İstatistiksel Proses Kontrol(SPC), Hata Türü ve Etkileri Analizi(FMEA), İleri Ürün Kalite Planlaması(APQP) ve Üretim Parçası Onay Prosesi(PPAP) uygulanmıştır. Özellikle işletmenin metrolojik faaliyetlerine odaklanılmış ve MSA çalışmalarına daha fazla yer verilmiştir.

Elde edilen verilerin ilgili kalite iyileştirme tekniklerinde işlenmesi için yapılan çalışmalar ve gözlemler sonucunda; uygulanan kalite tekniklerinin imalat performanslarında artış sağlayacak sonuçlar doğurduğu, hataların oluşmadan önlenmesine yardımcı nitelikte olduğu ve böylece kalite ve verimlilik artışları sağlayabileceği görülmüştür. Bu kazançların başlıca sebepleri olarak; uygulanan kalite teknikleri sayesinde proseslerin daha iyi gözlemlenip üzerlerinde daha iyi kontrol sağlanabilmesi, işletmenin müşterisi ile daha iyi iletişim kurup karşılıklı anlaşılmanın artması ve işletmenin kullandığı ölçme sistemlerini bilimsel yöntemler sayesinde daha iyi analiz ederek ölçme sistemlerindeki sorunları net bir biçimde tespit edebilmesi görülmüştür.

İşletmelerin; IATF 16949:2016 sertifikasyon denetimlerinden başarı ile geçebilmesinin en büyük ayaklarından biri, bu çalışmada yer alan kalite tekniklerinin doğru olarak uygulanabilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasıdır.

- [1] S. Moica, E. Rădulescu, “Statistical controls have a significant influence on non quality costs. cases study in a company those manufacturing aluminum castings components,” *Procedia Technology*, vol. 12, pp. 489–493, 2014.
- [2] C. G. Lixandru, “Supplier quality management for component introduction in the automotive industry,” *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 221, pp. 423–432, 2016.
- [3] A. A. S. B. S. Oliveira, M. B. da Silva, R. D. Calado, “Applying business diagnostic method in companies certified by the quality management system iso ts 16949,” *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 46, no. 24, pp. 235–240, 2013.
- [4] B. Başaran, “The effect of iso quality management system standards on industrial property rights in turkey,” *World Patent Information*, vol. 45, pp. 33–46, 2016.
- [5] C. T. Albulescu, A. Drăghici, G. M. Fistiş, A. Truşculescu, “Does iso 9001 quality certification influence labor productivity in eu-27?” *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 221, pp. 278–286, 2016.
- [6] M. S. İlkay, E. Aslan, “The effect of the iso 9001 quality management system on the performance of smes,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2012.
- [7] N. Durakbasa, J. Bauer, G. Bas, L. Kräuter, “Novel trends in the development of automation and robotics in metrology for production in the future,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 29, pp. 6–11, 2016.
- [8] E. Çağlayan, “Iso 16949 kalite yönetim sisteminin otomotiv sektöründeki yeri,” Master’s thesis, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 2017.
- [9] G. Türk, “İstatistiksel bakış açısıyla otomotiv sektöründe ıatf 16949: 2016 standardının kurulumu, yönetimi ve kalitenin iyileştirilmesi,” Master’s thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi, 2019.
- [10] S. Tuğrul, “Otomotiv sanayine kablo üreten bir işletmede ileri ürün kalite planlaması (iükp) uygulaması,” PhD thesis, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [11] N. Yiğit, N. Özçakar, “Altı sigma metodolojisi ve otomotiv yansanayisinde uygulaması,”
- [12] I. A. Memon, Q. B. Jamali, A. S. Jamali, M. K. Abbasi, N. A. Jamali, Z. H. Jamali, “Defect reduction with the use of seven quality control tools for productivity improvement at an automobile company,” *Engineering, Technology and Applied Science Research*, vol. 9, no. 2, pp. 4044–4047, 2019.

