



TARSUS
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

TARSUS ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ
ANALİZİNİN UYGULANMASI

İSMAİL ÇAKMAKÇI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARSUS - 2023

T.C.
TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİNİN
UYGULANMASI

İSMAİL ÇAKMAKÇI

Danışman: Prof. Dr. FUNDA KAHRAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARSUS - 2023

Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma, jüri tarafından Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Funda KAHRAMAN

(Danışman)

Üye: Prof. Dr. Zehra YILDIZ

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Fikri EGE

Yukarıdaki Jüri kararı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../2023 tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylıyorum.
.../.../2023

Prof. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR

Enstitü Müdürü

NOT: Bu tezde kullanılan ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ETİK BEYANI

Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 20 / 06 / 2023

İsmail ÇAKMAKÇI

ÖZET

TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİNİN UYGULANMASI

İSMAİL ÇAKMAKÇI

Yüksek Lisans, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Funda KAHRAMAN

Haziran 2023, 124 sayfa

Müşteri memnuniyetini ve ürün/hizmet kalitesi arttırmayı hedefleyen firmalar, minimum maliyet ile maksimum üretim yapmalıdır. Kaliteli bir ürün elde edebilmesi için kalitenin sürekli iyileştirmeye yönelik çalışmaların yapılması ve oluşan ya da oluşabilecek problemlerin kaynakların tespitinin yapılması oldukça önemlidir. Kalitenin sürekli olarak iyileştirilmesi için yapılan çalışmalarda, HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA) yaygın olarak kullanılan bir metottür. Bu metod aynı zamanda risk seviyelerine göre hataların önceliğe alınıp önlem alınmasını sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında, pompa sektöründe üretim ve imalat yapan firmanın talaşlı imalat bölümündeki veriler ele alınmaktadır. Firmada kaliteyi iyileştirme çalışmaları olarak HTEA metodu uygulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hata, Talaşlı İmalat, Kalite

ABSTRACT

APPLICATION OF FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS IN MACHINING INDUSTRY

İSMAİL ÇAKMAKÇI

Master Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Funda KAHRAMAN

June 2023, 124 pages

Companies aiming to increase customer satisfaction and product/service quality should produce maximum with minimum cost. In order to obtain a quality product, it is very important to carry out studies for continuous improvement of quality and to identify the sources of the problems that occur or may occur. FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) is a widely used method in studies for continuous improvement of quality. This method also ensures that errors are prioritized and measures are taken according to risk levels. In this thesis, the data in the machining department of the company that produces and manufactures in the pump sector are discussed. The FMEA method has been applied as quality improvement studies in the company.

Keywords : Failure, Machining, Quality

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim sürecimde, değerli görüşleri ve tecrübeleri ile eğitim hayatımın olumlu yönde şekillenmesini sağlayan, tez çalışması sürecinin her aşamasında, kıymetli zamanını ayırarak yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Funda KAHRAMAN'a çok teşekkür ederim. Yüksek lisans döneminde görüş ve tecrübeleriyle kendimi geliştirmemi sağlayan ve aynı zamanda tez çalışması jürimde yer alarak yapıcı eleştirileri ve önerileriyle çalışmamı geliştirmemi sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Zehra YILDIZ ve Dr. Öğr. Üyesi Fikri EGE'ye teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	x
GİRİŞ	1

BÖLÜM I

LİTERATÜR TARAMASI

1.1.Literatür Taraması.....	3
-----------------------------	---

BÖLÜM II

TALAŞLI İMALAT

2.1. Talaşlı İmalat Nedir?	6
2.2. Talaşlı İmalat Yöntemleri	8
2.2.1. Tornalama	9
2.2.2. Frezeleme	10
2.2.3. Planyalama ve Vargelleme.....	13
2.2.4. Delme	14
2.2.5. Taşlama	15
2.2.6. Broşlama	18
2.2.7. Honlama	20
2.2.8. Lepleme.....	21

BÖLÜM III

KALİTE

3.1. Kalite Nedir ?.....	23
3.2. Kalitenin Öncüleri.....	25
3.3. Kalitenin Tarihsel Gelişimi.....	26
3.4. Süreç İyileştirmede Kullanılan 7 Temel Kalite Aracı	30
3.4.1. Frekans Dağılımı	31
3.4.2. Histogram	32

3.4.3 Pareto Diyagramı	35
3.4.4. Kılçık Diyagramı.....	36
3.4.5. Serpilme (Dağılım) Diyagramı	37
3.4.6. Kontrol Sayfası.....	39
3.4.7. Gruplandırma (Tabakalaşma).....	41
3.5. Kalite Geliştirmede Kullanılan Diğer Teknikler	42
3.5.1. 5S Tekniği	42
3.5.2. Poke-Yoke.....	44
3.5.3. Kaizen	46
3.5.4. 8D Yaklaşımı	51
3.5.5. Beyin Fırtınası.....	52
3.5.6. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA).....	53
3.5.7. Akış Şeması.....	56
3.5.8. Altı Sigma	58
BÖLÜM IV	
MATERYAL VE METOD	
4.1. Materyal.....	61
4.2. Metod.....	70
BÖLÜM V	
BULGULAR VE TARTIŞMA	
5.1. HTEA Takımı	79
5.2. Prosesin Değerlendirilmesi ve RÖS Değerinin Hesaplanması	80
SONUÇ VE ÖNERİLER	99
KAYNAKÇA.....	103
ÖZGEÇMİŞ	110

KISALTMALAR

CAM: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli İmalat)

CNC: Computer Numerical Control

HTEA: Hata Türü ve Etkileri Analizi

ITT: International Telephone ve Telegraph (Uluslararası Telefon ve Telgraf)

RÖS: Risk Öncelik Sayısı

TKY: Toplam Kalite Yönetimi



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1. Talaşlı İmalat Basitleştirilmiş Blok Şeması	6
Şekil 2. 2. Talaşlı İmalat Blok Şeması.....	7
Şekil 2. 3. Talaşlı İmalat Yöntemleri.....	8
Şekil 2. 4. Tornalama İşleminin Şematik Gösterimi	9
Şekil 2. 5. Örnek Torna Tezgahı.....	10
Şekil 2. 6. Tornalama Yöntemleri	10
Şekil 2. 7. Yatay ve Dikey Freze Tezgahları Gösterimi	11
Şekil 2. 8. Çevresel Frezeleme Örnekleri	11
Şekil 2. 9. Alın Frezeleme Örnekleri.....	12
Şekil 2. 10. Çevresel ve Alın Frezeleme Gösterimi	12
Şekil 2. 11. (a) Vargelleme ve (b) Planyalama İşlemleri.....	13
Şekil 2. 12. (a) Vargel ve (b) Planya Tezgahları	14
Şekil 2. 13. Örnek Delme İşlemi	14
Şekil 2. 14. El Matkapları ve Masa Matkap Tezgahı	15
Şekil 2. 15. Örnek Taşlama Tezgahı.....	16
Şekil 2. 16. Örnek Taşlama İşlemleri	16
Şekil 2. 17. Örnek Yüzey Taşlama Tezgahları	17
Şekil 2. 18. Silindirik Taşlama İşlemleri	18
Şekil 2. 19. Broş Takımı Dış Geometrisi.....	18
Şekil 2. 20. Broşlama Tekniği Kullanılan Ürünler Örneği.....	19
Şekil 2. 21. Dış (a) ve İç (b) Broşlama Örnekleri.....	20
Şekil 2. 22. Örnek Honlama İşlemi	20
Şekil 2. 23. Örnek Honlama Tezgahı ve Bölümleri	21
Şekil 2. 24. Örnek Lepleme İşlemi	21
Şekil 2. 25. Elle Leplemede Kullanılan Takım Örneği	22
Şekil 2. 26. Mekanik Lepleme Tezgahı Örneği.....	22
Şekil 2. 27. Örnek Lepleme Tablaları.....	22
Şekil 3. 1. Kalite Standartları.....	24
Şekil 3. 2. Normal Dağılım Gösterimi.....	33
Şekil 3. 3. Sağa Çarpık Dağılım Gösterimi	33
Şekil 3. 4. Çift Tepeli Dağılım Gösterimi	34

Şekil 3. 5. Plato Dağılım Gösterimi.....	34
Şekil 3. 6. Kenar Tepe Dağılım Gösterimi	34
Şekil 3. 7. Tarak Dağılım Gösterimi.....	35
Şekil 3. 8. Kesik veya Kalp Kesik Dağılım Gösterimi.....	35
Şekil 3. 9. Örnek Pareto Grafiği Gösterimi	36
Şekil 3. 10. Kılçık Diyagram Örneği.....	37
Şekil 3. 11. Dağılım Grafiği Örneği	38
Şekil 3. 12. Kontrol Grafiği Örneği.....	40
Şekil 3. 13. Kontrol Tablosu, Kontrol Dışı Sinyaller Örnek Gösterimi	41
Şekil 3. 14. 5S Uygulama Teknikleri	43
Şekil 3. 15. 5S Kontrol Listesi Örneği.....	44
Şekil 3. 16. Poke-Yoke Gösterimi	45
Şekil 3. 17. Kaizen Gösterimi.....	47
Şekil 3. 18. Deming Döngüsü.....	48
Şekil 3. 19. 8 Disiplin Listesi	51
Şekil 3. 20. Beyin Fırtınası Gösterimi	52
Şekil 3. 21. HTEA Örnek Şablonu	55
Şekil 3. 22. İşletmeye Ait Akış Şeması Örneği	57
Şekil 3. 23. Altı Sigma Gösterimi.....	59
Şekil 3. 24. Altı Sigma Örnek Gösterimi.....	60
Şekil 4. 1. İşletmenin Talaşlı İmalat Bölümü Gösterimi	61
Şekil 4. 2. İşletmede Bulunan Talaşlı İmalat Tezgahlarının Resimleri	61
Şekil 4. 3. Pillay and Wang'ın 5 Adım Metodu Şematiği	70
Şekil 5. 1. Takım Üyeleri ve Kontrol Çalışmaları Örneği.....	80
Şekil 5. 2. GG20 Döküm Malzeme Salyangoz Gövde Resimleri	81
Şekil 5. 3. Salyangoz Parçanın İç Çapının Ölçülmesi	83
Şekil 5. 4. Balans Tezgahı ve Tezgahta Çalışma Gösterimi.....	86
Şekil 5. 5. Tezgah Balans Ayarı Gösterimi	87
Şekil 5. 6. Malzemenin Balans Ayarı Yapılmadan Önceki Hali ve Balans Değeri	88
Şekil 5. 7. Malzemenin Balans Ayarı Yapıldıktan Sonraki Hali ve Mevcut Balans Değeri	88
Şekil 5. 8. Fan Parçası Örnek Gösterimi	88
Şekil 5. 9. Otomatik Şerit Testere Tezgahı.....	93
Şekil 5. 10. Boyu Hatalı Kesimi Yapılan Parça Örneği	94



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. 1. Literatür Araştırması.....	3
Tablo 4. 1. İşletmede Bulunan Makineler.....	62
Tablo 4. 2. Şiddet Derecelendirme Tablosu.....	72
Tablo 4. 3. Olasılık Derecelendirme Tablosu	73
Tablo 4. 4. Saptanabilirlik (Keşfedilebilirlik) Derecelendirme Tablosu.....	74
Tablo 4. 5. RÖS Değeri ve Öncelik Durum Tablosu	75
Tablo 5. 1. Parça İşleme Süreci Hataları ve RÖS Değerler	81
Tablo 5. 2. Parça İşleme Süreci Önleyici Faaliyetler ve Yeni RÖS Değerleri	85
Tablo 5. 3. Balans Alma Süreci Hataları ve RÖS Değerleri.....	89
Tablo 5. 4. Balans Alma Süreci Önleyici Faaliyetler ve Yeni RÖS Değerleri	92
Tablo 5. 5. Kesim Süreci Hataları ve RÖS Değerleri	96
Tablo 5. 6. Parça Kesme Süreci Önleyici Faaliyetler ve Yeni RÖS Değerleri.....	98

GİRİŞ

Günümüzdeki rekabet ortamına ve düzeyine göre, üretim yapan bir firmanın sadece yaptığı üretim sürdürülebilir olması için yeterli değildir. Üretim gerçekleştirilirken verimlilik esasına dayanılarak en kısa süre içerisinde minimum maliyet ve maksimum kalite düzeylerinde üretimi yapılmalı, elde edilen ürünün müşterilerinin beklentisi karşılayacak şekilde olmalıdır.

Teknolojinin ilerlemesi ve CNC tezgahlarının ortaya çıkması ile üretim bilinci artış göstermekte, firmalar daha kısa zaman içerisinde maliyeti daha düşük, kaliteleri ise daha yüksek ürünler ortaya koymaya başlamaktadır. Meydana gelen bu teknolojik gelişmeler, karmaşıklığı ve zorluğu önlemesi adı altında talaşlı imalat sektöründe kendini göstermektedir.

Talaşlı imalat, malzemeye istenilen özellikleri kazandırmak için takım ve güç kullanılarak yapılan, parça üzerinden tabaka halinde malzeme (talaş) kaldırma işlemidir. Tornalama, frezeleme, delik delme, raybalama ve taşlama işlemleri talaşlı imalat yöntemleridir. Talaşlı imalatın avantajları;

- İşlenebilecek malzeme çeşidi boldur
- Tasarımı gerçekleştirilen her türlü şekil ve boyut mümkün
- Bilgisayar programları ile tasarlanan şekiller milimetrik olarak doğru ölçüler ve temiz yüzeylere sahip katı cisimler elde edilebilmektedir
- Diğer imalat yöntemlerine göre ürün kalitesi daha yüksek olabilmektedir

şeklinde sıralanabilmektedir. Dezavantajları ise; koşullar değiştikçe malzeme israfı yaşanmaktadır, maliyeti yüksektir, işlem süresi diğer yöntemlere göre daha uzundur.

İşletmelerin devamlılığını sağlayabilmeleri için hata analizi ile önceden gözlemlenmiş hatalardan tecrübe kazanarak, bir kez daha tekrar etmemesi için sürekli yeni çalışmalar yapılmalıdır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi metodu, meydana gelebilecek hataların oluşmadan, meydana gelmeden önlenbilmesine imkân sağladığı için hata analizinde önemli yere sahiptir. Talaşlı imalat sektöründe ürünün hatalı olarak veya doğru bir şekilde orta çıkmasını etkileyen faktörler hammadde, hatta sevkiyat esnasında oluşan sürtünme bile

olabilmektedir. Bu faktörlerin ve hataların tespiti istatistiksel olarak bir sonuç elde edilmediği takdirde, elde ettiğimiz hata kaynağı güvenilir veya kesin gibi ifade edilememektedir.

Bu araştırmada firmadaki talaşlı imalat bölümünden elde edilen verilerle hata analizi ve iyileştirme çalışmaları yaparak firmaların kalitesinin arttırılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Araştırmanın birinci bölümünde talaşlı imalat sektöründe hata türü ve etkileri analizi üzerine ve bu konuya benzer konular üzerine yapılan araştırmaları inceleyen literatür taraması bulunmaktadır.

İkinci bölümünde, araştırma yapılan sektör olan talaşlı imalat konusu üzerinde durulmaktadır. Talaşlı imalatın tanımı, avantaj-dezavantajları ve yöntemlerinden bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümünde araştırmanın amacı olan kalite kavramından bahsedilmektedir. Bu bölümde kalitenin tanımı, kalite kavramına önemli katkılar sağlayan kalitenin öncüleri, geçmişten günümüze kalitenin gelişimini anlatan tarihçesi, süreç iyileştirme kullanılan kalitenin 7 temel araçları ve bunların neler olduğunun tanımları, kaliteyi geliştirmede kullanılan diğer tekniklerden bahsedilmektedir.

Araştırmanın dördüncü bölümü materyal ve metodlardan bahsedilmektedir. Materyal olarak araştırmanın gerçekleştirildiği firma ve tezgahlar hakkında bilgi verilirken, metod ise araştırma konusu olan hata türü ve etkileri analizi konusunda bilgiler verilmektedir.

Araştırmanın beşinci ve son bölümünde bulgular ve tartişma başlığı altında talaşlı imalat sektöründe hata türü ve etkileri analizi araştırmasına yer verilmektedir. Bu başlık adı altında araştırmanın gerçekleştirildiği olup uygulamalara yer verilmektedir.

BÖLÜM I

LİTERATÜR TARAMASI

1.1.Literatür Taraması

Tarihsel olarak üreticiler, ürün ve proses kalitesini iyileştirmek ve tekrar eden hataları önlemek için farklı yöntemler kullanılmıştır. Aşağıdaki Tablo 1.1'de geçmişten günümüze hata önleme ve hata giderme, imalatta hata giderme veya azaltma ile ilgili araştırmalardan bazıları kronolojik sırayla listelenmekte olup, bazıları tabloda kısaca açıklanmaktadır.

İstatistiksel süreç kontrol teknikleri, HTEA, yalın üretim yaklaşımları, Altı Sigma teknikleri ve deneysel tasarım teknikleri, başarısızlık analizi ve eleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tartışılan çalışmalarda, teknikler tek başına kullanılmadan, birbiriyle entegre edilmektedir.

Talaşlı imalat sektöründe hata türü ve etkileri analizinin uygulanması hakkında bazı benzer çalışmalar Tablo 1.1.'de verilmektedir.

Tablo 1. 1. Literatür Araştırması

Konu	Yazar	Tarih	Amaç	Sonuç
Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık Swara Yönteminin Kullanımı: Otomotiv Sektörü Örneği	Eda Beylihan Sermin Elevli	2023	Bu çalışmada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın kalite ekibi ile seçilen bir ürün kapsamında yapılan HTEA çalışmasında risk faktörlerinin ağırlıklandırılmasında Bulanık SWARA yönteminden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre firmanın kalite ekibine yeni yöntemler entegre edilmiş HTEA çalışması ile, hangi hata nedeni ve türünün öncelikli olarak ele alınması ve çözülmesi gerektiği hakkında bilgilendirme yapılmıştır.	Çalışma kapsamında geleneksel HTEA yönteminin zayıf kalan yanlarına çözüm getirebilmek amacıyla dilsel olarak risk faktörlerine HTEA ekibindeki her bir karar verici tarafından atamalar yapılmıştır. Ardından risk faktörlerine eşit ağırlığın önüne geçilmesi için de kriter ağırlıklandırma çalışmaları kapsamında geliştirilmiş olan Bulanık SWARA yöntemi ile her bir risk faktörüne ağırlıklandırma yapılmıştır
Hata Türü ve Etkileri Analizi (Htea): İmalat Atölyesinde Anlık Hata ve Durum	Ceren Arslan Kazan Halil İbrahim Koruca	2022	Bu çalışma kapsamında, HTEA tekniğinin uygulanması sonucunda kaliteli ürünleri düşük maliyet ile tasarlayıp	HTEA tekniğinin uygulanması sonucunda hatalı ürün üretiminin azalmasına paralel olarak işçilik maliyetlerinde düşüş

İzleme Uygulaması	Buket Karatop		üretmesini, aynı zamanda işlem maliyetlerini de kontrol altına alarak hatalı ürünlerin müşteriye ulaşmadan önce önlenmesi hedeflenmiştir.	sağlanmıştır. Hatalı ürün üretiminden kaynaklı, üretilen ürünlerin tekrar üretilmesi sonucunda katlanılmak zorunda olan kesici uç takım maliyetleri oldukça fazlaydı. Hatalı ürün üretimi azaldıkça kesici uç takım maliyetlerinde de oransal düşüş sağlanmıştır.
CNC ve Freze Tezgahlarında Fine-Kinney ve FMEA Yöntemleriyle Risk Analiz Uygulamaları ve Karşılaştırılması	Muhammed Uçum	2020	Bu çalışmada, İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri, TS OHSAS 18001 İSG yönetim sistemi, risk yönetim prosesi, risk ve risk değerlendirme ile ilgili temel kavramlar ve metodolojiler anlatılmış olup ayrıca Fine-Kinney ve FMEA yöntemleri kullanılarak örnek bir uygulama üzerinde çalışılmış ve bu iki yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır.	Makine-imalat sektöründe sıklıkla kullanılan CNC Torna Tezgâhı, CNC Freze Tezgâhı, Freze Tezgâhı ve Pres Makinelerinde FMEA ve FİNEKİNNEY yöntemleri uygulanmış, uygulama öncesi ve sonrası sonuçları karşılaştırılmıştır. Söz konusu makine ve tezgâhlar için yapılan risk analizinde; öncelikle FMEA yöntemi uygulanarak risk değerlerindeki değişimler incelenmiş, daha sonra FİNE-KİNNEY yöntemi uygulanarak risk değerlerinin artma-azalma durumları incelenmiştir. Bundan hareketle iki yöntemin söz konusu makinelerde uygulanması 117 sonucu ortaya çıkan tüm veriler hangi yöntemin kullanılabilir, uygulanabilir ve güvenilebilir olduğunu göstermiş ve yapılan karşılaştırma ile hangi yöntemin tercih edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.
Iso / Ts 16949 Otomotivde Kalite Yönetim Sisteminin Toplam Kalite Yönetimi Açısından İrdelenmesi ve Talaşlı İmalat Sanayisinde Bir Araştırma	Ece Çağlayan	2017	Otomotiv sanayi ana üreticileri, müşteri taleplerinin ortak bir kalite anlayışı ile değerlendirilmesi, tedarikçilerinden belirli standartlarda ürün alabilmek ve karşı karşıya kaldıkları kayıpları azaltarak verimli süreçler elde edebilmek için ortak bir kalite sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır.	Otomotiv sektöründe yer alan işletmeler ISO/TS 16949 Kalite Yönetim Sistemi ile işletme içerisinde oluşturdukları düzen ve yetkilendirmelerle süreç performanslarını olumlu yönde geliştirmektedir. Müşteri özel istekleri ve şartlarını yerine getirebilen, müşteri memnuniyetini hedefleyen işletmeler, rakiplerine göre daha avantajlı konuma geçmektedir.
Orta Ölçekli Bir İşletmede Üretim Hatalarının Azaltılmasında Kalite Yönetim Sisteminin Uygulanması	Aksoy, A. L.	2006	ISO 9001:2000 kalite yönetim sistemi ile üretim hattında doğabilecek hataları tespit etmek ve iyileşme sağlamak.	Mekanik, ürün tasarımı veya insan hatasından kaynaklanan hasar tespit edildi. Artık hammadde ve üretim kalitesinden ödün vermeden maliyetleri düşürebilir, üretim hatalarını ortadan kaldıracaktır, operasyonları hızlandırabilir ve tüketici taleplerini talep

				ettikleri zamanda karşılanabilmektedir.
Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (Fmea) ve Bir Uygulama	Gamze Aran	2006	Müşterilere sunulacak bir üründe ortaya çıkabilecek hataların henüz gerçekleşmeden ve ürün müşteriye ulaşmadan belirlenmesi ve önlenmesi olan Hata Türü ve Etki Analizi uygulandığı işletmelerde yüksek bir kalite standardı ve yüksek düzeyde müşteri tatmini sağlamaktadır.	Kalitenin özünde yer alan müşteri tatmininin en üst düzeye çıkarılması ve müşterinin gereksinimlerinin eksiksiz karşılanması, müşteriye hatasız ürünlerin sunulmasıyla sağlanabilir
Foundry Quality Control Aspects and Prospects to Reduce ScrapRework and Rejection in Metal Casting Manufacturing Industries	Vijayaram, T.R. Sulaiman, S. Hamouda, A. M. S. Ahmad, M. H. M.	2006	Hurda ürünlerin ve ürünlerin yeniden işlenmesinin azaltılması amaçlanmıştır.	Operatörlerin kaliteli ürünlere dikkat etmeleri ve üretimi kendileri kontrol etmeleri gerektiği sonucuna varıldı.
Process Failure Modes And Effects Analysis (PFMEA): A Structured Approach For Quality Improvement In The Metal Forming Industry	Pantazopoulos, G. Tsinopoulos, G.	2005	Süreç hatalarını tespit etmek ve hata oluşma riskini en aza indirmek.	Şirket içinde üç tür yüksek risk öncelikli hata meydana gelmiştir. Bu hata türlerine karşı önlem alınmış ve kabul edilebilir seviyelere indirilmiştir.

BÖLÜM II

TALAŞLI İMALAT

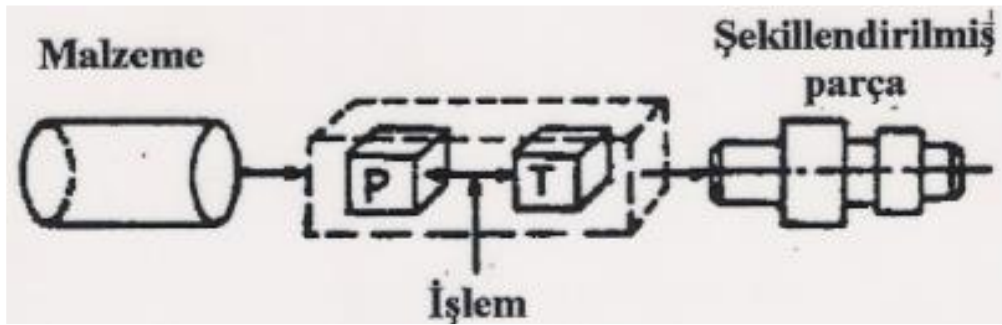
Araştırmanın bu bölümünde, talaşlı imalatın ne olduğu, avantajlarının ve dezavantajlarının neler olduğu, yöntemlerinin tanımlarına değinilmektedir.

2.1. Talaşlı İmalat Nedir?

Mekanik imalat yöntemleri genel olarak talaşlı imalat ve talaşsız imalat olmak üzere 2 grup yaygın olarak kullanılır. “Talaşlı imalat yöntemleri, tornalama, frezeleme, matkapla delme, taşlama olarak genelleştirilebilir. Talaşsız imalat yöntemleri ise genel olarak, döküm, dövme, soğuk/sıcak çekme, ekstrüzyon ve sac metal işleme olarak ayrılabilir” (İmalat Yöntemleri,2022,wikipedia).

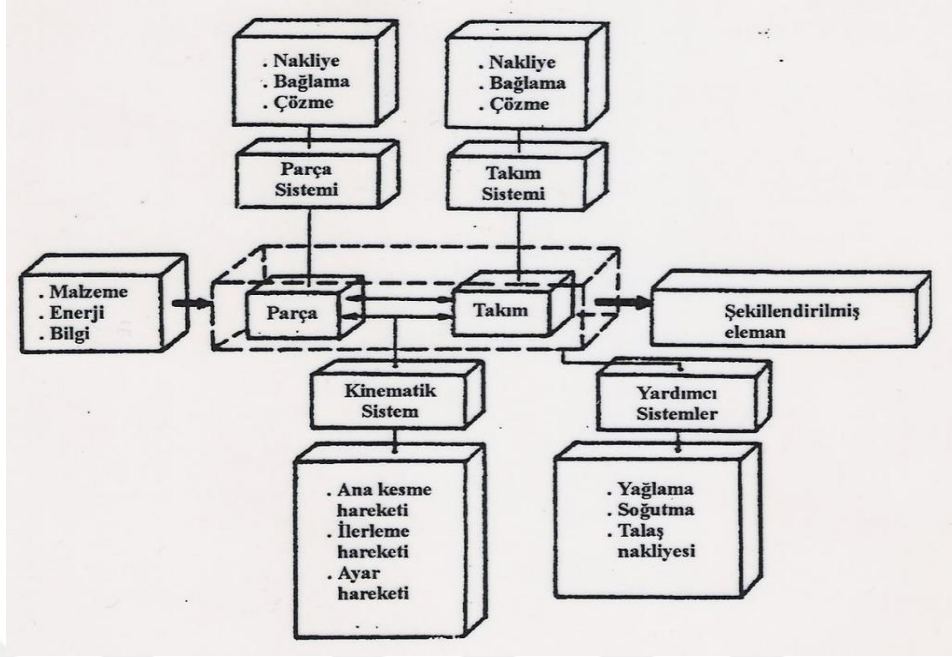
Talaşlı imalat, mevcut hammaddenin tasarımı yapılan parçanın referanslarına göre işlenerek şekillendirilmesidir (Çay,2006). Şekillendirme işlemi, döküm, dövme vb. yollarla elde edilen hammaddeden “istenilen yüzey kalitesi, geometrik ve boyut hassasiyeti elde etmek için” malzemeden talaş kaldırarak gerçekleştirilir (Kahraman vd.,2021). Eksiltmeli imalat olarak da adlandırılabilir.

Talaşlı imalat yöntemi endüstriyel uygulamalarda genellikle metal malzemeler için kullanılmakta olup, bunun yanı sıra plastik, ahşap vb. malzemelerde de kullanılabilir (Kovan vd.,2018). Ülkemizde otomotiv sektörü başta olmak üzere “döküm, dövme, sac işleme ve kalıpcılık sektörleri” talaşlı imalatın yaygın olarak kullanıldığı sektörlerdir (Coşkun,2017,docplayer). Talaşlı imalat yönteminin şematik gösterimi Şekil 2.1. ve Şekil 2.2. de belirtilmektedir.



Şekil 2. 1. Talaşlı İmalat Basitleştirilmiş Blok Şeması

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.



Şekil 2. 2. Talaşlı İmalat Blok Şeması

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

Talaşlı imalat yöntemlerinin avantajları:

- Çeşitli geometriler ve boyutlarda parça elde edilebilir,
- İşlenebilecek malzeme çeşidi boldur,
- Diğer imalat yöntemlerine göre tolerans aralıkları ve yüzey kaliteleri bakımından daha hassas ürünler elde edilebilir,

şeklinde açıklanabilir.

Yöntemin dezavantajları ise:

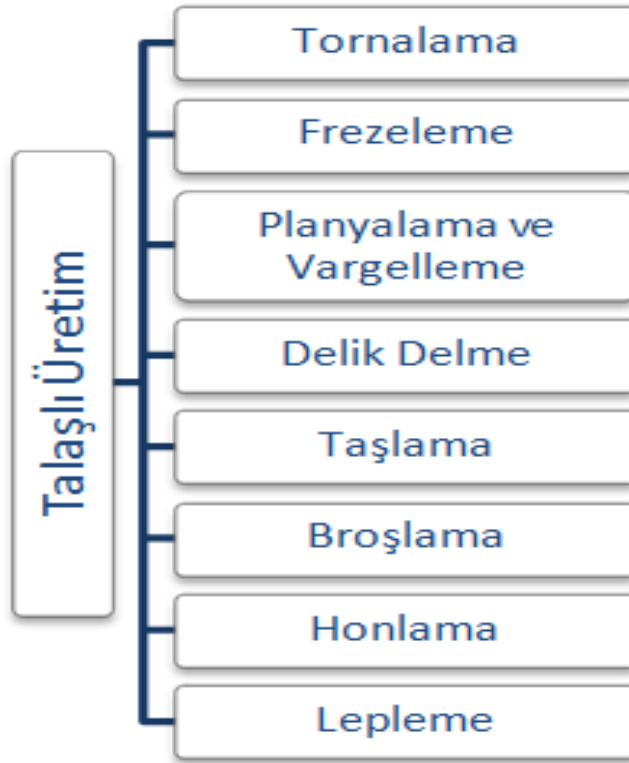
- Ürünün istenilen boyutlara ve yüzey kalitelerine erişilmesi için koparılan talaş miktarı (malzeme israfı) diğer imalat yöntemlerine göre fazladır,
- Yöntemde kullanılan kesici/delici takım maliyetleri,
- Ürün elde edilişi için gereken süre miktarı diğer imalat yöntemlerine göre fazladır (Talaşlı İmalat,2021,wikipedia)
- “Talaşlı imalat yönteminin en büyük dezavantajı, takım tezgahının optimum çalışma koşullarının tam olarak bilinmemesidir. Kesme

koşulları, kesici takım üreticisinin önermiş olduğu katalog bilgilere veya operatörün deneyimine göre seçilmektedir” (Kahraman vd.,2021).

