

**BİR OTOMOTİV FİRMASI KALİTE DEPARTMANINDA
ÖLÇÜM MAKİNELERİ ANALİZİ VE KAPASİTE
ARTTIRIMI**

Nilay CELEP



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR OTOMOTİV FİRMASI KALİTE DEPARTMANINDA ÖLÇÜM
MAKİNELERİ ANALİZİ VE KAPASİTE ARTTIRIMI**

Nilay CELEP
0000-0002-8903-6565

Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK
0000-0002-4921-4275
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Nilay CELEP tarafından hazırlanan “BİR OTOMOTİV FİRMASI KALİTE DEPARTMANINDA ÖLÇÜM MAKİNELERİ ANALİZİ VE KAPASİTE ARTTIRIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK

Başkan: Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK
0000-0002-4921-4275
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği
Anabilim Dalı

İmza:

Üye: Prof. Dr. Seda ÖZMUTLU
0000-0002-2744-2744
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği
Anabilim Dalı

İmza:

Üye: Doç. Dr. Aytaç YILDIZ
0000-0002-0729-633X
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa
Bilimleri Fakültesi, Endüstri
Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza:

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

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

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

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

Nilay CELEP

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR OTOMOTİV FİRMASI KALİTE DEPARTMANINDA ÖLÇÜM MAKİNELERİ ANALİZİ VE KAPASİTE ARTTIRIMI

Nilay CELEP

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK

İşletmeler varlıklarını sürdürebilmek için minimum maliyetle, beklenen kalite düzeyindeki çıktıyı elde etmek zorundadırlar. Bunu başarabilmek için optimum kapasite kullanmaları gerekmektedir. Bu çalışmada, bir otomotiv firmasının kalite departmanında, ölçüm makineleri kapasitesinin daha verimli kullanımı için kapasite artırma çalışmaları yapılmıştır. Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır.

İlk aşamada; üretim adedi artışına rağmen, ölçümleri imalatın istediği sürede karşılayabilmek için satın alınan yeni ölçüm makinelerini (%44 makine artışı), mevcut çalışan sayısı ile kullanabilme çalışmaları yapıldı. Bu çalışmalarda; spagetti diyagramlar, ölçüm prosesi akışları, zaman etütleri, çoklu makine kullanım alternatifleri, gelen parça adet ve süreleri kullanılmıştır. Böylece ilk aşamada, tüm istatistiksel süreç kontrolü (SPC) parçalarının ölçüm teslim süresinde (lead time) ortalama %62'lik bir iyileşme sağlanmıştır. Ancak ihtiyaçların tekrar değişmesi nedeniyle ikinci aşamaya geçilmiştir.

Bu çalışmanın içeriği olan ikinci aşamada ise makinelerdeki ölçüm proseslerinin iyileştirilmesine odaklanılmıştır. Önce darboğaz makine tipi bulunarak, o makinenin ölçüm proses adımları incelenerek hangi adıma odaklanılacağı belirlenmiştir. Daha sonra etkin kısıtlı kaynak kullanımı nedeniyle bir pilot uygulama yapılmasına karar verilerek, pilot çalışmanın hangi parça tipinde, hangi ölçüm karakteristikleriyle, hangi imalat makinelerinden gelen parçalarla yapılacağı tespit edilmiştir. Odaklanılacak ölçüm prosesi adımına etki eden faktörler balık kılçığı diyagramı ile çıkarılarak, fayda-efor kriteri dikkate alınarak iyileştirme yapılacak noktaya karar verilmiştir. Pilot çalışmada son olarak iyileştirme öncesi ve sonrası veriler hipotez testleriyle karşılaştırılmış ve öncesi ile sonrası arasında fark olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ölçüm makinesi, makine kapasitesi artırma, hipotez testleri, ölçüm süresi azaltma, kalite departmanı.

2019, vii + 51 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

ANALYSIS AND CAPACITY INCREASE OF MEASUREMENT MACHINES IN THE QUALITY DEPARTMENT OF AN AUTOMOTIVE COMPANY

Nilay CELEP

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Âli Yurdun ORBAK

Companies must provide the output within the expected quality level with minimum costs for keeping their presence sustainable. They need to use optimum capacity to achieve this target. In this study, capacity increase studies have been carried out for effective capacity utilization of measuring machines at quality department of an automotive company. The study consists of two stages.

The first stage of the study;

Due to increasing of production quantity, the number of measurement machines in the laboratory have been increased 44%. In addition to increase of number of machines, it is aimed to meet the expected lead time (response time by labs) by manufacturing with the current labor capacity without any changing. In the studies; spaghetti diagrams, measurement process flow charts, time studies, multiple machine usage alternatives, number of incoming parts and their measurement time were used. By means of the first stage, it has been provided 62% average improvement in the lead-time of all statistical process control (SPC) parts. However, since the requirements changed again, the second phase has been started.

In the second stage, which is the content of this study, the focus is to improve the measuring processes in the machines. Firstly, bottleneck machine type has been detected. Then the measuring process steps of these machines have been analyzed, and it has been selected on which process step to focus. Due to the effective limited source usage, it was decided to do a pilot implementation. Then in the frame of pilot implementation, it was determined that which part type, which measurement characteristics and which manufacturing machines will be performed. Factors, affecting the focused on measuring process step, have been identified by drawing fishbone diagram and improvement points were decided by considering profit-effort criterion. Finally, determined improvements have been fulfilled during the pilot study. Before and after situation have been compared with hypothesis tests and resulted that there is no differences between them.

Key words: Measurement machine, increasing of machine capacity, hypothesis tests, decreasing of measurement time, quality department

2019, vii + 51 pages.

TEŞEKKÜR

Kendisine ne zaman danıősam bana değerli zamanını ayırıp sabırla ve ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden geleni yapan, herhangi bir sorun yaőadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen saygıdeğer danıőşmanım Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK'a teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalıőmamın her aşamasında bilgilerini, tecrübelerini ve kıymetli zamanlarını esirgemeyerek bana her zaman destek olan değerli çalışma arkadaőlarım; Ferda EZİCİ, Osman ÖZTÜRK, Hüsnü BALI, Ahmet DÖNMEZ, Hakan AKTAŐCI, Mehmet SEVİNÇ ve Sevil KURTULUŐ'a çok teşekkür ederim.

Zor zamanlarımda her zaman yanımda bulunan, bu hayattaki en büyük őansım olan aileme sonsuz teőekkürler.

Nilay CELEP

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

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ..... | v |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | vi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | vii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI..... | 3 |
| 2.1. Makine Kapasite Problemleri ve Çözüm Yöntemleri..... | 3 |
| 2.2. Geometrik Ölçümler (form, lokasyon ve salgı ölçümleri)..... | 7 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM..... | 9 |
| 3.1. Materyal..... | 9 |
| 3.2. Yöntem..... | 10 |
| 3.2.1. Pareto diyagramı..... | 11 |
| 3.2.2. Sebep-sonuç diyagramı (cause-effect diagram) / Balık kılçığı diyagramı (Fishbone/Ishikawa diagram)..... | 12 |
| 3.2.3. Ölçüm sistemi analizi (MSA: Measurement System Analysis)..... | 14 |
| 3.2.4. Hipotez testleri..... | 16 |
| 4. BULGULAR..... | 18 |
| 4.1. Uygulama..... | 18 |
| 4.1.1. Verilerin incelenmesi..... | 18 |
| 4.1.2. İyileştirme yapılacak noktanın seçimi..... | 21 |
| 4.1.3. Denemenin planlanması..... | 23 |
| 4.1.4. Denemenin yapılması..... | 26 |
| 4.2. Deneme Sonuçları..... | 27 |
| 4.2.1. Parça doğrultma süresi testleri..... | 27 |
| 4.2.2. Ölçüm sonuçları testleri..... | 28 |
| 5. TARTIŞMA ve SONUÇ..... | 30 |
| KAYNAKLAR..... | 33 |
| EKLER..... | 35 |
| EK 1.İmalat makinelerinin seçilen karakteristiklerdeki P_{pk} değerleri..... | 36 |
| EK 2.Parametre değişikliği öncesi ve sonrası parça doğrultma süreleri..... | 37 |
| EK 3.Parametre değişikliği öncesi ve sonrası seçilen karakteristiklerin ölçüm sonuçları..... | 39 |
| EK 4.Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları..... | 42 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 51 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

| | |
|----------|-------------------------------|
| α | Alfa: I. Tip hata |
| β | Beta: II. Tip hata |
| σ | Varyans |
| H_0 | Null/sıfır/başlangıç hipotezi |
| H_a | Alternatif hipotez |
| C_{pk} | Süreç yapabilirlik indeksi |
| P_{pk} | Süreç performans indeksi |

Kısaltmalar

Açıklama

| | |
|-------------|--|
| DMAIC | Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, Kontrol et (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) |
| ISO | Uluslar Arası Standardizasyon Kurulu (International Organization for Standardization) |
| MSA | Ölçüm Sistemleri Analizi (Measurement System Analysis) |
| OEE | Toplam Ekipman Etkinliği (Overall equipment efficiency) |
| PDSA | Planla, Uygula, Çalış, Önlem al (Plan, Do, Study, Act) |
| PUKÖ / PDCA | Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem al (Plan, Do, Check, Act) |
| R&R | Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Üretilbilirlik (Repeatability and Reproducibility) |
| s. | Sayfa |
| SPC | İstatistiksel Süreç Kontrolü (Statistical Process Control) |
| TKY | Toplam Kalite Yönetimi |
| vb. | ve benzeri |
| VUCA | Dalgalanma, Belirsizlik, Karmaşıklık, Muğlaklık (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 3.1. Restorana gelen şikayetlerin sebeplerinin pareto diyagramı | 12 |
| Şekil 3.2. Balık kılçığı diyagramı örneği | 13 |
| Şekil 4.1. X tipi form ölçüm makinesinin ölçüm prosesi akışı | 19 |
| Şekil 4.2. Parçaların makineleri meşgul etme süreleri paretosu (TOP15) | 20 |
| Şekil 4.3. Parça doğrultma süresinin uzun olması ile ilgili balık kılçığı diyagramı | 22 |
| Şekil 4.4. Ölçeksiz, temsili parça doğrultma parametresi gösterimi | 23 |
| Şekil 4.5. Parametre değişikliğinin süre üzerindeki etkisinin hipotez testi sonucu | 27 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Çizelge 2.1. Geometrik karakteristiklerin sembolleri (ISO 1101: 2017-02 İngilizce Standardı'dan kopyalanmıştır)..... | 8 |
| Çizelge 3.1. Ölçüm işlemini etkileyen faktörler (Wheeler 2006)..... | 14 |
| Çizelge 3.2. H_0 hipotezinin kabulünde muhtemel hatalar | 17 |
| Çizelge 4.1. Parçaların makineleri meşgul ettikleri süreler (TOP15)..... | 20 |
| Çizelge 4.2. Ön deneme doğrultma süreleri..... | 24 |
| Çizelge 4.3. Deneme için parça alınacak makineler | 26 |
| Çizelge 4.4. Parametre değişikliği öncesi ve sonrası doğrultma süresi değişimi..... | 28 |
| Çizelge 4.5. Parametre değişikliğinin ölçüm sonuçları üzerindeki etkisinin hipotez testleri sonuçları | 30 |

1. GİRİŞ

İşletmelerde üretim için planlama yapılırken işletmenin sahip olduğu makinelerin maksimum ve fiili kapasitelerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Bu yüzden üretim, ölçüm, vb. maksatlı olarak kullanılan makinelerin kapasiteleri işletmeler için en önemli alanlardan birisidir. Günümüz dünyası “VUCA World” (dalgalanma, belirsizlik, karmaşıklık, muğlaklık olan bir dünya) olduğundan dolayı belli periyotlarda kapasite ölçümü ve planlaması yapılması gerekmektedir. İşletmenin optimum kapasitede çalışabilmesi için mevcut ve gelecekteki değişim ihtiyaçlarını doğru tahmin edebiliyor olması gereklidir.

Optimum bir kapasite planlaması yapılabilmesi için öncelikle mevcut kapasite tespit edilmelidir. Daha sonra gelecekteki ihtiyaçları anlayıp, mevcut kapasitenin bu ihtiyacı karşılayıp karşılayamayacağına bakılmalıdır. Eğer ihtiyaç karşılanamıyorsa ya yeni yatırım yapılmalı ya da çeşitli yöntemlerle mevcut kapasite artırılmalıdır. Mevcut kapasiteyi artırma yöntemleri arasında hat dengeleme yöntemleri, çizelgeleme yöntemleri, tesis içi yerleşim (layout) değişiklikleri veya proses süre iyileştirmeleri vb. gibi yöntemler yer almaktadır.

Üretim işletmelerinde, üretilen ürünün doğru olup olmadığının anlaşılabilmesi için kritik aşamalarda ürün üzerinde bazı ölçümler yapılmaktadır. Bu ölçüm sonuçlarına göre imalat birimi ürünü doğru üretip üretmediğini kontrol etmektedir. Ölçümler neticesinde bir sapma çıkması durumunda, imalat birimi kendi makinelerine müdahale etmekte ve tekrar üretim yaptıktan sonra ölçüm yapılarak sürecini kontrol altına almaktadır. Bu nedenle ölçüm amacıyla kullanılan laboratuvarların imalata ölçüm sonuçlarını teslim etme süresi (lead time) de önem arz etmektedir. Çünkü hatalı üretim yapılması durumunda, laboratuvarda yaşanan gecikmeler, ıskarta üretimine neden olarak ilave maliyet oluşturacaktır.

Bu çalışmanın amacı; uygulama yapılan firmada, kalite ölçüm laboratuvarının kapasitesini daha verimli kullanabilmesi için “kapasite arttırımı”nın planlanması ve uygulamaya alınmasıdır. Çalışmalar iki aşamada yapılmıştır, bu çalışma sadece ikinci aşamayı kapsamaktadır. Ancak ilk aşamada da neler yapıldığından bahsedilecektir. Bu yüzden kaynak araştırması her iki aşama için de yapılmıştır.

İlk aşamada; geçmiş yıllardaki üretim adedi artışına rağmen, ölçümleri imalatın istediği sürede karşılayabilmek için yeni makine yatırımlarını (%44 makine artışı), mevcut çalışan sayısı ile kullanabilme çalışmaları yapılmıştır. O çalışmalarda; spagetti diyagramlar, ölçüm prosesi akışları, zaman etütleri, çoklu makine kullanım alternatifleri, gelen parça adet ve süreleri kullanılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde, makinelerin yerleşimleri değiştirilmiş ve bir çizelgeleme kuralı çıkarılarak parça-makine atamaları yapılmıştır. Böylece ilk aşama sonunda mevcut çalışan sayısı ile SPC ölçümü (İstatistiksel Proses Kontrol ölçümü) yapılan tüm parça tiplerinde ölçüm teslim etme süresinde (lead time) ortalama %62 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Bu %62'lik iyileşme ile bir süre çalışılmıştır. Ancak ihtiyaçların tekrar değişmesi nedeniyle ikinci aşamaya geçilmiştir. İkinci aşamada odak noktası mevcut makinelerin kapasite arttırımı olarak karar verilmiştir.

İkinci aşamada ise makinelerdeki ölçüm süreçlerinin iyileştirilmesine odaklanılmıştır. Hangi makine tipinde iyileştirme yapılacağı kararı ise darboğaz olan makine tipi yönünde verilmiştir. Darboğaz makine tiplerinde hangi noktayla ilgilenileceği ise ölçüm süreç adımlarına bakılarak seçilmiştir. Esas amaç; “makine kapasite arttırımı” olduğu için çıplak makine süreleri ile ilgilenilmeye karar verilmiştir. Bu çıplak makine süreleri 2 adımı kapsamaktadır: 1) ölçüm öncesi parça doğrultma süresi, 2) ölçüm süresi. Burada 1 nolu süre, katma değeri olmayan ama “destek (support)” bir sürece aitken, 2 nolu süre katma değeri olan bir sürece aittir. Bu yüzden iyileştirme noktası olarak “ölçüm öncesi hazırlık” süreci seçilmiştir. Bu kararlara istinaden geçmiş 1 yıllık veriler incelenmiş, Pareto tekniği kullanılarak makineleri en çok meşgul eden parça tipi bulunmuştur. Bulunan parça tipinin doğrultma süresine etki eden faktörler için balık kılıcı modeli oluşturulmuş ve ekipte oylama yapılarak parametre değişikliğine gidilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Makine Kapasite Problemleri ve Çözüm Yöntemleri

Üreten (1996), çevirisinde sistem kapasitesini “iş görenler ve üretim araçlarından oluşan sistemin, belli bir ürün veya ürün karmasından üretebileceği maksimum çıktı miktarıdır” şeklinde ifade etmiştir.

Murray (2019), yazısında kapasitenin, genellikle bir makine, iş merkezi, operatör ya da nesnenin belirli bir zaman aralığında üretmiş olduğu çıktı miktarı olarak tanımlanabileceğini bildirmiştir. Murray’a göre, işletmeler girdi, çıktı ve her ikisinin kombinasyonunun miktarını ölçüt olarak kullanarak farklı şekillerde kapasitelerini ölçmektedirler. Örneğin, bir geri dönüşüm şirketi kapasitesini tesislerinde gelen römorklardan temizledikleri malzeme miktarına göre hesaplarken, bir tekstil şirketi üretilen iplik miktarına, yani bir çıktıya dayanarak kapasiteyi hesaplamaktadırlar.

Bulut (2004), makalesinde işletmelerin kapasite seçimine etki eden pek çok faktörün olduğunu, optimum çözüm sağlayarak yatırım yapmak için, bu faktörlerin değerlendirilmeleri gerektiğini belirtmiştir. İşletmeler için kapasite kullanımının optimum olmasını sağlayan faktörlerin; makinelerin maliyetleri ve diğer maliyetler, finansal olanaklar, kuruluş yeri, talep miktarı, teknik olanaklar, yönetim, çalışma süresi ve diğer faktörler olarak sıralamıştır.

Optimum kapasite kullanabilmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında çizelgeleme yöntemleri, hat dengeleme yöntemleri, tesis içi yerleşim (layout) değişiklikleri veya proses iyileştirmeleri vb. gibi yöntemler yer almaktadır.

Khodr (2012) yaptığı derlemede, He ve Hui’nin proses çizelgelemede kullanılan matematiksel programlama teknikleriyle Pinto ve Grossmann’ın (1998) atama ve sıralama modellerine genel bir bakış sunduğunu, çizelgeleme modellerinde iki ana kategori tanımladıklarını bildirmiştir: biri; tek birimli atama modeli, diğeri çok birimli atama modeli.

Yağmahan ve Yenisey (2006), makalelerinde akış tipi çizelgeleme problemleri ile ilgili ilk çalışmanın Johnson (1954) tarafından yapıldığını, n-işli ve 2-makinelik akış tipi çizelgeleme problemleri üzerinde toplam tamamlanma zamanını minimize etmek için bir eniyileme algoritması tanımladığını bildirmiştir.