- [13] TSE, *Iso 9000:2007 kalite yönetim sistemleri - temel esaslar, terimler ve tarifler*, 2007.
- [14] S. ISO, “9000: 2015, quality management systems,” *Fundamentals and vocabulary (ISO 9000: 2015)*, European Committee for Standardization, Brussels, 2018.
- [15] C. Batmaz, “Iso/ts 16949 otomotivde kalite yönetim sisteminin toplam kalite yönetimi açısından irdelenmesi ve talaşlı imalat sanayisinde bir araştırma,” 2010.
- [16] G. Bas, N. Durakbasa, I. Mankova, M. Vrabel, “An innovative approach of metrology for high precision and quality machining tool assessment in the integrated production engineering,” *Annals of DAAAM & Proceedings*, vol. 26, no. 1, 2015.
- [17] H. Şimşek, “Toplam kalite yönetimi: Kuram,” *İlkeler, Uygulamalar, Seçkin Kitabevi*, Ankara, 2009.
- [18] N. Sarp, “Toplam kalite yönetimi uygulamaları,” *DesenOfset*, Ankara, 2014.
- [19] M. Ersoy, A. Ersoy, “Kalite yönetimi, toplam kalite yönetimi ve kalite denetimi (2. baskı),” *Ankara: İmaj Yayınevi*, 2015.
- [20] N. Peşkircioğlu, *Kalite yönetiminde ISO 9000 uygulamaları*. MPM Yayınları, 1997.
- [21] M. Halis, *Toplam kalite yönetimi & ISO-9000 kalite yönetim sistemleri*. Seçkin, 2013.
- [22] R. Parkin, R. Wilk, E. Hirsh, A. Singh, “Automotive industry trends: The future depends on improving returns on capital,” PwC, 2017.
- [23] D. Mohr, N. Müller, A. Krieg, P. Gao, H.-W. Kaas, A. Krieger, R. Hensley, “The road to 2020 and beyond: What’s driving the global automotive industry,” *McKinsey&-Company (Pub.)*, *Automotive & Assembly–Latest thinking*, available online at http://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/client_service/Automotive%20and%20Assembly/PDFs/McK_The_road_to_2020_and_beyond.ashx, accessed, vol. 28, no. 3, p. 2014, 2013.
- [24] S. Pişkin, *Otomotiv sektör raporu, türkiye otomotiv sanayi rekabet gücü ve talep dinamikleri perspektifinde 2020 iç pazar beklentileri, ocak 2017, tsbk, ekonomik araştırmalar*, 2017.
- [25] H. Czichos, T. Saito, L. E. Smith, *Springer handbook of metrology and testing*. Springer Science & Business Media, 2011.
- [26] T. P. Ruswanto, D. S. Saroso, “Gap analysis study on the compliance of automotive standard iatf 16949 based on internal quality audit score in automotive industry,” *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, vol. 5, no. 4, pp. 271–285, 2018.
- [27] A. Akdoğan, “Introductory chapter: Metrology,” in *Metrology*, IntechOpen, 2018.
- [28] U. TÜBİTAK, “Metroloji,” *Promat Basım Yayın San. ve Tic*, 2013.
- [29] A. AKDOĞAN, A. S. VANLI, “Yüzey pürüzlülüğü ölçme işleminde ölçme belirsizliği hesapları ve belirsizlik bütçesi tablosu,” *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 34, no. 2, pp. 249–254,