Talaşlı imalat sektöründe gelişen teknoloji ile ortaya çıkan bilgisayar destekli programlar ve üretilen yeni CNC (Computer Numeric Control) tezgahlar, geçmişe göre üretilen ürüne kıyasla daha net boyut ölçüleri, daha karışık geometriler ve daha iyi yüzey kaliteli ürünleri seri üretim ve kısa zamanda elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

2.2. Talaşlı İmalat Yöntemleri

Tasarlanan ürünün, talaşlı imalat ile istenilen geometri ve boyutlara getirilebilmesi için birçok yöntem mevcuttur. Bahsedilen bu talaşlı imalat yöntemleri “tornalama, frezeleme, planyalama ve vargelleme, delik delme, taşlama, broşlama, honlama ve lepleme” olarak sıralandırılabilir (Yamak,2020). Talaşlı imalat yöntemleri Şekil 2.3. deki gibi sıralandırılabilir.



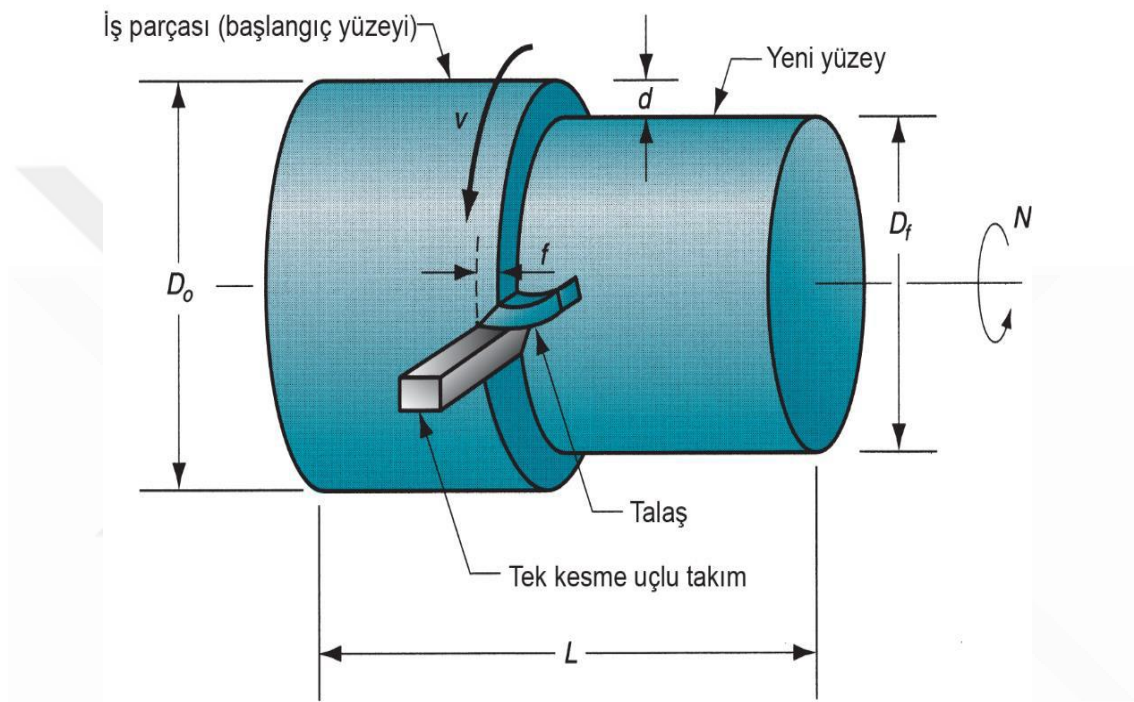
Şekil 2. 3. Talaşlı İmalat Yöntemleri

Kaynak: Yamak,2020.

Hammaddenin, tasarımı yapılan geometriye talaşlı imalat ile getirilebilmesi için Şekil 2.3. te belirtilen yöntemlerden biri veya birkaçı uygulanmalıdır (Yamak,2020).

2.2.1. Tornalama

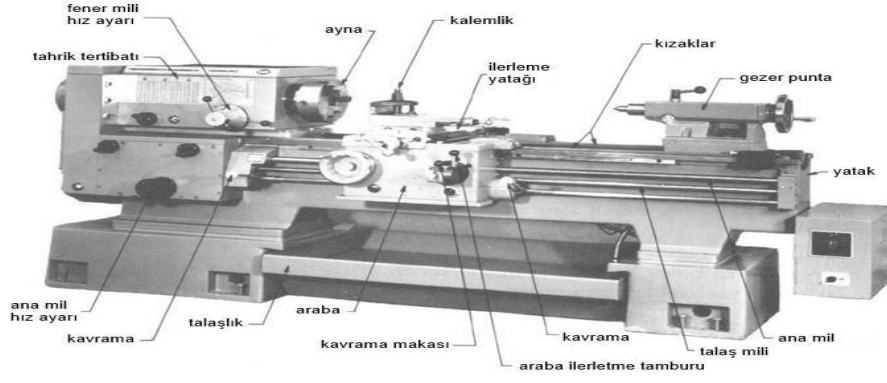
Tornalama işlemi, talaşlı imalat sektöründe sanayide en yaygın kullanılan yöntemdir. İşlem, sabit kesici takımın dönme hareketi yapan iş parçası üzerinde ilerleyerek talaş kaldırmasıdır. Tornalama işleminin şematik gösterimi Şekil 2.4. de belirtilmektedir.



Şekil 2. 4. Tornalama İşleminin Şematik Gösterimi

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

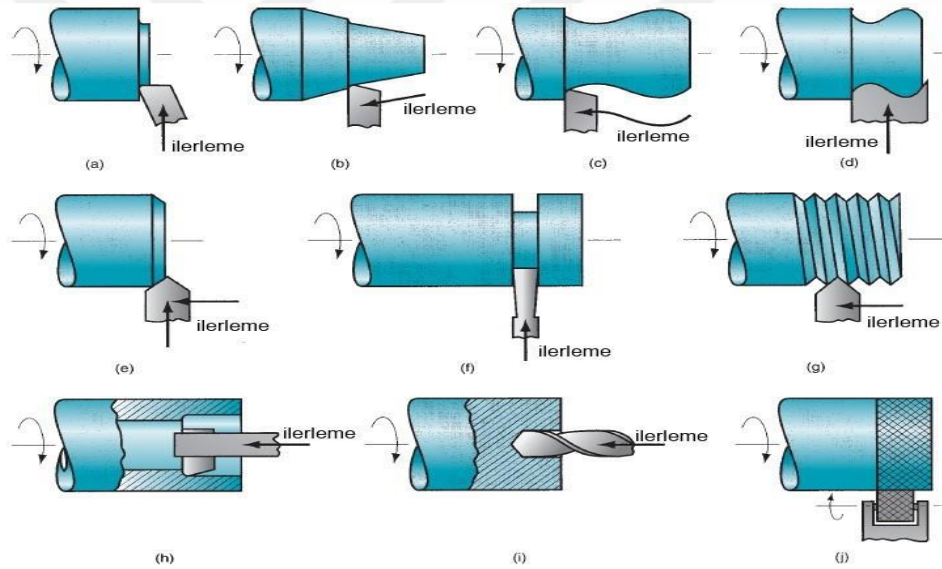
Torna tezgahında genel olarak bulunan ana kısımlar, gövde, ayna, fener mili, fener mili kutusu, kalemlik, tahrik tertibatı (dişli kutusu), ana mil, ilerleme hız kutusu (Norton), araba, gezer punta, kızaklar ve soğutma ünitesidir. Bununla beraber tezgahlarda ek olarak talaş siperliği, dijital gösterge, acil durum fren tertibatı, aydınlatma, talaşlık ve sabit yatakta bulunabilmektedir (Torna Tezgahının Kısımları,makine eğitimi). Üniversal torna tezgahı ve kısımları Şekil 2.5. te belirtilmektedir.



Şekil 2. 5. Örnek Torna Tezgahı

Kaynak: Yamak,2020.

Tornalama işlemlerinde “alın tornalama, konik tornalama, tesviye, form verme, pah kırma, kesme, diş açma, iç tornalama, delme ve tırtıl çekme” olmak üzere 10 farklı yöntem vardır ve yöntemler Şekil 2.6. da gösterilmektedir (Yamak,2020).



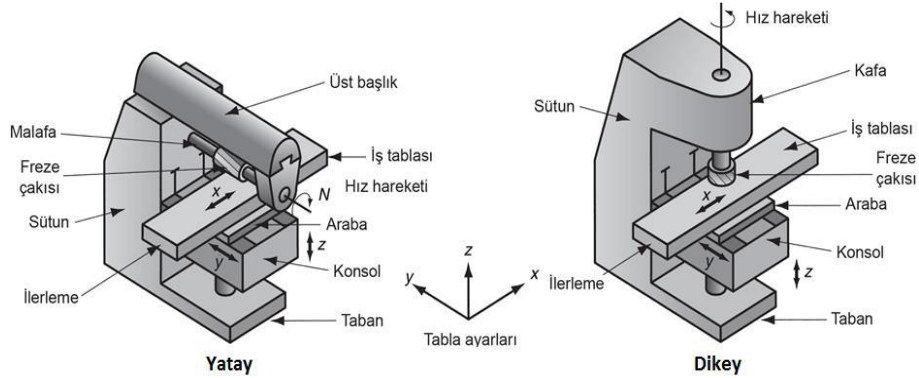
Şekil 2. 6. Tornalama Yöntemleri

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

2.2.2. Frezeleme

Frezeleme, kendi eksenini etrafında dönen takımın, ilerleme hareketi yapan malzemeden talaş kaldırarak işlenmesi işlemidir (Çelik, makine ve teçhizat). Freze çok ağızlı bir takım olup takımın çevresinde birden fazla kesme ağızı bulunduğu için verimliliği yüksek bir işleme yöntemidir (Bozkurt,2009). “Frezeleme işleminin yapıldığı makinalara **freze tezgahı** veya **freze** denir” ve bu tezgahlarda genel olarak ana gövde, malafa (takımı tutan mil), kontrol ünitesi, ayar kolları ve parça bağlanması için iş tablası

bulunmakta olup tezgahlar malafa konumuna bağı olarak yatay freze tezgahları ve dikey freze tezgahları olmak üzere ikiye ayrılır (Yamak,2020). Yatay ve dikey freze tezgahı örneği Şekil 2.7. de belirtilmektedir.



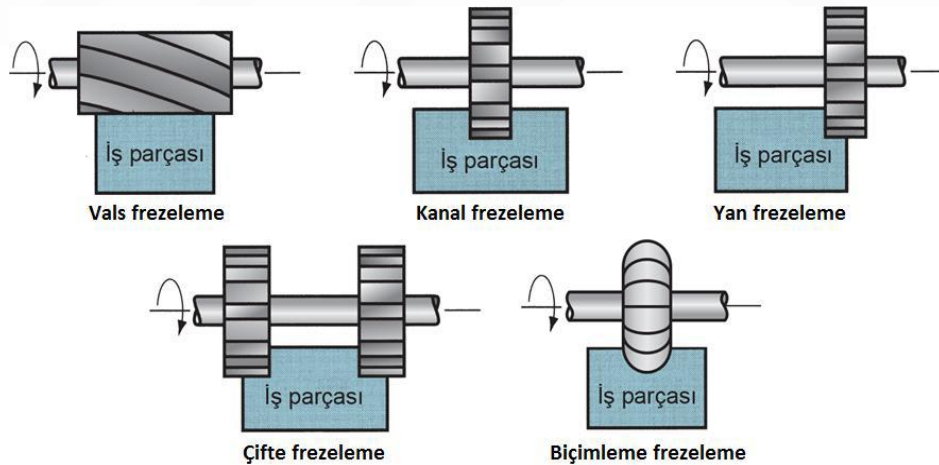
Şekil 2. 7. Yatay ve Dikey Freze Tezgahları Gösterimi

Kaynak: Yamak,2020.

Frezeleme işleminde çevresel frezeleme ve alın frezeleme olmak üzere 2 temel yöntem bulunur.

a) Çevresel Frezeleme

Çevresel frezelemede kesici dişler takımın çevresinde bulunur ve takım eksenli parça yüzeyine paralel olacak şekilde talaş kaldırma işlemi uygulanır (Yamak,2020). Çevresel frezeleme örnekleri Şekil 2.8. de gösterilmektedir.

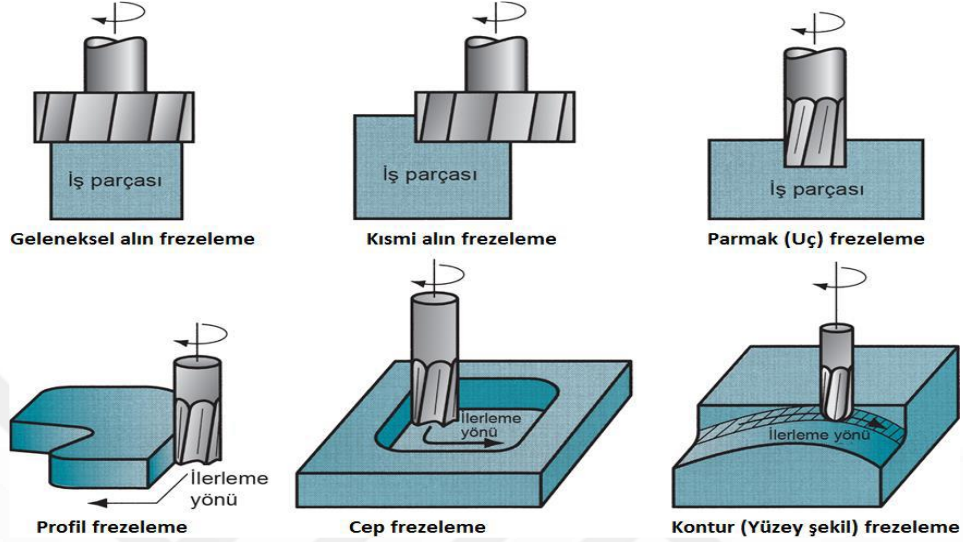


Şekil 2. 8. Çevresel Frezeleme Örnekleri

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

b) Alın Frezeleme

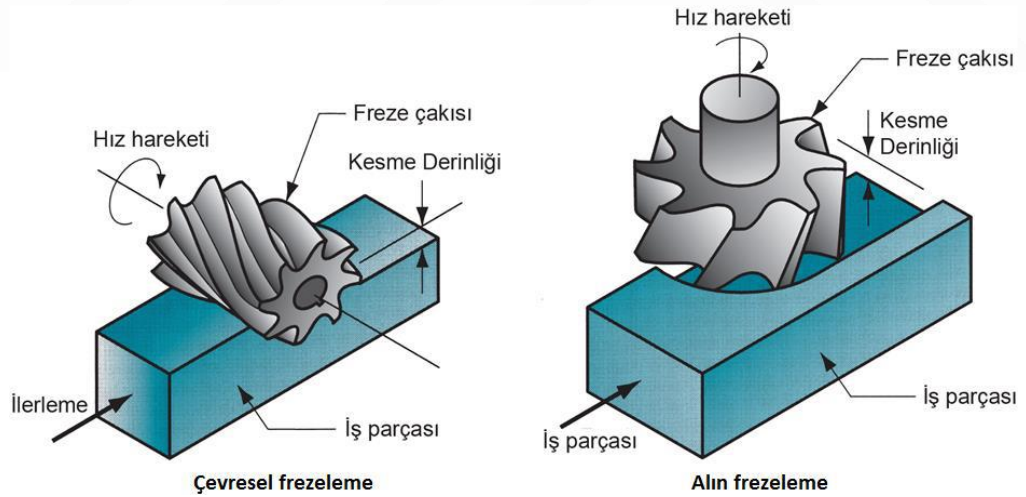
Alın frezelemede kesici dişler takımın alın yüzeyinde bulunur ve takım eksenini parça yüzeyine dik olacak şekilde talaş kaldırma işlemi uygulanır (Yamak,2020). Alın frezeleme örnekleri Şekil 2.9. da gösterilmektedir.



Şekil 2. 9. Alın Frezeleme Örnekleri

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

Çevresel ve alın frezeleme tezgahlarının birlikte gösterimi Şekil 2.10. da belirtilmektedir.



Şekil 2. 10. Çevresel ve Alın Frezeleme Gösterimi

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

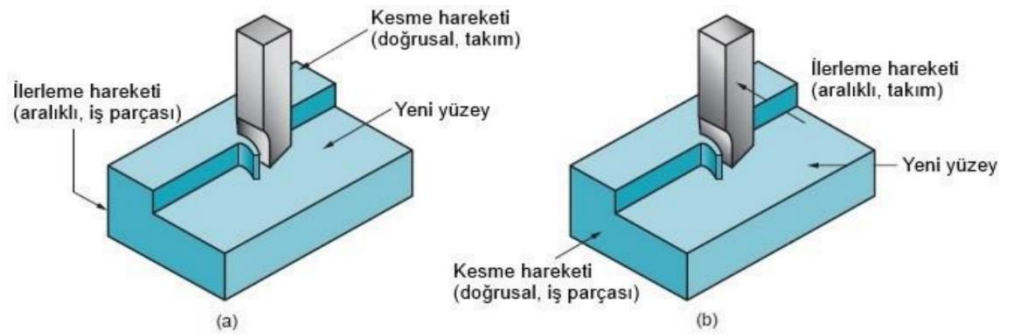
2.2.3. Planyalama ve Vargelleme

Malzeme yüzeylerinin tek ağızlı takım yardımı ile işlenmesinde kullanılan bir diğer yöntemler ise planyalama ve vargelleme işlemleridir. Bu iki yöntemde de dairesel hareket, doğrusal harekete çevrilmiştir ve genel olarak olukların açılmasında ve yivlerin açılmasında kullanılmaktadır (MEB,2018,Makine Teknolojisi).

Her iki yöntemde işleyiş bakımından birbirlerine benzemekte olup aralarındaki fark:

- Vargelleme tezgahlarında işlenecek malzeme sabit olup kesici takımın kademeli hareketleri ile malzeme işlenmektedir. Takım, malzeme boyunca talaş kaldırarak ilerlemekte ve takım ucu geri eski konumuna getirilirken malzeme yüzeyine zarar vermemesi için takım boşa getirilmektedir. Planyalama işleminde ise kesici takım sabit olup işlenecek malzeme takım üzerinde hareket ettirilerek işleme yapılmaktadır (Yamak,2020).
- Vargel tezgahlarının büyüklüğü, kaldırabileceği talaş boyutuna (kalemin strok boyuna) göre belirlenmekte olup bu büyüklük genel olarak en fazla 900 mm dir. Klasik bir vargel tezgahı 900 mm ve altı büyüklükteki parçalar için kullanılabilirken, 900 mm' nin üstü malzemeler için planya tezgahı tercih edilmektedir (Vargel ve Planya Tezgahları,acikders).

Vargelleme ve planyalama işlemleri gösterimi Şekil 2.11. de belirtilmektedir.

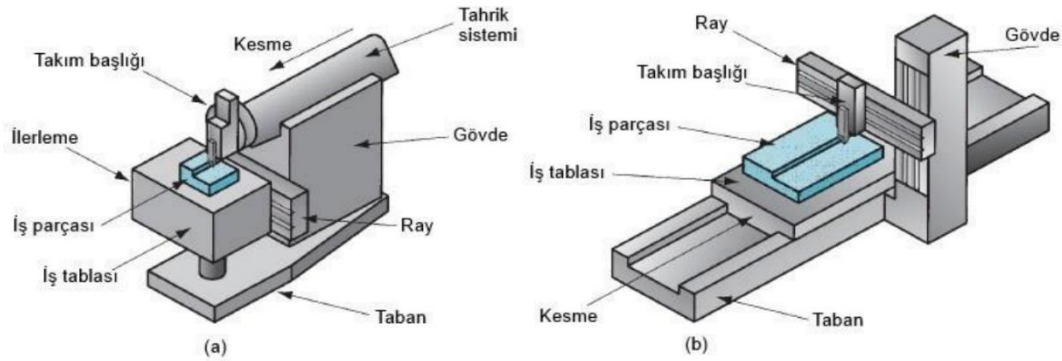


Şekil 2. 11. (a) Vargelleme ve (b) Planyalama İşlemleri

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

Vargel tezgahları genel olarak gövde, köprü, kolonlar, kızak, tahrik sistemi, tabla, takım tertibatı ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Planya tezgahları ise gövde, tahrik

sistemi, kızak, tabla, takım tertibatı ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Vargel ve planya tezgah kısımları Şekil 2.12. de belirtilmektedir (Çelik, makine ve teçhizat).

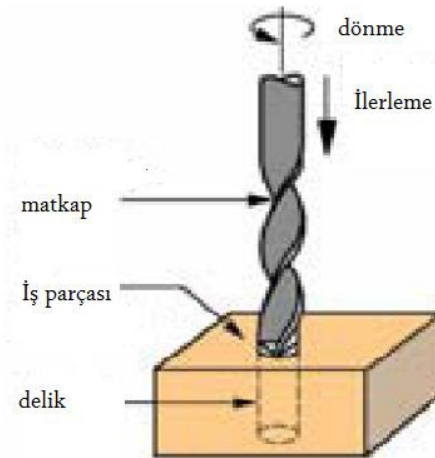


Şekil 2. 12. (a) Vargel ve (b) Planya Tezgahları

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

2.2.4. Delme

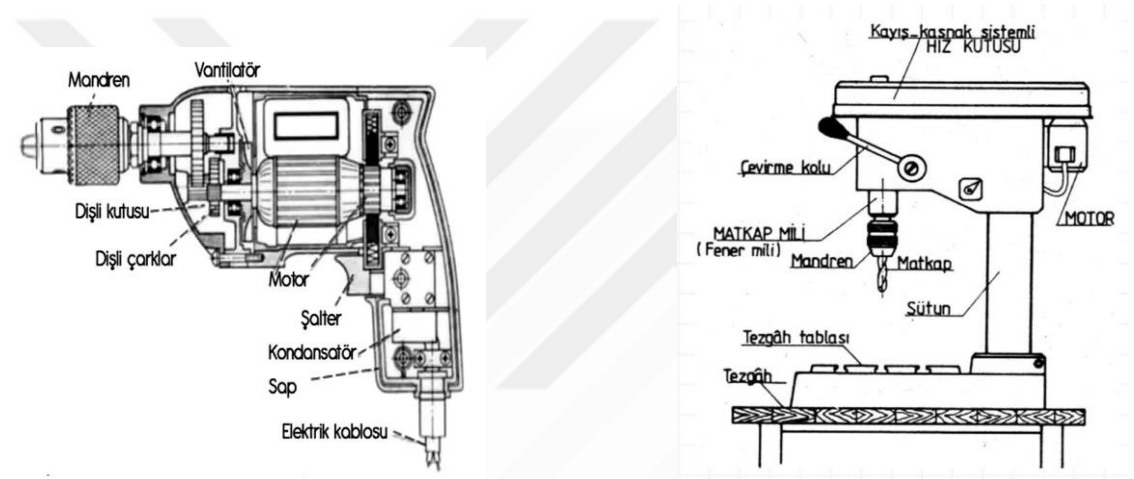
Kendi eksenini etrafında dönen ve matkap veya tığ olarak adlandırılan takımın, iş parçası üzerinden kesme ve ilerleme hareketi yaparak talaş kaldırma işlemidir. Delme işlemi kullanılan takımdan kaynaklı olarak matkaplama işlemi olarak adlandırılabilir. Tasarıma ve iş parçasına uygun çapta ve boyda seçilen matkabin, parça üzerinde kendi eksenini etrafında dönerek ve ilerleyerek delik açması işlemidir, şekil 2.13. te gösterilmektedir. Oluşan talaş matkap kanallarından dışarı atılarak parçada boşluk oluşturulmaktadır. Matkaplar genellikle, tezgaha bağlanılacak sap kısmından ve spiral olan uç (kesici) kısımdan oluşmaktadır (Yamak,2020).



Şekil 2. 13. Örnek Delme İşlemi

Kaynak: Yamak,2020.

Delik delme işlemi matkap olarak isimlendirilen tezgahlarda gerçekleşmektedir. Matkap tezgahları genel olarak gövde, iş mili, kontrol-tahrik sistemleri ve iş tablası kısımlarından oluşmaktadır (Yamak,2020). Matkap tezgahları, kullanılacağı işleme göre çeşitli boyutlarda ve güçlerde olup sütunlu matkap tezgahları, masa matkap tezgahı, gövdeli (konsollu) matkap tezgahı, radyal matkap tezgahları, Bohrwerk matkap tezgahları, işlem sıralı matkap tezgahları (seri) ve bazı işlemlerde kolaylık açısından kullanılan el matkapları olmak üzere çeşitlendirilebilmektedir (Matkap Tezgahları,makine eğitimi). Mevcut çeşitlendirmelerin örnek gösterimleri Şekil 2.14. te belirtilmektedir.



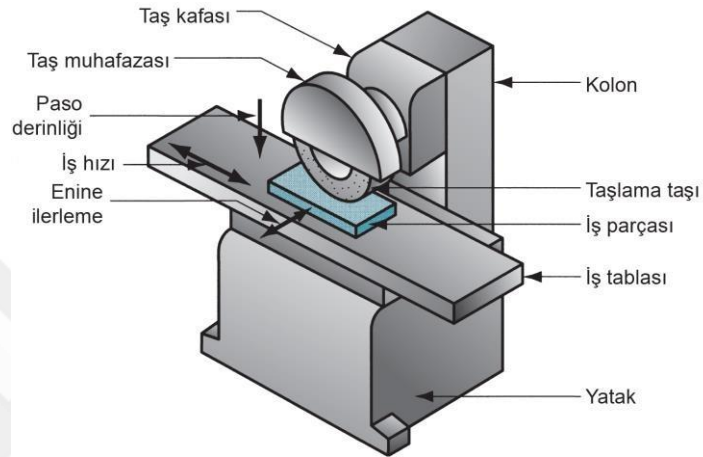
Şekil 2. 14. El Matkapları ve Masa Matkap Tezgahı

Kaynak: Yamak,2020.

2.2.5. Taşlama

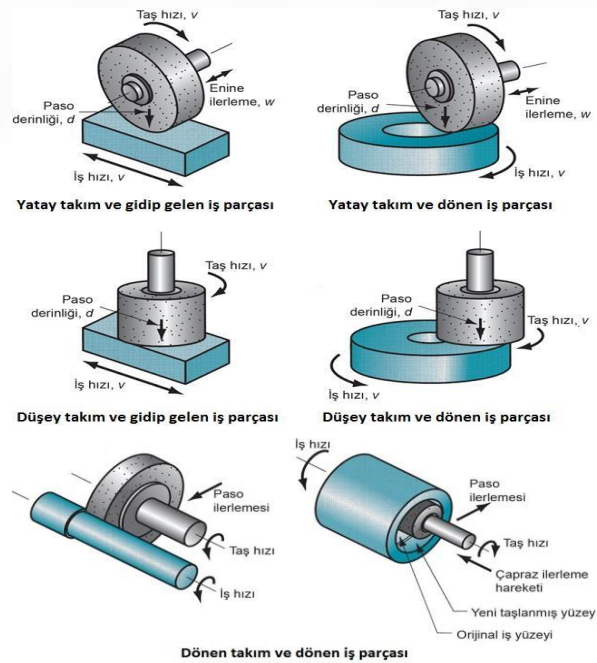
Taşlama, birçok proses zincirinin sonunda en yaygın malzeme çıkarma yöntemlerinden biridir. Taşlama kuvveti, hemen hemen tüm taşlama parametreleriyle ilgilidir ve talaş kaldırma oranı, boyut ve şekil doğruluğu, yüzey ve yüzey bütünlüğü, termodinamik, mekanik, tekerlek ömrü ve işleme sistemlerinin deformasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Verilen taşlama kuvvetinin hemen hemen tüm taşlama parametreleriyle ilgili olduğu göz önüne alındığında, taşlama kuvveti, tekerlek aşınması tespiti, enerji hesaplama, çatırdama bastırma, kuvvet kontrolü ve öğütme işlemi simülasyonu için kullanılabilir. Taşlama kuvvetlerinin doğru tahmini, taşlama parametrelerinin optimize edilmesi ve taşlama makineleri ve ekipmanlarının tasarımı için önemlidir. Taşlama işlemi silindirik veya düz bir malzemenin yüzey kalitesini mikron

hassasiyetle çalışarak arttırma işlemidir. Aynı işlem silindirik malzemelerde torna tezgahlarında ve yüzey temizlemede freze tezgahlarında yapılırsa dahi taşlama tezgahlarından elde edilen hassasiyet daha yüksektir. Taşlama tezgahları yüzey taşlama tezgahları, silindirik taşlama tezgahları, puntasız taşlama tezgahları ve CNC taşlama tezgahları olmak üzere dört ana gruba ayrılır (Yamak,2020). Şekil 2.15. de taşlama tezgahı örneği, Şekil 2.16. de örnek taşlama işlemleri ve Şekil 2.17. da yüzey taşlama tezgahları gösterilmektedir.



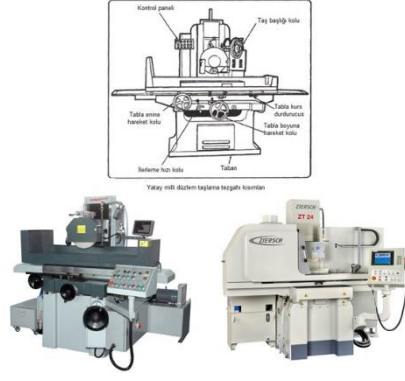
Şekil 2. 15. Örnek Taşlama Tezgahı

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.



Şekil 2. 16. Örnek Taşlama İşlemleri

Kaynak: Coşkun,2017,docplayer.

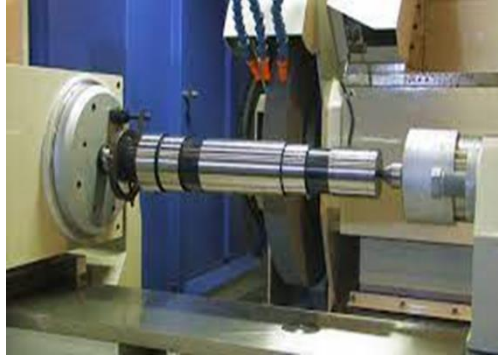


Şekil 2. 17. Örnek Yüzey Taşlama Tezgahları

Kaynak: Arslan H. <https://www.hamitarslan.com/taşlama-tezgahları.html>

Yüzey taşlama işlemi, bir iş parçasının yüzeyinden malzemeyi çıkarmak için kesici alet olarak bir taşlama çarkı kullanan bir makinedir. Aşındırıcı talaşlı imalat işlemi olarak da bilinen zımpara taşının yüzeylerine ve köşelerine aşındırıcılar uygulanarak bitirme işleminin daha hassas bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanır. Her bir tane tek bir kesici takım görevi görürken, aşındırıcılarla yüklü bir çarka çok noktalı kesme takımı denir. Taşlama en önemli işlemlerden biridir. 0,25 ila 0,50 mm arasında çok küçük talaş boyutlarına sahip malzemeyi çıkarma yeteneği nedeniyle kabul edilen bitirme işlemleridir (Surface Grinding Machine, mechanical). Yüzey taşlama makinalarının avantajları, yüksek yüzey kalitesi, metal ve metal olmayan malzemeler için uygulanabilirliği, yüksek verimlilik, az iş gücü hem manuel hem de otomatik olarak kullanılabilirliği olarak sıralandırılabilir. Bu makinaların dezavantajları ise, ters yönde taşlama yapılamamaktadır, taşlama çarkları sürekli aşınır ve çok fazla iş mili gücü gerektirir (Talaşlı İmalat,malzemebilimi).

Silindirik iç (delik) ve dış yüzeyleri silindirik veya konik hale getiren bir makinedir. Taşlama delikleri özel bir delik taşlama cihazı ile yapılır. Silindirik taşlama makinelerinde iş parçaları üç farklı şekilde taşlanır: ayna arasında, arkalık arasında ve iki merkez arasında. Aşırı uzun iş parçaları da taşıyıcı tarafından desteklenir. Ana silindirik taşlama işlemleri, silindirik taşlama, konik silindirik taşlama, delik taşlama, daldırma taşlama, çevresel taşlama, krank ve kam taşlama ve dişli taşlamaya ayrılır (Surface Grinding Machines,kadcoceramics). Silindirik taşlama işlemleri Şekil 2.18. de belirtilmektedir.