İlkay ve ark (2009), çok sayıda iş ve makine içeren akış tipi çizelgeleme problemlerinin karma optimizasyon problemi olduğundan NP-zor tipi problemler sınıfına girdiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle bu tip problemler için Tavlama Benzetimi, Tabu Arama ve Genetik Algoritmalar gibi yaklaşık çözümler veren sezgisel yöntemlerin tercih edildiğini bildirmişlerdir.

Erpic (2019), tez çalışmasında yaptığı uygulamada İstanbul Beylikdüzü-Zincirlikuyu Metrobüs hattının günlük saatlere ve duraklara göre talep yoğunluğunu araştırmış, 2017 yılında bir müşteri memnuniyeti anketi düzenlemiştir. Yapılan ankette memnuniyet oranının 2014 yılına göre %66,9'dan %60'a düştüğü görülmüştür. Yolcular en çok yoğunluk, sefer azlığı, ücret yüksekliği ve erişim zorluğu konularında sorun yaşadığını bildirmiştir. Bu sonuca istinaden; Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme metrobüs etabı için genetik algoritma kullanılarak minimum araç sayısı ile yolcuların istasyonda bekleme sürelerinin minimize edildiği çok amaçlı optimizasyon uygulaması hedeflenmiştir.

Aras (2018), tesis içi yerleşim planlaması ders notlarında 5 tip temel yerleşim planlaması olduğunu yazmıştır. Sürece/fonksiyona göre yerleşimin en yaygın yerleşim tipi olduğunu, makine-adam atamasının esnek olduğunu, tezgâh kullanım oranlarının daha yüksek olduğunu ve daha az yatırım yapılan bir model olduğunu bildirmiştir.

Özellikle seri üretime yoğun destek veren ölçüm makinelerinde de aynı üretim makinelerinde olduğu gibi kapasite planlaması yapılmalıdır. Ancak ölçüm makinelerinin çıktısı “ölçüm sonucudur”, yani bu makineler bir “ürün” değil, “hizmet” üretmektedirler. Üreten (1996), çevirisinde hizmetlerin programlanmasının imalat faaliyetlerinin programlanmasından daha zor olduğunu bildirmiştir.

Sebeplerini ise şöyle açıklamıştır; 1) gelecek dönemdeki yüksek talepleri karşılamak için hizmetlerin stoklanmasının mümkün olmadığını, 2) Ürün talep miktarına kıyasla, hizmet talep miktarının uç noktalara (max seviyeye) ulaşma durumuna daha sık rastlandığıdır. Ek olarak hizmet programlanmasında iki önemli amaç olduğunu yazmıştır; 1) yüksek düzeyde müşteri hizmeti sağlamak, 2) sistem kapasitesinin etkin kullanımını sağlamak.

Ölçüm makinelerinin etkin olarak kullanılması önemli bir durumdur. Çünkü ölçümlerde yapılan gecikmeler üretim aşamasında da gecikmelere neden olabilecektir. Ayrıca yapılan ölçümler hatasız olmalı, gerçek durumu yansıtmalı ve zamanında teslim edilmelidir. Bu yüzden ölçüm makinelerinde kapasite problemleri yaşandığında yine üretim makinelerindeki gibi çizelgeleme yöntemleri, hat dengeleme yöntemleri, tesis içi yerleşim (layout) değişiklikleri veya süreç iyileştirmeleri vb. gibi yöntemler kullanılarak optimum kapasite planı yapılabilmektedir.

Öztürk ve ark (2011), makalelerinde süreç iyileştirme yöntemleri olarak Yöneylem Araştırması, Toplam Kalite Yönetimi, Altı Sigma, İstatistiksel Mühendislik ve Yalın Altı Sigma'dan bahsetmiştir. Öztürk ve ark., Klefsjö'e (2001) göre TKY'nin, minimum kaynak miktarı ile iç ve dış müşteri tatminini arttırmak için değerler (values), araçlar ve yöntemlerden meydana gelen ve sürekli gelişim gösteren bir yönetim sistemi olduğunu bildirmiştir. TKY, süreç iyileştirmede Shewart ve Deming tarafından geliştirilen PUKÖ (PDCA) yöntemini kullanır (Öztürk ve ark 2011):

1. Planla (Plan):

- İyileştirme için bir fırsatın seçilmesi
- Problemin tanımlanması
- Verilerin toplanması
- Kök neden(ler)in bulunması
- Çözüm araştırılarak, uygulamak için planın hazırlanması

2. Uygula (Do)

- Hazırlanan planın uygulanması
- Mümkünse çözümün geliştirilmesi

3. Kontrol Et (Check)

- Sonuçların izlenmesi ve plana göre değerlendirilmesi

4. Önlem Al (Act)

- Değişkenlikler için düzeltici önlemin alınması
- Süreçlerin standartlaştırılması

Ewy ve Gmitro (2009), süreç geliştirme için yaygın olarak kabul edilen yaklaşımların aşağıdaki adımları içerdiğini savunmuşlardır:

1. Sürecin tanımı ve akış şeması çıkarılarak standartlaştırılması (herkesin anlayabileceği şekilde açık ve net olmalı)
2. Tüm özel (sistemik olmayan) sapmalar elimine edilerek sürecin sabitleştirilmesi (stabilize edilmesi)
3. Sık karşılaşılan sapmaların (hataların) azaltılarak sürecin daha yapabilir (etkin) hale getirilmesi
4. Katma değeri olmayan, tekrar eden süreç adımlarının elimine edilerek ve adımlar arası sürenin düşürülerek daha etkin bir süreç olmasının sağlanması

Arthur (2007), eğer bir süreç yöneticisi sırasıyla kontrol grafiklerini, Pareto grafiğini ve sebep-sonuç diyagramlarını (balık kılığı/Ishikawa diyagramı) kullanırsa, süreçteki sapmanın nedenini tanımlayabilir ve %90 oranında iyileştirebilir. Şikayetin %90'ının destekleyecek başka herhangi başka bir ampirik veri yoktur, ancak yıllar içinde deneyimle anlaşılabilir. Yine de bu oran %70-80'lere yaklaşırsa bile iyileştirme için özel kalite araçları kullanılması önerilir. Son ve en zor olan %10'luk bölge için PDSA (Plan-Do-Study-Act) döngüsü veya daha robust bir yaklaşım olan Altı Sigma DMAIC (Define-Measure-Analyse-Improve-Control) metodu kullanılabilir.

2.2. Geometrik Ölçümler (form, lokasyon ve salgı ölçümleri)

Uğuroğlu (2015), yüksek lisans tezinde bir yüzeyin kalitesi o yüzeydeki genel form hataları, lokasyon durumu ve yüzey pürüzlülüğü gibi parametrelerin ölçülerek belirlendiğini bildirmiştir. Üretildikten sonra özel işlem den geçen yüzey parçaları kullanıldıkları yer açısından önemli olduğundan yüzeyin hassas olarak geometrik ölçümü, yüzeyin uygun olarak işlenip işlenmediğinin tespit edilmesini sağladığını bildirmiştir.

Uğuroğlu (2015)'na göre, üretim alanında kullanılan malzemeler şekil verme, döküm, dövülme, talaşlama işlemi, kaynaklama, vb. metotlarla ısı, güç ve basınç gerektiren işlemlerle üretilebilmektedir. Üretimin neticesinde elde edilen malzemenin yüzeyi diğer aşamalarda kullanmak için gereken nitelikleri sağlamayabilir. Bunun yanında, üretilen malzemede yüzey durumu değişik pürüzlülüğe sahip olabilir. Bu nedenle, yüzey pürüzlülüğünün nerede olduğu yani lokasyonu ve pürüzlülüğünün form yapısı sık sık kontrol edilmeli ve düzeltici önlemler alınmalıdır (Uğuroğlu 2015).

Global pazarda başarı için düşük maliyetli, yüksek kaliteli ürünlere ihtiyaç duyulmaktadır. Üretilen ürünlerin kalitesinin anlaşılabilmesi içinse bazı kritik imalat adımlarından sonra ölçüm adımları olmaktadır. Bu ölçüm adımlarında ihtiyaca göre kimyasal ölçümler, metalografik ölçümler, elektriksel ölçümler, geometrik ölçümler vb. yapılabilmektedir. Bu çalışmanın konusu olan geometrik ölçümlerin karakteristiklerin listesi ve sembolleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Geometrik karakteristiklerin sembolleri (ISO 1101: 2017-02 İngilizce Standardı’ndan kopyalanmıştır)

| Specification | Characteristics | Symbol |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Form | Straightness | — |
| | Flatness | ▭ |
| | Roundness | ○ |
| | Cylindricity | ∅ |
| | Line profile | ∩ ^a |
| | Surface profile | ∪ ^a |
| Orientation | Parallelism | // |
| | Perpendicularity | ⊥ |
| | Angularity | ∠ |
| | Line profile | ∩ ^a |
| | Surface profile | ∪ ^a |
| Location | Position | ⊕ |
| | Concentricity (for centre points) | ⊙ |
| | Coaxiality (for median lines) | ⊙ |
| | Symmetry | ≡ |
| | Line profile | ∩ ^a |
| | Surface profile | ∪ ^a |
| Run-out | Circular run-out | ↗ |
| | Total run-out | ↗↗ |
| ^a See also ISO 1660. | | |

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada söz konusu olan ölçüm makinelerinin çıktısı “ölçüm sonuçları”dır, çalışmada bu “ölçüm sonuçları” materyal olarak kullanılmıştır. Ek olarak, analiz ve uygulama aşamalarında ölçüm makinelerinin “OEE (Overall Equipment Efficiency-Toplam Ekipman Etkinliği) verileri” de materyal olarak kullanılmıştır. Bu yüzden çalışmanın materyali bir nesne değildir, hizmet çıktısıdır.

Verilerin analizinde MS Excel 2016 ve MINITAB 18 paket programı kullanılmıştır.

Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) üretim verimliliğini ölçmek için kullanılan bir standarttır. Basitçe söylemek gerekirse, gerçekten verimli olan üretim zamanının yüzdesini tanımlamaktadır. % 100'lük bir OEE puanı, durma süresi (stop time) olmayan mümkün olan en hızlı şekilde sadece iyi parçalar üretilmesi anlamına gelmektedir. Toplam Ekipman Etkinliği literatüründe, % 100 Kalite (sadece iyi parçalar), % 100 Performans (mümkün olduğunca hızlı üretim) ve % 100 Kullanılabilirlik (stop time yok) anlamına gelmektedir (Anonim 2019a).

Toplam ekipman etkinliğini ve kayıpları ölçerek, üretim sürecinin sistematik olarak nasıl iyileştirileceği konusunda önemli bilgiler elde edilmektedir. Toplam Ekipman Etkinliği, kayıpları tanımlamak, kıyaslama sürecini geliştirmek ve üretim ekipmanının verimliliğini arttırmak (yani ıskartaları yok etmek) için en iyi ölçü olmaktadır.

Taş'a göre (2013), diğer bir tanımla Toplam Ekipman Etkinliği, kaliteli ürünün üretilmesi için zamanın ne kadar etkin kullanıldığını ölçmektir. Toplam Ekipman Etkinliği formülü şu şekilde hesaplanabilir:

$$\text{Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)} = \text{Kullanılabilir Zaman (Availability)} \times \\ \text{Verimlilik (Productivity)} \times \text{Kalite (Quality)}$$

Formülde bulunan Kullanılabilir Zaman (Availability) terimi, üretimde kullanılan makinenin bu süreçte ne kadar zaman aktif olduğunu yani kullanılabilirliğini hesaplama amacıyla kullanılmaktadır. Burada amaç, makinenin gün içindeki kullanılabilir süresini tespit etmektir. Örnek olarak, 24 saat çalışmaya hazır olan bir makine gün içinde 18 saat süresince üretim amacıyla kullanılıyorsa kullanılabilir zaman 18/24 yani %75 olmaktadır. 6 saatlik kayıp zaman bakım, arıza, yemek, vb. nedenlerle olabilmektedir. Kullanılabilirlik hesaplaması yapılırken temizlik, yemek molası, bakım, arıza, tip değişimi duraklama zamanları olarak göz önünde bulundurulabilir.

Formülde bulunan Verimlilik (Productivity) terimi, üretimde kullanılan makinelerin belirli süre içinde üretim miktarının maksimum üretim kapasitesine oranıyla hesaplanmak suretiyle bulunmaktadır. Hatalı parçalar ve tekrar işlenen parçalar verimliliği düşüren en önde gelen faktörlerdendir. Örneğin, saatte 80 ürün kapasitesi olan bir makinenin saatte 60 parça üretmesi durumunda, makine (60/80) yani %75 performans (verimlilik) ile çalışmaktadır.

Formülde bulunan Kalite (Quality) terimi, belirli bir zaman içerisinde üretilmiş hatasız olan parçalar ile hatalı olan parçalara oranlanması suretiyle hesaplanmaktadır. Örneğin, üretilen 100 parçadan 90 adedi kullanılabilir durumda ise kalite %90 olarak hesaplanabilir. Bu kapsamda, belirtilen örneklerin değerlendirilmesi sonucunda;

$$\text{Toplam Ekipman Etkinliği} = \%75 \times \%75 \times \%90 = \%51$$

olarak hesaplanmaktadır (Taş 2013).

3.2. Yöntem

Giriş bölümünde bu çalışmada (çalışmanın ikinci aşamasında) ölçüm sürecinin iyileştirilmesine odaklanıldığından bahsedilmiştir. Ancak iyileştirmenin hangi makine tipinde, hangi parçanın ölçüm sürecinde yapılacağına tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışmanın ilk aşamasında darboğaz oluşturan makine tipi bulunmuştur. Hala aynı makine tipinin darboğaz olup olmadığı, laboratuvar çalışanlarının tecrübelerine

dayanılarak teyit edilmiştir. Seçilen makine tipinde ölçüme katma değeri olmayan ama destek süreç olan “ölçüm öncesi parça doğrultma” sürecine odaklanılmaya karar verilmiştir. Hangi parçanın ölçüm öncesi parça doğrultma sürecine odaklanılacağına tespiti için ise; geçmiş bir yıllık veri incelenmiştir. Tüm parça tiplerinin seçilen makine tipini ne kadar meşgul ettiği hesaplanmıştır.

$$\text{Makine meşgulliyet süresi} = \text{Parça adedi} \times \text{1 parçanın ölçüm süresi}$$

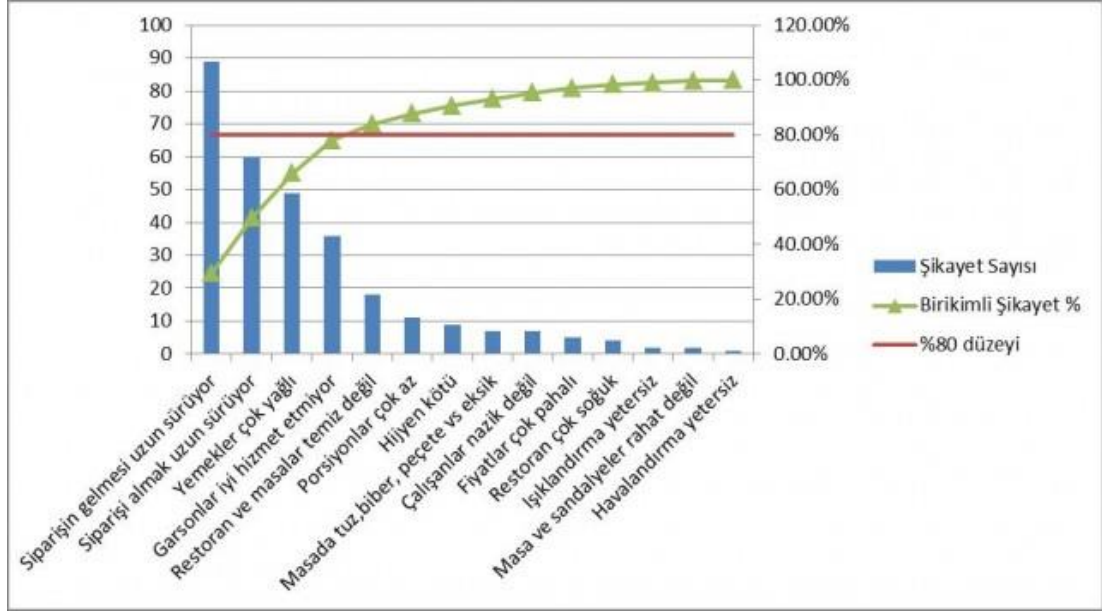
Daha sonra Pareto tekniği kullanılarak makineleri en çok meşgul eden parça tipi bulunmuştur. Bulunan parça tipinin doğrultma süresine etki eden faktörler için balık kılçığı modeli oluşturulmuş ve ekipte oylama yapılarak parametre değişikliğine gidilmiştir. Daha sonra parametre değişikliği öncesi ve sonrası hipotez testleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Pareto diyagramı

Burnak (1997), kitabında Pareto’yu şu şekilde açıklamıştır; “Pareto Diyagramı, bir sorunu yaratan nedenlerin önem derecelerine göre sıralanmasıyla elde edilen bir tür histogramdır. Avrupa’daki gelir dağılımını inceleyen İtalyan ekonomist W. Pareto’nun (1848-1923), sonuçları göstermede kullandığı grafik, izleyen yıllarda kendi adıyla anılmaya başlanmıştır.”

İtalyan ekonomist Vilfredo Pareto, tüm ülkelerde ve her zaman gelir dağılımını düzenleyen basit bir yasa olduğunu belirtmektedir: popülasyonun %20’si gelirlerin %80’ine sahiptir. Vilfredo’nun bir ekonomide şahısların servetlerinin dağılımını göstermek amacıyla kullandığı bu dağılım, sosyal bilimler, jeofizik, sigortacılık vb. pek çok alanda uygulama yapılan bir dağılımdır. Pareto diyagramında, öğeler önem sırasına göre grafikleştirildiğinden, öncelikle hangi alanlara odaklanılması gerektiği ortaya çıkar (Burnak 1997).

Şekil 3.1’de bir pareto diyagramı örneği bulunmaktadır. Örnekte, bir restorana gelen müşterilerin şikâyetlerinin sebepleri gösterilmektedir. Bu grafikte şikâyetlerin %88’inin siparişin geç gelmesinden kaynaklandığı görülmektedir. Bu yüzden şikâyetlerin azaltılması için ilk olarak sipariş teslim sürelerinin iyileştirilmesi gerektiği kararı çıkmaktadır.