- [30] A. N. Akdoğan, *Kalıp yüzeylerinin ve proses sırasındaki değişimlerinin geometrik mamul şartları temelinde incelenmesi ve modellenmesi*. 2006. [Online]. Available: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat04422a&AN=ytu.0023634&lang=tr&site=eds-live>.
- [31] PwC-Türkiye, *Köklü değişikliklerin eşiğinde: Türkiye otomotiv tedarikçileri endüstrisi*, 2020.
- [32] A. AIAG, *Advanced product quality planning & control plan (apqp)*, 2008.
- [33] H. E. İkiz, A. Ö. Keskin, E. Doğu, “Otomotiv sektörü müşteri özel şartlarının apqp süreci adımlarına geçimini üzerine bir çalışma,” 2008.
- [34] F. Chrysler, G. Motors, *Production part approval process (ppap)*, 2006.
- [35] M. Workgroup, *Msa manual*, 2010.
- [36] F. Mode, “Effects analysis fmea handbook (with robustness linkages) v4. 2,” *Ford Motor Company*, 2011.
- [37] Ç. Sofyaloğlu, “Süreç hata modu etki analizini gri değerlendirme modeli,” *Ege Akademik Bakış*, vol. 11, no. 1, pp. 155–164, 2011.
- [38] R. Renu, D. Visotsky, S. Knackstedt, G. Mocko, J. D. Summers, J. Schulte, “A knowledge based fmea to support identification and management of vehicle flexible component issues,” *Procedia CIRP*, vol. 44, pp. 157–162, 2016.
- [39] I. Mzougui, Z. El Felsoufi, “Proposition of a modified fmea to improve reliability of product,” *Procedia CIRP*, vol. 84, pp. 1003–1009, 2019.
- [40] TÜİK, *İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi - 11*. Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, 2011.
- [41] E. Işığçok, *Toplam kalite yönetimi bakış açısıyla istatistiksel kalite kontrol*. Ezgi Kitabevi Yayınları, 2005.
- [42] M. E. Johnson, “International statistical standards: A guide for the uninitiated,”
- [43] R. Refflinghaus, M. Roth, J. Witte, “Machine capability analysis in the body shop environment,” 2016.
- [44] İ. Kaya, “Altı sigma yaklaşımında bulanık süreç yeterliliği analizleri,” PhD thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [45] I. TC69, *Sc4-applications of statistical methods in process management: Iso 22514-3: 2008-statistical methods in process management-capability and performance-part 3: Machine performance studies for measured data on discrete parts. published standard*, 2011.
- [46] S. F. Beckert, E. P. Paladini, L. Valentina, “Analysis of the acceptable deviation for the measurement process established by the msa and the vda manuals,” in *Proceedings of the World Congress on Engineering*, vol. 3, 2010.
- [47] B. Pandiripalli, “Repeatability and reproducibility studies: A comparison of techniques,” PhD thesis, Wichita State University, 2010.
- [48] A. İlerler, “Dijital radyografide ölçüm sistemleri analizi,” PhD thesis, Enerji Enstitüsü, 2015.
- [49] B. Singpai, S. Bodin, “Measurement system analysis for quality improvement using gage r&r study at company xyz,” 2009.

- [50] P. C. Hammett, "Changing automotive body measurement system paradigms with 3d non-contact measurement systems," Tech. Rep., 2003.
- [51] Ö. Acar, "Niteliksel ölçüm sistemleri analizi ve bir uygulama," Master's thesis, Uludağ Üniversitesi, 2012.
- [52] S. Kılıç, "Kappa testi.," *Journal of Mood Disorders*, vol. 5, no. 3, 2015.
- [53] S. F. Beckert, W. S. Paim, "Critical analysis of the acceptance criteria used in measurement systems evaluation," *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, vol. 8, p. 23, 2017.
- [54] M. Down, T. Kerkstra, P. Cvetkovski, D. Benham, "Statistical process control (spc) reference manual," *AIAG Southfield, MI*, 2005.