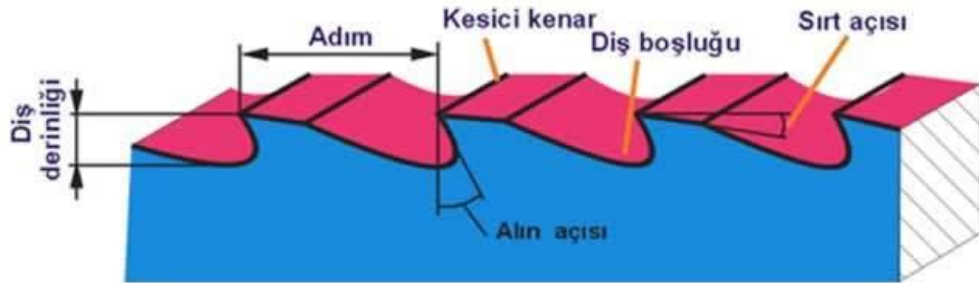


Şekil 2. 18. Silindirik Taşlama İşlemleri

Kaynak: Arslan H. <https://www.hamitarslan.com/taşlama-tezgahlari.html>

2.2.6. Broşlama

Broşlama işlemi, broş ismi verilen düz bir freze ile metal malzemede delik açma işlemidir. Bu işlem, kademeli şekilde artış gösteren kesme kenarlarına sahip levha (çubuk) gibi kesici takım ile gerçekleştirilmektedir. İşlem, genel olarak tek vuruşta tasarıma uygun genişlikte ve derinlikte malzeme (talaş) kaldırma işlemidir (Broşlama,makineeğitimi). Broş takım diş geometrisi örneği Şekil 2.19. de belirtilmektedir.



Şekil 2. 19. Broş Takımı Diş Geometrisi

Kaynak: Teke,2020, <https://yapayakademi.com/broslama-teknolojisi/>

Broşlama işlemi genel olarak, yüzey kalitesinin yüksek olması gereken seri imalat ürünlerinde ve büyük şekilli profillerin imalatlarında kullanılmaktadır. Kullanılan takım maliyeti yüksek olduğundan dolayı büyük parçaların işlenmesinde ekonomik olurken, malzeme küçüldükçe tercih edilmemektedir. “Broşlama tekniği ile çeşitli kanallar, kama kanalları, düz veya karışık şekilli yüzeyler, kremayer dişliler, iç dişliler üretilmektedir. Broşlama tekniği otomotiv, uçak ve uzay endüstrisinde, el takımları üretiminde, frezeleme tekniği ile yapılan parçalarda, beyaz eşya sanayinde, silah

parçaları üretiminde, kilit üretimi ve elektrik motoru üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca silah sanayinde namlu yivleri bu teknikle işlenmektedir” (Broşlama,makineeğitimi). Şekil 2.20. de broşlama tekniği kullanılan ürünler örnekleri belirtilmektedir.



Şekil 2. 20. Broşlama Tekniği Kullanılan Ürünler Örneği

Kaynak: Makine Eğitimi, <https://www.makinaegitimi.com/broslama-tig-cekme-nedir-nasil-yapilir/>

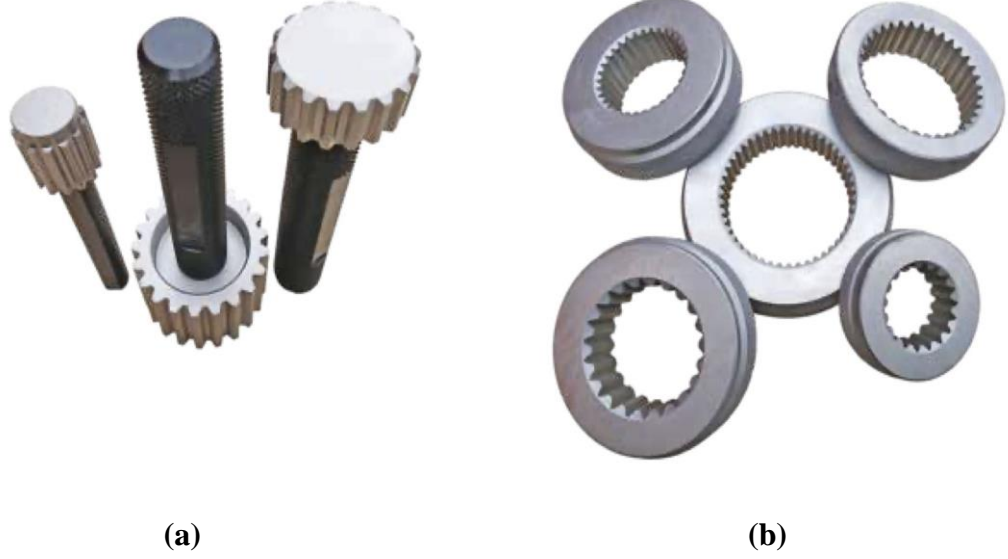
Broşlama işleminin kattığı avantajlar;

- ✓ Yüzey kalitesi oldukça yüksek
- ✓ Karmaşık geometrili malzemelerin ve profillerin imalatına uygun
- ✓ Ölçülerdeki tolerans aralığı oldukça düşük (tamlik sağlar)
- ✓ Tek pasoda işlem görür
- ✓ Kesme hızı yüksek

olarak açıklanabilmektedir. İşlemin dezavantajları ise;

- ✗ Küçük parçaların işlenmesi oldukça zordur
- ✗ Maliyet, parça geometrisinin karmaşıklığı ile doğru orantılı olup karmaşıklık arttıkça maliyet yükselir
- ✗ Kullanılan takım maliyeti yüksektir

Broşlamaya uygun olan malzemeler çelik, bakır, alüminyum, grafit, kompozit, pirinç, bronz, odun gibi malzemelerdir. İç broşlama ve dış broşlama olmak üzere iki ana grupta incelenir (Broşlama,makineeğitimi). Dış ve iç broşlama örnekleri Şekil 2.21. de gösterilmektedir.



Şekil 2. 21. Dış (a) ve İç (b) Broşlama Örnekleri

Kaynak: Makine Eğitimi, <https://www.makinaegitimi.com/broslama-tig-cekme-nedir-nasil-yapilir/>

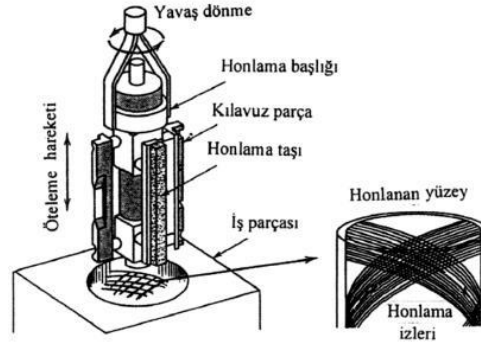
2.2.7. Honlama

Honlama işlemi, aşındırıcı taşların üzerine monte edildiği silindirik şeklindeki takımın, düşük hızlarda eksenini etrafında dönerek ve ilerleme hareketi gerçekleştirerek talaş kaldırma işlemidir. İşlem, silindirik deliklerin doğru boyutlandırılmasında, özellikle motor silindirlerinin en az tolerans aralığında işlenmesinde kullanılan etkili bir yöntemdir. İşlem gören yüzeyde çapraz şekilde izler kalmakta olup oluşan izlerin açıları göz önünde bulundurularak işlemin ne kadar iyi yapıldığı hakkında bilgi sahibi olunur (Honlama nedir,sahibinden). Silindirik yüzeylerin iç ve dış kısımlarında, valflerin ve rulmanların iç kısımlarında honlama işlemi uygulanmaktadır. “İşlem elle, matkapla, torna ile veya honlama tezgahı denilen tezgahlarla yapılabilir.” (Yamak,2020). Şekil 2.22. de örnek honlama işlemleri, Şekil 2.23. te ise honlama tezgahı ve bölümleri gösterilmektedir.



Şekil 2. 22. Örnek Honlama İşlemi

Kaynak: <https://www.arabahaberim.com/honlama-nedir-araba-motoru-honlama-10896.html>



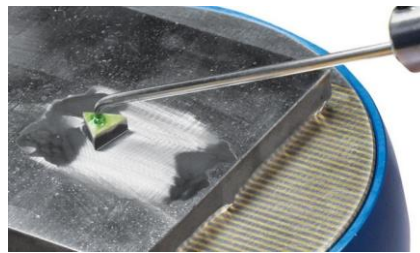
Şekil 2. 23. Örnek Honlama Tezgahı ve Bölümleri

Kaynak: Demirer,2015, <https://docplayer.biz.tr/106480835-Honlama-ve-lepleme-teknikleri.html>

“Honlama işlemi küçük parçacıklar halindeki elmaştan sonraki en sert metal olan korundum, silikon karbür, bor nütrür gibi abrazif taneciklerin seramik kili, yapay reçine, mantar, karbon nitrat ve bazı maddeler kullanılarak birleştirilmesi sonucu oluşan honlama taşlarının 10- 100 N/cm² gibi düşük basınçlarda iş parçası üzerine bastırılması sonucu gerçekleşen talaş kaldırma işlemidir.” (Doğan,2021,mmo).

2.2.8. Lepleme

Sertleştirilmiş ve taşlanmış yüzey olmasına rağmen, istenilen yüzey kalitesine erişilememiş yüzeylerde çok iyi yüzey kalitesi, ölçüde tamlık ve parlaklık elde etmek, birlikte çalışacak olan yüzeyleri birbirine alıştırmak ve meydana gelen, yüzeyde var olan hataları gidermek adına yapılan talaş kaldırma işlemidir (Lepleme nedir,mühendisbeyinler). İşlem, aşındırıcı (abrazif) malzeme kullanılarak düşük basınçta ve düşük hızda gerçekleştirilmektedir (Yamak,2020). Örnek lepleme işlemi Şekil 2.24. da belirtilmektedir.



Şekil 2. 24. Örnek Lepleme İşlemi

Kaynak: Mühendis Beyinler, <https://www.muhendisbeyinler.net/lepleme-nedir/>

Özellikle motor silindirlerinin hareket ettikleri yatak yüzeylerinin yüzey kalitesinin yüksek olması gerektiğinden dolayı, bu işlem çok yaygın ve sık uygulanmaktadır (Lepleme nedir,sahibinden).

Lepleme işlemi elle lepleme ve mekanik lepleme olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. ‘‘Elle leplemede aşındırıcı parçacık ve lepleme sıvısı olarak gres yağı, gaz yağı veya sabunlu su kullanılarak işlem yapılmaktadır’’ (Yamak,2020). Bu yöntem genel olarak masterlara, kesici takımlara, pompa sızdırmazlık elemanlarına ve ölçü aletlerine kullanılmaktadır (Lepleme nedir,2013,sını). ‘‘Mekanik leplemede ise taş şeklinde olan ve birbirine bağlanan takımlar kullanılmaktadır. Lepleme ile küresel yüzeyler, düzlemsel yüzeyler, dış ve iç silindirik yüzeyler işlenebilmektedir’’ (Yamak,2020). Şekil 2.25. de elle kullanılan takım örneği ve Şekil 2.26. da mekanik lepleme tezgahı örneği belirtilmektedir.



Şekil 2. 25. Elle Leplemede Kullanılan Takım Örneği

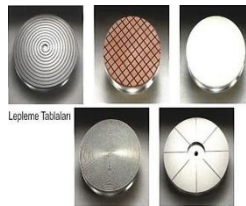
Kaynak:Hahn+Kolb Group, https://www.hahn-kolb.com.tr/Tuem-kategoriler/Elmas-elle-lepleme-takmlar/1856CL04_07080504.cyid/1856.cgid/tr/TR/TRY/



Şekil 2. 26. Mekanik Lepleme Tezgahı Örneği

Kaynak: Mühendis Beyinler, <https://www.muhenisbeyinler.net/lepleme-nedir/>

Lepleme işleminde kullanılan diskler ve burçlar, genel olarak dökme demirden imal edilmekte olup bunun dışında bronz, pirinç, yumuşak çelik ve alaşımlarda kullanılabilir (Lepleme nedir,mühendisbeyinler). Örnek lepleme tablaları Şekil 2.27. de gösterilmektedir.



Şekil 2. 27. Örnek Lepleme Tablaları

Kaynak: Mühendis Beyinler, <https://www.muhenisbeyinler.net/lepleme-nedir/>

BÖLÜM III

KALİTE

Araştırmanın bu bölümünde, kalite kavramının tanımına, kalitenin öncülerine, tarihsel gelişimine, süreç iyileştirmede kullanılan temel tekniklere ve diğer tekniklere değinilmektedir.

3.1. Kalite Nedir ?

Kalite nedir sorusuna cevap olacak birçok tanım mevcuttur. Bazıları nesnel gerçeklerle, bazıları öznel duygularla ilgilenmektedir, ancak bunlar birbiriyle ilişkilidir. Ayrıca her kalite uzmanı, ortama ve standartlara göre farklı tanımlamaktadır. Kalite, bir mal veya hizmetin diğer mal veya hizmetlerle karşılaştırılmasına izin veren fiziksel özelliklerin temel bir ölçüsü olarak tanımlanabilmektedir. Kalite kelimesinin birçok anlamı vardır, ancak temel olarak bir nesnenin açık veya zımni ihtiyaçlarını karşılama sağlama benzersiz bir dizi özelliği ifade eder. Bir ürün veya hizmetin kalitesi aynı zamanda müşterilerin onu nasıl algıladığıdır. Belirli bir ürünü veya hizmeti kabul eden ve onun ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinin farkında olan bir tüketicinin duyarlılığıdır. Ürün özneliği kalitesi, ürün öznelikleri olarak tanımlanmaktadır (Quality,2020,tqp). Örneğin, lüks, konfor sunan zarafet için tasarlanmış lüks bir otomobil, ceviz döşeme, egzotik deri koltuklar, lüks gösterge paneli, beyaz lastikler, mükemmel performans ve mükemmel hizmet. Bu durumda, daha yüksek kalite daha yüksek fiyatlara yol açabileceğinden, ürün özellikleri şirketin satışları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kusurların ortadan kaldırılması diğer bir tanım, kaliteyi hatasız mal veya hizmetler olarak tanımlar. Arabaları örnek olarak kullanarak, çok az veya hiç onarım gerektirmeyen, motor sorunu olmayan, paslanmayan boyası olmayan ve bakımı kolay küçük bir araba hayal edecek olursak; bu durumda, şirket için maliyetleri düşük tutmak için hassasiyet önemlidir. Daha iyi kalite, daha az yeniden işleme, daha az garanti talebi ve daha fazla müşteri şikâyeti olmaması anlamına gelmektedir. Bu nedenle, nihai üründe güçlü ve zayıf yönlerin olmaması, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için çok önemlidir.

Belirli müşteri gereksinimlerine göre ürün tutarlılığını sağlamak için belirli standartlara sıkı ve sürekli bağlı kalınarak kalite elde edilmektedir. Bir otomobil üreticisi, otomobillerinden birini kusurlu bulup ürünü geri çağırdığında, otomobilin kalitesine olan güveni sarsarak müşteri ve üretim güvenliğini tehlikeye atar (Quality,2014,gbnews). Şekil 3.1. de kalite standartları belirtilmektedir.



Şekil 3. 1. Kalite Standartları

Kaynak: ICT Danışmanlık, <https://www.isokalitebelgesi.com/iso-9001-2015-standart-maddeleri-ve-icerigi-nedir-nelerdir-iso-9001-2008-gore-nasil-degismistir>

Değer perspektifi açıklanacak olursa kalite, müşteriler için değer yaratmadır. Bu, fiyatları makul tutarken müşteri beklentilerini karşılayan veya aşan ürün koşulları veya hizmetler sağlamak anlamına gelmektedir. Kalite aynı zamanda bir ürünün çevreye ve insan toplumuna getirebileceği atıkların azaltılmasını da hesaba katarken, üretim şirketinin müşteri memnuniyetini sürdürmesine izin verir. Kalite kavramındaki bir diğer ilginç unsur ise “vay” etkisidir (Values,kairios).

Kalite, müşterilere sadece istediklerini değil, asla hayal etmediklerini de vermektedir. Ancak, bu hala çok öznel bir değerlendirmedir. Günümüz dünyasında işletmeler hala temel müşteri ihtiyaçlarını tutarlı bir şekilde karşılamak için mücadele etmektedir. Kalite alanında tanınmış kuruluşlar ve uzmanlar tarafından yapılan diğer tanımlar şunlardır: Bir nesnenin kalitesi, benzersiz bir dizi nitelikle bir dizi gereksinim karşılaştırılarak belirlenebilir. Bu doğal özellikler tüm gereksinimleri karşıladığında yüksek veya üstün kalite elde edilebilir. Bu özellikler tüm gereksinimleri karşılamıyorsa düşük kalite seviyesi elde edilir. Kalite, bir dizi doğal özelliğin tanımı için her bireyin veya endüstrinin gereksinimlerini karşılama derecesidir. Teknik olarak kalitenin iki anlamı vardır: 2. Mükemmel ürün veya hizmet. Joseph Juran'a göre kalite, "amaca uygunluk" anlamına gelmektedir. Philip Crosby'ye göre bu, "gereksinimleri karşılıyor" anlamına gelmektedir (Britten,2022).

3.2. Kalitenin Öncüleri

Toplam Kalite Kontrol, sadece ürün kalitesini yönetmekten daha geniş bir kavramdır. Toplam Kalite Yönetimi, müşteri memnuniyetini artırma, çalışan bağlılığını iyileştirme, tedarikçilerle ortaklıkları güçlendirme ve sürekli kalite iyileştirme için bir organizasyon kültürü oluşturma çabalarının koordinasyonudur (Clauset,2009).

TKY, organizasyonların ve insanların onlarla nasıl etkileşime girmesi ve iş birliği yapması gerektiğini düşünmenin bir yoludur. TKY sadece bir teknolojiden daha fazlasıdır, uzun vadeli başarının kuruluş genelinde kaliteye yönelik birleşik bir bağlılığa bağlı olduğu inancına dayanan bir felsefedir. Japonya'da kalite kavramı, Dünya Savaşı'ndan sonra yeniden yapılanmaya başlamıştır. Japonya bomba kazasında W. Edwards Deming'in fikrini benimsemektedir. Deming'in yöntem ve teorileri, Japonya'nın savaş sonrası yeniden inşasına katkıda bulunmuştur. İronik olarak, Deming'in fikri başlangıçta Amerika Birleşik Devletleri'nde alay konusu olmuştur. Sonuç olarak, TKY Japonya'da Amerika Birleşik Devletleri'ndekinden 30 yıl önce kök salmıştır. Amerikan şirketleri 1980'lerde Japon şirketleriyle rekabet etmek için mücadele ederken Deming'in fikirleriyle ilgilenmeye başlamıştır. Deming'in yönetim sistemi felsefidir ve mükemmellik idealine doğru sürekli iyileştirmeye dayanmaktadır. Kalite taahhüdünün organizasyon çapında bir dönüşüm gerektirdiğine inanmaktadır (Lipovetsky,2008).

1993 yılında 93 yaşında vefatına kadar seminerler vermeye devam etmiştir. Deming'in sisteminin bıraktığı izden dolayı Deming, toplam kalite yönetiminin babası olarak tanımlanabilmektedir.

Aşağıda diğer bazı önemli kalite uzmanları ve çalışmaları yer almaktadır (Müller,2014):

- ‘**Joseph M. Juran**, Kalite Kontrol El Kitabını yazmıştır. Japonya'da Kutsal Hazine Nişanı ile tanınır. Takipçiler: DuPont, Monsanto, Mobil.’
- ‘**Armand V. Feigenbaum**, Toplam Kalite Kontrolü yazmıştır. Kalitenin kalite kontrol departmanlarıyla sınırlı değil, şirket genelinde olması gerektiğini savunmuştur.
- ‘**Philip B. Crosby**, Quality Is Free'yi yazmıştır.’

- ‘**Michael Hammer ve James Champy**, Şirketi Yeniden Yapılanma'yı yazmıştır.’
- ‘**James Champy**, Değişim Mühendisliği Yönetimi'ni yazmıştır.’
- ‘**Peter Drucker**, Post-Kapitalist Toplum'u yazmıştır.’

Birkaç kişinin (yukarıda bahsedilen) TKY kavramına katkıda bulunmasına rağmen, kalite konusunda en çok atıfta bulunulan üç “usta” W. Edwards Deming (1900–1993), Joseph M. Juran ve Philip Crosby'dir. Her biri kalite vurgusunun önemini öne çıkarmış olsada, fikirleri ve geçmişleri her zaman tutarlı değildir (Müller,2014).

3.3. Kalitenin Tarihsel Gelişimi

YIL	KALİTE GELİŞİMİ
1931	W. Shewhart: İstatiksel Kalite Kontrol (ABD)
1940	Stanfort Seminerleri (ABD)
1950	E. Deming’in Seminerleri (Japonya)
1951	Deming Kalite Ödülü (Japonya)
1954	Kalite Kontrol Dergisi (Japonya)
1954	P. Drucker: Hedeflerle Yönetim (ABD)
1954	J: Juran: “Kalite Yönetiminin Sorumluluğudur” (ABD)
1957	A. Feigenbaum: Toplam Kalite Kontrol (ABD)
1960	G. Taguchi: İstatistiksel Deney Tasarımı (Japonya)
1961	K. Ishikawa: Formenler İçin K.K. Dergisi (Japonya)
1962	K. Ishikawa: Kalite Çemberleri (Japonya)
1969	Kobe Steel: Quality Function Deployment (Japonya)
1970	S. Shingo: Poka-Yoke (Japonya)
1970	G: Taguchi: Quality Loss Function (Japonya)
1976	T. Onho: Toyota Just-In-Time Sistemi (Japonya)
1980	G. Taguchi: Robust Desing (Japonya)
1990 ve Ötesi	Yaratılan Kalite

Avrupa Orta Çağ Loncalarında Kalite:

Kalite hareketinin kökleri, zanaatkarların 13. yüzyılın sonlarında lonca adı verilen dernekler kurmaya başladığı Orta Çağ Avrupa'sına dayanmaktadır. Bu loncalar, ürün ve hizmetlerin kalitesiyle ilgili katı kurallar oluşturmaktan sorumluydular. Hakem heyeti, kusursuz mallar üzerine özel işaretler ve semboller yerleştirerek kuralları güçlendirmektedir.

Zanaatkarlar genellikle yaptıkları mallara ikinci bir işaret koymaktadırlar. Başlangıçta bu etiket, kusurlu ürünlerin kaynağını izlemek için kullanılmaktadır. Ancak zamanla, işaret zanaatkarın itibarını temsil etmeye başlamıştır. Test işaretleri ve ticari markalar, orta çağ Avrupa'sındaki müşteriler için kalitenin kanıtı işlevi görmüştür. Üretim kalitesine yönelik bu yaklaşım, 19. yüzyılın başlarındaki Sanayi Devrimi'ne kadar hakimdi (Ward-Perkins,2005).

Sanayi Devriminde Kalite:

19. yüzyılın başlarına kadar, sanayileşmiş dünyada imalat, bu zanaatkarlık modelini takip etme eğilimindeydi. Ürün denetimini vurgulayan fabrika sistemi, 1750'lerin ortalarında İngiltere'de başlamıştır ve 19. yüzyılın başlarında Sanayi Devrimi'ne dönüşmüştür. Amerikan kalite uygulamaları, 1800'lerde ortak üretim yöntemlerindeki değişikliklerle şekillendiği için gelişmektedir (Pfister,1998).

İş Kavramı:

19. yüzyılın başlarında, ABD üretimi, Avrupa ülkelerinde yaygın olan zanaatkarlık modellerini takip etme eğilimindeydi. Zanaatkarların çoğu ürünlerini yerel olarak sattı, bu nedenle her biri müşterilerinin kalite gereksinimlerini karşılamaya büyük ilgi gösterdi. Kalite gereksinimleri karşılanmazsa, ustalar kolayca değiştirilemeyecek müşterileri kaybetme riskiyle karşı karşıya kaldılar. Bu nedenle, usta satıştan önce malları kontrol ederek bir tür kalite kontrolü sağladı (Pirenne,2007:208).

Fabrika Kavramı:

Avrupa'daki Sanayi Devrimi'nin bir ürünü olan fabrika sistemi, zanaatkarların işlerini belirli görevlere ayırmaya başladı. Bu, zanaatkarları fabrika işçisi ve esnafı üretim yöneticisi olmaya zorladı, öncelikle işçilerin işyerinde kendi kaderini tayin etme ve özerklik duygularını azalttı. Fabrika sistem kalitesi, denetimle ve/veya denetimle desteklenen iş becerileriyle sağlandı. Arızalı ürünler yenilenmiş veya hurdaya ayrılmış oldu (Stubbs ve Davis,1913:76-7).

Taylor Sistemi:

19. yüzyılın sonlarında, Amerika Birleşik Devletleri Avrupa geleneklerinden daha da koştı ve Frederick W. Taylor'ın öncülük ettiği yeni bir yönetim yaklaşımını benimsedi. Taylor'ın amacı, yetenekli zanaatkarların sayısını artırmadan üretkenliği artırmaktı. Bunu, fabrikaları tasarlamak için profesyonel mühendisleri işe alarak ve mühendislerin planlarını yürütmek için müfettiş ve yönetici olarak zanaatkarları ve denetçileri kullanarak başardı. Taylor'ın yaklaşımı üretkenliği önemli ölçüde artırdı, ancak üretkenliğe yapılan yeni vurgunun kalite üzerinde olumsuz bir etkisi oldu. Kalite kaybını düzeltmek için fabrika müdürü, kusurlu ürünlerin müşterilere ulaşmasını önlemek için bir denetim departmanı kurar (Taylorism,britannica).

İkinci Dünya Savaşında Kalite:

İkinci Dünya Savaşı'na girdikten sonra ABD, sivil ekonomiyi askeri üretime yönlendiren yasalar çıkardı. Bu süre zarfında kalite, savaş çabalarının önemli bir bileşeni ve önemli bir güvenlik sorunu haline geldi. Güvenli olmayan askeri teçhizat kesinlikle kabul edilemez ve ABD ordusu, operasyonel güvenliği sağlamak için üretilen hemen hemen her birimi denetler. Bu uygulama çok sayıda müfettiş gerektirdi ve kalifiye müfettişlerin işe alınması ve tutulmasında sorunlar yarattı (Babatunde,2015:27).

Ürün güvenliğinden ödün vermeden sorunları azaltmak için ordu, rutin testler yerine nokta testleri kullanmaya başladı. Bell Labs gibi endüstri danışmanlarının yardımıyla örnekleme tablosunu uyarladılar ve Mil-Std-105 adlı askeri bir standartta yayınladılar. Bu tablolar, tedarikçilerin tam olarak ne üretmeleri gerektiğini bilmeleri için askeri sözleşmelere dahil edilmiştir. Silahlı Kuvvetleri, tedarikçi kalitesini iyileştirmeye yardımcı olmak için İstatistiksel Kalite Kontrol (SQC) teknikleri üzerine bir Walter Shewhart eğitim kursuna da sponsor oldu (Stubbs ve Davis,1913:76-7).

20. Yüzyılın Başlarında Kalite:

20. yüzyılın başında "süreç" kalite kontrolüne dahil edildi. Bir "süreç", bir girdi alan, ona değer katan ve bir çıktı sağlayan bir dizi faaliyet olarak tanımlanır. Walter Shewhart, 1920'lerin ortalarında proses kontrolüne odaklanmaya başladı ve sadece nihai ürünün kalitesini değil, aynı zamanda onu oluşturan prosesleri de önemli hale getirdi. Shewhart, endüstriyel süreçlerin veri ürettiğini fark etti. Shewhart, sürecin istikrarlı kontrol altında olup olmadığını veya ele alınması gereken özel nedenler olup olmadığını

belirlemek için bu verilerin istatistiksel teknikler kullanılarak analiz edilebileceğini söyledi. Bununla birlikte Shewhart, modern bir kalite kontrol aracının temelini attı: kontrol çizelgeleri. W. Edwards Deming, ABD istatistikçisi USDA ve Sayım Bürosu, Shewhart'ın SQC metodolojisinin bir savunucusu ve daha sonra Japon ve ABD kalite hareketlerinin lideri oldu (Sanayi Devrimi,oggito).

Amerika'da Toplam Kalite Tarihi:

Amerika Birleşik Devletleri'nde mutlak kalitenin doğuşu, büyük Japon imalatçıların iç pazar için askeri ürünler üretmekten ticaret için sivil ürünler üretmeye geçmesiyle 2. Dünya Savaşı sırasında başladı. Başlangıçta Japonya, ihracatının kalitesizliği nedeniyle yaygın bir üne sahipti ve malları uluslararası pazardan reddedildi. Bu, Japon şirketlerinin kalite hakkında yeni düşünme yolları keşfetmesine yol açtı (Kometa,1994:12).

Deming, Juran ve Japonya:

Japonlar, iki Amerikan kalite uzmanı da dahil olmak üzere yabancı şirketlerin ve öğretim üyelerinin katkılarını memnuniyetle karşıladı. W. Edwards Deming, savaşın sona ermesi ve hükümet anlaşmaları nedeniyle çoğu istatistiksel kalite kontrol programı durdurulduğunda Amerikan hükümeti ile hüsrana uğradı. 1970'lerin ortalarında, Joseph M. Juran, Japonya'nın devrim niteliğindeki kalite iyileştirme hızının, Japon ürünlerinin kalitesini Amerikan ürünlerini geride bırakacağını öngördü. Japonya'nın stratejisi yeni bir 'toplam kalite' yaklaşımını temsil ediyordu. Japon üreticiler, yalnızca ürün denetimlerine güvenmek yerine, onları kullanan kişiler aracılığıyla tüm organizasyonel süreçleri iyileştirmeye odaklandı. Sonuç olarak, Japonya yüksek kaliteli ürünleri düşük fiyatlarla ihraç edebildi ve dünya çapındaki tüketicilere fayda sağladı (Gliem,2003:349).

Amerikan Toplam Kalite Yönetimi yanıtı Amerikalı imalatçı, Japonya'nın başarısının fiyata bağlı olduğu varsayımına bağlı kaldı ve Japon rekabetine, yerel üretim maliyetlerini düşürme ve ithalatı sınırlama stratejisiyle yanıt verdi. Tabii ki, bu Amerikan rekabet gücünü niteliksel olarak geliştirmede. Fiyat rekabeti yıldan yıla azalıyor, ancak kalite rekabeti yoğunlaşmaya devam ediyordu. Büyük ABD şirketlerinin CEO'ları kalite hareketinde kişisel liderlik rollerini üstlendiler. Yalnızca istatistiklerden ziyade şirketler arası bir yaklaşımı vurgulayan ABD yanıtı, Toplam Kalite Yönetimi (TQM) olarak bilinir. Bunu birkaç başka kalite girişimi izledi. Örneğin, ISO 9000 serisi kalite yönetim standartları yayınlandı. Baldrige Ulusal Kalite Programı ve Malcolm Baldrige Ulusal

Kalite Ödülü, aynı yıl ABD Kongresi tarafından oluşturulmuştur. Amerikan şirketleri başlangıçta standardı benimsemekte tereddüt ettiler, ancak sonunda dahil oldular (Gliem,2003:349).

Toplam Kalite Yönetimi:

21. yüzyılın başında kalite hareketi olgunlaşmıştı. Yeni kalite sistemi, Deming, Juran ve ilk Japon kalite profesyonelleri tarafından atılan temelleri atladı. 2000 yılında, ISO 9000 serisi kalite yönetim standartları, müşteri memnuniyetine daha fazla önem vermek için revize edildi. 1995'ten başlayarak, Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü, adayın başarı kriterlerine profesyonel performans kriterlerini ekledi. Motorola tarafından hataları azaltmak ve iş süreçlerini iyileştirmek için geliştirilen bir metodoloji olan Altı Sigma, ölçülebilir ilerleme ve sonuçlar üreten bir organizasyonel yaklaşıma dönüşmüştür. İyi işlevsel teslimat, bir ürün veya hizmeti tasarlarırken veya yeniden tasarlarırken müşteri ihtiyaçlarına odaklanma sürecidir. Akao Yuji tarafından geliştirilen standartlar ise Otomotiv (QS-9000 ve ISO/TS 169), Havacılık (AS9000) ve Haberleşme (TL 9000), Çevre Yönetimi (ISO 1000) dir. Kalite, üretimin ötesinde hizmetler, sağlık, eğitim ve hükümet kavramlarında ele almaktadır. Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü, orijinal üretim, küçük işletme ve hizmet kategorilerine eğitim ve sağlık hizmetleri eklemektedir. Birçok savunucu da "kâr amacı gütmeyen" kategorisinin benimsenmesi için baskı göstermektedir (Akinosho,2020)

3.4. Süreç İyileştirmede Kullanılan 7 Temel Kalite Aracı

Kalite uzmanlarının, ilk olarak Tokyo Üniversitesi'nde mühendislik profesörü ve "Kalite Çemberi"nin babası olan Kaoru Ishikawa tarafından vurgulanan bu yedi kritik kalite aracı için birçok adı vardır. Bu araçlarda ustalaşarak kalite yolculuğuna başlanmalı ve onlara bir isim verilmelidir.