Şekil 3.1. Restorana gelen şikâyetlerin sebeplerinin pareto diyagramı (Akçok 2019a)

3.2.2. Sebep-sonuç diyagramı (cause-effect diagram) / Balık kılıcı diyagramı (Fishbone/Ishikawa diagram)

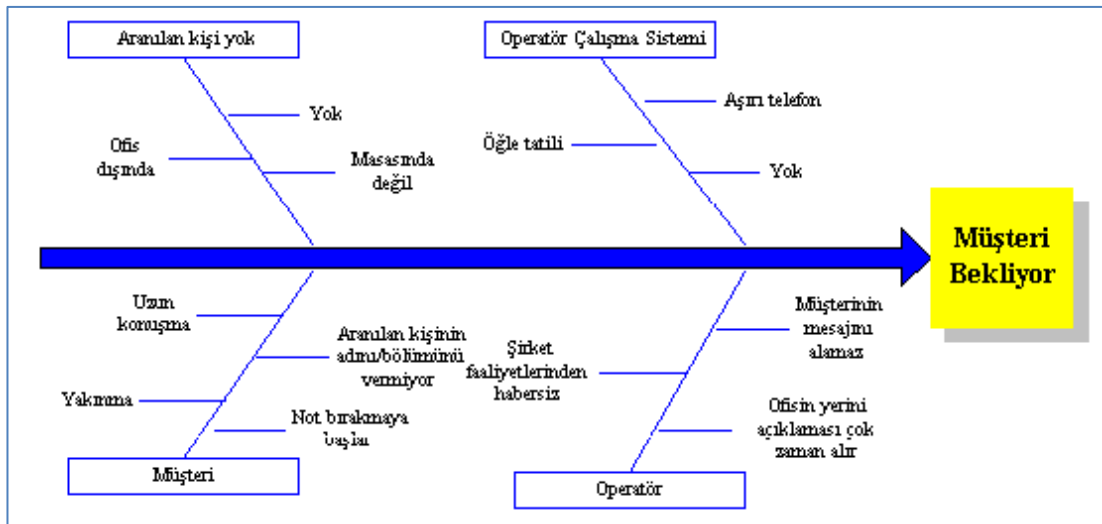
Burnak (1997) kitabında, Sebep-Sonuç Diyagramları’nı şu şekilde açıklamıştır; “Bir olayın ortaya çıkmasına neden olan durumlar (sebepler) ile ilgilenilen olayın (sonuç) şekilsel gösterimi sebep-sonuç (cause-effect) diyagramı olarak adlandırılır. Görünümleri nedeniyle Balık Kılıcı ya da bu diyagramları geliştiren kişi Dr. Ishikawa’nın adıyla da anılırlar.”

Kenkere ve Saoud (2013) bildirisinde, 1960’larda kalite yönetiminin öncüsü olan Profesör Kaoru Ishikawa’nın, Sebep-Sonuç Diyagramı’nın başlangıçta imalat şirketleri için bir kalite kontrol aracı olarak geliştirdiğinden bahsetmiş, ancak günümüzde İnsan Kaynakları, Finans, Pazarlama vb. birçok iş akışında kullanıldığından bahsetmişlerdir. Makalede; bu aracın aşağıdaki amaçlar için kullanılabileceğini bildirmişlerdir:

- Bir problemin ana nedenini keşfetmek,
- Proseslerdeki darboğazları (bottleneck) ortaya çıkarmak,
- Prosesin nerede ve neden işe yaramadığını belirlemek.

Ek olarak, balık kılıçığı diyagramını oluşturma adımlarını şöyle tanımlamışlardır:

1. Önce çalışılması gereken problemi içeren bir kafa oluşturulur.
2. Daha sonra kafaya giden düz bir çizgi çizilerek balık için bir omurga oluşturulur.
3. Soruna katkıda bulunan en az dört neden tanımlanır. Bu dört neden (İnsan, Yönetim, Bireysel ve Altyapı) oklarla omurgaya bağlanır. Bunlar balığın ilk kemiklerini oluşturmaktadır.
4. Nedenlere katkıda bulunan unsurlar belirlenir.
5. Ana nedenler tespit edilinceye kadar her nedeni parçalamaya devam edilir.



Şekil 3.2. Balık kılıçığı diyagramı örneği (Akçok 2019b)

3.2.3. Ölçüm sistemi analizi (MSA: Measurement System Analysis)

Wikipedia’da belirtildiği üzere; ölçüm sistemleri analizi (Measurement System Analysis), bir ölçüm işleminin kapsamlı bir değerlendirmesidir. Ölçüm sistemleri analizi genel olarak, bu ölçüm işlemindeki değişkenlik bileşenlerini tanımlamayı amaçlayan özel olarak tasarlanmış bir deney içermektedir. Bir ölçüm sistemi analizi aşağıdaki hususları dikkate almalıdır:

- Doğru ölçüm ve yaklaşımı seçmek,
- Ölçüm cihazını değerlendirmek,
- Prosedürleri ve operatörleri değerlendirmek,
- Herhangi bir ölçüm etkileşiminin değerlendirilmesi,
- Ölçüm cihazlarının ve / veya ölçüm sistemlerinin kendi ölçüm belirsizliklerinin hesaplanması

(https://en.wikipedia.org/wiki/Measurement_system_analysis 2019).

Wheeler (2006) kitabında, Bir ölçüm işlemini etkileyen faktörleri aşağıdaki Çizelge 3.1’deki gibi göstermiş, bu faktörlerin potansiyel ölçüm varyans kaynaklarını tanımlamaya yardımcı olmak için bir balık kılçığı diyagramıyla da çizilebileceğinden bahsetmiştir.

Çizelge 3.1. Ölçüm işlemini etkileyen faktörler (Wheeler 2006)

| Faktör | Faktör bileşenleri |
|---------------|--|
| Ekipman | Ölçüm cihazı, kalibrasyon |
| İnsan | Operatörler, eğitim, beceri, bakım |
| Süreç | Test yöntemi, şartname |
| Örneklem | Malzemeler, test edilecek öğeler, örnekleme planı |
| Çevre | Sıcaklık, nem, havalandırma |
| Yönetim | Eğitim programları, metroloji sistemi, insan desteği, kalite yönetim sistemi desteği |

Saikaew (2018) makalesinde, ölçüm sistemleri analizinin; ürün ve ölçüm sistemlerinin kalitesinden emin olmak için kullanılan masterların yeterliliğinin değerlendirildiği bir kalite aracı olduğundan bahsetmiştir. MSA’nın amacının, bir ölçüm sisteminin ne kadar hassas, doğru ve stabil olduğunun sayısallaştırılması olarak belirtmiştir.

Montgomery (2013) kitabında, bir ürünü üreten süreçler değişebildiği gibi, ölçüm ve veri alma sürecinin de değişebileceğini ve yanlış sonuçlar verebileceğini bildirmiştir. Ek olarak; bir ölçüm sistemi analizinin, analiz için kullanılan verilerin bütünlüğünü sağlamak, genellikle kalite analizi yapmak, bir ürün veya işlem hakkında alınan kararlar için ölçüm hatasının etkilerini anlamak için test yöntemini, ölçüm cihazlarını ve ölçüm alma sürecini değerlendirmesi olduğundan bahsetmiştir.

Yine Montgomery (2013), ölçüm sistemleri analizinin 2 önemli R'sinden bahsetmiştir: Repeatability (tekrar edilebilirlik) ve Reproducibility (tekrar üretilebilirlik). Tekrar edilebilirlik; hiçbir etken değiştirilmeden, aynı parçanın defalarca ölçüldüğünde aynı değeri vermesi anlamına gelmektedir. Tekrar üretilebilirlik ise; aynı parçanın farklı koşullarda (örn; farklı operatör, farklı zaman dilimi) ölçüldüğünde çıkan sonuçların ne kadar farklı olduğuyla ilgilidir. Bu testlerin (R&R testi) sonucunda aslında şu sorulara yanıt verilir; "Bu ölçüm sistemi iyi ve kötü parçaları ayırt edebilecek yetenekte midir?" Başka bir bakış açısıyla; " Bu ölçüm sistemi, iyi parçaları ne kadar olasılıkla kötü olarak değerlendirecek ya da kötü parçaları ne kadar olasılıkla iyi olarak değerlendirecektir?" (Montgomery 2013).

Akyol (2019)'a göre, ölçüm sistemleri analizi, otomotiv sektörüne ürün tedarik eden firmalarca otomotiv sanayisinin ihtiyacı ve beklentilerini karşılayan uygun ürün sunmak için kullanılmakta olan bir yöntemdir. Ölçüm sistemleri analizi, uygulanan proseslerin ölçüm aletleriyle yapılmış ölçümleri, ölçümlerin doğruluğunun kontrol edilmesi, ölçme sisteminin yeterlilik derecesinin istatistiksel metotlar kullanarak gösterilmesi olarak ifade edilmektedir. Yapılan analizde ölçüm prosesinde bulunan değişkenlik adedini belirlemek için matematiksel ve deneysel metotlar kullanılmaktadır.

Ölçüm sisteminde hassasiyet, doğruluk ve kararlılık unsurları değerlendirilmekte, sistemin kullanıma uygunluğu onaylanmaktadır. Analizlerde sonuç olarak ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığı görülerek, yetersiz olunan alanlarda gerekli önlemler alınmaktadır (Akyol 2019).

Bu çalışmanın yapıldığı otomotiv şirketinin şirket içi teknik detaylarını düzenleyen birçok kitapçığı bulunmaktadır. Bu kitapçıklardan “Kitapçık 10”un adı “Capability of Measurement and Test Processes (Ölçüm ve Test Süreçlerinin Yapabilirliği)”dir. Bu kitapçıkta belirtildiği üzere, kesikli verilerin analizi için farklı MSA metotları, sürekli verilerin analizi için farklı MSA metotları kullanılmaktadır. Örneğin; ölçüm sonucu “geçer/geçmez” gibi bir sonuç (kesikli veri) veren ölçüm sistemi için farklı metotlar, ölçüm sonucu rakamsal veri (Örn; 1,55) (sürekli veri) veren ölçüm sistemi için farklı metotlar kullanılmaktadır (Anonim 2010).

3.2.4. Hipotez testleri

Hipotez testi deneysel verileri kullanarak istatistiksel kararlar vermede kullanılan istatistiksel bir yöntem olarak tanımlanmış, hipotez testinin temel olarak popülasyon parametresi hakkında yapılan varsayım olarak bildirilmiştir (Anonim 2019b).

Karacabey ve Gökgöz (2012) ders notlarında hipotezi şu şekilde tanımlamışlardır; “Örnekleme ile test edilmeye çalışılan bir popülasyonun ilgili parametresi hakkında ortaya sunulan iddiadır”. Hipotezlere örnek;

Hipotez : Matematik dersi final ortalama notu 40’ın üzerindedir.

Hipotez : Bianchi ve Solcano bisikletlerinin kaliteleri aynıdır.

Yukarıdaki örneklerde görüleceği üzere hipotez, öne sürülen ve henüz doğruluğu kanıtlanmamış iddialardır. Bazı testler ya da işlemler uygulanarak hipotezin doğruluğu/yanlışlığı araştırılmaktadır.

Hipotez testi, popülasyonu incelemeye yönelik yapılan çalışmalar ile çalışmaların raporlanması sonucunda hipotezin kabul edilip edilmeyeceğinin belirlenmesi işlemidir. Test kapsamında birden fazla hipotez (alternatif hipotez) karşılaştırılarak bir seçim yapılmaktadır. Hipotez testi beş aşamadan oluşmaktadır (Karacabey ve Gökgöz 2012):

1. Null (sıfır/başlangıç) hipotezi ve alternatif hipotez belirlenmektedir. Değerlendirme yapılması istenen popülasyondaki parametrelere bir değer atanmakta ve bu iddia edilen temel varsayım null hipotezi (H_0 hipotezi) olarak adlandırılmaktadır.

Null hipotezi ile kıyaslama yapmak için kullanılan diğer hipotezler alternatif hipotez (H_a hipotezi) olarak adlandırılmaktadır. Değerlendirme ve testler sonucunda H_0 hipotezi kabul edilmezse (yani reddedilirse), alternatif hipotez (H_a) kabul edilmektedir.

2. Önem ya da risk derecesi belirlenmektedir. Risk derecesi; doğru olan H_0 hipotezinin reddedilme olasılığını gösterir. Güven seviyesi olarak da bilinen risk derecesi (α değeri) genel olarak 0,05 (%5) ve 0,01 (%1) alınmaktadır. Ancak bu tercih değişebilmektedir.

H_0 hipotezinin kabul/ret ve doğru/yanlış olma durumuna göre iki tür hata olasılığı bulunmaktadır. H_0 doğruyken reddedilirse I. tip hata, yanlış iken kabul edilirse II. tip hata yapılmaktadır (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. H_0 hipotezinin kabulünde muhtemel hatalar

| Karar | Gerçek Durum | |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | H_0 doğru | H_a doğru |
| H_0 kabul | Doğru karar | II.tip hata (β hatası) |
| H_0 ret | I.tip hata (α hatası) | Doğru karar |

3. Değerlendirmede kullanılacak istatistiksel test yöntemi belirlenmektedir. Normal dağılım, t dağılımı, ki-kare dağılımı (χ^2 dağılımı) gibi istatistiksel yöntemler kullanılmak suretiyle H_0 hipotezi değerlendirilmektedir.

4. H_0 hipotezinin kabul ya da reddedilme durumu belirlenmektedir. 3. adımda elde edilecek değere göre H_0 hipotezinin kabul ya da reddedilme koşulları belirlenir.

5. Yapılan değerlendirme ve işlemler neticesinde H_0 hipotezinin kabul edilip edilmeyeceğine karar verilmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Uygulama

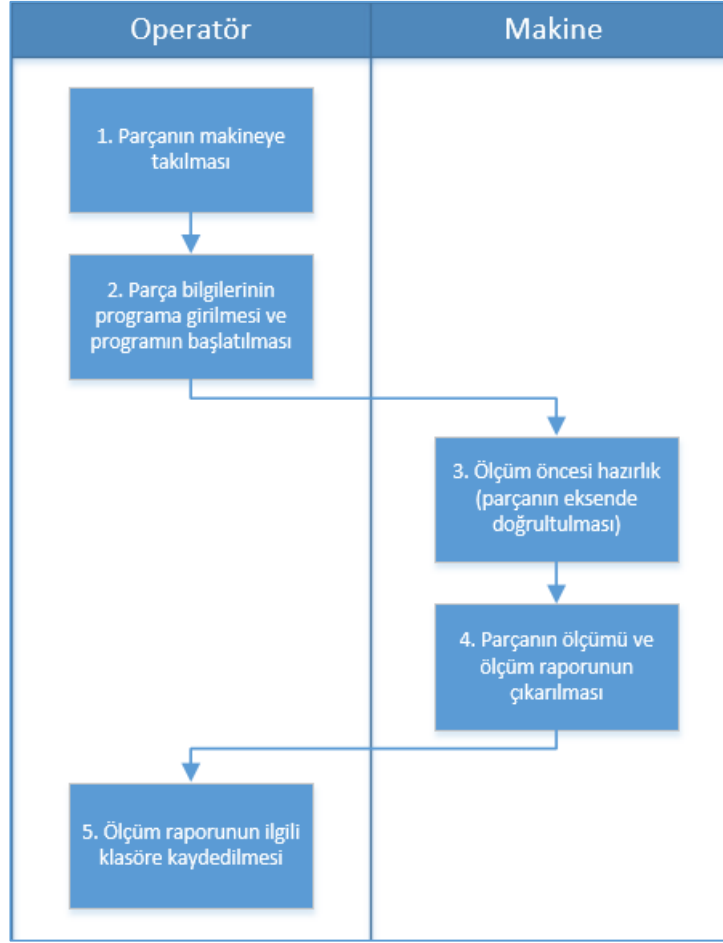
4.1.1. Verilerin incelenmesi

Bu çalışmanın amacı; kalite ölçüm laboratuvarının kapasitesini daha verimli kullanabilmesi için “kapasite arttırımı” planlamasının ikinci aşaması olan makine ölçüm prosesinin iyileştirilmesidir. Hangi ölçüm sürecinden başlanması gerektiğinin tespiti için; önce hangi makine tipine ve hangi parça tipine odaklanması gerektiğinin bulunması gerekmektedir. Çalışmanın ilk aşamasında darboğaz olarak tespit edilen X tipi form ölçüm makinelerinin halen darboğaz olduğu laboratuvar çalışanlarının tecrübelerine dayanılarak teyit edilmiştir. Bu makinelerde hangi parçanın ölçüm sürecine odaklanılacağına tespiti içinse; geçmiş bir yıllık veri incelenmiştir. İncelenen verilerin detayları şu şekildedir:

Kalite laboratuvarında toplam 14 adet X tipi form ölçüm makinesi bulunmaktadır. Bu makinelerde parça ölçüm prosesi adımları Şekil 4.1’deki gibidir.