A
 d_2^* TABLOSU

		Subgroup Size (m)																		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Number of Subgroups (g)	1	1.0 1.41421	2.0 1.91155	2.9 2.23887	3.8 2.48124	4.7 2.67253	5.5 2.82981	6.3 2.96288	7.0 3.07794	7.7 3.17905	8.3 3.26909	9.0 3.35016	9.6 3.42378	10.2 3.49116	10.8 3.55333	11.3 3.61071	11.9 3.66422	12.4 3.71424	12.9 3.76118	13.4 3.80537
	2	1.9 1.27931	3.8 1.80538	5.7 2.15069	7.5 2.40484	9.2 2.60438	10.8 2.76779	12.3 2.90562	13.8 3.02446	15.1 3.12869	16.5 3.22134	17.8 3.30463	19.0 3.38017	20.2 3.44922	21.3 3.51287	22.4 3.57156	23.5 3.62625	24.5 3.67734	25.5 3.72524	26.5 3.77032
	3	2.8 1.23105	5.7 1.76858	8.4 2.12049	11.1 2.37883	13.6 2.58127	16.0 2.74681	18.3 2.88628	20.5 3.00643	22.6 3.11173	24.6 3.20526	26.5 3.28931	28.4 3.36550	30.1 3.43512	31.9 3.49927	33.5 3.55842	35.1 3.61351	36.7 3.66495	38.2 3.71319	39.7 3.75857
	4	3.7 1.20621	7.5 1.74989	11.2 2.10522	14.7 2.36571	18.1 2.56964	21.3 2.73626	24.4 2.87656	27.3 2.99737	30.1 3.10321	32.7 3.19720	35.3 3.28163	37.7 3.35815	40.1 3.42805	42.4 3.49246	44.6 3.55183	46.7 3.60712	48.8 3.65875	50.8 3.70715	52.8 3.75268
	5	4.6 1.19105	9.3 1.73857	13.9 2.09601	18.4 2.35781	22.6 2.56263	26.6 2.72991	30.4 2.87071	34.0 2.99192	37.5 3.09808	40.8 3.19235	44.0 3.27701	47.1 3.35372	50.1 3.42381	52.9 3.48836	55.7 3.54787	58.4 3.60328	61.0 3.65502	63.5 3.70352	65.9 3.74914
	6	5.5 1.18083	11.1 1.73099	16.7 2.08985	22.0 2.35253	27.0 2.55795	31.8 2.72567	36.4 2.86680	40.8 2.98829	45.0 3.09467	49.0 3.18911	52.8 3.27392	56.5 3.35077	60.1 3.42097	63.5 3.48563	66.8 3.54522	70.0 3.60072	73.1 3.65253	76.1 3.70109	79.1 3.74678
	7	6.4 1.17348	12.9 1.72555	19.4 2.08543	25.6 2.34875	31.5 2.55460	37.1 2.72263	42.5 2.86401	47.6 2.98568	52.4 3.09222	57.1 3.18679	61.6 3.27172	65.9 3.34866	70.0 3.41894	74.0 3.48368	77.9 3.54333	81.6 3.59888	85.3 3.65075	88.8 3.69936	92.2 3.74509
	8	7.2 1.16794	14.8 1.72147	22.1 2.08212	29.2 2.34591	36.0 2.55208	42.4 2.72036	48.5 2.86192	54.3 2.98373	59.9 3.09039	65.2 3.18506	70.3 3.27006	75.2 3.34708	80.0 3.41742	84.6 3.48221	89.0 3.54192	93.3 3.59751	97.4 3.64941	101.4 3.69806	105.3 3.74382
	9	8.1 1.16361	16.6 1.71828	24.9 2.07953	32.9 2.34370	40.4 2.55013	47.7 2.71858	54.5 2.86028	61.1 2.98221	67.3 3.08896	73.3 3.18370	79.1 3.26878	84.6 3.34585	90.0 3.41624	95.1 3.48107	100.1 3.54081	104.9 3.59644	109.5 3.64838	114.1 3.69705	118.5 3.74284
	10	9.0 1.16014	18.4 1.71573	27.6 2.07746	36.5 2.34192	44.9 2.54856	52.9 2.71717	60.6 2.85898	67.8 2.98100	74.8 3.08781	81.5 3.18262	87.9 3.26775	94.0 3.34486	99.9 3.41529	105.6 3.48016	111.2 3.53993	116.5 3.59559	121.7 3.64755	126.7 3.69625	131.6 3.74205
	11	9.9 1.15729	20.2 1.71363	30.4 2.07577	40.1 2.34048	49.4 2.54728	58.2 2.71600	66.6 2.85791	74.6 2.98000	82.2 3.08688	89.6 3.18174	96.6 3.26690	103.4 3.34406	109.9 3.41452	116.2 3.47941	122.3 3.53921	128.1 3.59489	133.8 3.64687	139.4 3.69558	144.7 3.74141