Süreç iyileştirmek için kullanılan 7 temel kalite aracın aşağıdaki gibi bahsedilebilir (Alencastro,2018).

a) Sebep-Sonuç Diyagramı (Ishikawa/Kılçık Diyagramları):

Bir etki veya problem için birçok olası nedeni tanımlar ve fikirleri faydalı kategorilere ayırır.

b) Kontrol Sayfası:

Veri toplamak ve analiz etmek için yapılandırılmış, hazırlanmış bir form, çok çeşitli amaçlar için uyarlanabilen genel bir araçtır.

c) Kontrol Grafiği:

Bir sürecin zaman içinde nasıl değiştiğini incelemek için kullanılan grafiğdir. Mevcut verilerin geçmiş kontrol limitleriyle karşılaştırılması, süreç varyasyonunun tutarlı (kontrolde) veya tahmin edilemez (kontrol dışı, özel varyasyon nedenlerinden etkilenen) olup olmadığı hakkında sonuçlara götürmektedir.

d) Histogram:

Frekans dağılımlarını veya bir veri kümesindeki her bir farklı değer ne sıklıkla meydana geldiğini göstermek için en sık kullanılan grafiğdir.

e) Pareto Grafiği:

Hangi faktörlerin daha önemli olduğunu gösteren bir çubuk grafiğdir.

f) Dağılım Diyagramı:

Bir ilişki aramak için her ekseninde bir değişken olan sayısal veri çiftlerinin grafiğini çizer.

g) Tabakalandırma:

Çeşitli kaynaklardan toplanan verileri, kalıpların görülebilmesi için ayıran bir tekniktir. Bazı listeler tabakalaşmayı akış şeması veya çalışma grafiği ile değiştirmektedir.

3.4.1. Frekans Dağılımı

Kalitenin geliştirilmesinde uygulanan tekniklerin etkili olabilmesi bakımından toplanan verilerin güvenilir olması çok önemlidir. Sürece uygun bir örnekleme planı seçilmelidir ve veriler bu plan doğrultusunda toplanmalıdır. Düzensiz toplanan veri değerleri sadece rakamlardan ibaret olup düzensizlikten karmaşıklığa ve düzgün yorumlanıp sonuca ulaşılmasına sıkıntı yaratabilmektedir. Bu nedenle verilerin gruplandırılması, tablollaştırılması hem düzene hemde uygun sonuçlara ulaşabilme açısından rahatlığa yardımcı olmaktadır (Çolak,acikders).

3.4.2. Histogram

Frekans dağılımı, veri setinde her bir farklı değerin kaç kez görüldüğünü temsil etmektedir. Histogramlar, frekans dağılımlarını gösteren en yaygın kullanılan grafiklerdir. Çubuk grafiğe çok benzer, ancak aralarında önemli farklar vardır. Veri toplama ve analiz için bu kullanışlı araç, yedi temel kalite aracından biridir (Abu-Hamatteh vd.,2003)

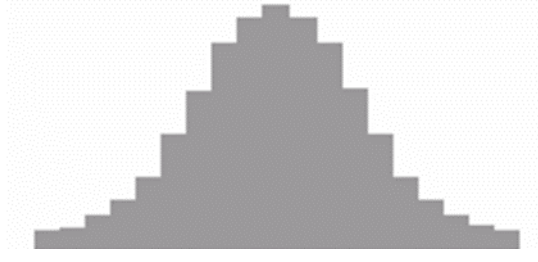
- ✓ Veriler sayısal ise,
- ✓ Özellikle bir sürecin çıktısının yaklaşık olarak normal dağılıp dağılmadığını belirlemek için veri dağılımının nasıl görüldüğünü görmek isteniyorsa,
- ✓ Sürecin, müşterinin gereksinimlerini karşılayıp karşılanmadığının analizinde,
- ✓ Tedarikçi sürecinin sonuçlarının analizinde,
- ✓ Bir zaman periyodundan diğerine bir süreç değişikliği olup olmadığının görülmesinin istenmesinde,
- ✓ İki veya daha fazla sürecin çıktılarının farklı olup olmadığının görülmesinin istenmesinde,
- ✓ Verilerin dağıtımının başkalarına hızlı ve kolay bir şekilde iletmek istendiği zamanlarda histogram kullanılır (Toor ve Ofori,2007)

Grafikten herhangi bir sonuç çıkarılmadan önce, çalışma süresince sürecin iyi gittiğinden emin olunması gerekmektedir. Histogram periyodu sırasında anormallikler süreci etkilediyse, histogram şekil analizi tüm periyotlara genelleme yapmayabilir. Bu durumda grafiğin şeklinin anlamının analiz edilmesi gerekmektedir. Tipik grafik şekilleri ve anlamları aşağıda açıklanmaktadır.

a) Normal Dağılım

Ortak model, "normal dağılım" olarak adlandırılan çan şeklindeki bir eğridir. Normal veya "tipik" bir dağılımda, ortalamanın bir tarafındaki değerlerin diğer tarafta olması muhtemeldir. Normal dağılımı göstermek için istatistiksel hesaplamalar kullanılmalıdır. "Normal" ifadesinin belirli bir sürecin tipik dağılımını ifade ettiğini belirtmek önemlidir. Örneğin, birçok işlemin bir tarafında normal sınırı vardır ve çarpık dağılımlar üretebilir. Her ne kadar bu süreçlerin tipik dağılımı "normal" olarak kabul

edilmez (Histogram,investopedia). Normal dağılım gösterimi örneği Şekil 3.2. te belirtilmektedir.

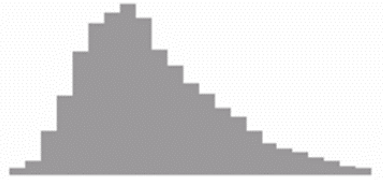


Şekil 3. 2. Normal Dağılım Gösterimi

Kaynak: Histogram,investopedia

b) Çarpık Dağılım

Doğal sınırlar tek bir sonucu engellediği için çarpık dağılımlar asimetriktir. Dağılımın zirvesi, kuyruğun uzandığı kenara doğru merkez dışıdır. Örneğin, çok saf bir ürün için analiz dağılımı çarpıktır çünkü ürün %100'den fazla saf olamaz. Doğal limitlerin diğer örnekleri, matkabın çapından daha küçük olamayacak delikler ve sıfırdan küçük olamayacak çapı işleme süreleridir. Bu dağılımlara bağlı olarak sağa veya sola çarpık olduğu söylenmektedir (Histogram,investopedia). Sağa çarpık dağılımı örnek gösterimi Şekil 3.3. de belirtilmektedir.



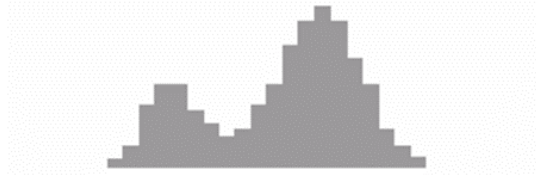
Şekil 3. 3. Sağa Çarpık Dağılım Gösterimi

Kaynak: Histogram,investopedia

c) Çift Tepeli veya Bimodal

Bimodal bir dağılım, iki hörgüçlü bir devenin sırtına benzetilebilir. Farklı dağılımlara sahip iki işlemin sonuçları tek bir veri kümesinde birleştirilmektedir.

Örneğin, iki vardiyalı bir operasyondan elde edilen üretim verileri, her vardiya farklı bir sonuç dağılımı üretiyorsa iki modlu olarak dağıtılabilmektedir. Bu sorun tabakalaşmada yaygındır (Histogram,investopedia). Çift tepeli dağılım gösterimi örneği Şekil 3.4. te belirtilmektedir.



Şekil 3. 4. Çift Tepeli Dağılım Gösterimi

Kaynak: Histogram,investopedia

d) Plato veya Multimodal Dağılım

Plato bunu "çok modlu dağıtım" olarak adlandırmaktadır. Normal dağılıma sahip birkaç süreç birleştirilmektedir. Dağılımın zirveleri platolara benzer çünkü birçok zirve birbirine yakındır (Histogram,investopedia). Şekil 3.5. de plato dağılım örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 5. Plato Dağılım Gösterimi

Kaynak: Histogram,investopedia

e) Kenar Tepe Dağılımı

Kenar tepe dağılımı, kuyrukta büyük bir tepe noktası olması dışında normal bir dağılıma benzemektedir. Bu genellikle verilerin "büyüktür" olarak etiketlenen gruplar halinde toplandığı histogramın yanlış beyanından kaynaklanmaktadır (Histogram,investopedia). Şekil 3.6. da kenar tepe dağılım örneği gösterilmektedir.



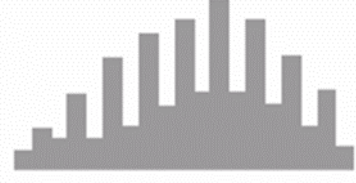
Şekil 3. 6. Kenar Tepe Dağılım Gösterimi

Kaynak: Histogram,investopedia

f) Tarak Dağılımı

Bir tarak dağılımında, çubuklar dönüşümlü olarak uzun ve kısadır. Bu dağılıma genellikle yuvarlatılmış veriler veya kötü oluşturulmuş histogramlar neden olmaktadır. Örneğin, bir histogram çubuğunun genişliği 0,1 derece ise, en yakın 0,2 dereceye

yuvarlanan sıcaklık verileri bir tarak görüntülemektedir (Histogram,investopedia). Şekil 3.7. de tarak dağılım örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 7. Tarak Dağılım Gösterimi

Kaynak: Histogram,investopedia

g) Kesik veya Kalp Kesik Dağılım

Kesik bir dağılım, kesik kuyruklu normal bir dağılıma benzemektedir. Tedarikçi, normal bir malzeme dağılımı oluşturmakta ve incelemeye dayalı olarak spesifikasyona uygun ve spesifikasyon dışı arasında ayırım yapmaktadır. Spesifikasyondan müşteriye nakliye süreci gösterimlerinde kullanılmaktadır (Histogram,investopedia). Şekil 3.8. de kesik dağılım örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 8. Kesik veya Kalp Kesik Dağılım Gösterimi

Kaynak: Histogram,investopedia

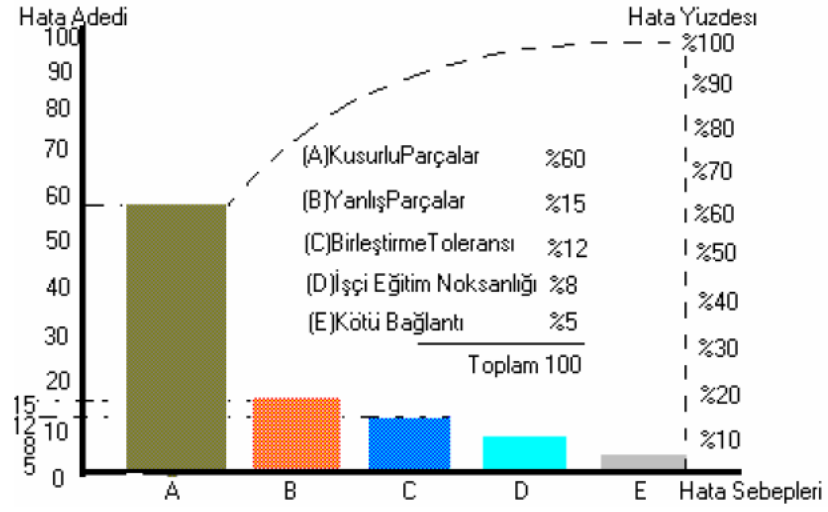
3.4.3 Pareto Diyagramı

Pareto grafiği, Pareto analizi olarak da bilinmektedir. Pareto grafiği bir çubuk grafiğidir. Çubuk uzunluğu, en uzun çubuk solda ve en kısa çubuk sağda olacak şekilde sıklığı veya maliyeti (zaman veya para) temsil etmektedir. Bu şekilde grafik, hangi durumların daha önemli olduğunu görsel olarak göstermektedir. Bu kök neden analizi aracı, yedi kritik kalite aracından biri olarak kabul edilmektedir (Pareto Chart,byju's).

Pareto grafiğinin kullanım yerleri;

- Bir süreçteki sorunların veya nedenlerin sıklığı hakkındaki verileri analiz ederken
- Birçok sorun veya neden olduğunda ve en önemlisine odaklanmak istenildiğinde
- Belirli bileşenlerine bakarak geniş nedenleri analiz ederken
- Başkalarıyla veriler hakkında iletişim kurarken kullanılabilir (Pareto Chart,byju's).

Şekil 3.9. da pareto grafiği örneği gösterilmektedir.



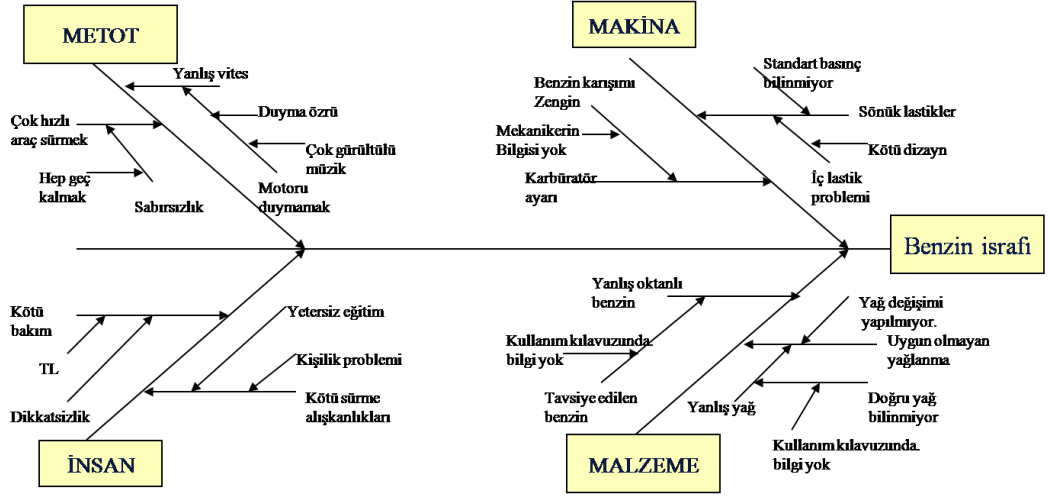
Şekil 3. 9. Örnek Pareto Grafiği Gösterimi

Kaynak: Özcan S., <https://docplayer.biz.tr/5339239-Istatistiksel-proses-kontrol-tekniklerinden-pareto-analizi-ve-cimento-sanayiinde-bir-uygulama.html>

3.4.4. Kılçık Diyagramı

Bu kök neden analizi aracı, yedi kritik kalite aracından biri olarak kabul edilmektedir. Kılçık diyagramı, bir etkinin veya sorunun birçok olası nedenini tanımlamaktadır. Beyin fırtınası oturumları düzenlemek için kullanılabilir. Fikirleri hızlı bir şekilde faydalı kategorilere ayrılmalıdır (Fishbone Diagram, techtarget).

Kılçık diyagramları genel olarak meydana gelen veya gelebilecek olan sorunların, neyden meydana gelebileceğini anlamak için kullanılmaktadır. Bir kılçık diyagramı oluşumuna Şekil 3.10.'daki gibi bir örnek verilebilmektedir.



Şekil 3. 10. Kılçık Diyagram Örneği

Kaynak: Bandırma C., <https://cerenbandirma.wordpress.com/2014/08/26/problemin-sonucunu-degil-nedenini-ogren/>

Bu kılçık diyagramı, meydana gelen yakıt israfının nedenlerini anlamaya çalışmak için oluşturulmaktadır. Takımın içgörü sağlaması için dört genel tema kullanılmaktadır. Bir dal katmanı, sorunun nedeni hakkında fikir vermektedir.

Örneğin, "makine" başlığı altındaki "sönük lastikler" terimi, belirli bir makine numarası ile takip edilen iki tip ekipmanı ifade eder. Bazı fikirlerin iki farklı yerde olduğuna dikkat edilmelidir. Örneğin 'Kullanım klavuzu yok', malzeme başlığı altında hem tavsiye edilen benzin bölümünde hem de doğru yağın bilinmemesi bölümünde karşımıza çıkabilecek alt sorun olarak görülmektedir.

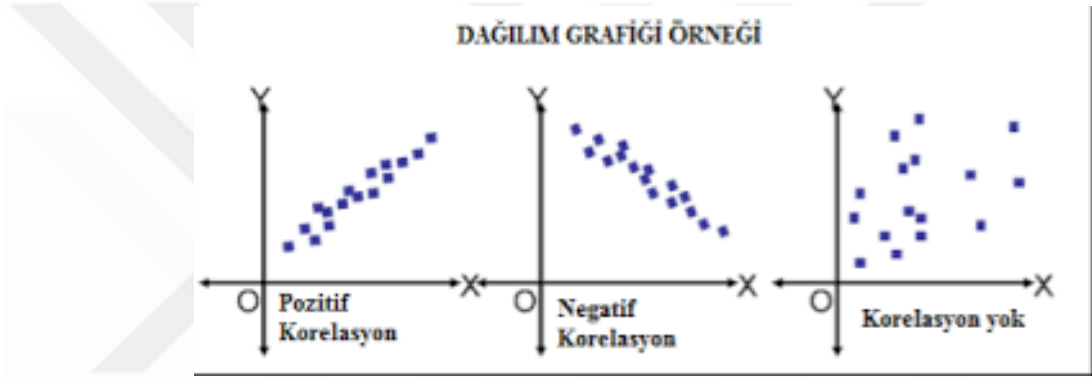
3.4.5. Serpilme (Dağılım) Diyagramı

Dağılım çizelgeleri, XY çizelgeleri olarak da bilinmektedir. Bir dağılım grafiği, aralarındaki ilişkiyi keşfetmek için her ekseninde bir değişken kullanarak sayısal veri çiftlerini çizer. Değişkenler ilişkiliyse, noktalar düz bir çizgi veya eğri boyunca olur. Korelasyon ne kadar iyi olursa, çizginin etrafındaki noktalar o kadar sıkı olmaktadır. Bu kök neden analizi aracı, yedi kritik kalite aracından biri olarak kabul edilmektedir (Effect Analysis, mindtools). Dağılım diyagramları kullanım yerleri;

- Sayısal verilerin eşleştirilmesinde
- Bağımlı değişkenlerin, bağımsız değişkenlerden her bir değeri için birden fazla değere sahip olduğunda
- İki değişkenin ilişkili olup olmadığını belirlemeye çalışırken, örneğin:

- Sorunların olası kök nedenlerini belirlemeye çalışırken
- Belirli bir neden ve sonucun ilişkili olup olmadığını objektif olarak belirlemek için bir balık kılıcı diyagramı kullanarak nedenler ve sonuçlar hakkında beyin fırtınası yaptıktan sonra
- İlişkili gibi görünen iki etkinin aynı nedenle ortaya çıkıp çıkmadığını belirlerken
- Bir kontrol grafiği oluşturmadan önce otokorelasyonu test ederken kullanılabilir (Scatter diagram, kanbanize).

Şekil 3.11. de dağılım grafiği örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 11. Dağılım Grafiği Örneği

Kaynak: <https://yalin-dunya.com/2019/11/19/serpilme-diyagrami/>

Dağılım Şeması Konuları

Dağılım grafiği bir ilişki gösterse bile, bir değişkenin diğerine neden olduğunu varsayılmamalıdır. Her ikisi de üçüncü bir değişkenden etkilenebilmektedir. Verileri çizerken grafik düz bir çizgiye ne kadar yakınsa, ilişki o kadar güçlü olmaktadır. Soy belirsizse, istatistikler (N ve Q), bir ilişkinin var olduğuna dair makul bir güvence olup olmadığını belirler. İstatistikler hiçbir ilişki göstermiyorsa, model tesadüfen ortaya çıkmış olabilmektedir. Dağılım grafiği ilişkileri göstermiyorsa değişkenler arasında, verileri katmanlara ayırmak düşünülebilir. Çizimle ilgili değilse, bağımsız değişkenin (x eksen) önemli ölçüde değişip değişmediği kontrol edilmelidir. Veriler yeterince geniş olmadığı için ilişkiler belirgin olmayabilmektedir (Scatter diagram, kanbanize).

3.4.6. Kontrol Sayfası

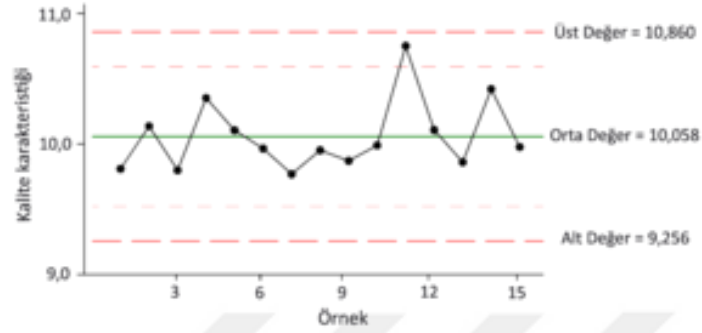
Kontrol sayfası, verileri toplamak ve analiz etmek için yapılandırılmış, hazırlanmış bir formdur. Farklı amaçlar için özelleştirilebilen ve en iyi 7 kalite aracından biri olarak kabul edilen genel bir veri toplama ve analiz aracıdır (Groover,2016). Kontrol sayfası;

- Veriler aynı kişi tarafından veya aynı yerde tekrar tekrar gözlemlenip toplanabiliyorsa
- Olayların, sorunların, kusurların, kusurların yeri, kusur nedenleri veya benzer sorunların sıklığı veya kalıpları hakkında veri toplarken
- Bir üretim sürecinden veri toplarken
- Sorunları ortaya çıktıkça bulup düzelterek devam eden süreçleri kontrol ederken
- Bir süreçten beklenen sonuç aralığını tahmin ederken
- Bir sürecin kararlı olup olmadığını belirlerken (istatistiksel kontrolde)
- Özel nedenlerden (rutin olmayan olaylar) veya yaygın nedenlerden (süreçte yerleşik) süreç varyasyon kalıplarını analiz ederken
- Kalite iyileştirme projesinin belirli sorunları önlemeyi mi yoksa süreçte temel değişiklikler yapmayı mı amaçlayacağını belirlerken kullanılabilir.

Kontrol grafiği, bir sürecin zaman içinde nasıl değiştiğini incelemek için kullanılan bir grafiktir. Veriler kronolojik sırayla sunulmaktadır. Kontrol çizelgeleri her zaman ortalamayı temsil eden bir orta çizgiye, üst kontrol limitini temsil eden bir üst çizgiye ve alt kontrol limitini temsil eden bir alt çizgiye sahiptir. Bu çizgiler geçmiş verilere göre belirlenmektedir.

Mevcut verileri bu satırlarla karşılaştırarak, süreç varyansının tutarlı (ayarlanmış) veya beklenmedik (kontrol dışı, belirli bir varyans nedeninden etkilenmiş) olup olmadığı hakkında sonuçlar çıkarılabilmektedir. Bu çok yönlü veri toplama ve analiz aracı, çeşitli endüstrilerde kullanılabilir ve yedi temel kalite aracından biri olarak kabul edilmektedir. Kontrol çizelgeleri ikili değişken verileri için kullanılır.

Aşağıdaki grafik, işlem verilerinin dağılımının ortalamasını veya merkezini temsil eder. Verilerin anlık görüntüleri hedefleniyorsa, ortalama, anlık görüntülerin kümelendiği yerdir ve aralık, bunların ne kadar topaklı olduğudur. Kontrol çizelgeleri yalnızca öznitelik verileri için kullanılmaktadır (Groover,2016). Şekil 3.12. de kontrol grafiği örneği gösterilmektedir.



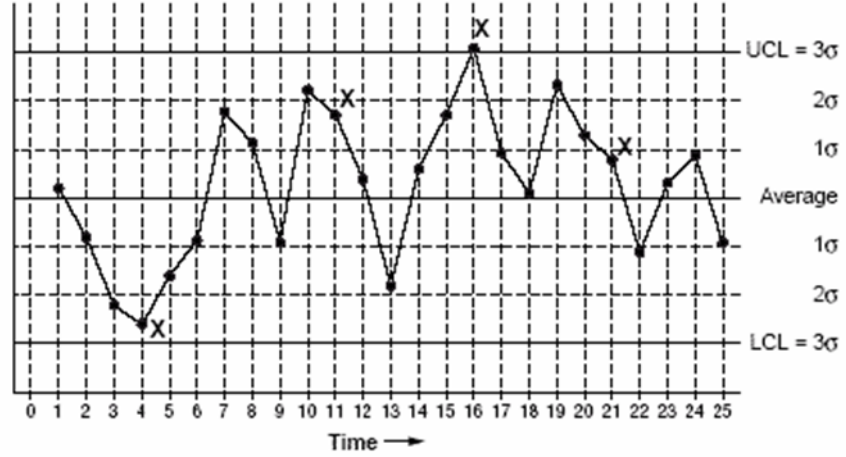
Şekil 3. 12. Kontrol Grafiği Örneği

Kaynak: <https://endustriyiz.blogspot.com/2013/07/kontrol-semalar.html>

Kontrol Dışı Sinyaller

Şekil 3.13. de belirtilen çalışmada kontrol dışı sinyaller olduğu gözlemlenmektedir. Kontrol dışı sinyaller aşağıdaki gibi açıklanabilmektedir:

- Kontrol limitlerinin dışında tek bir nokta. Şekil 313.'de, on altıncı nokta UCL'nin (üst kontrol limiti) üzerindedir.
- Ardışık üç noktadan ikisi, merkez çizgisinin aynı tarafında ve ondan 2σ daha uzaktadır. Şekil 3.13.'de 4. nokta bu sinyali gönderir.
- Ardışık beş noktadan dördü merkez çizgisinin aynı tarafında ve ondan 1σ daha uzaktadır. Şekil 3.13.'de, nokta 11 bu sinyali gönderir.
- Arka arkaya sekizlik bir koşu, merkez çizgisinin aynı tarafındadır. Veya 11 üzerinden 10, 14 üzerinden 12 veya 20 üzerinden 16. Şekil 3.13.'de, 21 noktası merkez çizgisinin üzerinde sekizinci sıradadır.
- Veriler ve süreç hakkında olağandışı bir şey öneren bariz tutarlı veya kalıcı kalıplardır.



Şekil 3. 13. Kontrol Tablosu, Kontrol Dışı Sinyaller Örnek Gösterimi

Kaynak: <https://endustriyiz.blogspot.com/2013/07/kontrol-semalar.html>

Yeni bir kontrol çizelgesine başlandığında süreç kontrolden çıkmış olabilmektedir. Eğer öyleyse, ilk 20 noktadan hesaplanan kontrol limitleri koşullu limitlerdir. Prosesin kontrol altında çalıştığı bir dönemden en az 20 ardışık nokta olduğunda, kontrol limitlerini yeniden hesaplanmalıdır (Zeyveli ve Selalmaz,2008).

3.4.7. Gruplandırma (Tabakalaşma)

Tabakalaşma, verileri, insanları ve nesnelere farklı gruplara veya katmanlara ayırma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Diğer veri analiz araçlarıyla birlikte kullanılan bir tekniktir. Farklı kaynaklardan veya kategorilerden veriler toplandığında, verilerin anlamını görmek zor olabilmektedir. Veri toplama ve analiz teknolojisi, bu verileri kalıpların görülebilmesi için ayırır ve yedi temel kalite aracından biri olarak kabul edilmektedir (Seven Quality Tools,qualitygurus). Tabakalaşma;

- Veri toplamadan önce
- Veriler, vardiyalar, haftanın günleri, tedarikçiler veya nüfus grupları gibi çeşitli kaynaklardan veya koşullardan geldiğinde
- Veri analizi farklı kaynakların veya koşulların ayrılmasını gerektirebildiğinde kullanılmaktadır.

Tabakalaşma analizi hususları şunlardır;

- Anket verileri genellikle katmanlaştırmadan yararlanılmaktadır.

- Veri toplamadan önce her zaman analiz sırasında katmanlaştırmanın gerekli gerekmediğini düşünülmesi gerektiği gibi, Tabakalaşma bilgilerini toplamasının planlanması gerekmektedir.
- Grafikte kullanılan işaretleri veya renkleri tanımlayan bir gösterge eklenmelidir (Quality Resources,asq.org).

3.5. Kalite Geliştirmede Kullanılan Diğer Teknikler

Kalite geliştirmede kullanılan 7 temel teknik haricinde diğer yöntemlerde mevcuttur. Bu yöntemler, Poka-Yoke, 5S, Hata Ağacı Analizi, Kontrol Planı, PUKÖ Döngüsü, Deney Tasarım, Beyin Fırtınası, HTEA, Altı Sigma, Akış Şeması, 8D Tekniği olarak sıralanabilir. Bu başlık altında bu tekniklerden ve tanımlarından bahsedilmektedir.

3.5.1. 5S Tekniği

5S kalite araçları, 'S' ile başlayan beş Japonca terimden türetilmiştir ve görsel inceleme ve yalın üretim için uygun bir iş yeri yaratmak için kullanılmaktadır. 5S'nin temelleri öğrenmesi kolay ve pratik yapmak için gerekli bilgiler aşağıda belirtilmektedir (5S Nedir,donusumdanismanlik):

Seiri: Gerekli alet, parça ve talimatları gereksiz malzemelerden ayırmak ve gereksiz olanları çıkarmak.

Seiton: Kullanım kolaylığı için parçaları ve araçları düzgün bir şekilde düzenlemek ve tanımlamak.

Seiso: Bir temizlik kampanyası yürütmek.

Seiketsu: Bir işyerini mükemmel durumda tutmak için günlük seiri, seiton ve seiso yapmak.

Shitsuke: Her zaman ilk dört S'yi takip etme alışkanlığını oluşturma

Şekil 3.14. de 5S uygulama teknikleri gösterilmektedir.



Şekil 3. 14. 5S Uygulama Teknikleri

Kaynak: Dönüşüm D., <https://www.donusumdanismanlik.com/5s-nedir-nasil-uygulanir/>

5S programının avantajları;

Yalın bir 5S programının uygulanmasından elde edilecek faydalar şunları içermektedir:

- Geliştirilmiş güvenlik
- Daha yüksek ekipman kullanılabilirliği
- Daha düşük kusur oranları
- Azaltılmış maliyetler
- Artan üretim çevikliği ve esnekliği
- İyileştirilmiş çalışan morali
- Daha iyi varlık kullanımı
- Müşteriler, tedarikçiler, çalışanlar ve yönetim için geliştirilmiş kurumsal imaj

olarak maddelenebilmektedir (5S Nedir,donusumdanismanlik).

