

DÜNYA KLASINDA ÜRETİM ODAKLANMIŞ İYİLEŞTİRME SÜTUNU İÇİN METODOLOJİ ÖNERİSİ VE BİR UYGULAMA

İhsan EROZAN^{1*}, Meltem BEŞKARDEŞLER², Zeynep SAYAN³

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-3649-2986>

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-1355-0744>

³Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-2728-6435>

Kelimeler	Öz
<i>Dünya klasında üretim, odaklanmış iyileştirme, kaizen, 3M</i>	<i>Bu çalışmada kompresör imal edilen bir işletmenin montaj hattında yer alan bir süreçte, odaklanmış iyileştirme sütununun yedi adımı uygulanmıştır. Bu uygulamada 3M metodu ile kaizen noktaları tespit edilip daha sonra kayıp analizi ile çeşitli iyileştirmeler önerilmiş ve bu iyileştirmelerin kazanımları belirlenmiştir. Ayrıca odaklanmış iyileştirme uygulanmasında, uygulamada görülen metot karmaşasının önüne geçilmesi için bir metodoloji önerilmiştir. Bu metodoloji ile metot araştırması için harcanan süre en küçüklenmiş ve süreç daha sistematik hale getirilmiştir. Çalışma sonucunda montaj sürecinde çevrim süresini düşürecek ve operatörlerin ve sürecin verimsizliklerini ortadan kaldıracak iyileştirme önerileri sunulmuş ve bu önerilerin süre ve maliyet kazancı değerlendirmeleri yapılmıştır. Önerilen metodoloji içinde yer alan odaklanmış iyileştirme çalışması ile hem süre hem de maliyet avantajı elde edildiği görülmüştür.</i>

A METHOD PROPOSAL FOR THE FOCUSED IMPROVEMENT PILLAR IN WORLD CLASS MANUFACTURING AND A CASE STUDY

Anahtar Keywords	Abstract
<i>World class manufacturing, focused improvement, kaizen, 3M</i>	<i>In this study, seven steps of the focused improvement pillar were applied in a process in the assembly line of a compressor manufacturing company. In this application, kaizen points were determined with the 3M method, then various improvements were proposed with loss analysis, and the gains of these improvements were determined. In addition, a methodology has been proposed to avoid method confusion in the implementation of the focused improvement. With this methodology, the time spent on method research has been minimized, and the process has become more systematic. As a result of the study, some improvement suggestions were presented to reduce the cycle time and eliminate the process and operators' inefficiencies, and the time and cost savings of these suggestions were evaluated. It has been observed that both time and cost advantages have been obtained with the focused improvement study using the proposed methodology.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 05.06.2021	Submission Date : 05.06.2021
Kabul Tarihi : 04.04.2022	Accepted Date : 04.04.2022

*Sorumlu yazar; e-posta: ihsan.erozan@dpu.edu.tr

1. Giriş

Dünya klasında üretim (WCM-World Class Manufacturing) son zamanlarda birçok işletme yöneticisinin dikkatini çekmektedir. Bu ilginin temel nedenleri arasında dünya klasında üretimin sağladığı esneklik, çeviklik ve israfları yok etme gibi avantajlar gösterilebilir.

Dünya klasında üretim sahip olduğu dayanakları (veya sütunları) bir bütün içinde ele alıp, birbirinden ayrılmaz bir parça şeklinde eş zamanlı olarak uygulanmasını esas alır.

WCM'in dayanaklarından biri olan odaklanmış iyileştirme sütununun, diğer tüm sütunlarda karşılaşılan hataların ve kusurların düzeltilmesi yönünde bütüncü bir görevi vardır. Bu görev için özellikle yalın üretim teknikleri kullanılmaktadır.

Odaklanmış iyileştirme sütunu sürekli iyileştirmeye ve geliştirmeye açık olan yapısı ile WCM modelinin olmazsa olmaz sütunudur. İyileştirmelerin yapılması işletme için zaman ve maliyet tasarrufu sağlamakla birlikte dünya klasına ulaşmak için en önemli basamaklardan biridir. Bu özellikleri ile odaklanmış iyileştirme son zamanlarda hem sanayi hem de akademik dünyada ilgi görmektedir.