Bu çalışmanın 1. aşamasında bu makinelerin doluluk oranlarının daha kesin tahmini için makinelerin yazılımlarında düzenlemeler yapılmış, makineler verilerini insan müdahalesi olmadan kaydetmeye başlamışlardır. Böylece X tipi makineler Şekil 4.1’de bulunan 1. adım hariç her adımın başlama zamanını sisteme kayıt olarak atmaya başlamışlardır. Böylece makinelere takılan her bir parça için tüm ölçüm prosesi süre detayları hesaplanabilmektedir (1. adım ise zaman etüdü ile tespit edilmiştir). Hesaplanabilen süreler şunlardır:

- Ölçülecek parça bilgilerinin ölçüm programına giriş süresi (operatör zamanı)
- Parça ölçümü öncesi hazırlık süresi: parça doğrultma süresi (makine zamanı)
- Parça ölçüm süresi (ölçüm raporu dahil) (makine zamanı)
- Ölçüm raporunun ilgili klasöre kaydedilme süresi (operatör zamanı)



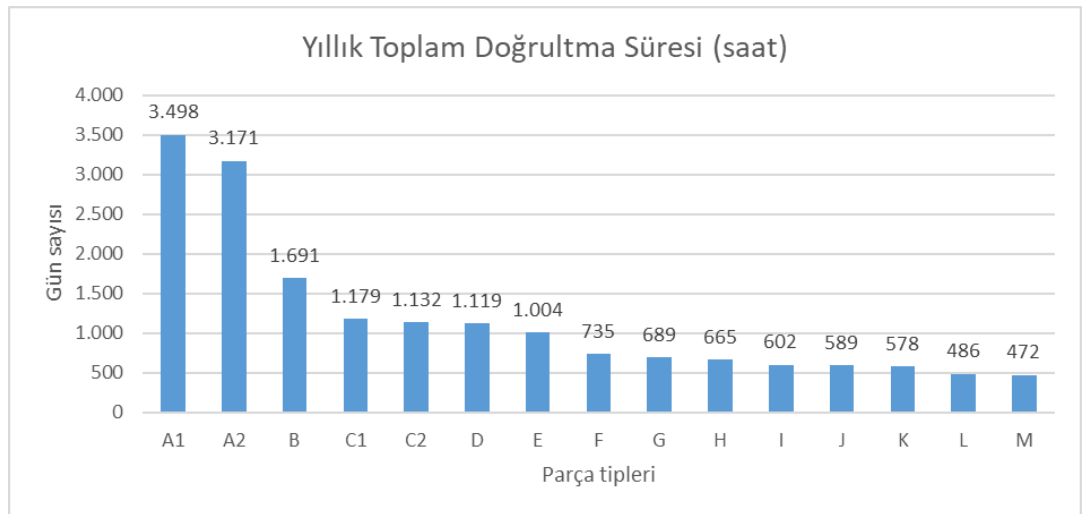
Şekil 4.1. X tipi form ölçüm makinesinin ölçüm prosesi akışı

Yukarıdaki operatör zamanlarındaki olası uzamalar “organizasyonel ve/veya performans kayıplarına” neden olacaktır. Bu çalışmadaki asıl amacımız “makine” kapasite arttırımı olduğundan bu iki adım kapsam dışı bırakılmıştır. Böylece odaklanılacak konu alanı “makine ölçüm öncesi doğrultma süresi ve çıplak ölçüm süresine” kadar daraltılmıştır. Ancak ölçüm öncesi parçayı doğrultma süreci bir destek (support) süreç olup, çıplak ölçüm süreci ise katma değeri olan bir süreçtir. Bu yüzden odak noktası olarak destek süreç olan “ ölçüm öncesi parça doğrultma süreci”nin ele alınmasına karar verilmiştir. Hangi parçanın ölçüm öncesi doğrultma sürecine odaklanılacağıın tespiti içinse; geçmiş bir yıllık veri incelenmiştir. Tüm parça tiplerinin (64 adet) seçilen makine tipini ne kadar meşgul ettikleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.1.). Daha sonra Pareto tekniği kullanılarak makineleri en çok meşgul eden parça tipi görülmüştür (Şekil 4.2.).

$$\text{Makine meşgulliyet süresi} = \text{Parça adedi} \times \text{1 parçanın ortalama doğrultma süresi}$$

Çizelge 4.1. Parçaların makineleri meşgul ettikleri süreler (TOP15)

| Sıralama | Parça Tipi | Yıllık Toplam Parça Adedi | Ortalama Doğrultma Süresi (dk) | Yıllık Toplam Doğrultma Süresi (saat) | Yıllık Genel Toplam %'si |
|----------|------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | A1 | 56.008 | 3,75 | 3.498 | 15% |
| 2 | A2 | 67.721 | 2,81 | 3.171 | 14% |
| 3 | B | 23.762 | 4,27 | 1.691 | 7% |
| 4 | C1 | 27.196 | 2,60 | 1.179 | 5% |
| 5 | C2 | 27.058 | 2,51 | 1.132 | 5% |
| 6 | D | 30.434 | 2,21 | 1.119 | 5% |
| 7 | E | 27.234 | 2,21 | 1.004 | 4% |
| 8 | F | 8.663 | 5,09 | 735 | 3% |
| 9 | G | 14.707 | 2,81 | 689 | 3% |
| 10 | H | 15.287 | 2,61 | 665 | 3% |
| 11 | I | 15.817 | 2,28 | 602 | 3% |
| 12 | J | 18.241 | 1,94 | 589 | 3% |
| 13 | K | 13.183 | 2,63 | 578 | 3% |
| 14 | L | 8.985 | 3,25 | 486 | 2% |
| 15 | M | 11.787 | 2,40 | 472 | 2% |



Şekil 4.2. Parçaların makineleri meşgul etme süreleri paretosu (TOP15)

Şekil4.2’den de görüleceği gibi; diğer parçalardan açık ara farkla, A parçasının 1.tip ve 2.tip ölçümlerinde “sadece parça doğrultma” için yılda toplam 6.669 saat makine kapasitesi harcanmaktadır.

1 adet X tipi makinenin yıllık kullanılabilir kapasitesi:

- 1 vardiyada 1 adet X tipi makinenin kullanılabilir kapasitesi:

$$\left(\frac{8sa}{vardiya} \times \frac{60dk}{sa} \right) - \left(\frac{30dk + 21dk + 10dk}{vardiya} \right) = \frac{419dk}{vardiya}$$

- 1yilda (2018 yılı) 1 adet X tipi makinenin kullanılabilir kapasitesi

NOT: Ayda 15dk eğitim için duruş oluyor

$$\left[\frac{419dk}{vardiya} \times \frac{3vardiya}{gün} \times \frac{301gün}{yıl} - \left(\frac{15dk}{ay} \times \frac{12ay}{yıl} \right) \right] \times \frac{1sa}{60dk} = \frac{6.303sa}{yıl}$$

Toplam 14 adet X tipi makinenin yıllık kullanılabilir kapasitesi:

$$\frac{6.303 sa}{yıl} \times 14 = \frac{88.242sa}{yıl}$$

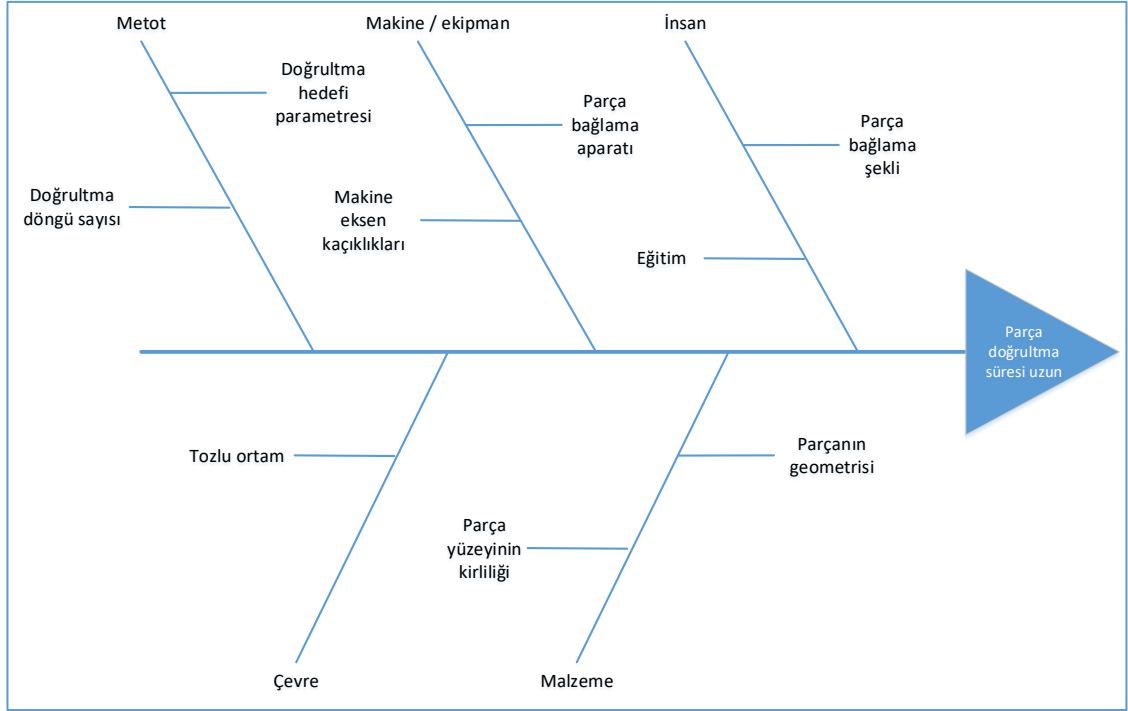
Bu hesaba göre açıktır ki; sadece A tipi parçanın, sadece doğrultulması için yıllık toplam makine kapasitesinin;

$$\frac{6.669}{88.242} = \%7,6$$

'sı kullanılmaktadır. Bir parçada katma değeri olmayan destek bir süreç için bu oran çok yüksektir. Böylece A tipi parçanın ölçümlerine odaklanılmaya karar verilmiştir.

4.1.2. İyileştirme yapılacak noktanın seçimi

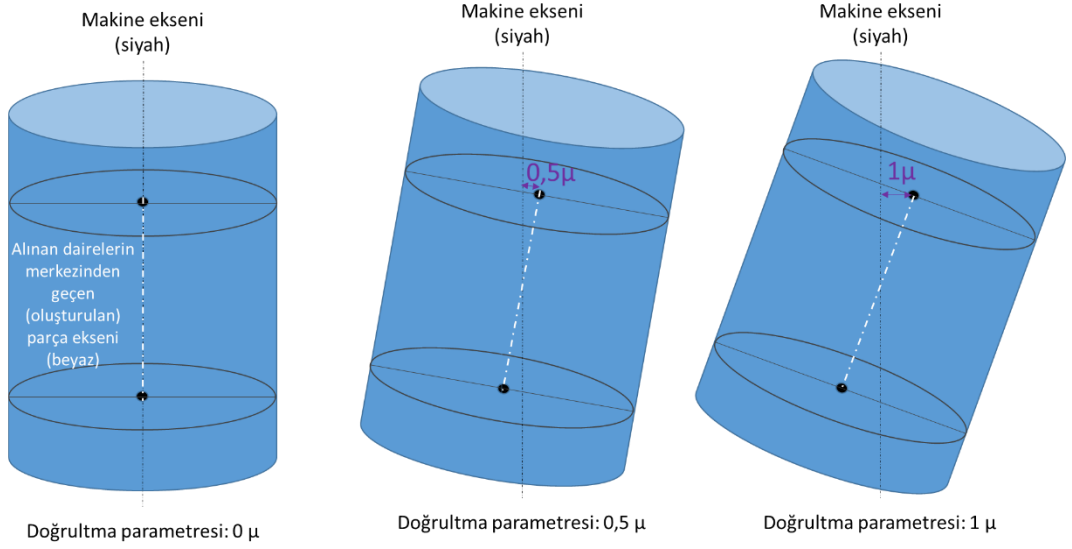
A tipi parçanın form ölçümlerinde ne gibi iyileştirmeler yapılabilir, doğrultma süresine etki eden faktörler nelerdir görebilmek için bir ekip toplanmış ve bir balık kılıcı diyagramı çıkarılmıştır (Şekil 4.3.). Ekipte, laboratuvar teknik sorumlu mühendisi, yönetsel sorumlu mühendisi, iki tekniker ve iki makine yazılım sorumlusu yer almıştır.



Şekil 4.3. Parça doğrultma süresinin uzun olması ile ilgili balık kılçığı diyagramı

Çıkarılan balık kılçığı sonrası 1 hafta boyunca her bir alt dal için yapılabilecekler (öneriler) toplanmıştır. 1 hafta sonra tekrar toplanılarak fayda-efor kriteri dikkate alınarak tartışılmıştır. Ekip kararı olarak “Metot” dalındaki “Doğrultma hedefi parametresi” alt dalı iyileştirme yapılacak nokta olarak seçilmiştir.

Doğrultma hedefi parametresi: Makinenin kendi eksenlerine (x-y-z ve C eksenlerine) göre parçayı ne kadar “yaklaşık” doğrultacağı demektir. Bu değer ne kadar küçük olursa parça o kadar iyi doğrultulmuş demektir. Ancak bu da aşırı/gereksiz zaman kaybına neden olmaktadır. Açıklamanın daha net anlaşılabilir olması için ölçeksiz olarak temsili şekillerle Şekil 4.4’de görselleştirilmiştir.



Şekil 4.4. Ölçeksiz, temsili parça doğrultma parametresi gösterimi

4.1.3 Denemenin planlanması

“Doğrultma hedefi parametresi”ndeki iyileştirme A parçasının her iki ölçüm (1.tip ölçüm ve 2. tip ölçüm) programında da yapılabilir. Ancak “verimli kaynak kullanımı” için öncelikle sadece birinde denemeye karar verilmiştir. Sonuçların olumlu çıkması durumunda ise ikinci tip programa da uygulanabileceği öngörülmüştür.

A parçasının hangi tip ölçüm programında deneme yapılacağı kararı ise aşağıdaki hesaplama göre verilmiştir:

X tipi makineler, parçayı verilen parametrelere göre doğrultmaya çalışırken başarılı olamazsa durmakta ve hata mesajı vermektedir. Hata mesajını gören operatör yeniden ölçüm yapmayı denemekte, birkaç deneme sonra hala başarılı olunamazsa ilgili talimatlara göre makinede bir arıza var mı diye kontrol etmektedir. Geçmiş 1 yıllık verilerde, bu hata mesajlarının verildiği, yani makinenin doğrultma yapamadığı durumlar (arıza sebebi olanlar hariç) sayılmıştır, sonuç aşağıdaki gibi bulunmuştur:

A parçasının 1. tip ölçümünde parçanın doğrultulamama oranı:

$$\frac{1.676}{58.513} = \%2,8$$

A parçasının 2. tip ölçümünde parçanın doğrultulamama oranı:

$$\frac{3.118}{72.394} = \%4,3$$

Hesaba göre 2.tip ölçümde daha çok hata ile karşılaşıldığı ve tekrar ölçümlerin daha fazla olduğu görülmüştür (operatör tecrübeleri de bu veriyi desteklemektedir). Böylece denemenin A parçasının 2. tip ölçümünde yapılmasına karar verilmiştir.

A parçasının ikinci tip ölçüm programında “doğrultma hedefi parametresi” kontrol edilmiş; 0,5μ olduğu görülmüştür. Yani A parçası makine eksenlerine (x-y-z-C) 0,5μ yaklaşıma kadar makine parçayı doğrultmaya devam ediyor demektir. Ölçüm makinesi üreticisinin verdiği eğitimlerde doğrultma parametresiyle ilgili alınan bilgilerle, laboratuvardaki tecrübeler birlikte değerlendirilmiş ve söz konusu A parçasının geometrisi de dikkate alınarak, en düşük tolerans 1μ olduğu için en fazla 1μ doğrultma parametresi kullanılabileceği fikir birliğine varılmıştır. Süre kazancının maksimum olması istendiği için denemede doğrultma parametresinin 1μ olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Deneme maliyetli ve eforu yüksek olduğundan, yaklaşık ne kadarlık bir iyileştirme sağlanacağı hakkında fikir sahibi olunması için başlangıçta 3 parçayla ön deneme yapılmıştır.

Ön deneme sonuçları Çizelge 4.2.’deki gibidir:

Çizelge 4.2. Ön deneme doğrultma süreleri

| | Parametre 0,5μ | Parametre 1μ | İyileşme oranı |
|--------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1. A parçası | 2,27 dk | 2,03 dk | %10,6 |
| 2. A parçası | 2,23 dk | 1,57 dk | %29,6 |
| 3. A parçası | 2,33 dk | 1,59 dk | %31,8 |
| Ortalama | 2,28 dk | 1,73 dk | %24,0 |

Bu sonuçlar imalat birimiyle görüşülerek, yapılacak iyileştirmenin ölçüm sonuçlarının teslim süresini de iyileştireceği anlatılmıştır. İmalat biriminin de desteği alınarak bir deneme planı oluşturulmuştur. Deneme planında hangi makinelerden, hangi şartlarda, kaç adet A parçasından alınacağı, hangi karakteristiklerin kontrol edileceğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için sırasıyla aşağıdaki iki adım izlenmiştir:

ADIM1: A parçasının 2.tip ölçümünde toplam 16 karakteristik ölçülmektedir. Parametre değişikliğinin etkilerinin görülebilmesi için tüm karakteristiklerin kontrol edilmesi fazla kaynak kullanımına sebebiyet verecektir. Bu yüzden ölçüm teknikleri dikkate alınarak, eksenlerin her birini baz alarak ölçümü yapılan ve en dar toleranslı aşağıdaki karakteristiklerin seçilmesine karar verilmiştir:

C,x eksenleri etkisi için → K1_Yuvarlaklık Ø1.8 Tol: 1µm

z ekseni etkisi için → K7_Paralellik Ø1.8 0-180° Tol: 1,5µm

x,y,z,C eksenleri etkisi için → K9_Aln salgısı Ø1.86 163° Tol: 1,5µm

ADIM2: İmalatta A parçasını üreten toplam 13 makine mevcuttur. Bu makinelerin her birinde 2 adet üretim kafası bulunmaktadır. SPC ölçümlerinde makinelerin hem birinci kafalarından hem de ikinci kafalarından 3'er parça alınmakta ve kalite laboratuvarında ölçülmektedir. Yani, bir makine için 6 adet SPC ölçüm sonucu bulunmakta ve buna göre C_{pk} , P_{pk} değerleri hesaplanmaktadır.

Söz konusu imalat makinelerinin hangilerinden parça alındığında etki daha doğru görünür diye düşünüldüğünde; birinci adımda seçilen karakteristiklerin geçmiş 3 aylık P_{pk} 'ları en yüksek, en düşük ve ortalama olan 3 makine seçilmeye karar verilmiştir. Tüm makinelerin seçilen karakteristiklere göre geçmiş 3 aylık P_{pk} değerleri Ek 1'de verilmiştir. Ek 1'deki verilere göre, deneme için parça alınacak makineler Çizelge 4.3.'deki gibi seçilmiştir:

Çizelge 4.3. Deneme için parça alınacak makineler

| | Max | Ort | Min |
|------------------------|------------|------------|------------|
| K1 Yuvarlaklık | M11 | M14 | M21 |
| K7 Paralellik | M21 | M14 | M11 |
| K9 Alın salgısı | M11 | M21 | M14 |

Böylece sadece M11, M14 ve M21 makinelerinden parça alınarak deneme yapılabilecektir.

Deneme sonrası parçalar ıskarta edileceğinden, imalat için deneme maliyetli olmaktadır. Alınan parçaların ölçümü için de laboratuvarında çok fazla makine kapasitesi, zaman ve çaba harcanacaktır. Bu kısıtlar nedeniyle deneme için bir makinenin her bir kafasından “aynı vardiya içinde, ardarda üretilmiş” 25’er parça alınmaya, yani 1 makineden “aynı vardiya içinde, ardarda üretilmiş” toplam 50 parça alınmaya karar verilmiştir. Parça sayısının 25’er adet seçilmesinin nedeni; şirket içi teknik kuralları belirleyen kitapçıkta en az 25 parça ile bu testlerin yapılabileceği kuralının olmasıdır (Anonim 2010).

Böylece toplam 150 adet A parçası kalite laboratuvarında ölçülecek ve mevcut doğrultma süresi ile yeni doğrultma süresi karşılaştırılacaktır. Ek olarak, bu doğrultma parametresi değişikliğinin ölçüm sonuçlarına da bir etkisinin olup olmadığı hipotez testleriyle kontrol edilecektir.