Şekil 3.15. de 5S kontrol listesi örneği gösterilmektedir.

elimran		"5S" KONTROL LİSTESİ	BÖLÜM	SORUMLUSU:	TARİH:	DEĞERLENDİREN:				
5S	NO	DEĞERLENDİRME KONUSU	PUANLAMA					KİSMİ TOPLAM		
			0	1	2	3	4			
SEIRI AYIKLAMA	1	Hat alanı içinde gereksiz parça veya malzeme var mı?								
	2	Hat alanı içinde kullanılmayan tezgah veya aparat var mı?								
	3	Hat alanı içinde aparat veya takımlar dağınık durumda mı?								
	4	Gereksiz nesnel herkesçe anlaşılacak şekilde işaretlenmiş mi?								
	5	Gereksiz nesnel anında ortadan kaldırılıyor mu?								
SEİTON DÜZENLEME	6	Malzeme aparat ve alanların işaretlenmesinde etiket, renk ve sinyaller kullanılıyor mu?								
	7	Her malzeme için stok alanlarında belirli yerler işaretlenmiş mi?								
	8	Sık kullanılan nesne ve malzemeler el altında mı?								
	9	Çizgi ve işaretlerle çalışma, stoklama alanları ve koridorlar sınırlanmış mı?								
	10	Aparat ve gereçler bulunmalarını ve kullanılmalarını kolaylaştıracak şekilde düzenlenmiş mi?								
SEİSO TEMİZLEME	11	Zemin temiz ve düzenli mi?								
	12	Takımlar, tezgahlar ve yağlama sistemleri temiz ve düzenli mi?								
	13	Çalışanlar vardiya sonu iş yeri temizliği yapıyor mu?								
	14	Temizliği koordine eden kişiler belirli mi?								
	15	Temizlik ve düzen herkes için bir alışkanlık haline gelmiş mi?								
SEİKETSU SÜREKLİLİK	16	Çalışma alanları işe göre havalandırılmış ve aydınlatılmış mı?								
	17	Çalışanların iş elbiseleri temiz ve düzenli mi?								
	18	Temizlik ve düzenin bozulmasını önleyecek araç ve sistemler belirlenmiş mi?								
	19	"5S" ile ulaşılan sonuçları korumaya yönelik kurallar konmuş mu?								
	20	"5S" ile ulaşılan sonuçlar herkes tarafından biliniyor mu?								
SHITSUKE ÖZEN	21	Tüm çalışanlar uygun giysiler ve gerekli durumlarda koruyucular kullanıyor mu?								
	22	Hat içerisinde işbirliği ve takım ruhu yaratılmış mı?								
	23	Çalışma ve toplantı saatlerine uyuluyor mu?								
	24	Davranış kuralları herkes tarafından biliniyor mu?								
	25	Bu kurallara herkes uyuyor mu?								
			Hedef puan : 15							
Puanlama kriterleri:			BİR ÖNCEKİ TOPLAM PUAN					TOPLAM PUAN		
0-ÇOK KOTU		:istenen hiç uygulanmıyor (DAHA YAPACAK ÇOK İŞ VAR)								
1-KOTU		:istenen yetersiz ve rastgele uygulanıyor ("S" ORADAN GEÇMİŞ)								
2-ORTA		:istenen orta derecede uygulanıyor (BİRŞEYLER KİMİLDİYOR GİBİ)								
3-İYİ		:istenen genellikle uygulanıyor (BİRAZ DAHA GAYRET)								
4-MUKEMMEL		:istenen inanılarak ve başarı ile uygulanıyor (ARTIK ZİRVEDEYİZ)								

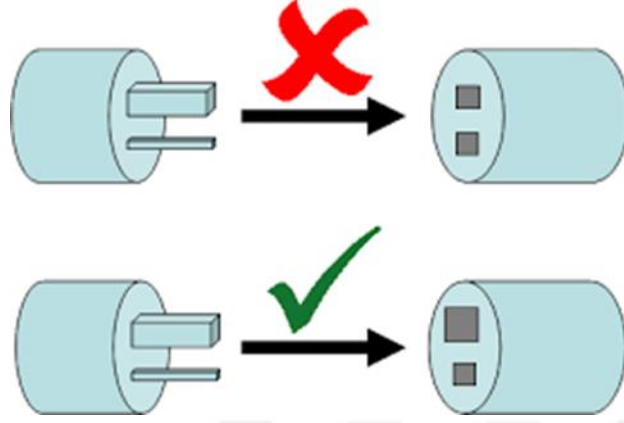
Şekil 3. 15. 5S Kontrol Listesi Örneği

Kaynak: Kuzu, <https://www.slideshare.net/TANERKUZU/elimsan-5-s-formu>

3.5.2. Poke-Yoke

Hata önleme veya Japonca eşdeğeri poka-yoke (PO-ka yo-KAY olarak telaffuz edilir), herhangi bir otomatik cihaz veya yöntemin kullanılmasıdır; bu, bir hatanın

oluşmasını imkânsız hale getirir veya bir kez meydana geldiğinde hatayı hemen belirgin hale getirmektedir. Yaygın bir süreç analizi aracıdır (Poka-yoke,kanbanize). Şekil 3.16. da temsili Poke-Yoke örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 16. Poke-Yoke Gösterimi

Kaynak: Çeyrek Mühendis, <https://www.ceyrekmuhendis.com/poka-yoke-nedir/>

Hata Koruma Ne Zaman Kullanılır?

- ✓ Özellikle çalışanın dikkatine, becerisine veya deneyimine dayanan süreçlerde, insan hatasının hatalara veya kusurlara neden olabileceği bir süreç adımı belirlendiğinde
- ✓ Müşterinin çıktığı etkileyen bir hata yapabileceği bir hizmet sürecinde
- ✓ Bir süreçteki elden çıkarma adımında, çıktı (veya hizmet süreçleri için müşteri) başka bir çalışana aktarıldığında
- ✓ Sürecin başındaki küçük bir hata, daha sonra süreçte büyük sorunlara neden olduğunda
- ✓ Bir hatanın sonuçları pahalı veya tehlikeli olduğunda kullanılmaktadır (Poka-yoke, isixsigma).

Ayar ve Düzenleyici İşlevler

Ayar işlevleri, bir süreç parametresinin veya ürün özneliğinin hatalar için denetlendiği yöntemlerdir:

- Temas veya fiziksel yöntem, genellikle bir sensör kullanarak çap veya sıcaklık gibi fiziksel bir özelliği kontrol eder.

- Hareket adımı veya sıralama yöntemi, adımların sırayla yapıldığından emin olmak için işlem sırasını kontrol eder.
- Sabit değer veya gruplama ve sayma yöntemi, tekrarları veya parçaları sayar veya eksiksizliği sağlamak için bir öğeyi tartar.
- Bazen dördüncü bir ayar işlevi eklenir, bilginin gerektiğinde ve yerde erişilebilir ve algılanabilir olmasını sağlayan bilgi geliştirmedir.
- Düzenleyici işlevler, çalışanları bir hata oluştuğu konusunda uyarıcı sinyallerdir.
- Uyarı işlevleri; ziller, ışıklar ve diğer duyuşal sinyallerdir. Renk kodlaması, şekiller, semboller ve ayırt edici sesler kullanılmak olarak düşünülebilir.
- Kontrol işlevleri, hata düzeltilene kadar (hata zaten meydana gelmişse) veya koşullar doğru olana kadar (denetim bir kaynak denetimiye ve hata henüz oluşmadıysa) sürecin ilerlemesini engellemektedir (Poka-yoke, leanfactories).

3.5.3. Kaizen

Kaizen, küçük, sürekli olumlu değişikliklerin büyük iyileştirmelere yol açtığı fikrine dayanan sürekli iyileştirme yaklaşımıdır. Değişimi yönlendirmek için kapsamlı veya yukarıdan aşağıya değişimi kullanan yaklaşımların aksine, tipik olarak iş birliği ve katılımı dayanmaktadır. İyileştirme, yalın üretimin ve Toyota tarzının özüdür. Hataları azaltmak, israfı ortadan kaldırmak, üretkenliği artırmak, çalışanlar arasında amaç ve hesap verebilirliği teşvik etmek için imalat endüstrisinde geliştirilmiştir ve inovasyonu teşvik etmek için birçok yorumu olan geniş bir kavramdır. Sağlık dahil olmak üzere birçok başka endüstri tarafından benimsenmektedir. Herhangi bir iş alanına uygulanabilir ve kişisel düzeyde de uygulanabilir. Kaizen tekniği ile birçok yaklaşım ve araç kullanabilmektedir. Toplam Kalite Yönetimi, bir ürün veya hizmet üretmek için gereken bilgi veya malzeme akışlarını ve çalışanları belgeleyen, analiz eden ve iyileştiren değer akış haritalamasını belgeleyen bir yönetim çerçevesidir (Kaizen Nedir, donusumdanismanlik).

Her seviyede kaliteyi geliştirmeye odaklanılmalıdır. Metodolojiden bağımsız olarak, Kaizen'in bir organizasyon ortamında başarılı bir şekilde kullanılması, tüm organizasyonun ve CEO'nun aşağı yönlü yaklaşımlarının desteğine bağılıdır. Kaizen, "iyi değişim" veya "şıfa" anlamına gelen iki Japonca kelimenin birleşimidir. Ancak Kaizen, Yalın metodoloji ve ilkeleri ile ilgili olduğunda "sürekli iyileştirme" anlamına gelir. Kaizen, İkinci Dünya Savaşı sonrası Japon kalite çevrelerinde ortaya çıkmıştır. Bu çevreler veya işçi grupları, Toyota'da başarısızlığı önlemeye odaklanmaktadır. Kalite kontrolünün doğrudan kendi çalışanlarının ellerine bırakılması gerektiğini savunan W. Edwards Deming gibi Amerikan yönetim ve üretkenlik danışmanları tarafından ülkeye gönderildi. Kaizen'e yanıt olarak geliştirildi ve 1986'da Masaaki Imai tarafından Kaizen: Japonya'nın Rekabetçi Başarısının Anahtarı adlı kitabında popüler hale getirildi (Laraia vd.,1999). Şekil 3.17. de Kaizen örneği gösterilmektedir.



Kaynak: Dönüşüm Danışmanlık, <https://www.donusumdanismanlik.com/kaizen-nedir-10-adim-uygulama-teknigi/>

Kaizen'in 10 İlkesi

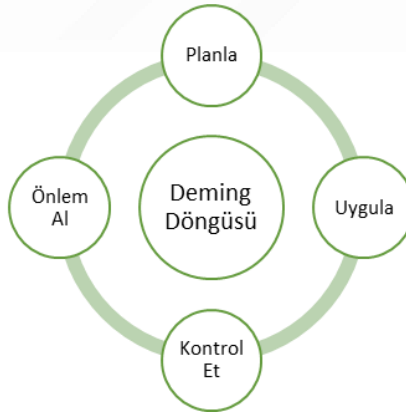
Kaizen'i yürütmek, bir şirket genelinde doğru zihniyeti etkinleştirmeyi gerektirdiğinden, Kaizen zihniyetine hitap eden 10 ilke, genellikle felsefenin özü olarak adlandırılmaktadır. Bunlar:

- ✓ Varsayımlar bırakılmalıdır.
- ✓ Sorunları çözmeye konusunda proaktif olunması gerekmektedir.
- ✓ Statükoyu (hali hazırda, sürer durum) kabul edilmemelidir.
- ✓ Mükemmeliyetçiliği olunmamalı ve yinelemeli, uyarlanabilir bir değişim sağlanmalıdır.

- ✓ Hataları buldukça çözümler aranması gerekmektedir.
- ✓ Herkesin katkıda bulunmaya yetkili olduğunu hissettiği bir ortam yaratılmalıdır.
- ✓ Bariz sorun kabul edilmemeli; bunun yerine, temel nedene ulaşmak için beş kez "neden" diye sorulmalıdır.
- ✓ Birden fazla kişiden bilgi ve görüş alınmalıdır.
- ✓ Düşük maliyetli, küçük iyileştirmeler bulmak için yaratıcılıkları ön plana çıkmalıdır.
- ✓ Geliştirmeyi asla bırakmamalıdır (Kaizen Nedir,donusumdanismanlik).

Kaizen Nasıl Çalışır?

Kaizen, her şeyin iyileştirilebileceği ve hiçbir şeyin mevcut olmadığı inancına dayanmaktadır. Aynı zamanda insana saygı ilkesine de dayanmaktadır. Kaizen, sorunları ve fırsatları tanımlamayı, çözümler yaratmayı ve bunları uygulamaya koymayı, ardından yetersiz şekilde ele alınan sorunlar ve sorunlar için süreç boyunca tekrar dolaşmayı içermektedir. Sürekli iyileştirme için yedi adımdan oluşan bir döngü uygulanabilmekte ve bu süreci yürütmek için sistematik bir yöntem sağlayabilmektedir (LeBlanc,1999). Şekil 3.18. de Deming Döngüsü şematığı gösterilmektedir.



Şekil 3. 18. Deming Döngüsü

Kaynak: Sigmacenter, <https://sigmacenter.com.tr/iso-90012015-standardinda-proses-yaklasimipuko-dongusu-iliskisi/>

Deming döngüsünün 4 adımı; Planla, yap, kontrol et, harekete geç veya PDCA' da özetlenen gibi ek yaklaşımlar mevcuttur. Shewhart döngüsü veya Deming döngüsü olarak da bilinir.

Kaizen Olaylarının Türleri

Kaizen'in amacı yaygın kültürel değişim olmasına rağmen, ilgili çabaları başlatmak veya belirli bir dizi soruna odaklanmak için etkinlikler gelişmektedir.

Batı'da, kısa vadeli bir hedefe ulaşmak için hızlı değişiklikler yapmaya yönelik bu yoğun çabalar genellikle Kaizen çabalarının kapsamıdır. Kaizen etkinlikleriyle ilişkilendirilen, Kaizen yıldırımı, Kaizen patlaması, Kaizen çalıştay, odaklı iyileştirme çalıştay, sürekli iyileştirme çalıştay ve hızlı süreç çalıştay gibi sayısız isim vardır. Bu olaylar çeşitli araçlara dayanabilmektedir veya 5S çerçevesi, toplam üretken bakım ve değer akışı haritalaması gibi belirli alanlara odaklanabilmektedir (Mackle,2000).

Kaizen 5S Çerçevesi

5S çerçevesi, Kaizen sisteminin kritik bir parçasıdır ve ideal bir fiziksel iş yeri oluşturmaktadır. 5S; karlılığı, verimliliği, hizmeti ve güvenliği artırmak için görsel düzen, organizasyon, temizlik ve standardizasyon oluşturmaya odaklanır (Mackle,2000).

Seiri/Sırala (düzenle). Gerekli işyeri eşyalarını gereksiz olanlardan ayırın ve gereksiz eşyaları kaldırın.

Seiton/Sırayla ayarlayın (düzen oluşturun). Öğeleri, iş için en anlamlı şekilde kolay erişime izin verecek şekilde düzenleyin.

Seiso/Shine (temizlik). Çalışma alanını temiz ve düzenli tutun.

Seiketsu/Standardize (standartlaştırılmış temizlik). İşyeri temizliğine ilişkin en iyi uygulamaları sistematik hale getirin.

Shitsuke/Sustain (disiplin). Bu çabayı sürdürün.

Kaizen'in Avantajları ve Dezavantajları

Kaizen'in bir organizasyon için avantaj olmasının birkaç nedeni vardır ancak, daha az uygun olduğu bazı durumlar vardır. Kaizen'in avantaj ve dezavantajlarından bazıları şunlardır:

Avantajlar:

Kaizen'in kademeli iyileştirmeye odaklanması, değişim direncini ve geri itmeyi kışkırtma eğilimleri nedeniyle terk edilebilecek büyük çabaların aksine, değişime daha yumuşak bir yaklaşım yaratabilmektedir.

- ✓ Kaizen, hataların ve israfın azaltılması için süreçlerin incelenmesini teşvik eder.
- ✓ Daha az hata ile gözetim ve denetim ihtiyaçları en aza indirilir.
- ✓ Kaizen bir değer ve amaç duygusunu teşvik ettiği için çalışanların morali artar.
- ✓ Çalışanlar departmanlarının belirli konularının ötesinde düşündükçe ekip çalışması artar.
- ✓ Çalışanlar müşteri gereksinimlerinin daha fazla farkına vardıkça müşteri odağı genişler.
- ✓ Hem kısa hem de uzun vadede iyileştirmelerin teşvik edilmesini sağlayacak sistemler mevcuttur (Marin-Garcia vd.,2009).

Dezavantajlar:

- ✗ Bölgeselleşme ve kapalı iletişim kültürlerine sahip şirketlerin, alıcı bir ortam yaratmak için öncelikle kültürel değişikliklere odaklanması gerekebilmektedir.
- ✗ Kısa vadeli Kaizen etkinlikleri, sığ ve kısa ömürlü ve bu nedenle sürdürülmeyen bir heyecan patlaması yaratabilmektedir (Marin-Garcia vd.,2009).

Kaizen Örnekleri

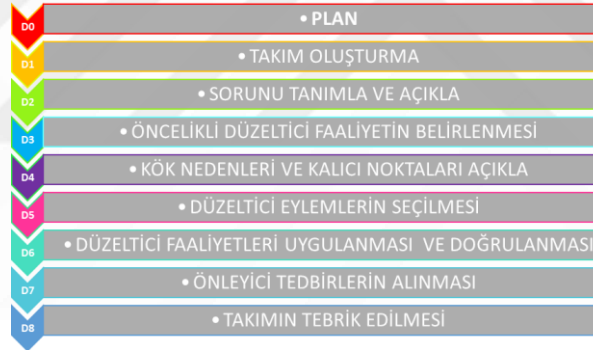
Toyota, tartışmasız en ünlü Kaizen kullanımıyla bilinmektedir, ancak diğer şirketler bu yaklaşımı başarıyla kullanmıştır. İşte üç örnek:

- Lockheed Martin. Havacılık ve uzay şirketi, Kaizen'in iyi bilinen bir savunucusudur. Yöntemi, üretim maliyetlerini, envanteri ve teslimat süresini başarılı bir şekilde azaltmak için kullanmıştır.
- Ford Motor Şirketi. Yalın adanmış Alan Mulally, 2006'da Ford'un CEO'su olduğunda, otomobil üreticisi iflasın eşiğindedi. Mulally, tarihin en ünlü kurumsal dönüşümlerinden birini gerçekleştirmek için Kaizen'i kullandı.

- Pixar Animasyon Stüdyoları. Pixar, kalite kontrol kontrollerini ve yinelemeli süreçleri kullanarak pahalı film arızası risklerini azaltmak için sürekli iyileştirme modelini uyguladı (Mackle,2000).

3.5.4. 8D Yaklaşımı

Sekiz disiplin (8D) modeli, tipik olarak kalite mühendisleri ve diğer profesyoneller tarafından kullanılan, en yaygın olarak otomotiv endüstrisinde, aynı zamanda sağlık, perakende, finans, devlette kullanılan bir problem çözme yaklaşımıdır ve aynı zamanda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. 8D metodolojisinin amacı, ürün ve süreçlerin iyileştirilmesine yardımcı olarak yinelenen sorunları belirlemek, gidermek ve ortadan kaldırmaktır. 8D problem çözme modeli, kalıcı düzeltici eylemler oluşturarak bir sorunun nedenine odaklanır. Sorunun istatistiksel analizine ve sorunun temel nedenini belirlemeye dayanır. Başlangıçta sekiz seviyeden veya disiplinden oluşan sekiz disiplin sistemi daha sonra erken planlama aşamalarını içerecek şekilde genişletilmiştir. Şekil 3.19. da 8 disiplin listesi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3. 19. 8 Disiplin Listesi

Kaynak: Stiza, <https://stiza.com.tr/danismanlik/operasyonel-mukemmellik/8d-8-disiplin/>

8D Yaklaşımı Nedir, Nasıl Kullanılır?

D0: Planla- Sorunu çözmek için plan yapılmalı ve ön koşulları belirlenmelidir.

D1: Bir ekip kullanılmalı. Ürün/süreç bilgisine sahip bir ekip seçilmeli ve oluşturulmalıdır.

D2: Problem tanımlanmalıdır. Problem için kim, ne, nerede, ne zaman, neden, nasıl ve kaç (5W2H) olduğunu ölçülebilir terimlerle tanımlayarak sorun belirtilmelidir.

D3: Geçici çevreleme planı geliştirilmelidir. Geçici eylemler uygulanmalı ve doğrulanmalıdır. Sorunu herhangi bir müşteriden izole etmek için sınırlama eylemleri tanımlanmalı ve uygulanmalıdır.

D4: Temel nedenleri ve kaçış noktaları belirlenmeli, tanımlanmalı ve doğrulanmalıdır. Sorunun neden oluştuğunu açıklayabilecek tüm geçerli nedenler belirlenmelidir. Ayrıca, sorunun oluştuğu anda neden fark edilmediği de belirlenmelidir. Tüm nedenler, bulanık beyin fırtınası ile belirlenmeden doğrulanmalı veya kanıtlanmalıdır. Belirlenen etki veya soruna karşı nedenleri haritalamak için 5 Neden ve neden - sonuç diyagramları kullanılabilir.

D5: Sorun/uygunsuzluk için kalıcı düzeltmeler (PC'ler) seçilmelidir ve doğrulanmalıdır. Ön üretim programları aracılığıyla, seçilen düzeltmenin müşteri için sorunu çözeceği nicel olarak onaylanmalıdır.

D6: Düzeltici eylemler uygulanmalı ve doğrulanmalıdır. En iyi düzeltici eylemler (CA) tanımlanmalı ve uygulanmalıdır.

D7: Önleyici tedbirler alınmalıdır. Bu ve benzeri tüm sorunların tekrarını önlemek için yönetim sistemleri, işletim sistemleri, uygulamalar ve prosedürler değiştirilmelidir.

D8: Ekip tebrik edilmelidir. Ekibin toplu çabaları takdir edilmelidir. Ekip, kuruluş tarafından resmi olarak teşekkür edilmelidir (8D Methodology, blogs.sap).

3.5.5. Beyin Fırtınası

Beyin fırtınasının birçok farklı versiyonu vardır. Bunlar, tek beyin fırtınası, en çılgın fikir beyin fırtınası, çift ters çevirme, yıldız patlaması ve şematik yöntemleri içermektedir. Şekil 3.20. de beyin fırtınası örnek gösterimi mevcuttur.



Şekil 3. 20. Beyin Fırtınası Gösterimi

Kaynak: Şakar, <https://www.savassakar.com/proje-yonetiminde-veri-toplama-teknikleri-beyin-firtinasi/>

Beyin fırtınasının kullanım yerleri;

- Geniş bir seçenek yelpazesi istendiğinde
- Yaratıcı olduğunda, orijinal fikirler istendiğinde
- Tüm grubun katılımı istendiğinde olarak maddelenebilmektedir (Eleren,2007).

3.5.6. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

Müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için nihai ürün müşteriye teslim edilmeden önce süreçlerde, hizmetlerde, sistemlerde ve tasarımlarda oluşabilecek hataları tespit etmek ve ortadan kaldırmak için tasarlanmış bir yöntemdir.

Bir sistem, tasarım, süreç veya hizmetteki potansiyel eksiklikleri değerlendirmek için özel bir yöntemdir.

Bir sistemdeki, tasarımdaki, süreçteki veya hizmetteki olası arızalar değerlendirilmeli ve bu arızaların nedenleri ve etkileri değerlendirilmelidir.

Sistematik olarak araştıran bir analiz ve değerlendirme yöntemidir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) üretime başlamadan önce yapılır ve olası arıza türlerinin nedenlerinin listelenmesini içerir. HTEA çalışmaları, hataları önlemek ve böylece hasarlı veya değiştirilemez bir parçanın müşteriye ulaşmasını önlemek için gerekli önlemleri belirler. Önleyici faaliyetlerin uygulanmasında yöneticilerin karşılaştığı sorun, hangi faaliyetin öncelikli olduğuna karar verme noktasında ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, hata önleme tekniklerinde de risk derecesine göre hataları önceliklendirme yeteneği aranır.

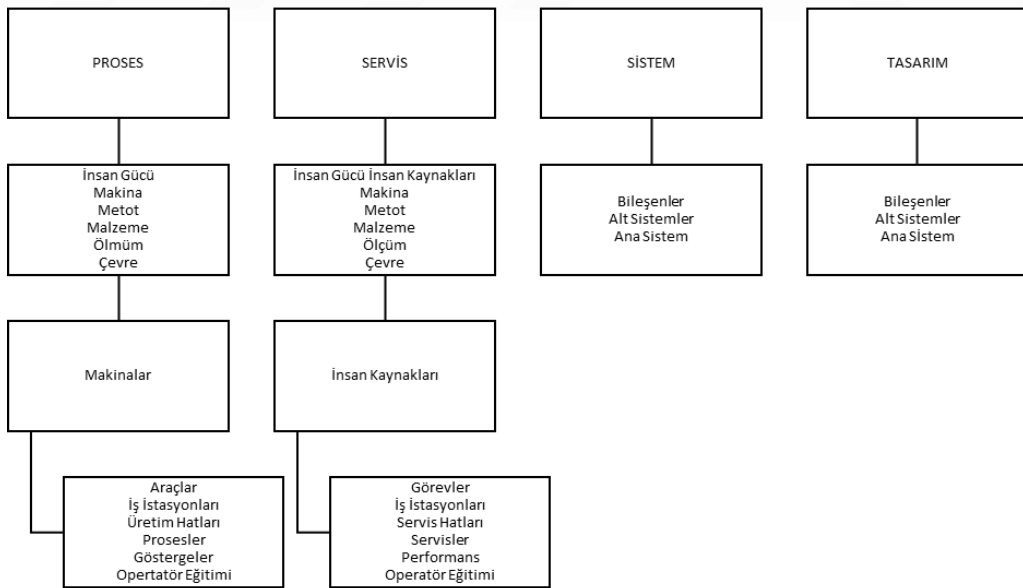
Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), bu özelliği metodolojisine dahil eden bir tekniktir. Hata Türü ve Etkileri Analizi, olası hataları belirlemek ve bunları önceliklendirmek için bir dizi bilgi, süreç ve formdur.

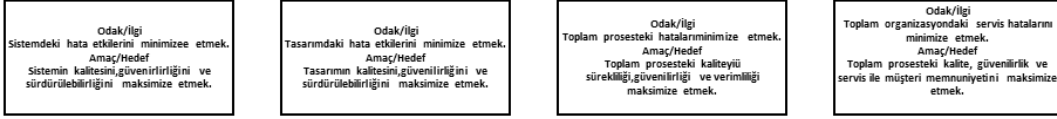
HTEA yöntemi, sistem ve ürün tasarımında, süreç ve bakım faaliyetleri tasarımında kullanılabilir en etkili önleyici tedbirdir ve birçok fayda sağlayacak bir kalite tekniği olarak öne çıkmaktadır. Doğru uygulanırsa şirketlere fayda sağlar. HTEA; Hatayı olabildiğince erken çözmek ve hataların oluşmasını önlemek için kullanılan bir kalite geliştirilmiştir. Hata Modu ve Etkileri Analizi, bir süreç iyileştirme tekniğidir. HTEA, Ürün/süreç/hizmetin kalite ve güvenilirliğini hedeflenen düzeye getirmek için güçlü bir yöntemdir.

Yukarıda verilen tanımlardan birçok ortak amaç ortaya çıkmaktadır. Hataların türünü, ciddiyetini ve etkisini belirleyerek süreçler, hizmetler, sistemler ve tasarımlarla ilgili olası sorunlar tanımlanmalıdır. Ürün geliştirme bazında hata, kusur, hasar ve mazeret şeklinde değerlendirilebilecek tüm sorunları ortadan kaldıracak yöntemler ve testler belirlenmelidir. Ürün riskinin belirlenmesi, kusur türü dahilinde her bir hata türünün önceliklendirilmesi ve risk değerlendirmesi, bu ortak hedeflere ulaşmak için, HTEA verileri objektif olarak toplanmalıdır. Buradaki objektiflik, ilgili kayıtlar tutularak elde edilen veriler ile arıza tipi belirlendikten sonra gerçekleşen durum arasındaki yazışmadır. Bu format, istatistiklerin orta ve uzun vadeli HTEA çalışmalarında sağlıklı sonuçlar vermesini sağlayarak iyileştirme çabalarının değerini göstermektedir. Bu, sistem analizinin önünü açmaktadır. Arıza türlerinin ciddiyeti, oluşma olasılığı ve tespit olasılığı sayısal ağırlıklandırmasıyla elde edilen veriler kullanılarak, her bir arıza türü için ayrı ayrı risk öncelik sayısı belirlenebilmektedir. Bir RÖS tanımlandığında, bu RÖS'lere öncelik verilir ve kritik bir arıza sırası oluşturulur (Dinçer,2008).

HTEA Çeşitleri

HTEA temel olarak dört farklı tipte değerlendirilmektedir. Bunlar Sistem HTEA Proses (Süreç) HTEA, Tasarım HTEA ve Servis HTEA 'dır. Bu ayırım ile tümevarımda HTEA 'nın en sık kullanıldığı konular ve bunların alt amaçları Şekil 3.21. de ele alınmaktadır.





Şekil 3. 21. HTEA Örnek Şablonu

Kaynak: Wikipedia, https://tr.wikipedia.org/wiki/Hata_t%C3%BCrleri_ve_etkileri_analizi

- a) **Sistem HTEA:** Sistemi ve alt sistemleri analiz edip, eksikliklerden doğan fonksiyonlar arasındaki potansiyel hata türlerinin belirlenmesine odaklanır. Amaç ise sistemin korunabilirliğini, kalitesini ve güvenilirliğini arttırmaktır. Diğer bir tanımla sistemdeki yetersizliklerden kaynaklı fonksiyonlar arasında hata türlerine odaklanır. Aynı zamanda sistem elemanlarını ve sistem aralarındaki ilişkiyi kapsar.
- b) **Servis HTEA:** Müşteriye servisin ulaşmadan önce analiz edilmesidir. Buradaki amaç, organizasyonda aksaklıkların analizi ve güvenilirliğini, korunabilirliğini ve kalitesini arttırmaktadır. Servisteki hataların tüm organizasyonları üzerindeki etkileri minimize ederek, güvenilirlik, kalite ve müşteri memnuniyetini maksimum seviyeye çıkarmayı hedefler.
- c) **Tasarım HTEA:** Tasarımdan kaynaklı hatalardan doğan hata türlerine yönelik, üretim başlamadan önce ürünlerin analizinde kullanılan türdür. Bir diğer tanım ise ürünü tasarlama aşamasından önce kullanılan bir teknik olup, tasarımın yetersizliklerinden kaynaklanan olası ürün hata türlerine odaklanır. Tasarım aşamasındaki zayıflıkların giderilmesinde kullanılır. Sürece bağlı değildir.
- d) **Proses HTEA:** Üretim veya montaj proseslerindeki eksikliklerden kaynaklı oluşabilecek hata türlerini azaltmak veya ortadan kaldırmak ve üretim ile montaj prosesinin analizini etmek için kullanılır. Bu hata türünün amacı, müşterilerin beklentilerini ve ihtiyaçlarını karşılamak için, tasarlanmış ürünün özelliklerinin imalat ve süreçleri esnasında tasarımın amacına uygun olarak gerçekleştirilmesini güvenceye almaktır. Donanımdan kaynaklı hatalar, çalışan hataları, kullanılan malzeme veya yöntemin uygun olmaması sonucunda oluşan hatalar, bu yöntem ile

üretime başlamadan belirlenebileceğinden kusurları gidermek kolay olacaktır.