Odaklanmış iyileştirme ile ilgili literatürde yapılmış bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir: Bramstorp (2011), bir paketleme şirketinde odaklanmış iyileştirme sütununa dayanan bir çalışma yürütmüştür. Yazar bu çalışmada manuel montaj sisteminde verimliliğin nasıl tanımlanması gerektiğine, verimsizliğe yol açabilecek kayıpların analizine ve bu analizler sonucunda iyileştirme yapılması için gereken kayıplar üzerine odaklanmış ve iyileştirme için odaklanmış iyileştirme sütununun 7 adımını uygulamıştır (Bramstorp, 2011). Durgun, Öztürk ve Karataş (2016), ihraç edilen araçların dış yüzeylerine manuel olarak yapılan kaplama işleminin nasıl otomatik yapılabilir duruma getirildiği ve bunun sonucunda hangi kayıpları önleyip ne gibi kazançlar elde edildiğinin üzerinde durmuşlardır. Yazarlar bu çalışmada WCM metodolojisi ile 3M metodunu uygulayarak işletmedeki iş gücü performansını artırmayı hedeflemişlerdir. Ayrıca yazarlar yapmış oldukları çalışmalar sonucunda WCM ile kayıplara odaklanılırsa iyileştirme fırsatlarının elde edilebileceğini öne sürmüşlerdir (Durgun ve diğ., 2016). Schenone (2018), araba farı üretimi yapan bir otomobil fabrikasında yapmış olduğu çalışmada; majör kaizen ve 3M yöntemini kullanarak fabrikanın WCM denetimi sonucunda bronz seviyeye gelmesini

sağlamıştır (Schenone, 2018). Desai, Gohil, Shah ve Singh (2013), otomotiv sektöründe CNC torna tezgâhı üzerinde profesyonel bakım sütununu kullanarak bir iyileştirme çalışması yapmışlardır. Çalışmada yazarlar kaizen ve 5S gibi yöntemleri uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda ekipmanın genel verimliliği %63'ten %79'a yükseltilip, ürün kalitesi ve ürün performansında da artış sağlanmıştır (Desai ve diğ., 2013). Erozan ve Müminoğlu (2020), bir otomobil yan sanayi tedarikçisinde yürüttükleri çalışmada iş yeri organizasyonuna odaklanmışlardır. Çalışmada kayıplar, 3M ve NVAA analizi ile tespit edilmiş, TIE kaizen ile iyileştirme alanları belirlenmiş ve tek parça akışı uygulamasıyla da kayıplar giderilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda katma değeri olan aktivite oranı %4,95 oranında artırılmış ve hat denge kaybı %5,17 oranında düşürülmüştür (Erozan ve Müminoğlu, 2020).

Literatür incelemelerinde, dünya klasında üretimin odaklanmış iyileştirme sütununu konu alan makalelerde kayıpların maliyetlerin yayılımı ve kalite kontrol sütunları ile belirlenip odaklanmış iyileştirme sütunundan yararlanarak çeşitli iyileştirmeler yapıldığı görülmektedir. Bununla beraber literatürde odaklanmış iyileştirme sütununda sektörel uygulamalar yaparken kullanılacak metodolojiler üzerine çok detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mevcut çalışmalar (Alessandro ve Riasat, 2020; Di Stefano, Iuliano ve Prono, 2020) genelde odaklanmış iyileştirmenin adımlarını göstermektedir. Bu çalışmada, uygulayıcılara yol göstermesi açısından odaklanmış iyileştirme sütunun adımlarının daha etkin ve etkili şekilde kullanımı için bir metodoloji önerilmiştir. Bu metodoloji sayesinde uygulayıcılar odaklanmış iyileştirme çalışmalarını daha sistematik bir şekilde yürütebilecek ve metot seçimindeki zaman kaybını en küçükleyeceklerdir. Sonuç olarak bu çalışmanın literatüre katkısı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Dünya klasında üretimde, odaklanmış iyileştirme adımlarında kullanılacak metotlar için bir metodoloji önerisi sunulması,
- Uygulamada görülen metot karmaşasının önüne geçilmesi,
- Uygulayıcıların metot seçimi ile ilgili zaman kayıplarının en küçüklenmesi.

Bu çalışmada kompresör imal edilen bir işletmenin montaj hattında yer alan bir süreçte odaklanmış iyileştirme sütununun yedi adımı uygulanarak 3M metodu ile kaizen noktaları tespit edilip, kayıp analizi sonucunda çeşitli iyileştirmeler önerilmiş ve

bu iyileştirmelerin kazanımları belirlenmiştir. Odaklanmış iyileştirme uygulanmasında bu çalışmada önerilen metodoloji kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde dünya klasında üretim ve odaklanmış iyileştirmeden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde kaizen türlerinden bahsedilmiş ve odaklanmış iyileştirme sütunu adımları için hem imalat hem de hizmet sektöründe kullanılabilecek metot önerileri tablo şeklinde detaylı olarak sunulmuştur. Dördüncü bölüm olan problem tanımı ve uygulama kısmında firmanın isteği üzerine majör-minör duruşlara odaklanılmış, yedi adım detaylı olarak analiz edilmiş ve iyileştirme önerileri sunulmuştur. Sonuç ve değerlendirmeler kısmında ise önerilen iyileştirmeler sonucundaki kazanç ve maliyetler değerlendirilmiştir.