4.1.4. Denemenin yapılması

150 parça planlandığı şartlarda üretilmiş, ilk 25’lik lot kalite laboratuvarına deneme ölçümü için getirilmiş, diğer parçalar ise paslanmasın diye yağlı şekilde imalatta bekletilmiştir. Bu şekilde her deneme ölçümü biten 25’li lottan sonra ikinci 25’li lot kalite laboratuvarına getirilecek şekilde imalat ile anlaşmaya varılmıştır. Parçalar önce doğrultma parametresi 0,5µ iken ölçülmüş, sonra 1µ iken ölçülmüştür. İyileştirme oranı tespiti için doğrultma süreleri Ek 2’de, ölçüm sonuçları Ek3’de verilmiştir.

4.2. Deneme Sonuçları

4.2.1. Parça doğrultma süresi testleri

Parametre değişikliği öncesi ve sonrası, doğrultma süreleri (bkz. Ek 2) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığının tespiti için hipotez testi uygulanmıştır. Hipotez testi olarak ortalamalar arası fark önemli olduğundan dolayı “Paired t test” seçilmiştir. Hipotez testleri aşağıdaki gibi kurulmuştur:

$$H_0: \text{Parametre değ. öncesi doğrultma süresi} = \text{Parametre değ. sonrası doğrultma süresi}$$

$$H_a: \text{Parametre değ. öncesi doğrultma süresi} > \text{Parametre değ. sonrası doğrultma süresi}$$

Test güven seviyesi 0,95 olarak tercih edilmiştir. Böylece α anlam düzeyi (değeri) 0,05 olmaktadır. Ek 2’deki veriler Minitab programına girilmiş ve Şekil 4.5.’deki sonuçlar elde edilmiştir.

| Paired T-Test and CI: Öncesi; Sonrası | | | | |
|--|----------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------|
| Descriptive Statistics | | | | |
| Sample | N | Mean | StDev | SE Mean |
| Öncesi | 150 | 0,001952 | 0,000492 | 0,000040 |
| Sonrası | 150 | 0,001612 | 0,000414 | 0,000034 |
| Estimation for Paired Difference | | | | |
| Mean | StDev | SE Mean | 95% CI for $\mu_{\text{difference}}$ | |
| 0,000341 | 0,000585 | 0,000048 | (0,000246; 0,000435) | |
| $\mu_{\text{difference}}$: mean of (Öncesi - Sonrası) | | | | |
| Test | | | | |
| Null hypothesis | | $H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$ | | |
| Alternative hypothesis | | $H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$ | | |
| T-Value | P-Value | | | |
| 7,13 | 0,000 | | | |

Şekil 4.5. Parametre değişikliğinin süre üzerindeki etkisinin hipotez testi sonucu

Şekil4.5.’de görüldüğü gibi p-value, α ’dan küçük çıkmıştır, H_0 reddedilmiş, H_a kabul edilmiştir. Yani; %95 güvenle istatistiksel olarak parametre değişikliği sonrası doğrultma süresi, öncesine göre azalmıştır denilmektedir.

“Peki bu süre azalışı ne kadar?” sorusuna ise yanıt aşağıdaki hesapla verilmiştir.

Deneme sonucu doğrultma sürelerine (Ek 2’ye) bakıldığında özet olarak aşağıdaki tablo hesaplanabilmektedir (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Parametre değişikliği öncesi ve sonrası doğrultma süresi değişimi

| | M11 | | M14 | | M21 | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Parametre değişikliği öncesi | Parametre değişikliği sonrası | Parametre değişikliği öncesi | Parametre değişikliği sonrası | Parametre değişikliği öncesi | Parametre değişikliği sonrası |
| Ortalama süre | 00:02:51 | 00:02:21 | 00:02:43 | 00:01:56 | 00:02:52 | 00:02:41 |
| İyileştirme farkı | 00:00:30 | | 00:47 | | 00:00:11 | |
| İyileştirme oranı | 17,5% | | 28,9% | | 6,4% | |

Böylece yapılan iyileştirmenin doğrultma süresi ortalama iyileştirme oranı;

$$\frac{\%17,5 + \%28,9 + \%6,4}{3} = \%17,6$$

olarak hesaplanmaktadır.

Yukarıdaki sonuçlar istenilen yönde çıksa da (yani hedeflendiği gibi parametre değişikliği ile parça doğrultma süresi azalsa da) bu değişikliği yaparken ölçüm sonuçlarında bir değişikliğe neden olup olunmadığının da araştırılması gerekmektedir.

4.2.2. Ölçüm sonuçları testleri

Ek 3’deki ölçüm sonuçları incelendiğinde özetle; her bir makine 50 parça, her bir parçada 3 karakteristik, hem parametre değişikliği öncesi hem sonrası ölçüm sonucu olmak üzere, 1 makine için toplam 300 ölçüm sonucu içermektedir. Deneme için toplam 3 imalat makinesi seçildiğinden hipotez testlerine tabi tutulacak toplam veri sayısı 900 olmaktadır. Daha önce 4.1.1 bölümünde bahsedildiği üzere ölçüm öncesi “parçayı doğrultma” süreci ölçüme “hazırlık” sürecidir. Bu yüzden MSA çalışma tekrarları kapsam dışında tutulmuştur. Çünkü MSA çalışmalarının tekrarlanması için aşağıdaki ölçüm değişkenlik

kaynaklarından en az birinin değişmesi gerekmektedir (<https://quality-one.com/msa/#Why>, 2019) :

- ❖ Ölçüm prosesi - Test metodu, spesifikasyonları
- ❖ Operatör – farklı yetkinlikteki operatörler
- ❖ Ekipman – Masterlar, parça bağlama aparatları, test makineleri ve onları kalibre eden sistemler
- ❖ Ölçülen şey – parça değişikliği, parça malzemesi değişikliği vb.
- ❖ Çevre faktörleri – sıcaklık, nem, kirlilik vb.

Bu çalışmada yukarıdaki faktörlerden herhangi biri değişmediği için MSA çalışmalarının tekrarlanmasına gerek olmadığına karar verilmiştir.

Doğrultma parametresi değişikliğinin ölçüm sonuçlarına etki edip etmediği hipotez testleriyle kontrol edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının analizi için “sıfır hipotezi”; “Doğrultma parametresi değişim öncesi parça ölçüm sonuçlarıyla, değişim sonrası parça ölçüm sonuçları arasında anlamlı bir fark yoktur” olarak kurulmuştur. Buna karşılık “alternatif hipotez” de; “Doğrultma parametresi değişimi öncesi parça ölçüm sonuçlarıyla, değişim sonrası parça ölçüm sonuçları arasında anlamlı bir fark vardır” olarak kurulmuştur.

Hipotezlerin formüle edilmiş halleri ise aşağıdaki gibidir:

$$H_0: \text{Parametre değ. öncesi ölçüm sonuçları} = \text{Parametre değ. sonrası ölçüm sonuçları}$$

$$H_a: \text{Parametre değ. öncesi ölçüm sonuçları} \neq \text{Parametre değ. sonrası ölçüm sonuçları}$$

Söz konusu test güven seviyesi 0,95 olarak tercih edilmiştir. Böylece α anlam düzeyi (değeri) 0,05 olmaktadır. Ölçüm sonuçları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespiti için hem ortalamalar arası farkı test eden “Paired t test” hem de değişkenlikler arası farkı test eden “2-variances test” hipotez testleri uygulanmıştır. Test sonuçları Ek 4’de verilmiştir.

Test sonuçlarına (Ek4’e) bakıldığında özetle aşağıdaki tablo (Çizelge 4.5.) çıkmıştır.

Çizelge 4.5. Parametre değişikliğinin ölçüm sonuçları üzerindeki etkisinin hipotez testleri sonuçları

| | K1-Yuvarlaklık | K7-Paralellik | K9-Alın salgısı |
|-----------------|--|--|--|
| Makine11 | p-value _{t-test} = 0,550 p-value _{σ-test} = 0,707 | p-value _{t-test} = 0,466 p-value _{σ-test} = 0,409 | p-value _{t-test} = 0,758 p-value _{σ-test} = 0,718 |
| Makine14 | p-value _{t-test} = 0,750 p-value _{σ-test} = 0,456 | p-value _{t-test} = 0,008* p-value _{σ-test} = 0,024* | p-value _{t-test} = 0,007* p-value _{σ-test} = 0,019* |
| Makine21 | p-value _{t-test} = 0,164 p-value _{σ-test} = 0,427 | p-value _{t-test} = 0,836 p-value _{σ-test} = 0,751 | p-value _{t-test} = 0,515 p-value _{σ-test} = 0,548 |

* p-value < α

Çizelge 4.5.'de, “*”lı değerlerin α değerinden (0,05'den) küçük olduğu, diğerlerinin ise α değerinden büyük olduğu görülmektedir. Makine14'de karşılaşılan bu durumun özel bir nedeninin olup olmadığının tespiti için deneme gerçekleştirilirkenki şartlar ve adımlar incelenmiştir. Denemede sırasıyla Makine11, Makine14, Makine21 parçaları ölçülmüştür. Ancak Makine11'in ölçümleri yapıldıktan sonra K7-paralellik ve K9-alın salgısı ölçen ölçüm probunun periyodik kalibrasyonu sırasında ömrünü doldurduğu farkedilmiş ve bu yüzden yeni prob takılarak ölçümlere devam edildiği tespit edilmiştir. Makine11'den sonra Makine21 parçalarında düşük p-value değerinin görülmemesi, bu durumun prob eskimesi kaynaklı olduğunu göstermektedir (Bu durum laboratuvarında tekrar gerçekleştirilebilir). Bu durumun tespiti, prob kalibrasyon sıklığının veya prob değişim periyodunun tekrar incelenmesi gerektiğini açığa çıkarmıştır. Ek olarak; aynı prob ile ölçülen başka karakteristikler de varsa, onlar da dikkate alınarak inceleme yapılmalıdır.

Prob etkisi çıkarıldığında anlaşılmaktadır ki; p-value değerleri α değerinden büyük olduğundan H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Yani %95 güvenle, doğrultma parametresi değişikliği, ölçüm sonuçlarında anlamlı bir farka neden olmamıştır denilmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında bir otomotiv yan sanayi firması kalite departmanında, ölçüm makineleri kapasite arttırımı hedeflenmiştir. Pilot çalışma olarak darboğaz olan X tipi ölçüm makineleri seçilmiş, A parçasının 2.tip ölçümlerinde parça doğrultma parametresi değiştirilerek ölçüm öncesi hazırlık süresi kısaltılmıştır. Bu süre kısalma miktarı bölüm 4.3.1’de hesaplanmış ve %17,6 bulunmuştur. Pilot çalışma öncesi, A parçasının 2.tip ölçümlerinde yıllık parça doğrultma süresi 3.171 saat olarak görülmektedir (bkz. Çizelge 4.1). Bu durumda %17,6’lık iyileştirme miktarı;

$$\frac{3.171 \text{ saat}}{\text{yıl}} \times \%17,6 = \sim \frac{559 \text{ saat}}{\text{yıl}}$$

olarak hesaplanmaktadır. Yani sadece X tipi makinelerdeki A parçasının 2.tip ölçümlerinden yılda 559 saat kazanılmıştır.

Çalışmanın başında Pareto diyagramı çıkarıldığında, X tipi makinelerde ölçülen tüm parçaların doğrultma sürelerinin toplamı 22.632 saat/yıl hesaplanmıştır. Bu tüm parçaların doğrultma sürelerinde, pilot çalışmadaki oranda iyileşme sağlanacağı varsayılırsa toplam iyileşme miktarı;

$$\frac{22.632 \text{ saat}}{\text{yıl}} \times \%17,6 = \sim \frac{3.984 \text{ saat}}{\text{yıl}}$$

olacağı öngörülmektedir.

Öngörülen toplam getiri miktarı çok yüksek olduğundan diğer parça ölçümlerinde de bu uygulamanın yapılıp yapılmayacağı, yapılırsa herhangi bir parçada ölçüm sonucu riski taşınıp taşınmayacağı tekrar laboratuvar ekibi (laboratuvar teknik sorumlu mühendisi, yönetsel sorumlu mühendisi, iki tekniker ve iki makine yazılım sorumlusu) ile birlikte toplanılarak tartışılmalıdır.

Bu çalışmadaki ölüm ve analizlerle doğrultma parametresi farklı olan iki program arasındaki fark (differences between) görülmüştür. alışmalara ek olarak bir de “aynı parçanın 25 tekrarlı” ölümü yapılarak parametresi değiştirilen programın kendi içindeki değişkenliği (differences within) de görülebilir di (mevcut program için zaten var). Kaynak kullanımını kısıtlı olduğu için bu uygulama yapılmamıştır.

Ölüm ncesi doğrultma parametresi, ölümün süresine etki ettiği gibi, ölümün ne kadar daha kesin (precise) yapılacağına da etki etmektedir. Bu yüzden böyle bir parametre değişikliği yapılacağı zaman makine üreticisinin makinede zorunlu spekleri arasında olup olmadığı kontrol edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akçok, B., 2019a.** Pareto Analizi (ABC Analizi) Nedir? Nasıl Uygulanır?. <https://www.bilgiustam.com/pareto-analizi-abc-analizi-nedir-nasil-uygulanir->(Erişim tarihi: 13.07.2019)
- Akçok, B., 2019b.** Balık Kılçığı (Ishikawa) Diyagramı Nedir?. <https://www.bilgiustam.com/balik-kilcigi-ishikawa-diyagrami-nedir-> (Erişim tarihi: 13.07.2019).
- Akyol, O., 2019.** MSA (Measurement System Analysis). <https://malzemebilimi.net/msa-measurement-system-analysis.html>-(Erişim tarihi: 01.07.2019).
- Anonim, 2010.** Booklet 10 - Capability of Measurement and Test Processes. Bosch A.Ş., Edition 05/2010, Almanya
- Anonim, 2011.** Measurement system analysis. https://en.wikipedia.org/wiki/Measurement_system_analysis- (Erişim tarihi: 14.07.2019).
- Anonim, 2019a.** What is Overall Equipment Effectiveness?. <https://www.oee.com/>-(Erişim tarihi: 30.06.2019).
- Anonim, 2019b.** Hypothesis Testing. <https://www.statisticssolutions.com/hypothesis-testing/>-(Erişim tarihi: 02.07.2019).
- Aras, N., 2018.** Tesis içi Yerleşim Planlaması I Ders Notları. Eskişehir Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.
- Bulut, Z.A. 2004.** İşletmeler Açısından Kapasite Planlaması ve Kapasite Planlamasına Etki Eden Faktörler. *Mevzuat Dergisi*, 7(80):6
- Burnak, N. 1997.** Toplam Kalite Yönetimi. Tekam Yayın, Eskişehir, 222 s.
- Erpik, Z. 2019.** Hat Çizelgeleme Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı: İETT Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üni Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ewy, R., Gmitro, H.A. 2009.** Process Management in Education : How to Design, Measure, Deploy, and Improve Educational Processes. ASQ Quality Press, USA, 120 pp.
- ISO 1101:2017.** Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Tolerances of form, orientation, location and run-out
- İlkay, M.S., Özdemir, A.İ., Yüzükırmızı, M. 2009.** Yükleme Dayalı Üretim Çizelgeleme ve Siparişe Göre Üretim Yapan Bir İşletmede Uygulaması. 9. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 15-17 Ekim 2009, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Karacabey, A., Gökgöz, F., 2012.** Hipotez Testleri Ders Notları. [https://acikders.ankara.edu.tr-](https://acikders.ankara.edu.tr/) (Erişim tarihi: 03.07.2019).
- Kenkere, V.Y., Saoud S. J. 2013.** Fish Bone Analysis: An effective tool for identifying causes for employee attrition in MNC's located in Bangalore. National Conference, May 2013, Bangalore, India.
- Khodr, M.H. 2012.** Apply Heuristic and Meta-Heuristics to large-Scale Process Batch Scheduling: Scheduling Problems and Solutions, Khodr, M.H. , New York, USA, Nova Science Publishers, Chapter2.
- Montgomery, D.C. 2013.** Process and Measurement System Capability Analysis: Introduction to Statistical Quality Control, Welter J., Dumas, S., Sapira, L., United States of America, pp: 368-369
- Murray, M., 2019.** Measuring Capacity in Manufacturing. <https://www.thebalancesmb.com/measuring-capacity-in-manufacturing-2221213-> (Erişim tarihi: 30.06.2019).

- Öztürk, A., Arıkan, V.S., Öztürk, M.U 2011.** Süreç İyileştirme Yöntemleri ve Yöneylem Araştırması. *Atatürk Ü. İİBF Dergisi*, 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı: 391-405.
- Saikaew, C. 2018.** An implementation of measurement system analysis for assessment of machine and part variations in turning operation. *Elsevier Journal*, 118 (March 2018): 246-252.
- Taş, Ş., 2013.** Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) Nedir ve Nasıl Hesaplanır?. http://www.siskon.com.tr/dosya/PDF/Makale/Toplam_Ekipman_Etkinligi.pdf-(Erişim tarihi: 01.07.2019).
- Uğuroğlu, E. 2015.** 6 Serbestlik Dereceli Rotasyonel Stewart Platformu Tasarımı ve Yüzey Pürüzlülük Ölçümlerinde Eğim Sensörü ile Konum Kontrolü. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Üreten, S. 1996.** İşlemler Yönetimi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 429 s.
- Yağmahan, B., Yenisey, M.M. 2006.** Akış tipi çizelgeleme problemi için KKE parametre eniyileme. *İtü Dergisi*, 5(2):133-141.
- Wheeler, D.J. 2006.** Evaluating the Measurement Process & Using Imperfect Data. SPC Press, Knoxville, Tennessee, USA, 316 pp.