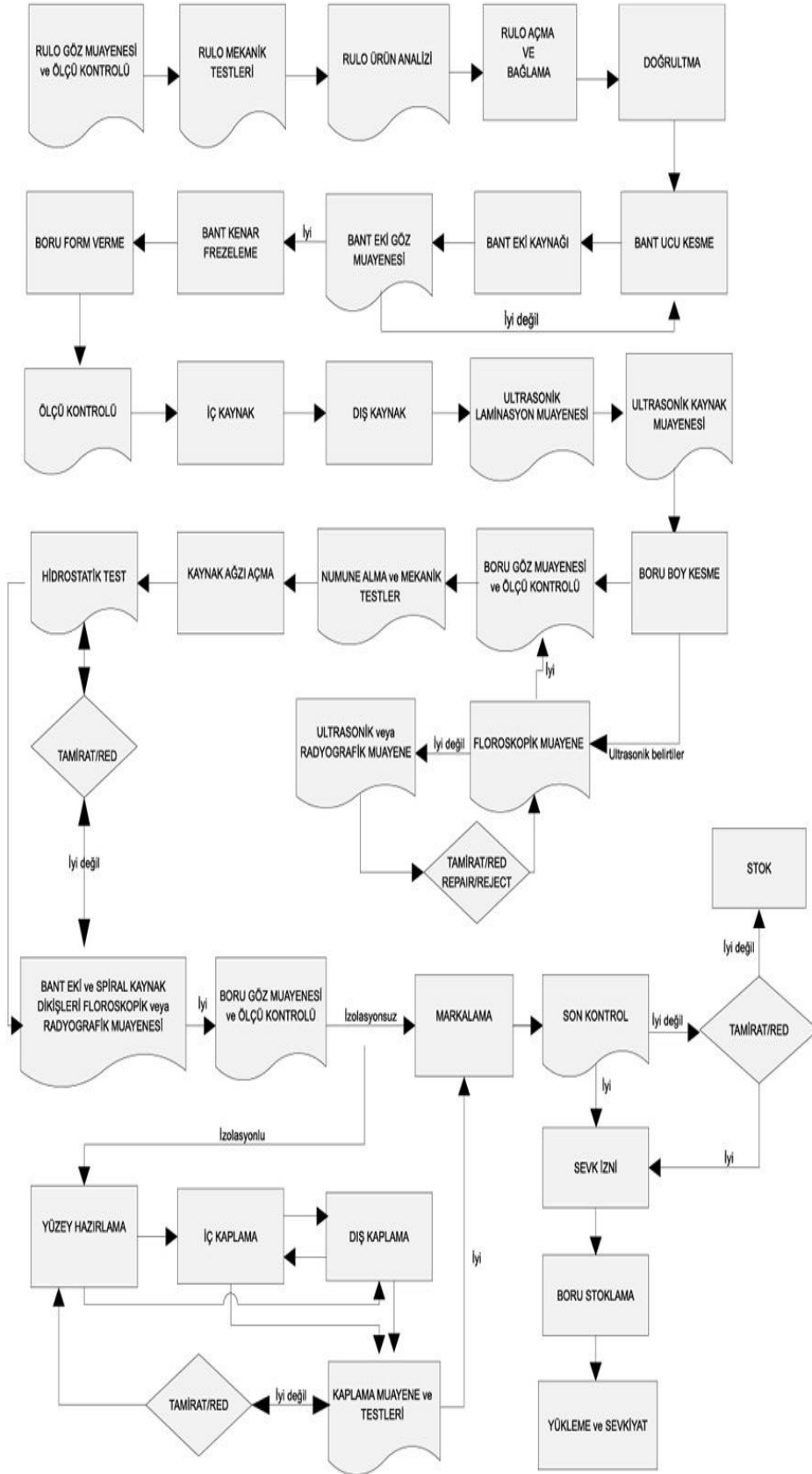
3.5.7. Akış Şeması

Çok çeşitli amaçlar için uyarlanabilen ve üretim süreci, idari veya hizmet süreci veya proje planı gibi çeşitli süreçleri tanımlamak için kullanılabilen genel bir araçtır. Yaygın bir süreç analizi aracıdır ve yedi temel kalite aracından biridir. Bir akış şemasına dahil edilebilecek unsurlar; sürece giren veya çıkan bir dizi eylem, malzeme veya hizmet (girdiler ve çıktılar), alınması gereken kararlar, dahil olan insanlardır. Akış şeması; makro akış şeması, yukarıdan aşağıya akış şeması, ayrıntılı akış şeması (süreç haritası, mikro harita, hizmet haritası veya sembolik akış şeması olarak da adlandırılır), devreye alma akış şeması (aşağıdan yukarıya veya çapraz fonksiyonel akış şeması olarak da adlandırılır), birkaç seviyeli akış şeması (bir sürecin tek tek adımlarının sıralı bir gösterimi) gibi çeşitli varyasyonlar mevcuttur (Akış Şeması, ienstitü).

Bir akış şeması genel olarak:

- ✓ Bir sürecin nasıl yapıldığına dair anlayışı geliştirmek için
- ✓ İyileştirme için bir süreci incelemek için
- ✓ Bir işlemin nasıl yapıldığını başkalarına iletme için
- ✓ Aynı sürece dahil olan kişiler arasında daha iyi iletişim gerektiğinde
- ✓ Bir süreci belgelemek için
- ✓ Bir proje planlarken kullanılmaktadır (Claxton ve Campbell-Allen,2017).

Şekil 3.22. de boru imalatı yapan bir işletmenin akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 3. 22. İşletmeye Ait Akış Şeması Örneği

Kaynak: Emek Boru, <http://www.emekboru.com.tr/uretim-akis-semasi/>

Akış şemalarında sık kullanılan semboller:



Süreçte bir adımdır. Adım kutunun içinde yazılmıştır. Genellikle kutudan yalnızca bir ok çıkmaktadır.



Bir adımdan veya karardan diğerine akışın yönünü temsil etmektedir.



Soruya dayalı karardır. Soru elmasta yazılıdır. Elmastan birden fazla ok çıkmakta ve her biri soruya verilen cevap için sürecin izlediği yönü göstermektedir. (Genellikle cevaplar "evet" ve "hayır" olur.)



Geciktir veya bekle anlamına gelmektedir.



Başka bir sayfaya veya başka bir akış şemasına bağlantı verilmelidir. Diğer sayfadaki aynı sembol, akışın orada devam ettiğini göstermektedir.



Giriş veya çıkışı sembolize etmektedir.



Belge anlamına gelmektedir.



Başlangıç ve bitiş noktaları için alternatif sembollerdir.

3.5.8. Altı Sigma

Altı Sigma, kuruluşlara iş süreçlerinin yeteneklerini geliştirmek için araçlar sağlayan bir yaklaşımdır. Bu artan verim ve azaltılmış süreç varyasyonu, daha az kusura yol açabilmekte ve karı, çalışan moralini ve ürün veya hizmet kalitesini iyileştirebilmektedir. "Altı Sigma kalitesi", sürecin iyi kontrol edildiğini belirtmek için sıklıkla kullanılan bir terimdir (Six Sigma, theleansixsigmacompany). Şekil 3.23. de altı sigma gösterimi belirtilmektedir.



Şekil 3. 23. Altı Sigma Gösterimi

Kaynak: Dönüşüm Danışmanlık., <https://www.donusumdanismanlik.com/6-sigma-nedir/>

Yalın Altı Sigma

Altı Sigma, süreç varyasyonunu azaltmaya ve süreç kontrolünü geliştirmeye odaklanırken, yalın israfı (katma değeri olmayan süreçler ve prosedürler) ortadan kaldırır ve iş standardizasyonunu ve akışını teşvik eder. Altı Sigma ve yalın arasındaki ayırım, "Yalın Altı Sigma" teriminin giderek daha sık kullanılmasıyla bulanıklaşmaktadır. Çünkü süreç iyileştirme, olumlu sonuçlar elde etmek için her iki yaklaşımın da yönlerini gerektirmektedir.

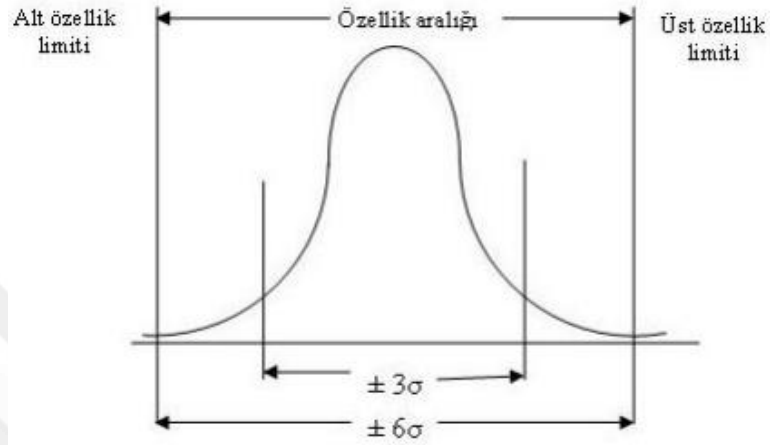
Yalın Altı Sigma, kusur tespiti yerine kusur önlemeye değer veren, gerçeğe dayalı, veriye dayalı bir iyileştirme felsefesidir. Varyasyonu, israfı ve döngü süresini azaltarak, iş standardizasyonu ve akışının kullanımını teşvik ederek ve böylece rekabet avantajı yaratarak müşteri memnuniyetini ve nihai sonuçları yönlendirmektedir. Varyasyon ve israfın olduğu her yerde geçerlidir ve her çalışan dahil edilmelidir (Zhou vd.,2016).

Yalın ve Altı Sigma, müşterilere mümkün olan en iyi kaliteyi, maliyeti, teslimatı ve daha yeni bir özellik olan çevikliği sağlamaktadır. İki disiplin arasında çok fazla örtüşme vardır; ancak ikisi de ortak amaçlarına biraz farklı açılardan yaklaşmaktadır:

- Yalın, israfın azaltılmasına odaklanırken, Altı Sigma varyasyonun azaltılmasına odaklanmaktadır.

- Yalın hedeflerine kaizen, işyeri organizasyonu ve görsel kontroller gibi daha az teknik araçlar kullanarak ulaşırken, Altı Sigma istatistiksel veri analizi, deney tasarımı ve hipotez testi kullanma eğilimindedir.

Başarılı uygulamalar genellikle yalın yaklaşımla başlamaktadır, işyerini mümkün olduğunca verimli ve etkili hale getirir, israfı azaltır, anlayışı ve verimi artırmak için değer akış haritalarını kullanır. Süreç sorunları devam ederse, daha teknik Altı Sigma istatistiksel araçları uygulanabilmektedir (Zhou vd.,2016). Şekil 3.24. de altı sigma örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 24. Altı Sigma Örnek Gösterimi

Kaynak: <https://turgaykayaer.wordpress.com/2014/11/04/6-sigma-nedir/>

BÖLÜM IV

MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Araştırma, MTOSB’de bulunan bir talaşlı imalat işletmesinde yürütülmüştür. İşletme, toplamda 10.000 m² kapalı alana sahip olup üretim faaliyetlerini saat 08:00 – 18:00 arası yürütmektedir. İşletmede mevcut 65 çalışan bulunmaktadır. İşletmeye ait görüntüler Şekil 4.1. de belirtilmektedir.



Şekil 4. 1. İşletmenin Talaşlı İmalat Bölümü Gösterimi

İşletmede talaşlı imalat bölümünün yanı sıra üretim bölümü, pres bölümü, kaynak bölümü, depo ve atölye olmak üzere toplam 6 bölüm bulunmakta olup araştırma, talaşlı imalat bölümünde gerçekleştirilmektedir. Firmanın talaşlı imalat bölümünde montaj hattına, üretime ve atölyeye parçalar işlenerek müşteri isteklerini karşılayabilmek adına hammadde girişi ve ürün çıkışı arasında yoğun bir tempo vardır. Bu araştırmada; ürünlerin işlenmesinde görülen ya da görülebilecek hataların türlerine, bu hataların

şiddetlerine ve müşteri memnuniyeti ve firmanın yükselmesi adı altında hatalara karşı önleyici faktörlerin nasıl uygulandığına değinilmektedir. Talaşlı imalat bölümünde toplamda 43 adet makine mevcut olup bu makinelerin isimleri ve adetleri Tablo 4.1. de ve bulunan makinelerin (tezgahların) resimleri Şekil 4.2. de belirtilmektedir.

Tablo 4. 1. İşletmede Bulunan Makineler

Makineler ve Özellikleri	Adet	Makineler ve Özellikleri	Adet
8" CNC Torna Tezgahı	1	Balans Makinası	1
10" CNC Torna Tezgahı	2	Satın Taşlama Tezgahı	1
12" CNC Torna Tezgahı	1	Dik Planya Tezgahı	1
CNC Dik İşleme Merkezi	2	Pantograf (Kalıp Kopyalama Makinası)	1
CNC Dik İşleme Merkezi 3. Eksen Difüzör	2	Otomatik Şerit Testere Tezgahı (10")	1
Sütun Matkap Tezgahı	3	Profil Kesme Makinası (Giyotin)	1
Üniversal Torna Tezgahı	2	Kurt Ağzı Açma Makinası	1
Üniversal Freze Tezgahı	2	Parmak Freze Bileme Makinası	1
Klavuz Çekme Makinası	1	Şarjlı Matkap	4
Takım Taşlama	1	Eksantrik Pres – 125 Ton	1
Havalı Matkap	3	Çift Tesirli Sıvama Presi 125 Ton	1
Spiral	4	Çift Tesirli Sıvama Presi 250 Ton	1
Elektrikli El Matkapları	2	Friksiyon Kaynak Makinası (Ø16 mm – Ø50 mm)	1
Kırıncı Delici Matkap	1		

<p>8" CNC Torna Tezgahı</p>	
<p>10" CNC Torna Tezgahı</p>	
<p>12" CNC Torna Tezgahı</p>	
<p>CNC Dik İşleme Merkezi</p>	

<p>CNC Dik İşleme Merkezi 4. Eksen Difüzör</p>	
<p>Sütun Matkap Tezgahı</p>	
<p>Üniversa I Torna Tezgahı</p>	

Üniversa
1 Freze
Tezgahı



Klavuz
Çekme
Makinası



Takım
Taşlama



<p>Spiral</p>	
<p>Eksantrik Pres 125 Ton</p>	
<p>Çift Tesirli Sivama Presi 125 Ton</p>	
<p>Çift Tesirli Sivama Presi 250 Ton</p>	

Friksiyo
n
Kaynak
Makinası
(Ø16
mm –
Ø50
mm)



Balans
Makinası






Sath
Taşlama
Tezgahı



Dik
Planya
Tezgahı



<p>Otomatik Şerit Testere Tezgahı (10")</p>	
<p>Profil Kesme Makinası (Giyotin)</p>	
<p>Kurt Ağzı Açma Makinası</p>	

Şekil 4. 2. İşletmede Bulunan Talaşlı İmalat Tezgahlarının Resimleri

4.2. Metod

Bu araştırmada, firmadanın parça işleme sürecinde ve işlenilen parçalarda meydana gelen hataları gözlemlenip yorumlanabilmesi için HTEA metodu uygulanmaktadır.

HTEA, rn veya hizmetin son kullanııcıya ulaşmadan önce tasarım aşamasından, prosesten ya da servis sürecinden kaynaklanan, bilinen veya olası hataların tanımlanması, belirlenmesi ve sorunun giderilmesine yarayan bir mühendislik metodudur. Bir diğer tanımını yapacak olursak HTEA, sistemde bulunan mevcut hataları veya oluşması ihtimal olan hataları belirleyen, sisteme ve sürece etkisini inceleyen, değerlendiren ve hataların giderilmesini veya oluşma olasılığını azaltan çalışmaları belirleyen analizdir. Bu çalışmaların uygulanması halinde problemlerin oluşma ihtimalleri tekrardan değerlendirilir ve dökümante edilir. Pillay and Wang' ın çalışmalarına göre bu metod beş adımda gerçekleştirilebilir. Bu adımlar; başlangıç çalışmaları, sistem, tasarım proses ya da serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar, hata türlerinin değerlendirilmesi, Risk ncelik Sayısı (RS) değerlendirilmesi ve son olarak önleyici faaliyetlerin uygulanması olarak sıralandırılabilir (Yılmaz,1997). Pillay and Wang' ın 5 adım metodu şematiği şekil 4.3. de belirtilmektedir.



şekil 4. 3. Pillay and Wang'ın 5 Adım Metodu şematiği

Kaynak: Wikipedia, https://tr.wikipedia.org/wiki/Hata_t%C3%BCrleri_ve_etkileri_analizi

- ✓ Başlangıç alışmaları, kurulan ekip ile analizi yapılacak ürün veya hizmet belirlenip, uygulama kapsamı ve yapılacağı süreç incelenmesidir.

- ✓ Sistem, tasarım, proses ya da serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar, olası hata türleri, hataların olası etkileri ve nedenleri belirlenip, mevcut kontrollerin tanımlanmasıdır.
- ✓ Hata türlerinin değerlendirilmesi, hatanın olasılık (ortaya çıkma) derecesi, şiddetinin derecesi ve hatanın saptanabilirliğinin (keşfedilebilirliğinin) derecesi tespit edilmesi, bu veriler yardımı ile RÖS değerinin hesaplanmasıdır.
- ✓ RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerlendirilmesi, hata göz ardı edilebilir bir hatamı yoksa önlem alınması gereklimi, eğer önlem gerekiyor ise hangi önlemler alınmalı belirlenmesidir.
- ✓ Önleyici faaliyetlerin uygulanması ve yeni RÖS değerinin hesaplanması, önleyici faaliyetlerin uygulanması sonucu sağlanan iyileşmeler değerlendirilip HTEA sürekli devam eder (Pillay ve Wang,2003).

Hata türü ve etkileri analizi başlığı adı altında konuya daha hâkim olunabilmesi için bazı kavramların anlaşılmasında fayda vardır. Bu kavramlar; hata, hata türü, hata etkisi, hata nedeni, mevcut kontroller, htea elemanı, şiddet, olasılık, saptanabilirlik, risk öncelik sayısı, fonksiyon ve müşteri olarak adlandırılabilir (Dağcı,2019).

Hata, süreçteki yapısal bozukluk, işleyişteki düzensizlik, uygulanıştaki kuralsızlık ve sonucun beklentiyi karşılamaması gibi süreç içerisine dahil istenmeyen her durum olarak tanımlanabilir. Bu durumlar önceden bilinen, tecrübe ile karşılaşılabilen olaylar olabildiği gibi, daha önce hiç karşılaşılmamış ancak karşılaşılabilebilir olan olaylar da olabilir.

Hata türü, fonksiyonun, sistem karmaşıklığına bağlı olarak istenilen şekilde yerine getirememesi, ya da hiçbir şekilde yerine getirememesi durumudur.

Hata etkisi, hata türüne bağlı olarak fonksiyonun, karşılanması beklenen hedefi karşılamadığı takdirde müşterinin yaşadığı negatif geri dönüştür.

Hata nedeni, sistem içerisindeki fonksiyonun, beklenen hedefleri karşılamamasına neden olan faktörlerdir.

Mevcut kontroller, sistemin işleyişini devam ettirebilmek, olası bir başarısızlığın nedeni ile ilişkili riski azaltmak hatta yapılabiliyorsa ortadan kaldırmak için uygulanan

eylemler bütünüdür. Bu kontroller sayesinde oluşacak ya da oluşabilecek hataların müşteriye ulaşmasının engellenmesi amaçlanır.

HTEA elemanı, hata türü ve etkileri analizi kapsamında ele alınan sistemi ifade eder. Hata etkisi, hata olasılıkları, hata türü vb. örnek olarak verilebilir.

Fonksiyon, ürün ya da süreç amacının ne olduğu üzerinde durulur. Bir diğer tanımla ifade edilirse üründen veya süreçten beklenen hedeflerdir.

Müşteri, ürün veya hizmetten faydalanacak son kullanıcıdır. Müşteri herhangi bir kişi olabileceği gibi bir işletme de olabilir.

Şiddet (\$), meydana gelen hatanın müşteri üzerinde etkisinin derecesidir. Etkileri düşükten yükseğe doğru 1 ile 10 arasında numaralandırılır, 10 değeri en yüksek şiddeti ifade eder. Şiddet derecelendirme tablosu Tablo 4.2. de belirtilmektedir.

Tablo 4. 2. Şiddet Derecelendirme Tablosu

Etki	Müşteri Üzerindeki Etki	Müşteri/Nihai Üzerindeki Etki	Derece
İkaz Olmadan Tehlike	Herhangi bir uyarı olmaksızın veya hükümet düzenlemelerini ihlal etmeksizin olası bir hata koşulunun, güvenli bir cihaz olarak kullanımını etkilediği aşırı derecede ciddi bir durum.	Operatörü ikaz olmadan olarak tehlikeye düşürme	10
İkazlı Tehlike	Potansiyel arıza koşullarının güvenli bir cihaz olarak kullanımını etkilediği ve uyarıları veya hükümet düzenlemelerini ihlal ettiği yüksek önemdeki durumlar	Operatörü ikazlı olarak tehlikeye düşürme	9
Çok Yüksek	Cihaz çalışmaz durumda	Ürünün tamamının hurdaya ayrılması ya da cihazın bir saatten fazla tamir bölümünde kalması	8
Yüksek	Cihaz düşük güçte çalışıyor. Müşteri hiç memnun değil.	Ürünün ayıklanması ve bir bölümünün hurdaya ayrılması ya da cihazın tamir bölümünde 30 dakika- 60 dakika arası süre kalması	7
Orta	Cihaz çalışıyor ama konfor ile ilgili unsurlar çalışmıyor. Müşteri memnun değil.	Ürünün bir bölümünün ayrıştırılmadan hurdaya ayrılması ya da cihazın tamir bölümünde yarım saatten az bir süre kalması	6
Düşük	Cihaz Çalışıyor ama konfor unsurları düşük performans ile çalışıyor.	Ürünün tamamının baştan yapılması ya da cihazın üretim hatta dışında, ama servise gitmeden tamir edilmesi.	5

Çok Düşük	Dış görünüm ve montaj unsurlarında uygunsuzluk. Kusur Müşterilerin %75'i tarafından fark edilebilir.	Ürünün ayıklanması ve hiçbiri hurdaya ayrılmadan %100'den daha az bir kısmının yeniden işlenmesi	4
Önemsiz	Dış görünüm ve montaj unsurlarında uygunsuzluk. Kusur Müşterilerin %75'i tarafından fark edilebilir.	Ürünün bir kısmının, hiçbiri hurdaya ayrılmadan, üretim hattı içinde ama istasyon dışında tekrar işlenmesi.	3
Çok Önemsiz	Dış görünüm ve montaj unsurlarında uygunsuzluk Kusur Müşterilerin %75'i tarafından fark edilebilir.	Ürünün bir kısmının, hiçbiri hurdaya ayrılmadan, üretim hattı içinde ama istasyon içinde tekrar işlenmesi.	2
Yok	Fark edilebilir bir etkisi yok.	Ürünün bir kısmının operasyon veya operatöre bir rahatsızlık vermesi ya da hiçbir etkisinin olmaması	1

Olasılık (Ortaya Çıkma) (O), hatanın meydana gelmesinin, oluşmasının olasılığının derece değeridir. Bir diğer ifade ile hataya yol açması ihtimalinin derece değeridir. Olasılık derecelendirme tablosu Tablo 4.3. de belirtilmektedir.

Tablo 4. 3. Olasılık Derecelendirme Tablosu

Olasılık	Olası Hata Oranları	Derece
Çok Yüksek: Sürekli olan hata	Her 1000 parçada 100	10
	Her 1000 parçada 50	9
Yüksek: Sık olan hata	Her 1000 parçada 20	8
	Her 1000 parçada 10	7
Orta: Ara sıra olan hata	Her 1000 parçada 2	6
	Her 1000 parçada 0,5	5
Düşük: Nispeten az olan hata	Her 1000 parçada 0,1	4
	Her 1000 parçada 0,01	3
	Her 1000 parçada 0,001	2

Çok Düşük: Hata olasılığı neredeyse hiç yok	Hata olasılığı yok	1
---	--------------------	---

Saptanabilirlik (S), sistemde gerçekleştirilen kontroller aracılığıyla olası bir hatanın müşteriye ulaşmadan önlenmesi derecesidir. Hatanın keşfedilebilirlik derecesi olarak da tanımlanabilir. Keşfedilebilirlik tablosu Tablo 4.4. de belirtilmektedir.

Tablo 4. 4. Saptanabilirlik (Keşfedilebilirlik) Derecelendirme Tablosu

Saptama Fırsatı	Saptama Olasılığı	Proses Kontrol Saptama Olasılığı	Derece
Saptama fırsatı yok	Hemen hemen İmkânsız	Saptanamıyor veya Denetlenemiyor	10
Herhangi bir işlemde saptama olasılığı düşük	Çok zor	Dolaylı veya rastgele denetimler ile kontrol ediliyor.	9
Takip eden işlemde saptama	Zor	Operasyon sonrası gözle, dokunarak ya da işitsel kontrol yapılıyor.	8
Kaynağında saptama	Çok düşük	İstasyonda gözle, dokunarak, işitsel kontrol yapılıyor veya proses sonrası nitel master kontrolleri yapılmaktadır.	7
Takip eden işlemde de saptama	Düşük	İstasyonda nitel master kontrolleri yapılıyor veya proses sonrası nicel masterlarla kontrol ediliyor.	6
Kaynağında saptama	Orta	İstasyonda nitel master kontrolleri yapılıyor veya istasyonda hatalı parçayı yakalayan ve operatörü uyararak otomatik bir kontrol sistemi mevcuttur.	5
Takip eden işlemde saptama	Ortadan Yüksek	Takip eden işlemlerde hatalı parçayı yakalayan ve parçanın bir sonraki prosese geçmesini engelleyen otomatik kontrol sistemi mevcuttur.	4
Kaynağında saptama	Yüksek	İstasyon içerisinde hatayı yakalayan ve hatalı parçanın üretimini engelleyen otomatik kontrol sistemi mevcuttur.	3

Hata saptama veya problem önleme	Çok Yüksek	İstasyon içerisinde hatayı yakalayan ve hatalı parçanın üretimini engelleyen otomatik kontrol sistemi mevcuttur.	2
Saptama Mümkün	Hemen Hemen Kesin	Uygunsuz parça yapılamaz çünkü parça proses ya da ürün tasarımı yoluyla hataya izin vermez hale getirilmiştir.	1

Risk Öncelik Sayısı (RÖS) ile sistemde bulunan hatalar risk önceliklerine göre sıralanır ve bu doğrultuda önleyici faaliyetler uygulanır. RÖS değeri; şiddet, olasılık ve saptanabilirlik derecelerinin çarpımı sonucu elde edilir. Formülize edilirse;

$RÖS = Ş \times O \times S$ şeklinde yazılabilmektedir.

Önleyici faaliyetler, en yüksek RÖS değerinden başlanarak gerçekleştirilmelidir. Örnek RÖS değeri ve öncelik durum tablosu Tablo 4.5. de belirtilmektedir.

Tablo 4. 5. RÖS Değeri ve Öncelik Durum Tablosu

RÖS < 60	Önlem almaya gerek yoktur.
60 < RÖS < 100	Önlem alınması gereklidir.
RÖS > 100	Acil önlem alınması gereklidir.

Hataların olası etkisi, olası her bir hata türünün müşteriler üzerindeki olası etkisi belirlenerek açıklanır. Burada müşteri, satıcı ve tüketicinin yanı sıra süreçteki bir sonraki adımdır.

Hataların olası nedenleri bölümü, her bir hata türü için tanımlanabilecek tüm olası nedenleri listeler. Liste mümkün olduğunca geniş tutulmalıdır. Yalnızca belirli nedenler açıklanmalı ve belirsiz nedenler (operatör hatası, makine hatası vb.) dahil edilmemelidir. Temel nedenleri belirlemek için beyin fırtınası ve 5 neden analizi gibi kalite iyileştirme tekniklerini kullanılabilir.

RÖS değeri bölümü, hata şiddeti, oluşma olasılığı ve saptanabilirlik puanının çarpılmasından elde edilen değeri tanımlar. Risk öncelik numarası (puan), tüm hataların ve nedenlerinin göreceli bir ölçüsüdür. Yüksek risk öncelikli kusurlar veya nedenleri için

ilk adım, gerekli düzeltici eylemleri başlatmak ve/veya istatistiksel süreç kontrollerini uygulamaktır (Dinçer,2008).

Süreç içerisinde hataların etkilerine göre kritiklik düzeylerini belirlemek ve belirlenen kritik hatanın kaynağı olabileceği zararı öngörmek, süreç içerisinde oluşan hataların nerelerden kaynaklandığını ya da oluşabilme ihtimalini belirlemek ve RÖS değeri büyük olan faaliyetlerin güvenli hale getirilmesini sağlamak metodun uygulanma amaçları olarak söylenilebilmektedir (Canlı,TMMOB).

HTEA motedonun avantajları;

- ✓ Ürün veya hizmetin kalitesine ve güvenilirliğine katkı sağlamak.
- ✓ Süreç içerisinde süreçteki eksik ya da zayıf yönleri belirlemek.
- ✓ Firma izlenimini olumlu etkilemek.
- ✓ Rekabete elverişli bir firma haline getirmek.
- ✓ Son kullanıcının memnuniyetini sağlamak.
- ✓ Harcanan zaman ve maliyeti azaltmak.
- ✓ Üreticiyi, firmayı sürekli gelişime desteklemek.
- ✓ Proses içerisindeki tüm risk etmenlerini ve alınması gereken önlemleri dökümanete etmek olarak maddeler halinde sıralanabilir (Canlı,TMMOB).

HTEA metodunun dezavantajları ise;

- ✗ Bu metod tüm hata türlerini birbirlerinden bağımsız bir şekilde olarak ele alır.
- ✗ Analiz, tüm sisteme değil de eğer sistemin sadece bir kısmına uygulandığı zaman, tüm sistemin hata olasılığı ölçülemez.
- ✗ Hataların oluşma olasılığı 1'den 10'a kadar sadece tam sayılarla derecelendirildiğinden kesirli ifadeler kullanılmaz. Bu sebeple hata risklerinin öngörülmesi yeterli değildir.
- ✗ RÖS hesaplanırken şiddet, saptanabilirlik ve ortaya çıkma ifadeleri aynı öneme sahip gibi derecelendirilir, oysaki bu kavramlar arasında ciddi farklar bulunmaktadır.

- ✘ Her firma RÖS değerini hesaplarırken kendi belirlediği standartlar doğrultusunda derecelendirmelerden kaynaklanır. Bu sebepten ötürü htea metodu objektif değil subjektiftir.
- ✘ Meydana gelen ya da gelmesi olası hatalara alınacak olan önlemleri yapan birimler ile RÖS değerini hesaplayan birimler birbirlerinden farklı birimler olduğu takdirde uygulamada bütünlük sağlanamamaktadır (Canlı,TMMOB).

HTEA uygulamasında karşılaşılabilecek sorunlar, veri elde edilebilecek kaynağın olmaması veya elde ettiğimiz kaynağın analiz için yetersiz olması, bu analiz metoduna dahil ortak standartın olmaması ve uyumsuzlukların yaşanması ve sürece dahil olan kişilerin bu uygulamada gönülsüz olmaları veya motivasyon eksiklikleri karşılaşılabilecek sorunlar olabilir. Veri eksikliği karşılaşılabilecek en önemli zorluktur, uygulama esnasında sağlıklı olmayan sonuçlara yol açabilir.

Araştırmaya başlamadan önce dikkat edilmesi gereken bazı hususlar şu şekilde açıklanabilir (Dağcı,2019):

- Uygulamayı gerçekleştirecek ekip üyelerine, metoda ait temel bilgilerin yapılması gerekmektedir.
- Bu bilgilendirme, metoda hâkim bir kişi tarafından yapılmalıdır ve uygulamanın düzgün bir şekilde ilerlemesi sağlanmalıdır.

HTEA Takımı

Hata türleri ve etkileri analizi takım çalışması ile yapılabilecek bir analiz olup bir kişi tarafından gerçekleştirilememektedir. Aksi halde çalışma takım ile değilde tek başına yapıldığı takdirde değerlendirmeler objektif değil subjektif olur, bunun sonucunda sağlıklı bir çalışma elde edilemez (Yaylalı,2008).

Ekip üyeleri çalışılacak her farklı sistemler için özel olarak seçilmelidir ve seçilen üyelerin farklı birimlerden olması daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesini sağlar. Oluşturulacak her ekipte tecrübeli, konuya hâkim bir ekip lideri olmalıdır ve ekip lideri, üyelere bilgilendirme eğitimlerini vermesi gerekir ki bu sayede daha başarılı bir analiz gerçekleştirilebilir. Takım oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi maddelenebilir (Yaylalı,2008):

- Sorumluluk sahibi, bilgili, uygulamayı yönetecek ekip lideri seçilmelidir ve bu seçim ekip üyeleri tarafından gerçekleştirilmelidir.
- Yeterli fikir üretebilecek, konudan fazla uzaklaşılmayacak büyüklükte takım kurulmalıdır.
- Konuyla ilgisi olmayan kişiler ekibe dahil edilmemelidir. Sorumluluk bilincine sahip ve sürece hâkim kişiler ekibe alınmalıdır.
- Firmadaki üst yönetimde ekibe dahil edilmelidir ki uygulamadan daha olumlu sonuçlar elde edilebilinsin.
- Ekipte; üretim, mühendislik ve kalite güvence birimleri her daim standart bir şekilde bulunmalıdır. Diğer farklı birimler sürekli ya da geçici ihtiyaç halinde seçilmelidir.