	12	10.7 1.15490	22.0 1.71189	33.1 2.07436	43.7 2.33927	53.8 2.54621	63.5 2.71504	72.6 2.85702	81.3 2.97917	89.7 3.08610	97.7 3.18100	105.4 3.26620	112.7 3.34339	119.9 3.41387	126.7 3.47879	133.3 3.53861	139.8 3.59430	146.0 3.64630	152.0 3.69503	157.9 3.74087
	13	11.6 1.15289	23.8 1.71041	35.8 2.07316	47.3 2.33824	58.3 2.54530	68.7 2.71422	78.6 2.85627	88.1 2.97847	97.1 3.08544	105.8 3.18037	114.1 3.26561	122.1 3.34282	129.8 3.41333	137.3 3.47826	144.4 3.53810	151.4 3.59381	158.1 3.64582	164.7 3.69457	171.0 3.74041
	14	12.5 1.15115	25.7 1.70914	38.6 2.07213	51.0 2.33737	62.8 2.54452	74.0 2.71351	84.7 2.85562	94.9 2.97787	104.6 3.08487	113.9 3.17984	122.9 3.26510	131.5 3.34233	139.8 3.41286	147.8 3.47781	155.5 3.53766	163.0 3.59339	170.3 3.64541	177.3 3.69417	184.2 3.74002
	15	13.4 1.14965	27.5 1.70804	41.3 2.07125	54.6 2.33661	67.2 2.54385	79.3 2.71290	90.7 2.85506	101.6 2.97735	112.1 3.08438	122.1 3.17938	131.7 3.26465	140.9 3.34191	149.8 3.41245	158.3 3.47742	166.6 3.53728	174.6 3.59302	182.4 3.64505	190.0 3.69382	197.3 3.73969
	16	14.3 1.14833	29.3 1.70708	44.1 2.07047	58.2 2.33594	71.7 2.54326	84.5 2.71237	96.7 2.85457	108.4 2.97689	119.5 3.08395	130.2 3.17897	140.4 3.26427	150.2 3.34154	159.7 3.41210	168.9 3.47707	177.7 3.53695	186.3 3.59270	194.6 3.64474	202.6 3.69351	210.4 3.73939
	17	15.1 1.14717	31.1 1.70623	46.8 2.06978	61.8 2.33535	76.2 2.54274	89.8 2.71190	102.8 2.85413	115.1 2.97649	127.0 3.08358	138.3 3.17861	149.2 3.26393	159.6 3.34121	169.7 3.41178	179.4 3.47677	188.8 3.53666	197.9 3.59242	206.7 3.64447	215.2 3.69325	223.6 3.73913
	18	16.0 1.14613	32.9 1.70547	49.5 2.06917	65.5 2.33483	80.6 2.54228	95.1 2.71148	108.8 2.85375	121.9 2.97613	134.4 3.08324	146.4 3.17829	157.9 3.26362	169.0 3.34092	179.7 3.41150	190.0 3.47650	199.9 3.53640	209.5 3.59216	218.8 3.64422	227.9 3.69301	236.7 3.73890
	19	16.9 1.14520	34.7 1.70480	52.3 2.06862	69.1 2.33436	85.1 2.54187	100.3 2.71111	114.8 2.85341	128.7 2.97581	141.9 3.08294	154.5 3.17801	166.7 3.26335	178.4 3.34066	189.6 3.41125	200.5 3.47626	211.0 3.53617	221.1 3.59194	231.0 3.64400	240.5 3.69280	249.8 3.73869
	20	17.8 1.14437	36.5 1.70419	55.0 2.06813	72.7 2.33394	89.6 2.54149	105.6 2.71077	120.9 2.85310	135.4 2.97552	149.3 3.08267	162.7 3.17775	175.5 3.26311	187.8 3.34042	199.6 3.41103	211.0 3.47605	222.1 3.53596	232.8 3.59174	243.1 3.64380	253.2 3.69260	263.0 3.73850
d_2		1.12838	1.69257	2.05875	2.32593	2.53441	2.70436	2.8472	2.97003	3.07751	3.17287	3.25846	3.33598	3.40676	3.47193	3.53198	3.58788	3.64006	3.68896	3.735
cd		0.876	1.815	2.7378	3.623	4.4658	5.2673	6.0305	6.7582	7.4539	8.1207	8.7602	9.3751	9.9679	10.5396	11.0913	11.6259	12.144	12.6468	13.1362