EKLER

- EK 1** İmalat makinelerinin seçilen karakteristiklerdeki P_{pk} değerleri
- EK 2** Parametre değişikliği öncesi ve sonrası parça doğrultma süreleri
- EK 3** Parametre değişikliği öncesi ve sonrası seçilen karakteristiklerin ölçüm sonuçları
- EK 4** Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları

EK 1 İmalat makinelerinin seçilen karakteristiklerdeki P_{pk} değerleri

| Makine No | Karakteristik | P_p | P_{pk} |
|-----------|---------------|-------|----------|
| M 11 | Yuvarlaklık | 2,75 | 2,83 |
| M 12 | Yuvarlaklık | 2,33 | 2,62 |
| M 22 | Yuvarlaklık | 2,37 | 2,61 |
| M 14 | Yuvarlaklık | 2,45 | 2,58 |
| M 18 | Yuvarlaklık | 2,26 | 2,55 |
| M 19 | Yuvarlaklık | 2,34 | 2,3 |
| M 13 | Yuvarlaklık | 2,19 | 2,28 |
| M 3 | Yuvarlaklık | 2,2 | 2,25 |
| M 16 | Yuvarlaklık | 2,2 | 2,18 |
| M 20 | Yuvarlaklık | 2,22 | 2,17 |
| M 17 | Yuvarlaklık | 1,99 | 1,87 |
| M 5 | Yuvarlaklık | 1,79 | 1,74 |
| M 21 | Yuvarlaklık | 1,74 | 1,57 |

| Makine No | Karakteristik | P_p | P_{pk} |
|-----------|---------------|-------|----------|
| M 21 | Paralellik | 2,04 | 2,21 |
| M 3 | Paralellik | 1,96 | 2,07 |
| M 16 | Paralellik | 1,82 | 2,01 |
| M 18 | Paralellik | 1,84 | 1,94 |
| M 19 | Paralellik | 1,82 | 1,9 |
| M 22 | Paralellik | 1,8 | 1,89 |
| M 14 | Paralellik | 1,73 | 1,84 |
| M 17 | Paralellik | 1,6 | 1,75 |
| M 13 | Paralellik | 1,65 | 1,74 |
| M 5 | Paralellik | 1,54 | 1,61 |
| M 12 | Paralellik | 1,42 | 1,52 |
| M 20 | Paralellik | 1,46 | 1,49 |
| M 11 | Paralellik | 1,37 | 1,47 |

| Makine No | Karakteristik | P_p | P_{pk} |
|-----------|---------------|-------|----------|
| M 11 | Yüzey salgısı | 2,92 | 4,53 |
| M 13 | Yüzey salgısı | 2,47 | 2,72 |
| M 18 | Yüzey salgısı | 2,42 | 2,7 |
| M 12 | Yüzey salgısı | 2,34 | 2,58 |
| M 17 | Yüzey salgısı | 2,3 | 2,52 |
| M 19 | Yüzey salgısı | 2,27 | 2,43 |
| M 21 | Yüzey salgısı | 2,23 | 2,38 |
| M 5 | Yüzey salgısı | 2,05 | 2,32 |
| M 22 | Yüzey salgısı | 2,12 | 2,28 |
| M 3 | Yüzey salgısı | 2,07 | 2,27 |
| M 16 | Yüzey salgısı | 2,05 | 2,21 |
| M 14 | Yüzey salgısı | 1,83 | 2,04 |
| M 20 | Yüzey salgısı | 1,7 | 1,72 |

EK 2 Parametre değişikliği öncesi ve sonrası parça doğrultma süreleri

| Makine Kafası | Parça No | M11 | | M14 | | M21 | |
|---------------|----------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | Parametre değişiklik öncesi | Parametre değişiklik sonrası | Parametre değişiklik öncesi | Parametre değişiklik sonrası | Parametre değişiklik öncesi | Parametre değişiklik sonrası |
| A | 1 | 00:05:57 | 00:02:49 | 00:06:15 | 00:02:02 | 00:01:48 | 00:03:31 |
| A | 2 | 00:05:30 | 00:02:59 | 00:02:12 | 00:02:08 | 00:03:17 | 00:02:43 |
| A | 3 | 00:03:34 | 00:03:38 | 00:06:57 | 00:02:05 | 00:02:41 | 00:03:18 |
| A | 4 | 00:02:32 | 00:03:04 | 00:02:44 | 00:02:37 | 00:03:14 | 00:02:13 |
| A | 5 | 00:02:22 | 00:02:44 | 00:02:38 | 00:02:02 | 00:03:09 | 00:02:58 |
| A | 6 | 00:03:46 | 00:02:13 | 00:02:39 | 00:02:03 | 00:03:09 | 00:04:33 |
| A | 7 | 00:02:31 | 00:02:37 | 00:02:37 | 00:02:07 | 00:03:11 | 00:03:15 |
| A | 8 | 00:03:25 | 00:02:15 | 00:01:40 | 00:02:06 | 00:03:16 | 00:03:10 |
| A | 9 | 00:03:12 | 00:02:11 | 00:02:32 | 00:02:35 | 00:03:13 | 00:02:44 |
| A | 10 | 00:03:23 | 00:02:25 | 00:02:33 | 00:01:38 | 00:03:17 | 00:03:11 |
| A | 11 | 00:02:37 | 00:02:43 | 00:02:35 | 00:02:32 | 00:02:40 | 00:03:12 |
| A | 12 | 00:02:41 | 00:03:31 | 00:02:38 | 00:01:23 | 00:03:17 | 00:03:14 |
| A | 13 | 00:02:28 | 00:02:33 | 00:02:35 | 00:01:14 | 00:03:19 | 00:03:16 |
| A | 14 | 00:03:20 | 00:02:37 | 00:02:35 | 00:01:16 | 00:03:11 | 00:02:04 |
| A | 15 | 00:02:42 | 00:02:45 | 00:02:36 | 00:01:14 | 00:03:11 | 00:01:39 |
| A | 16 | 00:02:17 | 00:02:13 | 00:02:39 | 00:02:38 | 00:03:17 | 00:02:40 |
| A | 17 | 00:02:18 | 00:02:26 | 00:02:36 | 00:01:19 | 00:03:19 | 00:03:15 |
| A | 18 | 00:03:09 | 00:02:34 | 00:02:28 | 00:01:15 | 00:03:20 | 00:02:08 |
| A | 19 | 00:02:14 | 00:02:38 | 00:02:10 | 00:01:15 | 00:03:11 | 00:02:43 |
| A | 20 | 00:02:01 | 00:02:32 | 00:02:32 | 00:02:35 | 00:03:15 | 00:02:08 |
| A | 21 | 00:03:11 | 00:02:26 | 00:02:04 | 00:01:16 | 00:03:14 | 00:02:39 |
| A | 22 | 00:02:37 | 00:02:36 | 00:02:37 | 00:01:14 | 00:03:13 | 00:01:32 |
| A | 23 | 00:03:24 | 00:02:25 | 00:02:34 | 00:02:07 | 00:01:33 | 00:01:33 |
| A | 24 | 00:03:29 | 00:02:29 | 00:02:02 | 00:02:31 | 00:03:11 | 00:01:34 |
| A | 25 | 00:02:26 | 00:02:30 | 00:02:33 | 00:01:18 | 00:01:33 | 00:02:07 |
| B | 1 | 00:03:00 | 00:02:16 | 00:02:30 | 00:02:01 | 00:04:04 | 00:03:15 |
| B | 2 | 00:03:03 | 00:02:03 | 00:02:48 | 00:01:14 | 00:02:43 | 00:02:58 |
| B | 3 | 00:02:56 | 00:01:59 | 00:02:38 | 00:01:14 | 00:02:35 | 00:02:41 |
| B | 4 | 00:02:32 | 00:01:59 | 00:02:36 | 00:01:16 | 00:02:33 | 00:02:38 |
| B | 5 | 00:02:31 | 00:02:02 | 00:02:35 | 00:01:14 | 00:02:34 | 00:02:35 |
| B | 6 | 00:02:28 | 00:01:09 | 00:02:59 | 00:01:13 | 00:02:35 | 00:02:39 |
| B | 7 | 00:01:09 | 00:02:02 | 00:02:42 | 00:02:06 | 00:02:34 | 00:02:29 |
| B | 8 | 00:02:29 | 00:02:03 | 00:02:32 | 00:01:12 | 00:02:38 | 00:02:58 |

EK 2 Parametre değişikliği öncesi ve sonrası parça doğrultma süreleri (devam)

| Makine Kafası | Parça No | M11 | | M14 | | M21 | |
|-----------------|----------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | Parametre değişiklik öncesi | Parametre değişiklik sonrası | Parametre değişiklik öncesi | Parametre değişiklik sonrası | Parametre değişiklik öncesi | Parametre değişiklik sonrası |
| B | 9 | 00:02:57 | 00:02:01 | 00:02:50 | 00:01:17 | 00:02:35 | 00:02:30 |
| B | 10 | 00:02:51 | 00:01:59 | 00:02:29 | 00:02:37 | 00:03:06 | 00:02:33 |
| B | 11 | 00:02:34 | 00:02:03 | 00:02:38 | 00:02:08 | 00:02:34 | 00:02:40 |
| B | 12 | 00:02:31 | 00:02:00 | 00:02:35 | 00:01:12 | 00:02:36 | 00:02:32 |
| B | 13 | 00:03:01 | 00:02:32 | 00:02:31 | 00:02:29 | 00:02:34 | 00:02:39 |
| B | 14 | 00:02:52 | 00:01:36 | 00:02:32 | 00:02:31 | 00:03:37 | 00:02:46 |
| B | 15 | 00:02:32 | 00:01:33 | 00:02:34 | 00:02:05 | 00:02:34 | 00:02:37 |
| B | 16 | 00:02:52 | 00:02:35 | 00:02:31 | 00:02:03 | 00:02:09 | 00:02:39 |
| B | 17 | 00:02:50 | 00:02:31 | 00:02:55 | 00:02:10 | 00:02:34 | 00:02:29 |
| B | 18 | 00:02:37 | 00:02:27 | 00:03:02 | 00:02:07 | 00:02:34 | 00:02:32 |
| B | 19 | 00:02:50 | 00:02:01 | 00:02:33 | 00:02:44 | 00:02:08 | 00:02:33 |
| B | 20 | 00:02:09 | 00:02:29 | 00:02:32 | 00:02:33 | 00:02:39 | 00:02:34 |
| B | 21 | 00:02:40 | 00:01:58 | 00:02:31 | 00:02:37 | 00:02:38 | 00:02:36 |
| B | 22 | 00:02:36 | 00:02:01 | 00:02:55 | 00:02:37 | 00:02:39 | 00:02:29 |
| B | 23 | 00:02:32 | 00:02:10 | 00:02:33 | 00:02:27 | 00:02:39 | 00:02:34 |
| B | 24 | 00:02:04 | 00:02:01 | 00:02:33 | 00:02:36 | 00:03:27 | 00:03:04 |
| B | 25 | 00:02:33 | 00:02:02 | 00:02:31 | 00:02:33 | 00:03:03 | 00:02:37 |
| ORTALAMA | | 00:02:51 | 00:02:21 | 00:02:43 | 00:01:56 | 00:02:44 | 00:02:40 |

EK 3 Parametre değişikliği öncesi ve sonrası seçilen karakteristiklerin ölçüm sonuçları

| Makine No | Makine Kafası | Parça No | K1_Yuvarlaklık | | K7_Paralellik | | K9_Ahm salgısı | |
|-----------|---------------|----------|----------------|---------|---------------|---------|----------------|---------|
| | | | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası |
| M11 | A | 1 | 0,325 | 0,369 | 0,237 | 0,306 | 0,832 | 0,457 |
| M11 | A | 2 | 0,352 | 0,309 | 0,187 | 0,437 | 0,411 | 0,459 |
| M11 | A | 3 | 0,289 | 0,305 | 0,198 | 0,224 | 0,376 | 0,378 |
| M11 | A | 4 | 0,333 | 0,407 | 0,193 | 0,247 | 0,347 | 0,345 |
| M11 | A | 5 | 0,338 | 0,398 | 0,274 | 0,284 | 0,408 | 0,255 |
| M11 | A | 6 | 0,356 | 0,365 | 0,183 | 0,501 | 0,263 | 0,280 |
| M11 | A | 7 | 0,289 | 0,292 | 0,180 | 0,233 | 0,556 | 0,304 |
| M11 | A | 8 | 0,328 | 0,302 | 0,319 | 0,178 | 0,516 | 0,356 |
| M11 | A | 9 | 0,457 | 0,424 | 0,376 | 0,295 | 0,335 | 0,453 |
| M11 | A | 10 | 0,271 | 0,314 | 0,489 | 0,404 | 0,335 | 0,364 |
| M11 | A | 11 | 0,314 | 0,332 | 0,222 | 0,414 | 0,465 | 0,289 |
| M11 | A | 12 | 0,297 | 0,294 | 0,309 | 0,271 | 0,408 | 0,438 |
| M11 | A | 13 | 0,491 | 0,345 | 0,165 | 0,170 | 0,455 | 0,627 |
| M11 | A | 14 | 0,391 | 0,371 | 0,198 | 0,206 | 0,361 | 0,435 |
| M11 | A | 15 | 0,312 | 0,327 | 0,379 | 0,414 | 0,331 | 0,217 |
| M11 | A | 16 | 0,340 | 0,366 | 0,301 | 0,230 | 0,439 | 0,643 |
| M11 | A | 17 | 0,342 | 0,283 | 0,457 | 0,437 | 0,364 | 0,477 |
| M11 | A | 18 | 0,332 | 0,316 | 0,298 | 0,232 | 0,437 | 0,454 |
| M11 | A | 19 | 0,509 | 0,669 | 0,509 | 0,487 | 0,508 | 0,318 |
| M11 | A | 20 | 0,455 | 0,433 | 0,374 | 0,381 | 0,358 | 0,502 |
| M11 | A | 21 | 0,364 | 0,340 | 0,494 | 0,495 | 0,393 | 0,461 |
| M11 | A | 22 | 0,383 | 0,358 | 0,392 | 0,378 | 0,232 | 0,518 |
| M11 | A | 23 | 0,318 | 0,282 | 0,501 | 0,468 | 0,359 | 0,406 |
| M11 | A | 24 | 0,458 | 0,455 | 0,608 | 0,317 | 0,314 | 0,333 |
| M11 | A | 25 | 0,301 | 0,310 | 0,358 | 0,735 | 0,312 | 0,262 |
| M11 | B | 1 | 0,250 | 0,251 | 0,410 | 0,338 | 0,387 | 0,397 |
| M11 | B | 2 | 0,366 | 0,261 | 0,414 | 0,493 | 0,491 | 0,286 |
| M11 | B | 3 | 0,278 | 0,291 | 0,345 | 0,424 | 0,296 | 0,309 |
| M11 | B | 4 | 0,287 | 0,312 | 0,303 | 0,319 | 0,377 | 0,356 |
| M11 | B | 5 | 0,331 | 0,339 | 0,398 | 0,355 | 0,361 | 0,274 |
| M11 | B | 6 | 0,249 | 0,347 | 0,591 | 0,336 | 0,280 | 0,272 |
| M11 | B | 7 | 0,257 | 0,275 | 0,599 | 0,401 | 0,286 | 0,363 |
| M11 | B | 8 | 0,287 | 0,284 | 0,536 | 0,643 | 0,336 | 0,326 |
| M11 | B | 9 | 0,322 | 0,334 | 0,254 | 0,289 | 0,375 | 0,245 |
| M11 | B | 10 | 0,326 | 0,393 | 0,411 | 0,454 | 0,382 | 0,404 |
| M11 | B | 11 | 0,307 | 0,350 | 0,274 | 0,362 | 0,464 | 0,397 |
| M11 | B | 12 | 0,396 | 0,359 | 0,268 | 0,278 | 0,352 | 0,300 |
| M11 | B | 13 | 0,403 | 0,313 | 0,269 | 0,314 | 0,346 | 0,283 |
| M11 | B | 14 | 0,330 | 0,369 | 0,304 | 0,248 | 0,348 | 0,474 |
| M11 | B | 15 | 0,408 | 0,377 | 0,294 | 0,267 | 0,189 | 0,315 |
| M11 | B | 16 | 0,353 | 0,353 | 0,519 | 0,373 | 0,311 | 0,254 |
| M11 | B | 17 | 0,471 | 0,483 | 0,323 | 0,339 | 0,369 | 0,305 |
| M11 | B | 18 | 0,364 | 0,360 | 0,402 | 0,323 | 0,216 | 0,246 |
| M11 | B | 19 | 0,279 | 0,314 | 0,424 | 0,294 | 0,244 | 0,279 |
| M11 | B | 20 | 0,366 | 0,484 | 0,333 | 0,622 | 0,276 | 0,283 |
| M11 | B | 21 | 0,364 | 0,339 | 0,465 | 0,952 | 0,274 | 0,322 |
| M11 | B | 22 | 0,233 | 0,282 | 0,394 | 0,459 | 0,266 | 0,347 |
| M11 | B | 23 | 0,345 | 0,353 | 0,324 | 0,312 | 0,201 | 0,310 |
| M11 | B | 24 | 0,427 | 0,420 | 0,407 | 0,368 | 0,410 | 0,369 |
| M11 | B | 25 | 0,351 | 0,307 | 0,475 | 0,375 | 0,298 | 0,240 |

EK 3 Parametre değişikliği öncesi ve sonrası seçilen karakteristiklerin ölçüm sonuçları (devam)