Hata türü ve etkileri analizinde kurulan takımın sağladığı avantajlar şu şekildedir (Yaylalı,2008):

- ✓ Karşılaşılan durumlarda gecikme yaşanmadan karara bağlanması
- ✓ Alınan kararlara ekip içinde kesinlik kazandırılması
- ✓ Farklı fikirlerin üretilmesi
- ✓ Birimlerin birbirlerini desteklemesi ve yardımlaşarak çalışmaların ilerlemesi
- ✓ Kapsamlı bir bilgi birikimi ve tecrübeden yararlanılması

BÖLÜM V

BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. HTEA Takımı

Takım çalışması olarak yürütülmesi gereken analiz için, firmada bu analizleri gerçekleştirecek ve uygulayacak bir takım oluşturulmuştur. Bu takımın üyeleri aşağıdaki birimlerden seçilmiştir;

Müdür

İmalat Şefi

Kalite Kontrol Mühendisi

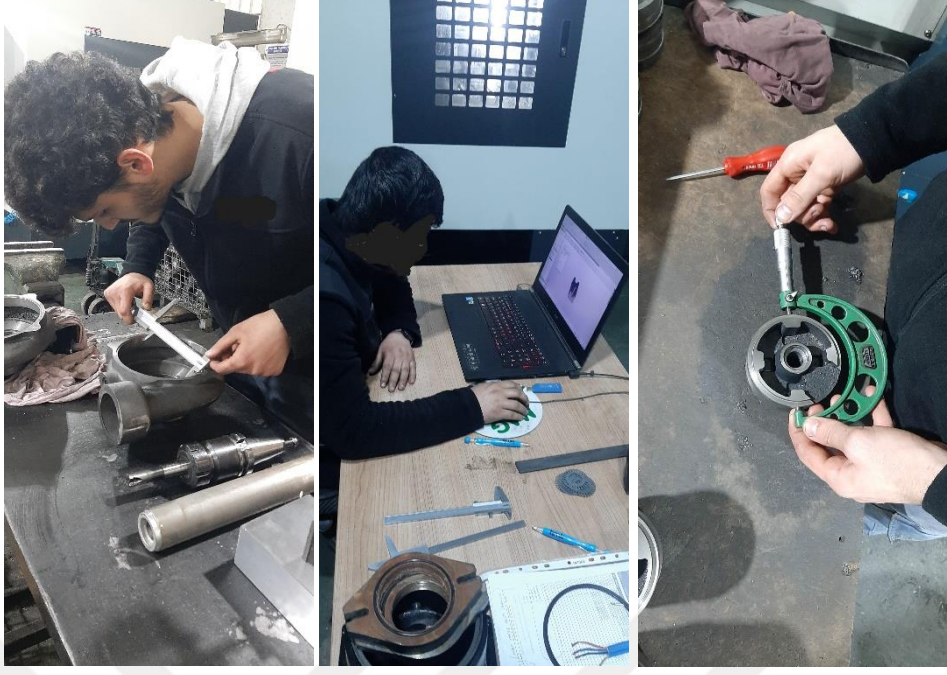
Makine Teknikeri

CAD-CAM Personeli

Ustabaşı

Tezgah Personeli

Kurulan bu takım ile gerçekleşmiş ya da gerçekleşebilmesi mümkün hatalar hızlı bir şekilde tespit edilip, alınması gereken önlemler belirlenmekte ve iyileşmenin takibi yapılmaktadır. Şekil 5.1. de takım üyeleri ve kontrol çalışmaları örneği belirtilmektedir.



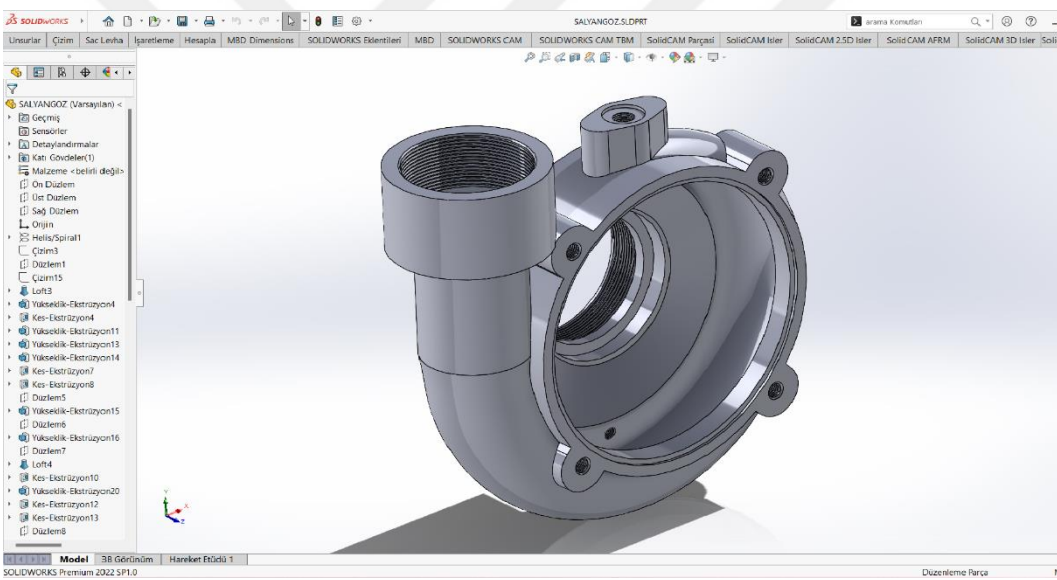
Şekil 5. 1. Takım Üyeleri ve Kontrol Çalışmaları Örneği

5.2. Prosesin Değerlendirilmesi ve RÖS Değerinin Hesaplanması

Araştırma gerçekleştirilen işletmede imalata etki eden süreçler, yapılan faaliyetler ve faaliyetler uygulandığında görülen ya da görülebilecek olumsuzluklar tespit edilip çizelgelerde dökümante edilmektedir.

1. CNC Torna Tezgahında İşlenen Parça Üzerine HTEA Çalışması

İlk araştırma, 12” cnc torna tezgahında işlenen, GG20 döküm malzeme ile üretilen, yatay milli yüzeysel pompanın salyangoz gövde parçası üzerinden gerçekleştirilmektedir. Araştırma gerçekleştirilen parça resimleri Şekil 5.2. de belirtilmektedir.



Şekil 5. 2. GG20 Döküm Malzeme Salyangoz Gövde Resimleri

Salyangoz parçanın iç çapının işlenmesi ve oluşan ya da oluşabilecek hataların, bu hatalara karşılık gelen değerler sonucunda elde edilen sonuç ve iyileştirme çalışmaları Tablo 5.1. de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5. 1. Parça İşleme Süreci Hataları ve RÖS Değerler

Süreç	Alt Adım	Hata Türü	Hata Etkisi	Hatanın Şiddeti	Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Kontrol Faaliyetleri	Saptana bilirlilik	RÖS Değeri
Parça İşleme	CAM Modelinin Tezgaha verilmesi	Tezgaha yanlış program aktarılması	Elde Edilen ürünün hurda olması	6	CAM personelinin yetersizliği ya da dikkatsizliği	6	İmalat şefinin parçayı ve tezgahı kontrol etmesi	8	288
			Fazladan iş gücü ihtiyacı	4					192
		Operatör yanlış bilgilendirilmesi	Elde edilen ürünün hurda olması	6		6		8	288
			Fazladan İşgücü ihtiyacı	4					192
	Tezgah ayan ve deneme parçası elde etme	Deneme parçasının hatalı olması	Elde Edilen ürünün hurda olması	3	Personelin hatalı program aktarması	6	İmalat şefinin parçayı ve tezgahı kontrol etmesi	3	54
					Parçanın yanlış bağlanması				
			Yanlış master seçimi		Cam personelin operatöre bilgi vermesi				
		Fazladan işgücü ihtiyacı	2	Katerin yanlış bağlanması			Mastarın ölçüsünün teyit edilmesi	36	
				Yanlış takım ucunun bağlanması					
				Operatörün yanlış programı çalıştırması					
	Tornalama	Çapın(iç) küçük olması	Elde Edilen ürünün hurda olması	8	CAM Personelinin yetersizliği ya da dikkatsizliği	8	Kalite Kontrolnden ilk parça onayının alınması	5	320
			Montajda Uyumsuz Olması	9	Operatörün yanlış sıfır alması Takım ucunun aşınması		Operatörün her çıkan parçayı kontrol etmesi ölçmesi		360
			Fazladan işgücü ihtiyacı	7	Yanlış takım bağlanması		Belirli aralıklarla kalite kontrolnden onay alınması		280

Tezgahta işlenen salyangoz gövde parçasının iç çapının hatalı işlenmesi sonucu Tablo 5.1. de karşılaşılabilecek sorunlara dikkat çekilmektedir. Tabloya göre parça işleme süreci 3 adımda gerçekleşmektedir. Bu adımlar cam modelinin tezgaha aktarılması, seri üretime geçilmeden önce deneme parçası elde edilmesi ve seri üretime geçilerek tornalama işlemleridir. Hata türlerine bakılacak olunursa, tezgahaya yanlış program aktarılması, operatör yanlış bilgilendirilmesi, hatalı deneme parçası olabilir. Hata türlerinin etkisi ise ürünün hurda olması, fazladan işgücü ihtiyacı ve montajda uyumsuzluk gibi firmayı zor durumda bırakacak etkileri olabilir. Salyangozun iç çapının ölçümü Şekil 5.3. de belirtilmektedir.



Şekil 5. 3. Salyangoz Parçanın İç Çapının Ölçülmesi

Proses değerlendirme süreci 10 başlıktan oluşmaktadır. Bu başlıklar süreç, alt adım, hata etkisi, hata türü, hatanın şiddeti, hata nedenleri, olasılık derecesi, kontrol faaliyetleri, saptanabilirlik ve RÖS değeridir. Parça işleme süreci, 3 bölümden oluşmakla birlikte CAM modelinin tezgaha verilmesi; tezgaha yanlış program aktarılması ile elde edilen ürünün hurda olmasının hata şiddeti 6 ve fazladan iş gücü ihtiyacının hata şiddeti ise 4 tür. Operatörün yanlış bilgilendirilmesinin, elde edilen ürünün hurda olmasının hata şiddeti ise 6'dır. Fazladan iş gücü ihtiyacının hata şiddeti karşılığı ise 4 olarak belirlenmektedir. Bu hataların nedeni CAM modelinin tezgaha verilmesi'nin olasılık derecesi 6 olarak saptanmakta ve imalat şefinin parçayı tezgaha kontrol etmesinin saptanabilirliği 8 olarak ölçülmektedir. Bu durumlara bağlı olarak 288 ve 192'lik RÖS değerleri elde edilmektedir.

Parça işleminin 2. adımını ise tezgah ayarı ve deneme parçası elde etme işleminde deneme parçasının hatalı olması türünden kaynaklı, elde edilen ürünün hurda olması ve fazladan iş gücü ihtiyacı olarak 2 ye ayrılmaktadır ve hata şiddetleri 3 ve 2 olarak belirlenmektedir. Bu durumlara bağlı olarak, personelin hatalı program aktarması, parçanın yanlış bağlanması, yanlış master seçimi, katerin yanlış bağlanması, yanlış takım ucunun bağlanması, operatörün yanlış programı çalıştırması gibi hata nedenleri oluşmaktadır. Oluşan hata derecelerinin olasılık derecesi 6 olarak saptanmakta ve 3 adet kontrol faaliyetleri çıkmaktadır. Kontrol faaliyetlerinin saptanabilirlikleri 3 olarak belirlenmekte olup RÖS değeri 54 ve 36 olarak hesaplanmaktadır.

Parça işleme sürecinin son adımını tornalama olmakla birlikte çapın küçük olması müşteriler açısından problemler olmaktadır. Bu durumlara bağlı olarak ürünlerin hurdaya ayrılması, montajda uyumsuzluklar ve ekstra iş gücü oluşmasından dolayı hata şiddetleri de bunlara bağlı olarak değişim göstermektedir. Oluşan hata etkilerinin nedenleri personel yetersizliği, kalite kontrol personeli hatası gibi başlıca nedenlerin olasılık dereceleri 8 olmaktadır. Hata nedenlerini kontrol işlemi; üretimden çıkan ilk numunenin kalite kontrol onayından geçmesi ve bu süreçte bağlı olarak bütün üretilen parçalardan numune alınıp, kalite kontrolden geçtikten sonra üretimin devam etmesi gerekmektedir. Saptanabilirliği 3 olmakta birlikte RÖS değeri 320, 360 ve 280 olarak değişiklikler göstermektedir.

HTEA metodu uygulandığı zaman takımın, hatanın nedenlerine ulaşım hızlı bir şekilde bu sorunları nasıl çözebileceğine dair fikir üretmeleri gerekir. Tablo 5.1. deki çalışmada da firma ekibi hatanın nerelerden kaynaklandığını veya kaynaklanabileceğini tespit edip, firma içerisindeki standartlara göre derecelendirmesini gerçekleştirmiştir. Son olarak elde edilen hata türlerinin kontrol faaliyetlerini göz önünde bulundurarak, firma standartları çerçevesinde saptanabilirlik derecelendirilmesi yapılmaktadır ve elde edilen bu derecelendirmeler (olasılık, şiddet, saptanabilirlik) çarpılarak hataların risk öncelik sayıları hesaplanmaktadır. Hesaplanan risk öncelik değerlerine karşılık, kurulan takım önleyici faaliyetler geliştirmekte ve bu faaliyetleri hayata geçirmektedir. Önleyici faaliyetlerin uygulanması sonucu Tablo 5.2. deki değerler elde edilmektedir.

Tablo 5. 2. Parça İşleme Süreci Önleyici Faaliyetler ve Yeni RÖS Değerleri

Süreç	Alt Adım	Hata Türü	Hata Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyetler	Sorumlu Kişi	Hata Şiddetinin Derecesi	Olasılık Derecesi	Saptana bilirlilik	Yeni RÖS değeri
Parça İşleme	CAM Modelin Tezgaha verilmesi	Tezgaha yanlış program aktarılması	Elde Edilen ürünün hurda olması	288	İmalat şefinin programı onaylaması	İmalat Şefi	4	4	4	64
			Fazla iş gücü ihtiyacı	192	Personellere eğitim verilmesi	Kalite kontrol mühendisi	2			32
					Program listesi oluşturulması	CAM personeli				
		Operatör yanlış bilgilendirilmesi	Elde edilen ürünün hurda olması	288	Operasyon planı ile operatöre bilginin aktarılması	CAM personeli	4	4	3	48
			Fazla İşgücü ihtiyacı	192			2			24
		Tezgah ayan ve deneme parçası elde etme	Deneme parçasının hatalı olması	Elde Edilen ürünün hurda olması	54	Hurda parçalar ile ilgili personellere eğitimler verilmesi	İmalat şefi	2	5	4
	Fazlam işgücü ihtiyacı			36	Müdür		1	20		
	Tormalama	Çapın(iş) küçük olması	Elde Edilen ürünün hurda olması	320	Operatörün plana göre üretim yapması		7	5	2	70
			Montaj Uyum Olması	360	Operatörün yanlış sıfır alması	İmalat şefi	8			80
					Takım ucunun aşınması	Kalite kontrol mühendisi				
			Fazla işgücü ihtiyacı	280	Yanlış takım bağlanması	Operatör	6			60
	Kalite Kontrol Personelinin Hatası									

2. Balans Tezgahında İşlenen Parça Üzerine HTEA Çalışması

Motordan gelen tahrikle yüksek devirde dönme hareketine maruz kalan dairesel kesitli malzemelerin, dönerken titreşim veya salınım yapması malzeme veya montajlanan ürün verimliliği açısından istenmeyen bir durumdur. Bu titreşimi engellemek adına malzeme balans tezgahında incelenerek hangi tarafında ne kadar (kaç gram) balans olduğu gözlemlenir. Gözlemlenen balans değeri istenilen referans aralığında ise olumlu sonuç olarak montaj hattına gönderilir. Lakin istenilmeyen yükseklikte bir balans değeri mevcut ise tezgahta bulunan freze yardımıyla bilgisayardan gösterilen balans değeri ve balans noktası dikkate alınarak, o noktadan talaş kaldırma işlemi ile balans değeri istenilen standartlara getirilmesi amaçlanmaktadır. Balans tezgahı ve tezgahta çalışma örneği Şekil 5.4. de belirtilmektedir.



Şekil 5.4. Balans Tezgahı ve Tezgahta Çalışma Gösterimi

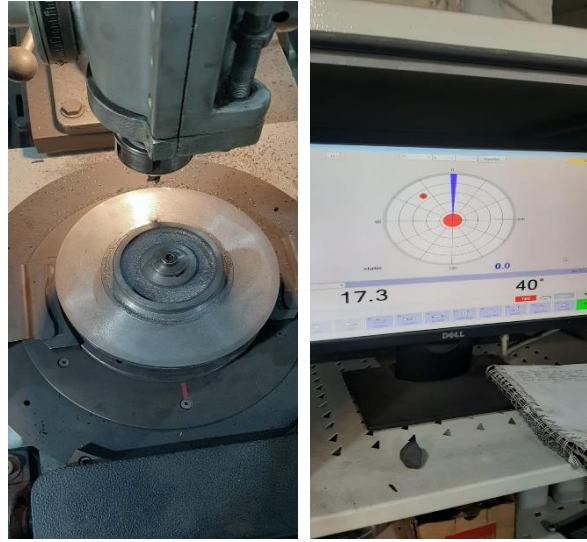
Tezgaha parçayı bağlamadan önce, tezgahın kendisinin balans değeri kontrol edilmelidir. Herhangi bir arıza ya da istenmeyen durumda tezgahın balans değerinde bir olumsuzluk mevcutsa ve değer düzeltme çalışması (kalibrasyon–ayna balansı alma) yapılmadığı takdirde üzerine bağlanan parçanın balans değerlerinde tam alınması

oldukça zordur. Ayna balans ayarı yapılırken, ayna üzerinde herhangi bir parça bulunmadan bilgisayar ortamından ayna döndürülür ve ekranda gösterilen değerde gösterilen noktanın tam karşısına macun denilen malzeme yapıştırılır ve ayna balansı alınır. Bu işlem ayna balans değeri düşük olana kadar devam eder. Aynadan talaş kaldırma işlemi uygulamak yerine macun yardımı ile dengeleme sağlanır. Kullanılabilecek malzeme (macun) ve kullanım yöntemi Şekil 5.5. te gösterilmektedir.



Şekil 5. 5. Tezgah Balans Ayarı Gösterimi

Tezgah balans ayarı düzgün olduğu emin olduktan sonra veya düzeltildikten sonra üzerine malzeme yerleştirilip sabitlenerek balans değeri gözlemlenir ve ihtiyaç halinde malzemenin balans noktasından balans değeri referans alınarak talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilip istenilen aralığa getirilmesi amaçlanmaktadır. Malzemenin balans ayarı yapılmadan önceki durumu ve balans ayarı gerçekleştirildikten sonraki durumu sırasıyla Şekil 5.6. da ve Şekil 5.7. de belirtilmektedir.

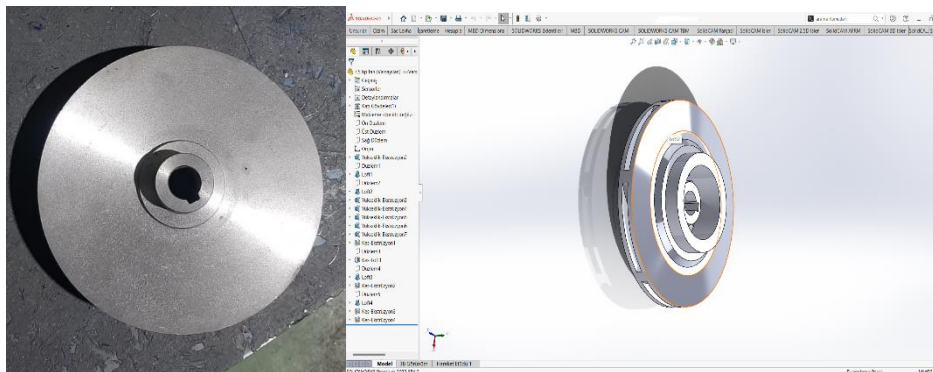


Şekil 5. 6. Malzemenin Balans Ayarı Yapılmadan Önceki Hali ve Balans Değeri



Şekil 5. 7. Malzemenin Balans Ayarı Yapıldıktan Sonraki Hali ve Mevcut Balans Değeri

Balans tezgahında işlenen yatay milli yüzeyel pompanın GG20 döküm malzeme ile üretilen fan parçası üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma gerçekleştirilen parça Şekil 5.8. de belirtilmektedir.



Şekil 5. 8. Fan Parçası Örnek Gösterimi

Döküm fanın işlenmesi (balansının alınması) ve oluşan ya da oluşabilecek hataların ve bu hatalara karşılık gelen değerler sonucunda elde edilen sonuç ve iyileştirme

araştırmaları üzerine gerçekleştirilmiştir. Araştırma ve elde edilen veriler Tablo 5.3. de gözlemlenmektedir.

Tablo 5. 3. Balans Alma Süreci Hataları ve RÖS Değerleri

Süreç	Alt Adım	Hata Türü	Hata Etkisi	Hata Şiddeti	Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Kontrol Faaliyetleri	Saptana bilirlilik	RÖS Değeri
Balans Alma	Tezgaah Kalibrasyon ve Balans Ayarı	Tezgaah balansının yanlış ayarlama	Elde Edilen ürünün hurda olması	8	Operatörün Yetersizliği	6	İmalat şefinin tezgaahı kontrol etmesi	8	384
			Fazladan iş gücü ihtiyacı	4					192
		Operatör yanlış bilgilendirilmesi	Elde edilen ürünün hurda olması	7		6		8	288
			Fazladan İşgücü ihtiyacı	4					192
	Balans Ayarının Gösterilen Noktadan Gösterilen Değerden Alınması	Parçanın Balans Noktasının Değişmesi ve Değerinin Değişmesi	Elde Edilen ürünün estetikliğinin Kötü Olması	4	Personelin hatalı – fazla talaş kaldırması	7	İmalat şefinin parçayı kontrol etmesi	9	252
			Fazladan işgücü ihtiyacı	5					Kalite Kontrol Sorumlusunun Parçayı Kontrol Etmesi
	Frezenin Yükseklik	İşleme Derinliği Yüksek Olması	Ürünün Hurda Olması – Kullanım Esnasında Aşınma Olması	9	Personelin Bilgilendirilmemesi	7	Kalite Kontrolde ilk parça onayının alınması	2	126

Balans tezgahında işlenen fanın hatalı balans alınması ve işlenmesi sonucu Tablo 5.3. te karşılaşılabilecek sorunlara dikkat çekilmiştir. Tabloya göre parça işleme süreci 3 adımda gerçekleşmektedir. Bu adımlar tezgah kalibrasyon ve balans ayarı, balans ayarının gösterildiği noktadan gösterildiği değerden alınması ve frezenin yüksekliğinin ayarlanması işlemidir. Hata türleri, tezgah balansını (kalibrasyonunu) yanlış ayarlanması,

operatör yanlış bilgilendirilmesi, parçanın balans noktasının değişmesi ve değerinin değişmesi, işleme derinliğinin yüksek olması gibi durumlar oluşabileceği göz önünde bulundurulmuştur. Hata türlerinin etkisi ise ürünün hurda olması, fazladan işgücü ihtiyacı, estetiğinin kötü olması ve kullanım sırasında aşınmaya maruz kalması gibi firmayı zor durumda bırakacak etkiler meydana gelebilmektedir.

Proses değerlendirme süreci 10 başlıktan oluşmaktadır. Bu başlıklar süreç, alt adım, hata etkisi, hata türü, hatanın şiddeti, hata nedenleri, olasılık derecesi, kontrol faaliyetleri, saptanabilirlik ve RÖS değeri'dir.

Balans alma süreci, 3 Bölümden oluşmakla birlikte tezgah kalibrasyon ve balans ayarı; tezgah balansının yanlış ayarlanması ile elde edilen ürünün hurda olmasının hata şiddeti 8 ve fazladan iş gücü ihtiyacının hata şiddeti ise 4 tür. Operatörün yanlış bilgilendirilmesinden kaynaklı elde edilen ürünün hurda olmasının hata şiddeti ise 7'dir. Fazladan iş gücü ihtiyacının hata şiddeti ise 4 olarak belirlenmektedir. Bu hataların nedeni operatörün bilgilendirilmemesinin olasılık derecesi 6 olarak saptanmakta ve imalat şefinin tezgahı kontrol etmesinin saptanabilirliği 8 olarak değerlendirilmektedir. Bu durumlara bağlı olarak 384, 288 ve 192'lik RÖS değerleri elde edilmektedir.

Balans alma işleminin 2.adımı ise balans ayarının gösterildiği noktadan gösterildiği değerden alınması olup, yapılamadığı takdirde yeni balans noktasının farklı bir yerde görünmesi, balans değerinin değişmesinden kaynaklı, hata etkisi elde edilen ürünün estetiğinin kötü olması ve fazladan iş gücü ihtiyacı olarak 2 ye ayrılmaktadır. Hata şiddetleri 4 ve 5 olarak belirlenmektedir. Bu durumlara bağlı olarak, personelin hatalı veya fazla talaş kaldırma işleminde bulunması gibi hata nedenleri oluşmaktadır. Bu hata derecesinin olasılık derecesi 7 olarak saptanmakta ve 2 adet kontrol faaliyetleri çıkmaktadır. Kontrol faaliyetlerinin saptanabilirlikleri 9 olarak belirlenmiş olup RÖS Değeri 252 ve 315'tir.

Balans alma sürecinin son adımı frezenin yüksekliğinin ayarlanması olmakla birlikte işleme derinliğinin yüksek olması, firma ve müşteriler açısından problem olmaktadır. Bu durumlara bağlı olarak ürünlerin hurdaya ayrılması, kullanım esnasında aşınma oluşmasından dolayı hata şiddetleri de bunlara bağlı olarak 9 değerini almaktadır. Bu hata etkilerinin nedenleri personelin bilgilendirilmemesi olup olasılık derecesi 7 olarak değerlendirilmektedir.

Hata nedenlerini kontrol işlemi; kalite kontrolden ilk numunenin kalite kontrol onayından geçmesi ve bu sürece bağlı olarak bütün üretilen parçalardan numune alınıp, kalite kontrolden geçtikten sonra üretimin devam etmesi gerekmektedir. Saptanabilirliği 2 olmakta birlikte RÖS değeri 126 olarak belirlenmektedir.

HTEA metodu uygulandığı zaman ekibin, hatanın nedenlerine ulaşım hızlı bir şekilde bu sorunları nasıl çözebileceğine dair fikir üretmeleri gerekir. Tablo 5.4. teki çalışmada da firma ekibi hatanın nerelerden kaynaklandığını veya kaynaklanabileceğini tespit edip, firma içerisindeki standartlara göre derecelendirmesini gerçekleştirmiştir. Son olarak elde edilen hata türlerinin kontrol faaliyetlerini göz önünde bulundurarak, firma standartları çerçevesinde saptanabilirlik derecelendirilmesi yapılmaktadır ve elde edilen bu derecelendirmeler (olasılık, şiddet, saptanabilirlik) çarpılarak hataların risk öncelik sayıları hesaplanmaktadır. Hesaplanan risk öncelik değerlerine karşılık, kurulan ekip önleyici faaliyetler geliştirmekte ve bu faaliyetleri hayata geçirmektedir. Önleyici faaliyetlerin uygulanması sonucu Tablo 5.4. teki değerler elde edilmektedir.

Tablo 5. 4. Balans Alma Süreci Önleyici Faaliyetler ve Yeni RÖS Değerleri

Süreç	Alt Adım	Hata Türü	Hata Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyetler	Sorumlu Kişi	Hata Şiddetinin Derecesi	Olasılık Derecesi	Saptana bilirlilik	Yeni RÖS
Balans Alma	Tezgah Kalibrasyon ve Balans Ayarı	Tezgah balansının yanlış ayarlama	Elde Edilen ürünün hurda olması	384	Operatörün Bilgilendirilmesi – Eğitim Sağlanması	İmalat Şefi Mühendis	3	2	5	30
			Fazladan iş gücü ihtiyacı	192						
		Operatör yanlış bilgilendirme	Elde edilen ürünün hurda olması	288						
			Fazladan İşgücü ihtiyacı	192						
	Balans Ayarının Gösterilen Noktadan Gösterilen Değerden Alınması	Parçanın Balans Noktasının Değişmesi ve Değerinin Değişmesi	Elde Edilen ürünün estetik Kötü Olması	252	Personelin Bilgilendirilmesi – Eğitim Sağlanması	İmalat Şefi Mühendis	2	4	4	32
			Fazladan işgücü ihtiyacı	315						
	Frezenin Yüksekliği	İşleme Derinliğinin Yüksek Olması	Ürünün Hurda Olması – Kullanım Sırasında Aşınma Olması	126	Numune veya Teknik Çizim Verilmesi – Personelin Bilgilendirilmesi	İmalat Şefi Mühendis	3	2	3	18

3. Otomatik Şerit Testere Tezgahında Kesilen Parça Üzerine HTEA Çalışması

Firmada üretimi gerçekleştirilen mil, kaplin, kovan, saplama vb. ürünler CNC veya universal tezgahlarda işlenmeden önce, 1m, 3m ya da 6m boy halinde gelen malzemeler şerit testere tezgahında kesim işlemi görmektedir. Kesim işlemi, parçanın tasarlanan boyuna gelebilmesi şeklinde işlenebilmesi için kesimde malzemeye göre pay

bırakılarak gerçekleştirilir. Kesim işleminin gerçekleştiği otomatik şerit testere tezgahı Şekil 5.9. da belirtilmektedir.



Şekil 5. 9. Otomatik Şerit Testere Tezgahı

Tezgahta kesimi gerçekleştirilen malzemelerin kesim boyutları çok önemlidir. Malzeme istenilen boyutta işlenebilmesi ve yüzey kalitesi sağlanabilmesi için testere tezgahından belli bir ölçüde pay bırakılarak kesilmelidir. İlk ölçeklendirmeden sonra otomatik kesim yapılabilmesi için tezgahta dayama ismi verilen ve sensörler bulunan kısım ayarlanır ve kesim işlemi bittikten sonra malzemenin ileriye sürülüp dayama kısmına dayandıktan sonra kesim işlemi istenilen adete ulaşınca kadar kendi kendine devam eder.

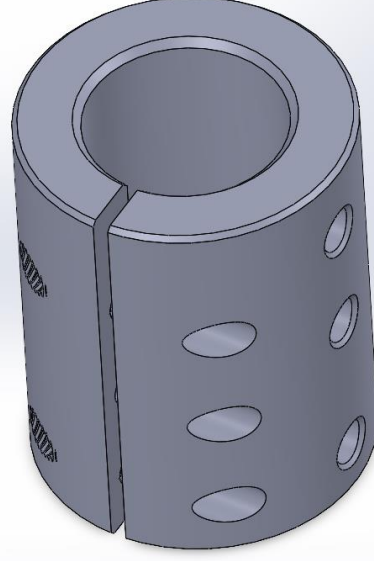
- Dayama tam ayarlanmazsa kesilmesi hedeflenen boydan çok daha düşük veya çok daha yüksek değerlerde boy kesimi yapılır ve fire malzeme çok çıkar. Boyun küçük çıkması halinde işlem sırasında boy kurtarılamayacağı için parça boyutu ve yüzey kalitesi istenilen şekilde olmayacaktır. Şekil 5.10. da örnek gösterilmektedir. Aynı şekilde hedeflenen boydan daha yüksek bir boyda kesim işlemi gerçekleşirse, programı hazır ve sıfır alınmış olan tezgaha bağlandığı zaman tezgahta binme (çarpma) gerçekleşebilir.



Şekil 5. 10. Boyu Hatalı Kesimi Yapılan Parça Örneği

- Malzeme kesimlerinde kullanılan testerenin bıçkıları malzeme cinsine ve kalınlığına göre değişmekte olup, her malzeme türüne göre uygun bıçkı kullanımı malzeme tasarrufu sağlar ve arıza ihtimallerini düşürür.
- Malzeme cinsine ve kalınlığına göre testerenin kesme ve ilerleme hızları farklılık göstermekte olup, arıza verilmemesi için malzemeye göre kesim hızı ve ilerleme hızı dikkate alınmalıdır.