Şekil A.1 d_2^* tablosu

B

KONTROL KARTLARI için SABİTLER ve FORMÜLLER

TABLOSU

Subgroup Size	$\bar{X}$ and R Charts				$\bar{X}$ and s Charts			
	Chart for Averages	Chart for Ranges (R)			Chart for Averages	Chart for Ranges (R)		
	Control Limits Factor	Divisors to Estimate σ_X	Factors for Control Limits		Control Limits Factor	Divisors to Estimate σ_X	Factors for Control Limits	
	A_2	d_2	D_3	D_4	A_3	c_4	B_3	B_4
2	1.880	1.128	—	3.267	2.659	0.7979	—	3.267
3	1.023	1.693	—	2.574	1.954	0.8862	—	2.568
4	0.729	2.059	—	2.282	1.628	0.9213	—	2.266
5	0.577	2.326	—	2.114	1.427	0.9400	—	2.089
6	0.483	2.534	—	2.004	1.287	0.9515	0.030	1.970
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.9594	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.9650	0.185	1.815
9	0.337	2.970	0.184	1.816	1.032	0.9693	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.9727	0.284	1.716
11	0.285	3.173	0.256	1.744	0.927	0.9754	0.321	1.679
12	0.266	3.258	0.283	1.717	0.886	0.9776	0.354	1.646
13	0.249	3.336	0.307	1.693	0.850	0.9794	0.382	1.618
14	0.235	3.407	0.328	1.672	0.817	0.9810	0.406	1.594
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.9823	0.428	1.572
16	0.212	3.532	0.363	1.637	0.763	0.9835	0.448	1.552
17	0.203	3.588	0.378	1.622	0.739	0.9845	0.466	1.534
18	0.194	3.640	0.391	1.608	0.718	0.9854	0.482	1.518
19	0.187	3.689	0.403	1.597	0.698	0.9862	0.497	1.503
20	0.180	3.735	0.415	1.585	0.680	0.9869	0.510	1.490
21	0.173	3.778	0.425	1.575	0.663	0.9876	0.523	1.477
22	0.167	3.819	0.434	1.566	0.647	0.9882	0.534	1.466
23	0.162	3.858	0.443	1.557	0.633	0.9887	0.545	1.455
24	0.157	3.895	0.451	1.548	0.619	0.9892	0.555	1.445
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.606	0.9896	0.565	1.435

	Centerline	Control Limits	
$\bar{X}$ and R Charts	$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$
	$CL_R = \bar{R}$	$UCL_R = D_4 \bar{R}$	$LCL_R = D_3 \bar{R}$
$\bar{X}$ and s Charts	$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$
	$CL_s = \bar{s}$	$UCL_s = B_4 \bar{S}$	$LCL_s = B_3 \bar{S}$

Şekil B.1 Kontrol kartları için sabitler ve formüller tablosu [54]

C

AIAG MSA EL KİTABINDAKİ GRR TASLAKLARI

Gage Repeatability and Reproducibility Data Collection Sheet											
Appraiser /Trial #	PART										AVERAGE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A 1											
2											
3											
Average											$\bar{X}_a =$
Range											$\bar{R}_a =$
B 1											
2											
3											
Average											$\bar{X}_b =$
Range											$\bar{R}_b =$
C 1											
2											
3											
Average											$\bar{X}_c =$
Range											$\bar{R}_c =$
Part Average											$\bar{\bar{X}} =$ $\bar{R}_p =$
$([\bar{R}_a =] + [\bar{R}_b =] + [\bar{R}_c =]) / [\# \text{ OF APPRAISERS} =] =$											$\bar{\bar{R}} =$
$\bar{X}_{\text{max}} = [\text{Max } \bar{X} =] - [\text{Min } \bar{X} =] =$											$\bar{X}_{\text{DIFF}} =$
$*UCL_R = \bar{\bar{R}} =] \times [D_4 =] =$											
$*D_4 = 3.27$ for 2 trials and 2.58 for 3 trials. UCL_R represents the limit of individual R's. Circle those that are beyond this limit. Identify the cause and correct. Repeat these readings using the same appraiser and unit as originally used or discard values and re-average and recompute $\bar{\bar{R}}$ and the limiting value from the remaining observations.											
Notes: _____											

Şekil C.1 GRR veri listesi [35]