| Makine No | Makine Kafası | Parça No | K1_Yuvarlaklık | | K7_Paralellik | | K9_Alm salgısı | |
|-----------|---------------|----------|----------------|---------|---------------|---------|----------------|---------|
| | | | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası |
| M14 | A | 1 | 0,326 | 0,318 | 0,377 | 0,699 | 0,137 | 0,352 |
| M14 | A | 2 | 0,354 | 0,352 | 0,430 | 0,469 | 0,220 | 0,238 |
| M14 | A | 3 | 0,502 | 0,431 | 0,823 | 0,815 | 0,219 | 0,302 |
| M14 | A | 4 | 0,264 | 0,312 | 0,796 | 0,717 | 0,350 | 0,369 |
| M14 | A | 5 | 0,490 | 0,410 | 0,900 | 0,913 | 0,235 | 0,253 |
| M14 | A | 6 | 0,357 | 0,321 | 0,389 | 0,457 | 0,312 | 0,300 |
| M14 | A | 7 | 0,375 | 0,380 | 0,489 | 0,475 | 0,202 | 0,245 |
| M14 | A | 8 | 0,316 | 0,242 | 1,344 | 0,505 | 0,333 | 0,277 |
| M14 | A | 9 | 0,332 | 0,294 | 1,317 | 0,549 | 0,344 | 0,186 |
| M14 | A | 10 | 0,461 | 0,434 | 0,376 | 0,462 | 0,275 | 0,520 |
| M14 | A | 11 | 0,232 | 0,467 | 0,656 | 0,331 | 0,247 | 0,198 |
| M14 | A | 12 | 0,361 | 0,461 | 0,892 | 0,337 | 0,170 | 0,180 |
| M14 | A | 13 | 0,405 | 0,462 | 1,094 | 0,317 | 0,239 | 0,179 |
| M14 | A | 14 | 0,330 | 0,464 | 1,376 | 0,320 | 0,206 | 0,205 |
| M14 | A | 15 | 0,214 | 0,465 | 0,413 | 0,330 | 0,214 | 0,194 |
| M14 | A | 16 | 0,283 | 0,213 | 0,304 | 0,331 | 0,224 | 0,227 |
| M14 | A | 17 | 0,468 | 0,196 | 0,316 | 0,313 | 0,159 | 0,209 |
| M14 | A | 18 | 0,451 | 0,200 | 0,315 | 0,303 | 0,173 | 0,216 |
| M14 | A | 19 | 0,198 | 0,212 | 0,567 | 0,307 | 0,226 | 0,220 |
| M14 | A | 20 | 0,276 | 0,310 | 0,509 | 0,374 | 0,284 | 0,237 |
| M14 | A | 21 | 0,359 | 0,287 | 0,346 | 0,315 | 0,230 | 0,263 |
| M14 | A | 22 | 0,317 | 0,306 | 0,454 | 0,357 | 0,201 | 0,245 |
| M14 | A | 23 | 0,214 | 0,376 | 0,432 | 0,397 | 0,206 | 0,322 |
| M14 | A | 24 | 0,217 | 0,378 | 0,298 | 0,378 | 0,252 | 0,251 |
| M14 | A | 25 | 0,210 | 0,371 | 0,313 | 0,390 | 0,215 | 0,217 |
| M14 | B | 1 | 0,203 | 0,302 | 0,227 | 0,290 | 0,209 | 0,514 |
| M14 | B | 2 | 0,208 | 0,758 | 0,418 | 0,268 | 0,196 | 0,522 |
| M14 | B | 3 | 0,342 | 0,313 | 0,316 | 0,234 | 0,217 | 0,501 |
| M14 | B | 4 | 0,329 | 0,320 | 0,326 | 0,273 | 0,263 | 0,518 |
| M14 | B | 5 | 0,307 | 0,304 | 0,310 | 0,273 | 0,303 | 0,539 |
| M14 | B | 6 | 0,328 | 0,305 | 0,285 | 0,287 | 0,203 | 0,551 |
| M14 | B | 7 | 0,383 | 0,327 | 0,364 | 0,337 | 0,192 | 0,245 |
| M14 | B | 8 | 0,239 | 0,330 | 0,330 | 0,332 | 0,175 | 0,251 |
| M14 | B | 9 | 0,341 | 0,350 | 0,431 | 0,321 | 0,215 | 0,223 |
| M14 | B | 10 | 0,381 | 0,378 | 0,265 | 0,254 | 0,178 | 0,172 |
| M14 | B | 11 | 0,447 | 0,380 | 0,276 | 0,317 | 0,148 | 0,237 |
| M14 | B | 12 | 0,333 | 0,375 | 0,374 | 0,332 | 0,283 | 0,230 |
| M14 | B | 13 | 0,328 | 0,264 | 0,312 | 0,336 | 0,150 | 0,217 |
| M14 | B | 14 | 0,215 | 0,197 | 0,356 | 0,311 | 0,167 | 0,146 |
| M14 | B | 15 | 0,477 | 0,439 | 0,249 | 0,282 | 0,352 | 0,259 |
| M14 | B | 16 | 0,366 | 0,289 | 0,356 | 0,281 | 0,176 | 0,254 |
| M14 | B | 17 | 0,480 | 0,464 | 0,416 | 0,423 | 0,287 | 0,204 |
| M14 | B | 18 | 0,348 | 0,324 | 0,319 | 0,270 | 0,497 | 0,381 |
| M14 | B | 19 | 0,316 | 0,244 | 0,267 | 0,289 | 0,179 | 0,190 |
| M14 | B | 20 | 0,368 | 0,299 | 0,330 | 0,326 | 0,179 | 0,184 |
| M14 | B | 21 | 0,355 | 0,278 | 0,341 | 0,289 | 0,296 | 0,359 |
| M14 | B | 22 | 0,350 | 0,331 | 0,331 | 0,361 | 0,274 | 0,227 |
| M14 | B | 23 | 0,357 | 0,294 | 0,352 | 0,305 | 0,272 | 0,228 |
| M14 | B | 24 | 0,322 | 0,286 | 0,403 | 0,280 | 0,130 | 0,280 |
| M14 | B | 25 | 0,312 | 0,218 | 0,355 | 0,395 | 0,214 | 0,149 |

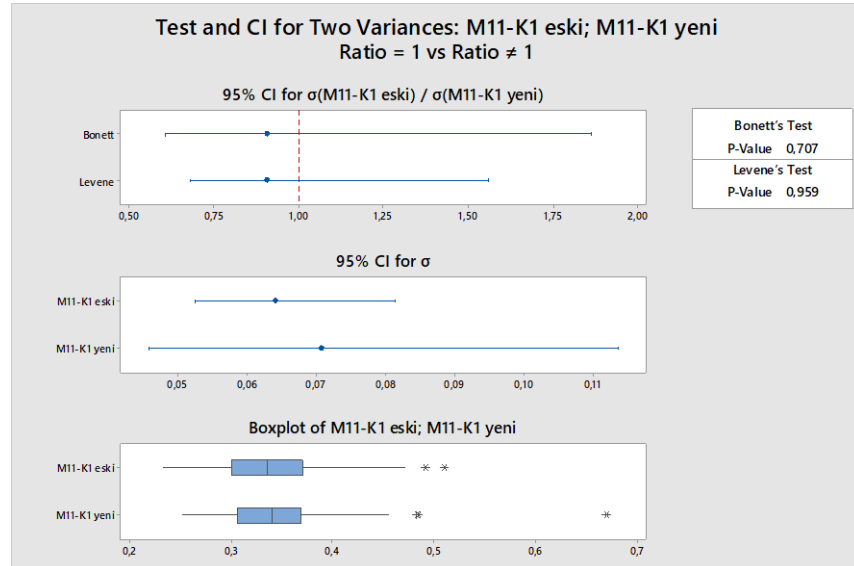
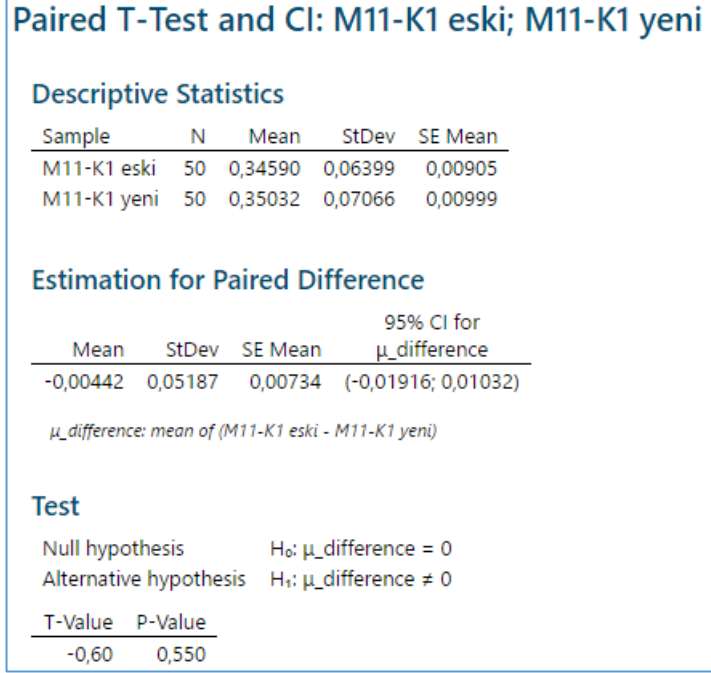
EK 3 Parametre değişikliği öncesi ve sonrası seçilen karakteristiklerin ölçüm sonuçları (devam)

| Makine No | Makine Kafası | Parça No | K1_Yuvarlaklık | | K7_Paralellik | | K9_Aln salgısı | |
|-----------|---------------|----------|----------------|---------|---------------|---------|----------------|---------|
| | | | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası |
| M21 | A | 1 | 0,370 | 0,302 | 0,523 | 0,303 | 0,904 | 0,694 |
| M21 | A | 2 | 0,331 | 0,318 | 0,384 | 0,357 | 0,945 | 1,004 |
| M21 | A | 3 | 0,277 | 0,314 | 0,516 | 0,415 | 0,672 | 0,705 |
| M21 | A | 4 | 0,345 | 0,373 | 0,443 | 0,675 | 0,835 | 0,966 |
| M21 | A | 5 | 0,369 | 0,367 | 0,942 | 0,534 | 0,685 | 1,090 |
| M21 | A | 6 | 0,382 | 0,481 | 0,951 | 0,977 | 0,727 | 0,932 |
| M21 | A | 7 | 0,277 | 0,281 | 0,547 | 0,518 | 0,880 | 0,732 |
| M21 | A | 8 | 0,210 | 0,235 | 0,319 | 0,319 | 0,989 | 1,044 |
| M21 | A | 9 | 0,379 | 0,353 | 0,830 | 0,844 | 1,154 | 1,092 |
| M21 | A | 10 | 0,304 | 0,336 | 0,494 | 0,503 | 1,053 | 0,987 |
| M21 | A | 11 | 0,341 | 0,330 | 0,352 | 0,330 | 1,088 | 1,171 |
| M21 | A | 12 | 0,442 | 0,402 | 0,251 | 0,233 | 0,816 | 0,974 |
| M21 | A | 13 | 0,405 | 0,386 | 0,827 | 0,930 | 0,664 | 0,738 |
| M21 | A | 14 | 0,291 | 0,314 | 0,449 | 0,434 | 0,906 | 1,090 |
| M21 | A | 15 | 0,276 | 0,235 | 0,455 | 0,445 | 0,862 | 0,841 |
| M21 | A | 16 | 0,315 | 0,237 | 0,239 | 0,523 | 0,892 | 1,112 |
| M21 | A | 17 | 0,232 | 0,259 | 0,508 | 0,540 | 1,311 | 0,982 |
| M21 | A | 18 | 0,254 | 0,311 | 0,591 | 0,445 | 0,838 | 0,779 |
| M21 | A | 19 | 0,295 | 0,417 | 0,555 | 0,294 | 0,754 | 0,955 |
| M21 | A | 20 | 0,414 | 0,261 | 0,328 | 0,449 | 1,050 | 0,843 |
| M21 | A | 21 | 0,372 | 0,261 | 0,859 | 0,443 | 0,880 | 0,796 |
| M21 | A | 22 | 0,386 | 0,262 | 0,370 | 0,429 | 0,751 | 0,796 |
| M21 | A | 23 | 0,323 | 0,269 | 0,358 | 0,425 | 0,764 | 0,812 |
| M21 | A | 24 | 0,316 | 0,259 | 0,518 | 0,446 | 0,723 | 0,803 |
| M21 | A | 25 | 0,320 | 0,294 | 0,550 | 0,468 | 0,748 | 0,759 |
| M21 | B | 1 | 0,375 | 0,395 | 0,330 | 0,365 | 0,352 | 0,343 |
| M21 | B | 2 | 0,305 | 0,323 | 0,303 | 0,307 | 0,776 | 0,641 |
| M21 | B | 3 | 0,306 | 0,295 | 0,323 | 0,304 | 0,745 | 0,677 |
| M21 | B | 4 | 0,316 | 0,299 | 0,295 | 0,281 | 0,439 | 0,430 |
| M21 | B | 5 | 0,410 | 0,424 | 0,313 | 0,355 | 0,945 | 0,936 |
| M21 | B | 6 | 0,304 | 0,335 | 0,274 | 0,314 | 0,874 | 0,875 |
| M21 | B | 7 | 0,283 | 0,239 | 0,310 | 0,338 | 1,465 | 0,614 |
| M21 | B | 8 | 0,338 | 0,307 | 0,277 | 0,649 | 0,674 | 0,672 |
| M21 | B | 9 | 0,298 | 0,290 | 0,360 | 0,355 | 1,143 | 1,111 |
| M21 | B | 10 | 0,297 | 0,301 | 0,386 | 0,420 | 0,870 | 0,543 |
| M21 | B | 11 | 0,298 | 0,307 | 0,360 | 0,334 | 0,641 | 0,859 |
| M21 | B | 12 | 0,321 | 0,312 | 0,465 | 0,508 | 0,469 | 0,553 |
| M21 | B | 13 | 0,433 | 0,430 | 0,454 | 0,443 | 0,328 | 0,281 |
| M21 | B | 14 | 0,364 | 0,368 | 0,509 | 0,417 | 0,562 | 0,933 |
| M21 | B | 15 | 0,411 | 0,407 | 0,419 | 0,754 | 1,210 | 1,381 |
| M21 | B | 16 | 0,476 | 0,511 | 0,605 | 0,648 | 0,359 | 0,576 |
| M21 | B | 17 | 0,376 | 0,385 | 0,412 | 0,375 | 0,507 | 0,513 |
| M21 | B | 18 | 0,369 | 0,356 | 0,485 | 0,434 | 0,498 | 0,761 |
| M21 | B | 19 | 0,420 | 0,353 | 0,379 | 0,394 | 0,469 | 0,869 |
| M21 | B | 20 | 0,367 | 0,394 | 0,373 | 0,397 | 1,043 | 1,012 |
| M21 | B | 21 | 0,341 | 0,337 | 0,511 | 0,492 | 0,772 | 0,519 |
| M21 | B | 22 | 0,281 | 0,275 | 0,316 | 0,312 | 0,582 | 0,654 |
| M21 | B | 23 | 0,371 | 0,340 | 0,476 | 0,441 | 0,626 | 0,584 |
| M21 | B | 24 | 0,358 | 0,342 | 0,419 | 0,401 | 0,680 | 0,868 |
| M21 | B | 25 | 0,357 | 0,334 | 0,459 | 0,450 | 0,634 | 0,607 |

EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları

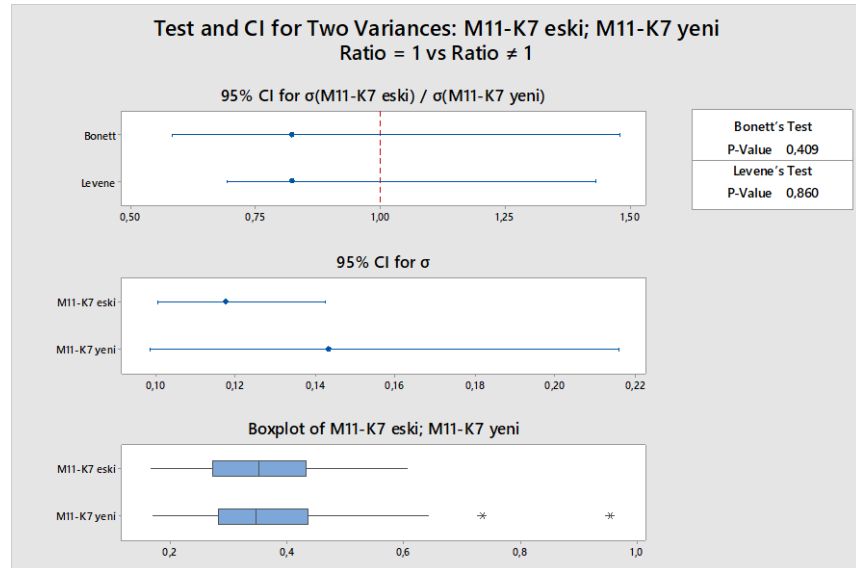
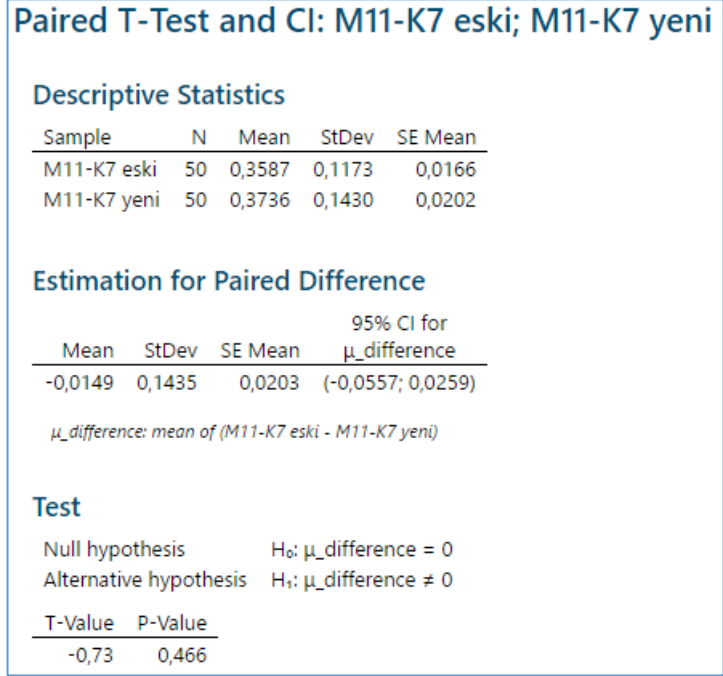
a) Makine 11

i. K1-yuvarlaklık



EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

ii. K7-paralellik



EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

iii. K9-alın salgısı

Paired T-Test and CI: M11-K9 eski; M11-K9 yeni

Descriptive Statistics

| Sample | N | Mean | StDev | SE Mean |
|-------------|----|--------|--------|---------|
| M11-K9 eski | 50 | 0,3650 | 0,1057 | 0,0149 |
| M11-K9 yeni | 50 | 0,3597 | 0,0963 | 0,0136 |

Estimation for Paired Difference

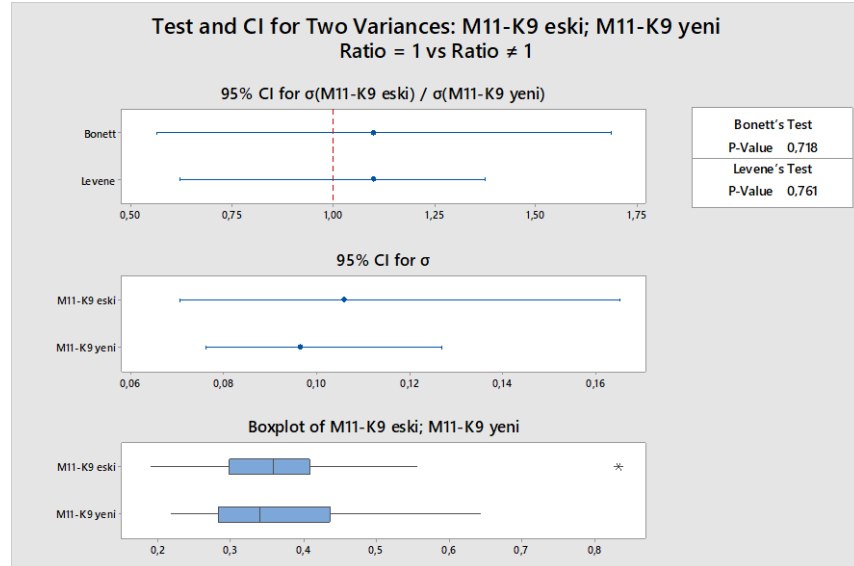
| Mean | StDev | SE Mean | 95% CI for $\mu_{\text{difference}}$ |
|--------|--------|---------|--------------------------------------|
| 0,0053 | 0,1199 | 0,0170 | (-0,0288; 0,0393) |

$\mu_{\text{difference}}$: mean of (M11-K9 eski - M11-K9 yeni)

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$
Alternative hypothesis $H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$