Alüminyum malzemedен üretilen, otomatik şerit testere tezgahında kesimi gerçekleştirilen ve CNC tezgahında işlenen yatay milli yüzeysel pompa kaplini üzerinden çalışma gerçekleştirilecek olup, kaplin resimleri Şekil 5.11. belirtilmektedir.



Şekil 5. 11. Pompa Kaplini Resimleri

Malzemenin kesilmesi sırasında oluşan ya da oluşabilecek hatalar ve hatalara karşılık gelen RÖS değerleri Tablo 5.5. te belirtilmektedir.

Tablo 5. 5. Kesim Süreci Hataları ve RÖS Değerleri

Süreç	Alt Adım	Hata Türü	Hata Etkisi	Hatanın Şiddeti	Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Kontrol Faaliyeti	Saptana bilirlilik	RÖS Değeri	
Parça Kesme	Kesilecek Malzeme Ayarı	Takılan Bıçkının Yanlış Olması	Bıçkının Körelmesi	5	Kesim yapan personelin Bilgilendirilmemesi	7	İmalat şefinin tezgahı kontrol etmesi	7	245	
			Kesim Esnasında Kitlenmesi	6					294	
		Kesme ve İlerleme Hızlarının Yanlış Olması	Bıçkının Körelmesi	5					6	210
			Kesim Esnasında Kitlenmesi	6						252
	Kesilecek Boy Ayarı	İstenilen Boyun Altında Olması	Yüzey Kalitesinin Düzgün Olmaması	7	Kesim ve ayar yapan personelin Bilgilendirilmemesi	7	İmalat şefinin parçayı kontrol etmesi	5	245	
			Ürünün Hurda Olması	8					280	
		İstenilen Boyun Üstünde Olması	Tezgahta Binmeye Sebep Olması	9					360	
		Dayamanın Tam Sıkılmaması	Malzeme Her Çarptığında Dayamanın Sürekli Hareket Etmesi – Boyun Artması	9					8	504

Tezgahta kesilen parçanın kesilmesi sonucu Tablo 5.5. te karşılaşılabilecek sorunlara dikkat çekilmektedir. Tabloya göre parça kesme süreci 2 adımda gerçekleşmektedir. Bu adımlar kesilecek malzeme türüne göre ayar ve kesilecek boyun ayarlanması işlemleridir. Hata türlerine bakıldığı zaman takılması gereken bıçkı yanlış ayarlanmış, kesme ve ilerleme hızı yanlış ayarlanmış, istenilen boyun altında kesim yapma, istenilen boyun üstünde kesim yapma ve dayamanın tam sıkılmaması gibi ihtimaller göz önünde bulundurulmaktadır. Hata türlerinin etkisi ise bıçkının körelmesi, kesim esnasında tezgahın ya da bıçkının kitlenmesi, işlendikten sonra yüzey kalitesinin düzgün olmaması, ürünün hurda olması, tezgahta binmeye sebep olması ve malzemenin

her hareketinde farklı boyutlara sahip olması gibi firmayı zor durumda bırakacak etkileri olabilmektedir.

Proses değerlendirme süreci 10 başlıktan oluşmaktadır. Bu başlıklar süreç, alt adım, hata etkisi, hata türü, hatanın şiddeti, hata nedenleri, olasılık derecesi, kontrol faaliyetleri, saptanabilirlik ve RÖS değeri'dir. Parça kesme süreci, 2 bölümden oluşmakla birlikte kesilecek malzemeye göre tezgah ayarı; bıçkının yanlış ayarlanması ile bıçkın körelmesinin hata şiddeti 5 ve kesim esnasında tezgahın kitlenmesinin hata şiddeti ise 6 olarak değerlendirilmektedir. Kesme ve ilerleme hızlarının yanlış olması ile bıçkın körelmesinin hata şiddeti 5 ve kesim esnasında tezgahın kitlenmesinin hata şiddeti ise 6 olarak değerlendirilmektedir. Bu hataların nedeni kesim yapan operatörün bilgilendirilmemesinin olasılık derecesi 7 olarak saptanmakta ve imalat şefinin tezgahı kontrol etmesinin saptanabilirliği 7 ve 6 olarak değerlendirilmektedir. Mevcut durumlara bağlı olarak 245, 294, 210 ve 252'lik RÖS değerleri elde edilmektedir.

Parça kesme işleminin 2. adımı ise kesilecek boy ayarı olup, istenilen boyun altında olduğu takdirde parçada işlendikten sonra yüzey kalitesinin düzgün olmaması ya da ürünün hurda olması gibi hata etkileri meydana gelebilmektedir. Hata etkilerinin şiddetleri de 7 ve 8 olarak değerlendirilmektedir. Tam tersi durum incelendiğinde parçanın istenilen boyuttan daha büyük bir boyda kesilmesi durumunda hata etkisi olarak, hazırlanmış ve sıfırı alınmış bir tezgahta binmeye sebep olabilmekte ve bu etkinin şiddeti 9 olarak değerlendirilmektedir. Mevcut üç durumun kontrol faaliyetlerinde saptanabilirliği 5 olarak değerlendirilmiş olup, olasılık derecesi 7 olarak değerlendirilmektedir. Mevcut değerler ile RÖS değeri elde edildiğinde RÖS değerleri sırasıyla 245, 280 ve 360 olarak belirlenmektedir. Dayama parçasının düzgün sıkılmadığı takdirde, malzeme her ilerleyişinde dayamaya çarparak hareket ettirebileceğinden dolayı malzemenin boyutunda değişimler meydana gelebilmektedir ve bu değişimlerin hata şiddeti 9, olasılık derecesi 7 ve saptanabilirliği 8 olarak değerlendirilmiş olup RÖS değeri 504 olarak belirlenmektedir.

HTEA metodu uygulandığı zaman takımın, hatanın nedenlerine ulaşım hızlı bir şekilde bu sorunları nasıl çözebileceğine dair fikir üretmeleri gerekmektedir. Tablo 5.6. daki çalışmada da htea takımı hatanın nerelerden kaynaklandığını veya kaynaklanabileceğini tespit edip, firma içerisindeki standartlara göre derecelendirmesini gerçekleştirmektedir. Son olarak elde edilen hata türlerinin kontrol faaliyetlerini göz

önünde bulundurarak, firma standartları çerçevesinde saptanabilirlik derecelendirilmesi yapılmaktadır ve elde edilen bu derecelendirmeler (olasılık, şiddet, saptanabilirlik) çarpılarak hataların risk öncelik sayıları hesaplanmaktadır. Hesaplanan risk öncelik değerlerine karşılık, kurulan takım önleyici faaliyetler geliştirmekte ve bu faaliyetleri hayata geçirmektedir. Önleyici faaliyetlerin uygulanması sonucu Tablo 5.6. daki değerler elde edilmektedir.

Tablo 5. 6. Parça Kesme Süreci Önleyici Faaliyetler ve Yeni RÖS Değerleri

Süreç	Alt Adım	Hata Türü	Hata Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyetler	Sorumlu Kişi	Hata Şiddet Derecesi	Olasılık Derecesi	Saptana bilirlilik	Yeni RÖS Değeri
Parça Kesme	Kesilecek Malzeme Ayarı	Takılan Bıçkının Yanlış Olması	Testerenin Körelmesi	245	Kesim yapan personelin - bilgilendirme	İmalat Şefi	5	2	3	30
			Kesim Esnasında Kitlenmesi	294			6	2	3	36
		Kesme ve İlerleme Hızları Yanlış Olması	Testerenin Körelmesi	210		Ustabaşı	5	2	3	30
			Kesim Esnasında Kitlenmesi	252			6	2	3	36
	Kesilecek Boy Ayarı	İstenilen Boyun Altında Olması	Yüzey Kalitesinin Düzgün Olmaması	245	Kesim ve ayar yapan personelin bilgilendirme	İmalat Şefi	7	3	2	42
			Ürünün Hurda Olması	280			8	2	3	48
		İstenilen Boyun Üstünde Olması	Tezgahta Binmeye Sebep Olması	360		Ustabaşı	9	3	2	54
			Malzeme Her Çarptığında Dayamanın Sürekli Hareket Etmesi – Boyun Artması	504			9	3	2	54

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kalitenin anlayışında maliyetin düşük tutulması ve müşteri memnuniyetinin yüksek tutulması ön plandadır. Firmalar ürünün kalitesini sağlayabilmek için üretilen ürünü zamanında ve hatasız iletebilmelidir. Bu sebepten ötürü firmalar kendini tanımalı ve önceden yapmış olduğu hatalardan ders çıkarmalıdır. Önceki yapılan hatalardan sonuç elde edilmesini ve proseslerini kontrol altında tutarak iyileştirilmesini isteyen firmalar çeşitli metodlardan yararlanmaktadır. Hata türü ve etkileri analizi metodu da bu konuda firmalara kolaylık sağlayan metodlardan biridir.

Araştırma MTOSB de bulunan ve pompa sektöründe faaliyet gösteren firmanın talaşlı imalat bölümünde, geçmişteki hataların veya olası hataların meydana gelmemesi ve müşteriye iyi bir ürün sunabilmesi adı altında HTEA metodu uygulanmaktadır.

Uygulamayı gerçekleştiren takımda süreçleri iyi tanıyan, takibini yapabilen, geçmiş tecrübeleri bulunan ve geçmişte yaptıkları hatalardan tecrübe kazanıp bu hataların ve olası hataların azaltılması ve bir daha ortaya çıkmaması için uğraşan her kidede personel mevcuttur. Takımda mevcut olarak; operatör, CAM personeli, ustabaşı, kalite kontrol mühendisi, imalat şefi ve müdür bulunmaktadır.

İlk araştırmada CNC torna tezgahında işlenen GG20 döküm malzemeli salyangoz gövde parçasının iç çapın küçük çıkması hatasından dolayı ekip bu hataların nerelerden kaynaklandığının veya kaynaklanabileceğinin araştırmasını yapmaktadır.

Hata türleri olarak tezgaha yanlış program verilmesi, operatörün yanlış bilgilendirilmesi, deneme parçasının hatalı olması ve çapın küçük olması gibi bulgular elde edilmektedir. Elde edilen türlerin etkileri araştırıldığında ürünün kullanılamaz olması, fazladan işgücü ihtiyacına gerek olması ve montajda uyumsuzluk meydana gelmesi gibi etkilerinin olduğu görülmektedir. Etkiler şirketin standartlarına göre şiddet dereceleri belirlenmektedir. Hataya neden olan kaynaklar araştırıldığında ise CAM personelinin yetersizliği veya dikkatsizliği, personelin hatalı program aktarması, parçanın yanlış bağlanması, yanlış master seçimi, katerin yanlış bağlanması vb. (Tablo 5.1.) kaynaklar olabileceği düşünülmektedir ve kaynaklara yine standartlara göre olasılık dereceleri verilmektedir. Daha sonrasında hatalar üzerine kontrol faaliyetleri uygulanmaktadır. Bu faaliyetler; imalat şefinin parçayı kontrol etmesi, CAM personelinin operatörü bilgilendirmesi, kalite kontrolden ilk parça onayının alması gibi faaliyetlerdir (Tablo 5.1.) ve her faaliyet keşfedilebilirliğine göre saptanabilirlik derecesini almaktadır.

Son olarak elde edilen derecelendirmeler çarpılarak risk öncelik sayısı elde edilmektedir. Elde edilen RÖS değerinin yüksek olduğu gözlemlenmekte ve iyileştirme çalışmalarına başlanmaktadır.

İyileştirme çalışmaları hatalara önleyici faaliyetlerin belirlenmesiyle başlanmaktadır. Önleyici faaliyetler olarak imalat şefinin programa onay vermesi, çalışan personellere eğitim verilmesi, program listesi oluşturulması, mesleki eğitimin sağlanması gibi (Tablo 5.2.) faaliyetler uygulanmaktadır. Uygulanan faaliyetlerde imalat şefi, müdür, kalite kontrol mühendisi, CAM personeli ve operatör kontrolörlük yapmakta ve alınan önlemler sonucunda oluşan şiddet derecelerinde, olasılık derecelerinde ve saptanabilirlik derecelerinde, bu derecelere bağlı olarak da RÖS değerinde ciddi düşüşler meydana geldiği gözlemlenmektedir. HTEA metodu kullanılarak karşılaşılan hata üzerinde ciddi bir iyileştirme yapıldığı kanaatine varılmaktadır.

İkinci araştırma balans tezgahında işlenen GG20 döküm malzemeli pompa fan parçasının oluşun ve oluşabilecek sorunların ortaya çıkmasından dolayı takım bu hataların nerelerden kaynaklandığının veya kaynaklanabileceğın araştırmasını yapmaktadır.

Hata türleri olarak tezgah balansının yanlış ayarlanması, operatörün yanlış bilgilendirilmesi, parçanın balans noktasının ve değerinin değişmesi ve işleme derinliğinin yüksek olması gibi bulgular elde edilmektedir. Elde edilen türlerin etkileri araştırıldığında ürünün hurda olması, fazladan işgücü ihtiyacına gerek olması, ürün estetiğinin kötü olması gibi etkilerinin olduğu görülmektedir. Etkiler şirketin standartlarına göre şiddet dereceleri belirlenmektedir. Hataya neden olan kaynaklar araştırıldığında ise operatörün yetersizliği veya dikkatsizliği, personelin hatalı – fazla talaş kaldırması, personelin bilgilendirilmemesi gibi (Tablo 5.3.) kaynaklar olabileceği düşünülmekte ve bu kaynaklara yine standartlara göre olasılık dereceleri verilmektedir. Daha sonra hatalar üzerine kontrol faaliyetleri uygulanmaktadır. Faaliyetleri; imalat şefinin tezgahı kontrol etmesi, parçayı kontrol etmesi ve operatörü bilgilendirmesi, kalite kontrolden ilk parça onayının alması gibi faaliyetlerdir (Tablo 5.3.) ve her faaliyet keşfedilebilirliğine göre saptanabilirlik derecesini almaktadır. Son olarak elde edilen derecelendirmeler çarpılarak risk öncelik sayısı elde edilmektedir. Elde edilen RÖS değerinin yüksek olduğu gözlemlenmekte ve iyileştirme çalışmalarına başlanmaktadır.

İyileştirme çalışmaları hatalara önleyici faaliyetlerin belirlenmesiyle başlanmaktadır. Önleyici faaliyetler olarak operatörün bilgilendirilmesi ve eğitim

sağlanması, çalışan personellere eğitim verilmesi, numune veya teknik çizim verilmesi gibi (Tablo 5.4.) faaliyetler uygulanmaktadır. Uygulanan faaliyetlerde imalat şefi, kalite kontrol mühendisi ve operatör kontrolörlük yapmakta ve alınan önlemler sonucunda oluşan şiddet derecelerinde, olasılık derecelerinde ve saptanabilirlik derecelerinde, bu derecelere bağlı olarak da RÖS değerinde ciddi düşüşler meydana geldiği gözlemlenmektedir. HTEA metodu kullanılarak karşılaşılan hata üzerinde ciddi bir iyileştirme yapıldığı kanaatine varılmaktadır.

Son araştırma otomatik şerit testere tezgahında kesilen alüminyum malzeme olan kaplin parçasının oluşan ve oluşabilecek sorunların ortaya çıkmasından dolayı takım bu hataların nerelerden kaynaklandığının veya kaynaklanabileceğinin araştırmasını yapmaktadır.

Hata türleri olarak takılan bıçkının yanlış olması, kesme ve ilerleme hızlarının yanlış olması, kesimi gerçekleşen parçanın istenilen boyun altında ya da üstünde olması ve dayamanın tam sıkılmaması gibi bulgular elde edilmektedir. Elde edilen türlerin etkileri araştırıldığında testerelerin körelmesi, kesim esnasında tezgahın veya bıçkının kitlenip dönmemesi, yüzey kalitesinin düzgün olmaması, işlenecek tezgahta binmeye sebep olması gibi etkilerinin olduğu görülmektedir. Etkiler şirketin standartlarına göre şiddet dereceleri belirlenmektedir. Hataya neden olan kaynaklar araştırıldığında ise kesim yapan personelin bilgilendirilmemesi gibi (Tablo 5.5.) kaynaklar olabileceği düşünülmekte ve bu kaynaklara yine standartlara göre olasılık dereceleri verilmektedir. Daha sonra hatalar üzerine kontrol faaliyetleri uygulanmaktadır. Faaliyetler; imalat şefinin tezgahı kontrol etmesi, imalat şefinin ve kalite kontrol sorumlusunun parçayı kontrol etmesi ve operatörü bilgilendirmesi gibi faaliyetlerdir (Tablo 5.5.) ve her faaliyet keşfedilebilirliğine göre saptanabilirlik derecesini almaktadır. Son olarak elde edilen derecelendirmeler çarpılarak risk öncelik sayısı elde edilmektedir. Elde edilen RÖS değerinin yüksek olduğu gözlemlenmekte ve iyileştirme çalışmalarına başlanmaktadır.

İyileştirme çalışmaları hatalara önleyici faaliyetlerin belirlenmesiyle başlanmaktadır. Önleyici faaliyetler olarak kesim yapan operatörün bilgilendirilmesi ve eğitim sağlanması gibi (Tablo 5.6.) faaliyetler uygulanmaktadır. Uygulanan faaliyetlerde imalat şefi, kalite kontrol mühendisi, ustabaşı ve operatör kontrolörlük yapmakta ve alınan önlemler sonucunda oluşan şiddet derecelerinde, olasılık derecelerinde ve saptanabilirlik derecelerinde, bu derecelere bağlı olarak da RÖS değerinde ciddi düşüşler

meydana geldiği gözlemlenmektedir. HTEA metodu kullanılarak karşılaşılan hata üzerinde ciddi bir iyileştirme yapıldığı kanaatine varılmaktadır.

HTEA takımı tarafından belirlenen önleyici faaliyetler ve sorumlu kişilerin yaptığı uygulamalar sayesinde hatalarda olasılık, şiddet ve saptanabilirlik derecelerinin, bunlara bağlı olarakta risk öncelik sayısının ciddi derecede düştüğü yapılan uygulamalarda gözlemlenmektedir. Elde edilen değerler sayesinde üretilen parçalarda ve firmanın zaman ve maliyetinde, hata türü ve etkileri analizinin iyileştirmeye yönelik büyük bir öneme sahip olduğu belirlenmektedir.



KAYNAKÇA

- 1 Aralık 2022 tarihinde <https://byjus.com/maths/pareto-chart/> adresinden erişildi.
- 1 Aralık 2022 tarihinde <https://www.investopedia.com/terms/h/histogram.asp#:~:text=A%20histogram%20is%20a%20graphical,into%20logical%20ranges%20or%20bins.> adresinden erişildi.
- 1 Kasım 2022 tarihinde <https://techqualitypedia.com/quality/> adresinden erişildi.
- 10 Aralık 2022 tarihinde <https://www.qualitygurus.com/seven-quality-tools-stratification/> adresinden erişildi.
- 10 Ekim 2022 tarihinde https://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2016/%C4%B0SG120/432166255_makine-ve-techizat-unite-5-www.isgbolumu.com_.pdf adresinden erişildi.
- 10 Ekim 2022 tarihinde https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/47066/mod_resource/content/1/VARGEL%20VE%20PLANLYA%20TEZG%C3%82HLARI.pdf adresinden erişildi.
- 10 Ekim 2022 tarihinde <https://www.makinaegitimi.com/matkap-tezgahi-nedir-matkap-tezgahlari/> adresinden erişildi.
- 10 Ocak 2023 tarihinde <https://www.theleansixsigmacompany.com.tr/what-is-six-sigma/> adresinden erişilmiştir.
- 11 Aralık 2022 tarihinde <https://asq.org/quality-resources/stratification> adresinden erişildi.
- 11 Ekim 2022 tarihinde <https://malzemebilimi.net/talasli-imalat.html> adresinden erişildi.
- 11 Ekim 2022 tarihinde <https://www.mechical.com/2021/07/surface-grinding-machine-parts-types.html#:~:text=Surface%20grinding%20machine%20is%20the%20type%20of%20grinding%20machine%20which,face%20of%20the%20grinding%20wheel.> adresinden erişildi.
- 12 Aralık 2022 tarihinde <https://www.donusumdanismanlik.com/5s-nedir-nasil-uygulanir> adresinden erişildi.
- 12 Aralık 2022 tarihinde <https://www.donusumdanismanlik.com/5s-nedir-nasil-uygulanir> adresinden erişildi.

- 14 Aralık 2022 tarihinde <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-poka-yoke> adresinden erişildi.
- 15 Aralık 2022 tarihinde <https://www.isixsigma.com/dictionary/poka-yoke/> adresinden erişildi.
- 15 Ekim 2022 tarihinde <https://www.kadcoceramics.com/surface-grinding-machines/> adresinden erişildi.
- 15 Ekim 2022 tarihinde <https://www.makinaegitimi.com/broslama-tig-cekme-nedir-nasil-yapilir/> adresinden erişildi.
- 16 Ekim 2022 tarihinde <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/users/zeynep/HONLAMA%20%282021%20MAK%C4%B0NE%20M%C3%9CHEND%C4%B0SLER%C4%B0%20ODASI%29%20SON.pdf> adresinden erişildi.
- 16 Ekim 2022 tarihinde <https://www.sahibinden.com/oto360/honlama-nedir> adresinden erişildi.
- 17 Aralık 2022 tarihinde <https://leanfactories.com/poka-yoke-examples-error-proofing-in-manufacturing-daily-life/> adresinden erişildi.
- 18 Aralık 2022 tarihinde <https://www.donusumdanismanlik.com/kaizen-nedir-10-adim-uygulama-teknigi/> adresinden erişildi.
- 18 Ekim 2022 tarihinde <https://www.muhendisbeyinler.net/lepleme-nedir/> adresinden erişildi.
- 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.facebook.com/134420436694646/posts/256665621136793/> adresinden erişildi.
- 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.sahibinden.com/oto360/lepleme-nedir> adresinden erişildi.
- 2 Aralık 2022 tarihinde <https://www.techtarget.com/whatis/definition/fishbone-diagram> adresinden erişildi.
- 2 Kasım 2022 tarihinde <https://www.gbnews.ch/what-is-your-definition-of-quality/> adresinden erişildi.
- 2 Kasım 2022 tarihinde <https://www.kairios.com/values> adresinden erişildi.
- 25 Kasım 2022 tarihinde <https://www.britannica.com/science/Taylorism> adresinden erişildi.
- 28 Kasım 2022 tarihinde <https://oggitto.com/icerikler/sanayi-devrimi-belgesel/40079> adresinden erişildi.

- 3 Aralık 2022 tarihinde <https://www.mindtools.com/a25caig/cause-and-effect-analysis> adresinden erişildi.
- 3 Ocak 2023 tarihinde <https://blogs.sap.com/2021/04/26/problem-solving-process-by-using-8d-methodology-in-s-4-hana/> adresinden erişilmiştir.
- 30 Kasım 2022 tarihinde https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/50672/mod_resource/content/1/11.%20HAFTA.pdf adresinden erişildi.
- 4 Ekim 2022 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0malat_y%C3%B6ntemleri adresinden erişilmiştir.
- 5 Aralık 2022 tarihinde <https://kanbanize.com/lean-management/lean-manufacturing/root-cause-analysis/scatter-diagram> adresinden erişildi.
- 5 Ekim 2022 tarihinde https://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2016/%C4%B0SG120/432166255_makine-ve-techizat-unite-5-www.isgbolumu.com_.pdf adresinden erişildi.
- 5 Ekim 2022 tarihinde <https://docplayer.biz.tr/50062599-Karisik-ve-birbirine-gore-oldukca-farkli-gorunen-takim-tezgahlari-basite-indirgendiginde-parca-p-takim-t-islem-i-uclusunden-meydana-gelir.html> adresinden erişildi.
- 5 Ekim 2022 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/Tala%C5%9Fl%C4%B1_imalat adresinden erişilmiştir.
- 5 Ekim 2022 tarihinde <https://www.makinaegitimi.com/torna-tezgahinin-kisimlari-resimli/> adresinden erişildi.
- 5 Ocak 2023 tarihinde <https://www.argenova.com.tr/en-etkili-beyin-firtinasi-teknikleri> adresinden erişilmiştir.
- 8 Ocak 2023 tarihinde <https://www.iienstitu.com/blog/akis-semasi-nedir> adresinden erişilmiştir.
- Abu-Hamatteh ZSH, Al-Azab TA, El-Amyan M. Total quality management achievement: King Abdullah II Award for Excellence of Jordan as a model. Technovation 2003;23:649–52. doi: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00127-X](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00127-X).

- Akinosho, T.D., et al., Nov. 2020. Deep learning in the construction industry: a review of present status and future innovations. *J. Build. Eng.* 32, 101827 <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101827>.
- Alencastro, J., Fuertes, A., de Wilde, P., Jan. 2018. The relationship between quality defects and the thermal performance of buildings. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 81, 883–894. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.029>.
- Babatunde Y, Sui Pheng L. TQM implementation through ISO 9001: Findings from Chinese construction firms in Nigeria. *TQM J* 2015;27(6):671–82. [12]
- Lakhal L. The relationship between ISO 9000 certification, TQM practices, and organizational performance, *The. Quality Manage J* 2014;21(3):38–48.
- Bozkurt, M. (2009). Talaşlı İmalat Yapan Kobilerde Verimlilik Araştırması ve Bir İşletme Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Britten, W., (2002). A Use Statistic For Collection Management: The 80/20 Rule Revisited. *Science Direct*, sf: 183-189. doi: 10.1016/0364-6408(90)90061-X. | Arşiv Bağlantısı
- Canlı E. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) , TMMOB
- Clauset, A., (2009). Power-Law Distributions In Empirical Data. *SIAM*, sf: 661-703. doi: 10.1137/070710111. | Arşiv Bağlantısı
- Claxton K. and Campbell-Allen N. M. (2017) Failure Modes Effects Analysis (FMEA) for Review of a Diagnostic Genetic Laboratory Process. *International Journal of Quality & Reliability Management* 34(2): 265-277.
- Çay, S. (2006). Kalite Geliştirme Tekniklerinin Talaşlı İmalatta Uygulanabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Dağcı, B. (2019). Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Hataların Veri Madenciliği ile Araştırılması: Talaşlı İmalat Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Karabük: Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Dinçer Ö. (2008) Örgüt Geliştirme Teori Uygulama ve Teknikleri. Alfa Yayınları, İstanbul. 13. Durhan D. (2006) Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara. 14. Efe B., Yerlikaya M. A. ve Efe Ö. F. (2016)

- Eleren, A. (2007). Eğitim Başarısının Artırılmasında Süreç Geliştirme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama, Afyon: Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, IX(II): 1-25.
- Gliem JA, Gleim RR. Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. Midwest research to practice conference in adult, continuing and community education, Columbus, Ohio: Ohio State University. Stud Inorg Chem 14; 2003:349–372, doi:10.1016/B978-0-444-88933-1.50023-4
- Groveer, M., 2016. Principles of Modern Manufacturing (Modern İmalatın Prensipleri). 4. basımdan çeviri (çeviri editörleri Mustafa Yurdakul ve Yusuf Tansel İç). Nobel Akademik Yayıncılık.1002 s.
- Henri Pirenne, Orta çağ Avrupa'sının Ekonomik ve Sosyal Tarihi, s. 207-208
- Kadıoğlu, M., Uçmuş, E., & Gönen, D. (2009). Makine imalatı yapan bir işletmede tasarım hata türü ve etkileri analizi ile hata kaynaklarının belirlenmesi ve kalitenin iyileştirilmesi. BAÜ FBE Dergisi, Cilt:11, Sayı:1, pp. 42-55.
- Kahraman, F., Koç, V., Gökçe, M., Gül, C., Başar, G., & Albayrak, S. (2021). Mühendislikte Konstrüksiyon, İmalat ve Malzeme Üzerine Güncel Araştırmalar. ISBN: 978-625-8007-30-5
- Kometa ST, Olomolaiye PO, Harris FC. Attributes of UK construction clients influencing project consultants' performance. Constr Manage Econ 1994; 12:433–43. doi: <https://doi.org/10.1080/01446199400000053>
- Kovan, V., Topal, E., Tezel, T. (2018). Hibrit İmalat: Eklemeli İmalat İle Talaşlı İmalat Yöntemlerinin Birlikte Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
- Laraia, A.C., Moody, P.E., Hall, R.W., 1999. The Kaizen Blitz: Accelerating Break-throughs in Productivity and Performance. The Association for Manufacturing Excellence, New York.
- LeBlanc, G., 1999. Kaizen at Hill-Rom. Center for Quality of Management Journal 8
- Lipovetsky, S., (2008). Pareto 80/20 Law: Derivation Via Random Partitioning. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, sf: 271-277. doi: 10.1080/00207390802213609. | Arşiv Bağlantısı

- Mackle, K., 2000. There's no quick fix. *The Engineer*, 12 January 14. Magdum, V., Whitman, L., 2007. Sustainability of Kaizen Events, Working Paper.
- Marin-Garcia, J.A., Garcia-Sabater, J.J., Bonavia, T., 2009. The impact of Kaizen events on improving the performance of automotive components' first-tier suppliers. *International Journal of Automotive Technology and Management* 9(4), 362-376.
- Monumenta Germaniae Historiae, Legum, Sectio II, Tome II, (Ed. Alfred Boretius & Victor Krause), Hanover, 1897, s. 375; *Select Charters of English Constitutional History*, (Ed. William Stubbs & H. W. C. Davis), Clarendon Press, Oxford, 1913), ss. 76-7
- Monumenta Germaniae Historiae, Legum, Sectio II, Tome II, (Ed. Alfred Boretius & Victor Krause), Hanover, 1897, s. 375; *Select Charters of English Constitutional History*, (Ed. William Stubbs & H. W. C. Davis), Clarendon Press, Oxford, 1913), ss. 76-7
- Müller, F., et al. (2014). Application Of The Pareto Principle To Identify And Address Drug-Therapy Safety Issues. *European Journal of Clinical Pharmacology*, sf: 727-736. doi: 10.1007/s00228-014-1665-2. | Arşiv Bağlantısı
- Pillay, A. and Wang, J., "Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning", *Reliability Engineering and System Safety*, 79 (1): 69- 85 (2003).
- Toor Sur R, Ofori G. Leadership for future construction industry: Agenda for authentic leadership. *Int J Proj Manag* 2008;26:620-30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.09.010>.
- Ward-Perkins, B., *The Fall of Rome and the End of Civilization*, Oxford University press, 2005; G.A.H. Hodgett, *A Social and Economic History of Medieval Europe*, Methuen- Londra, 1972
- Yamak, H. İSG107-Makine ve Techizat I. Samsun: ONDOKUZ MAYIS Üniversitesi, Havza Meslek Yüksek Okulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Ders Slaytı.
- Yaylalı, Ç., "Kalite iyileştirmede hata türü ve etkileri analizi ve bir üretim sürecinde uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya (2008).

- Yılmaz, A. (1997). Hata türü ve etki analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zeyveli, M. ve Selalmaz, E., 2008. İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Zincir İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, s.36-45.
- Zhou, X. Wang, T. Mpshe, Y. Zhang, Y. Yang, Quality Improvement Procedure (QIP) Based on 8D and Six Sigma Pilot Programs in Automotive Industry, In First International Conference Economic and Business Management. 16 (2016) 275–281.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : İsmail ÇAKMAKÇI

Doğum Tarihi :

E-mail :

Öğrenim Durumu

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Makine Mühendisliği	Sakarya Üniversitesi	2016-2020
Yüksek Lisans	Makine Mühendisliği	Tarsus Üniversitesi	2021-2023
Yüksek Lisans (Tezsiz)	İş Güvenliği	Konya Teknik Üniversitesi	2022-....

Görevler

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
Stajyer Mühendis	Çukurova Makine İmalat Tic.A.Ş	2018
Stajyer Mühendis	AKY Technology	2019
Makine Mühendisi	Ulus Pompa Elektrik İnşaat Hırd. Tur. San. Tic. Ltd. Şti.	2020 - 2023