Gage Repeatability and Reproducibility Report												
Part No. & Name: Characteristics: Specifications:	Gage Name: Gage No: Gage Type:	Date: Performed by:										
From data sheet: $\bar{\bar{R}} =$	$\bar{\bar{X}}_{DIFF} =$	$R_p =$										
Measurement Unit Analysis			% Total Variation (TV)									
Repeatability – Equipment Variation (EV) $EV = \bar{\bar{R}} \times K_1$ $= \underline{\hspace{1cm}} \times \underline{\hspace{1cm}}$ $= \underline{\hspace{1cm}}$			<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">Trials</th> <th style="padding: 2px;">K_1</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">2</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.8862</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.5908</td> </tr> </table>	Trials	K_1	2	0.8862	3	0.5908	$\%EV = 100 [EV/TV]$ $= 100 [\underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}}]$ $= \underline{\hspace{1cm}} \%$		
Trials	K_1											
2	0.8862											
3	0.5908											
Reproducibility – Appraiser Variation (AV) $AV = \sqrt{(\bar{\bar{X}}_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / (nr))}$ $= \sqrt{(\underline{\hspace{1cm}} \times \underline{\hspace{1cm}})^2 - (\underline{\hspace{1cm}}^2 / (\underline{\hspace{1cm}} \times \underline{\hspace{1cm}}))}$ $= \underline{\hspace{1cm}}$ $n = \text{parts}$ $r = \text{trials}$			<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">Appraisers</th> <th style="padding: 2px;">2</th> <th style="padding: 2px;">3</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">K_2</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.7071</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.5231</td> </tr> </table>	Appraisers	2	3	K_2	0.7071	0.5231	$\%AV = 100 [AV/TV]$ $= 100 [\underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}}]$ $= \underline{\hspace{1cm}} \%$		
Appraisers	2	3										
K_2	0.7071	0.5231										
Repeatability & Reproducibility (GRR) $GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $= \sqrt{(\underline{\hspace{1cm}}^2 + \underline{\hspace{1cm}}^2)}$ $= \underline{\hspace{1cm}}$			<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">Parts</th> <th style="padding: 2px;">K_3</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">2</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.7071</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.5231</td> </tr> </table>	Parts	K_3	2	0.7071	3	0.5231	$\%GRR = 100 [GRR/TV]$ $= 100 [\underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}}]$ $= \underline{\hspace{1cm}} \%$		
Parts	K_3											
2	0.7071											
3	0.5231											
Part Variation (PV) $PV = R_p \times K_3$ $= \underline{\hspace{1cm}} \times \underline{\hspace{1cm}}$ $= \underline{\hspace{1cm}}$			<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">4</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.4467</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">5</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.4030</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">6</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.3742</td> </tr> </table>	4	0.4467	5	0.4030	6	0.3742	$\%PV = 100 [PV/TV]$ $= 100 [\underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}}]$ $= \underline{\hspace{1cm}} \%$		
4	0.4467											
5	0.4030											
6	0.3742											
Total Variation (TV) $TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$ $= \sqrt{(\underline{\hspace{1cm}}^2 + \underline{\hspace{1cm}}^2)}$ $= \underline{\hspace{1cm}}$			<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">7</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.3534</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">8</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.3375</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">9</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.3249</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">10</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0.3146</td> </tr> </table>	7	0.3534	8	0.3375	9	0.3249	10	0.3146	$ndc = 1.41 (PV/GRR)$ $= 1.41 (\underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}})$ $= \underline{\hspace{1cm}}$
7	0.3534											
8	0.3375											
9	0.3249											
10	0.3146											
For information on the theory and constants used in the form see <i>MSA Reference Manual</i> , Fourth edition.												

Şekil C.2 GRR raporu [35]

D

NİTELİKSEL ÇALIŞMA VERİ SETİ

Part	A - 1	A - 2	A - 3	B - 1	B - 2	B - 3	C - 1	C - 2	C - 3	Reference	Ref Value	Code
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.476901	+
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.509015	+
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.576459	-
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.566152	-
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.570360	-
6	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0.544951	x
7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.465454	x
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.502295	+
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.437817	-
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.515573	+
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.488905	+
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.559918	x
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.542704	+
14	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0.454518	x
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.517377	+
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.531939	+
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.519694	+
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.484167	+
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.520496	+
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.477236	+
21	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0.452310	x
22	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0.545604	x
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.529065	+
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.514192	+
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.599581	-
26	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0.547204	x
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.502436	+
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.521642	+
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.523754	+
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.561457	x
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.503091	+
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.505850	+
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.487613	+
34	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0.449696	x
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.498698	+
36	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0.543077	x
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.409238	-
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.488184	+
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.427687	-
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.501132	+
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.513779	+
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.566575	-
43	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0.462410	x
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.470832	+
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.412453	-
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.493441	+
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.486379	+
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.587893	-
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.483803	+
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.446697	-

Şekil D.1 Niteliksel çalışma veri seti [35]

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgileri: mertaliozcan@gmail.com

Konferans Bildirisi

1. A. Özcan, A. Akdoğan, C. Karakaya, E. Çoban, "İmalat proseslerinde IATF 16949 kalite yönetim sistem standardına uygun araçlarla kalite iyileştirme ve sertifikasyon," Balkan zirvesi 2. uluslararası uygulamalı bilimler kongresi, ISBN: 978-605-06766-2-4, sf 8-15, 2020.