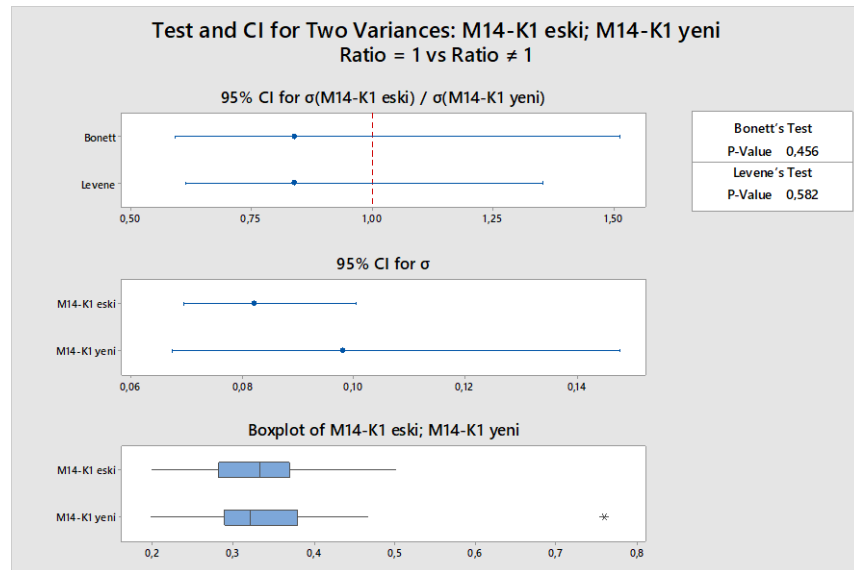
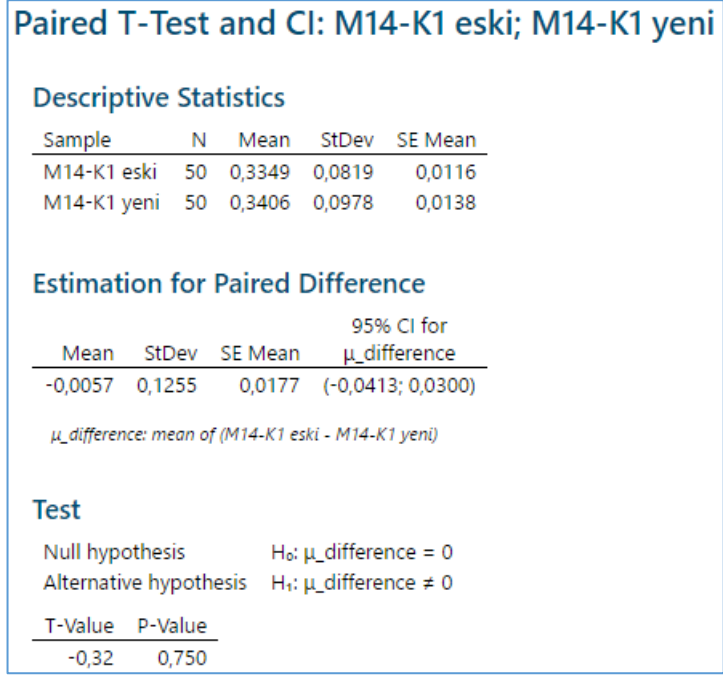
| T-Value | P-Value |
|---------|---------|
| 0,31 | 0,758 |



EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

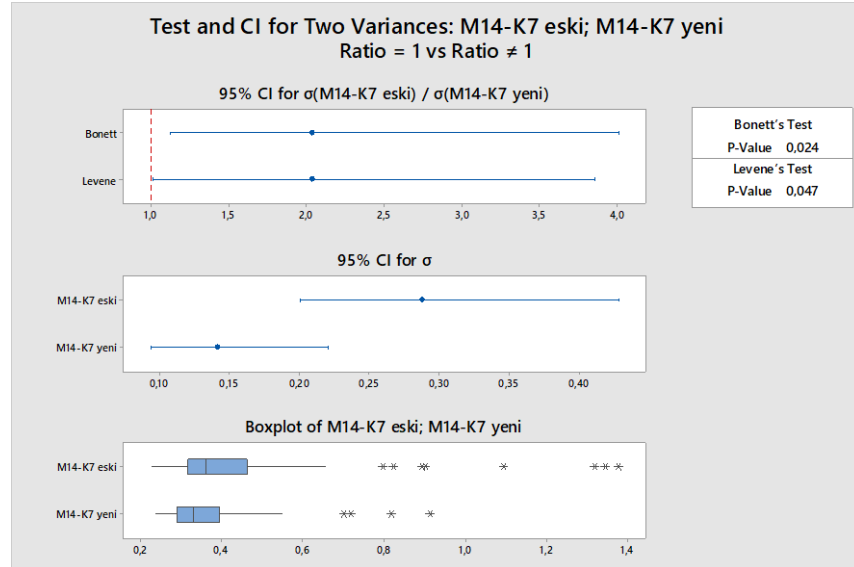
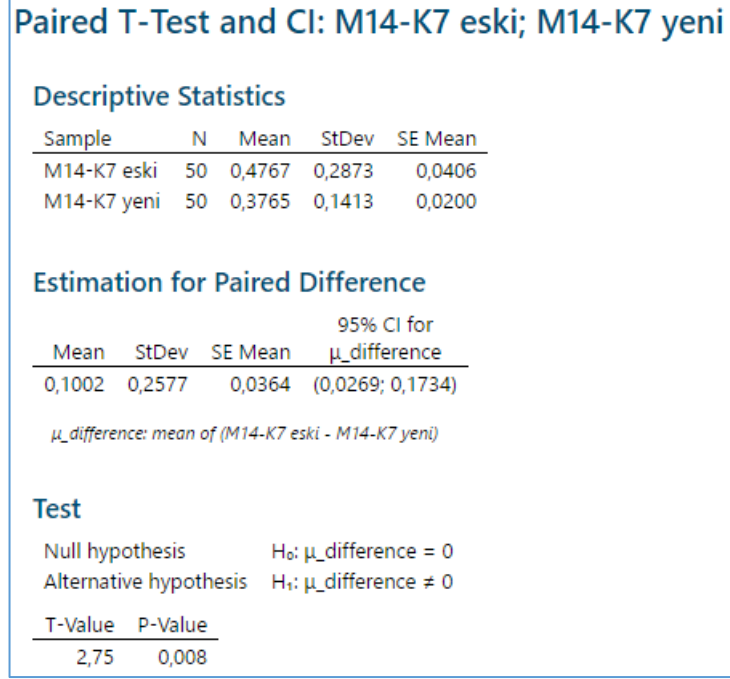
b) Makine 14

i. K1-yuvarlaklık



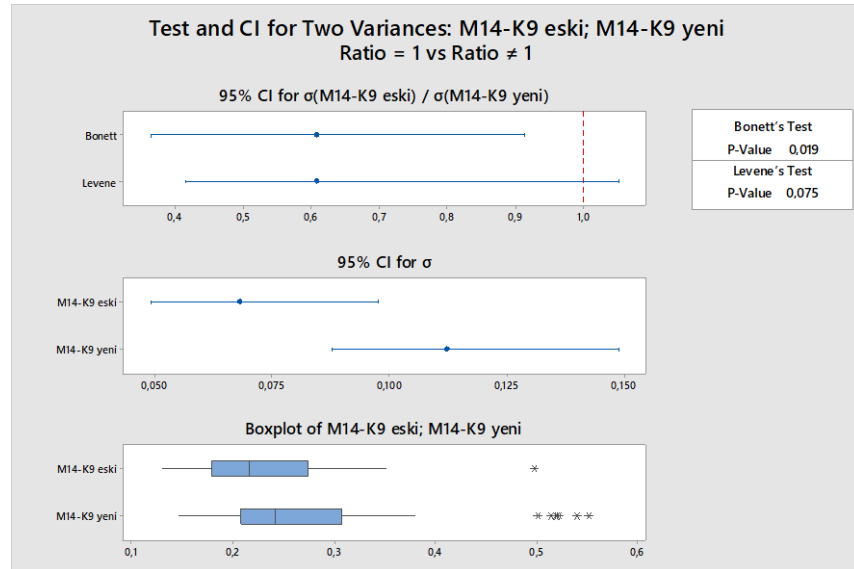
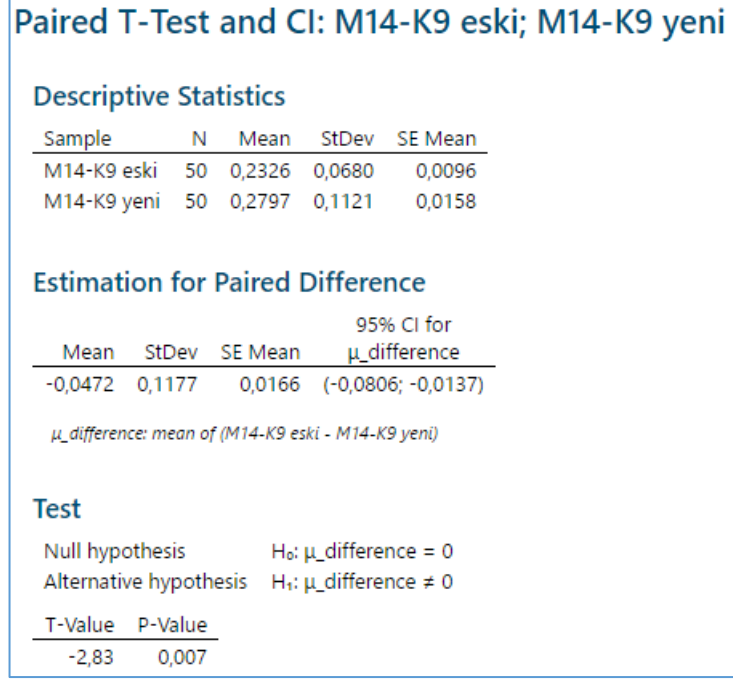
EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

ii. K7-paralellik



EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

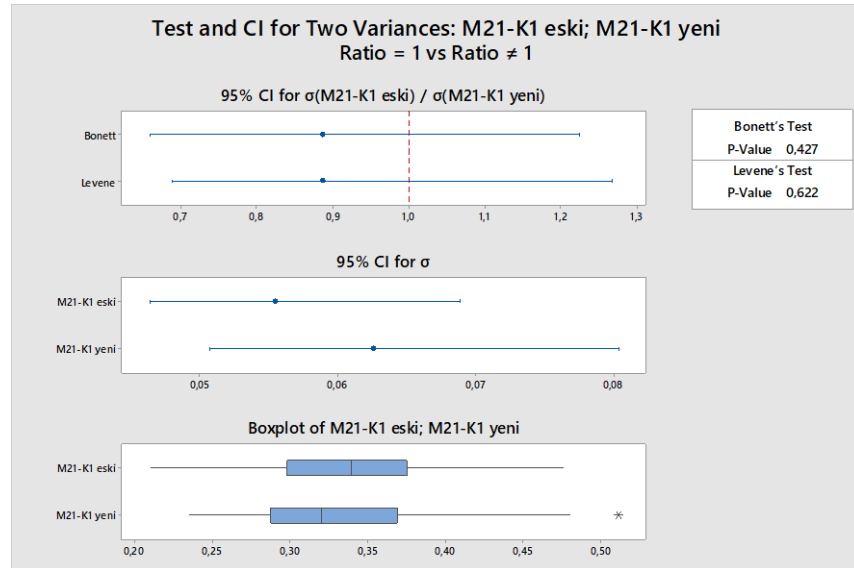
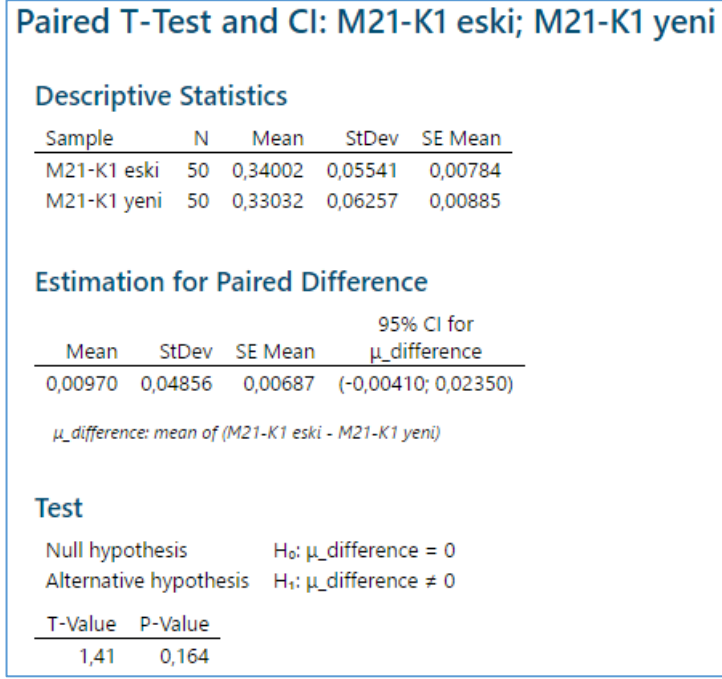
iii. K9-alın salgısı



EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

c) Makine 21

i. K1-yuvarlaklık



EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

ii. K7-paralellik

Paired T-Test and CI: M21-K7 eski; M21-K7 yeni

Descriptive Statistics

| Sample | N | Mean | StDev | SE Mean |
|-------------|----|--------|--------|---------|
| M21-K7 eski | 50 | 0,4594 | 0,1702 | 0,0241 |
| M21-K7 yeni | 50 | 0,4553 | 0,1583 | 0,0224 |

Estimation for Paired Difference

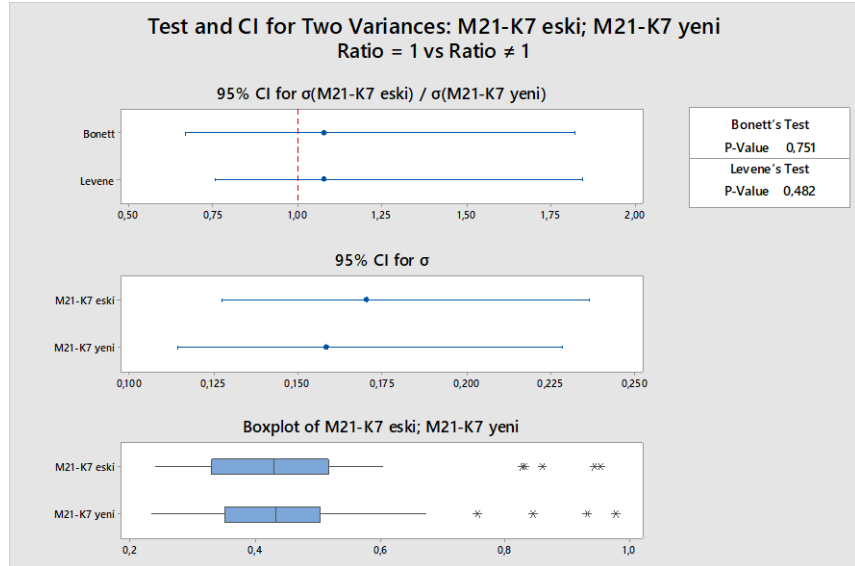
| Mean | StDev | SE Mean | 95% CI for $\mu_{\text{difference}}$ |
|--------|--------|---------|--------------------------------------|
| 0,0041 | 0,1391 | 0,0197 | (-0,0354; 0,0436) |

$\mu_{\text{difference}}$: mean of (M21-K7 eski - M21-K7 yeni)

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$
Alternative hypothesis $H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$

| T-Value | P-Value |
|---------|---------|
| 0,21 | 0,836 |



EK 4 Ölçüm sonuçları farkı tespiti için yapılan hipotez testleri sonuçları (devam)

iii. K9-alın salgısı

Paired T-Test and CI: M21-K9 eski; M21-K9 yeni

Descriptive Statistics

| Sample | N | Mean | StDev | SE Mean |
|-------------|----|--------|--------|---------|
| M21-K9 eski | 50 | 0,7911 | 0,2454 | 0,0347 |
| M21-K9 yeni | 50 | 0,8102 | 0,2246 | 0,0318 |

Estimation for Paired Difference

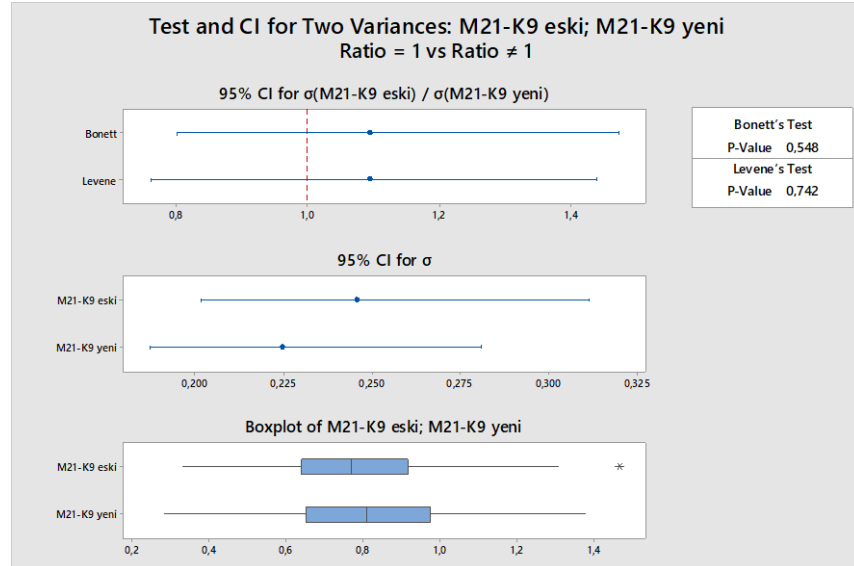
| Mean | StDev | SE Mean | 95% CI for $\mu_{\text{difference}}$ |
|---------|--------|---------|--------------------------------------|
| -0,0191 | 0,2062 | 0,0292 | (-0,0777; 0,0395) |

$\mu_{\text{difference}}$: mean of (M21-K9 eski - M21-K9 yeni)

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$
Alternative hypothesis $H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$

| T-Value | P-Value |
|---------|---------|
| -0,66 | 0,515 |



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nilay Celep
Doğum Yeri ve Tarihi : Keşan / 1986
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu ve Yıl
Lise : Özel Namık Sözeri Lisesi – Fen Bilimleri - 2003
Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi –
Endüstri Mühendisliği - 2007
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Fen bilimleri Enstitüsü –
Endüstri Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Bosch A.Ş. : Kalite Güvence Mühendisi - 2010-...

İletişim (e-posta) : nilayc1985@gmail.com

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

| | |
|--------------------------------|---|
| Yazar Adı Soyadı | Nilay Celep |
| Tez Adı | BİR OTOMOTİV FİRMASI KALİTE DEPARTMANINDA ÖLÇÜM MAKİNELERİ ANALİZİ VE KAPASİTE ARTTIRIMI |
| Enstitü | Fen Bilimleri |
| Anabilim Dalı | Endüstri Mühendisliği |
| Tez Türü | Yüksek Lisans |
| Tez Danışman(lar)ı | Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK |
| Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni | <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum |
| Yayımlama izni | <input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum |

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 17.09.2019

İmza :