2. Dünya Klasında Üretim

Pazar paylarını korumaları için günümüzün rekabetçi firmalarından kayıplarını azaltarak üretim maliyetlerini en aza indirmesi beklenmektedir. Üretim kayıplarının azaltılmasında son zamanlarda yalın üretim ve dünya klasında üretim yaklaşımlarının yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Durgun ve diğ., 2016).

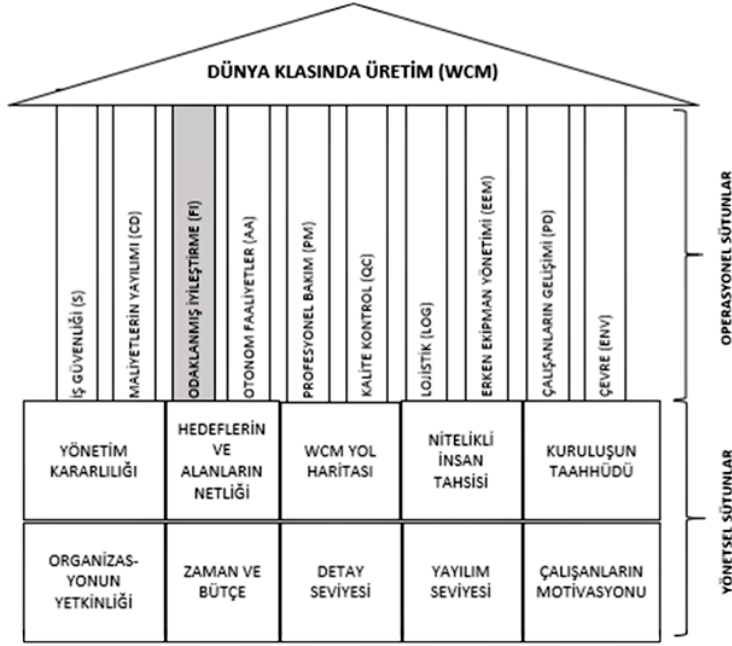
Dünya klasında üretim, 1980'li yıllarda R.J. Schonberger tarafından, tam zamanında üretim, toplam üretken bakım, toplam kalite yönetimi, yalınlık ve çalışan katılımı gibi teknikleri bir araya getiren ve işletmelerinin dünya çapında rekabet avantajı sağlamaları için ne yapmaları gerektiğini aşama aşama gösteren bir araç olarak ortaya çıkmıştır (Flynn, Flynn ve Schroeder, 1999; Bilgin Sarı, 2018a). Schonberger'in tanımladığı WCM modelinde sadece süreçlerin hızına ve kalitesine odaklanmak yerine, üst yönetimin katıldığı çalışmaların da içine alındığı daha geniş bir ortam hedeflenmiştir (Fekete, 2013). H. Yamashina tarafından Fiat Group Automobiles şirketinde 2005 yılında hazırlanan çalışmada ise WCM, çalışma alanında yer alan iş süreçlerinde işyeri güvenliği için "toplam endüstri mühendisliği", bakım için "toplam üretken bakım", lojistik için "tam zamanında üretim" ve kalite içinse "toplam kalite kontrol" (Bilgin Sarı, 2018a) gibi yöntemlerle şirketin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan bir üretim sistemi olarak düşünülmüştür (Malindzak ve Malindzakova, 2020). Yamashina'nın WCM modelinin ana amacı işyerinde çalışanların katılımı ve motivasyonu ile çalışma isteklerinde gözle görülür bir performans artışı, yüksek ürün kalitesine sahip olunması, yüksek

düzeyde esneklik sağlanması ve israfi ortadan kaldıran, üretim performansını artıran ve sürekli iyileştirmeyi hedefleyen bir sistemdir. Fiat bünyesinde yürütülen bu çalışmada WCM, eşzamanlı ve paralel olarak uygulanması beklenen 10 adet yönetsel ve 10 adet teknik ayağa sahiptir (Chiarini ve Vagnoni, 2015; Midor, 2012; Bilgin Sarı, 2018a). Bu dönemden sonra yapılan WCM çalışmalarının bu iki grup ayağı referans aldığı görülmektedir (Bilgin Sarı, 2018a). Bahsedilen bu operasyonel ve yönetsel sütunlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1'deki WCM modeli "iş güvenliği" (Safety-S) sütunu ile başlamaktadır. Bu sütunda amaçlanan, çalışma ortamında sürekli iyileştirme ile kaza veya yaralanmalara sebep olacak durum ve davranışların yok edilmesi ve meslek hastalıklarının önlenmesi (Gajdzik, 2013) yani kısaca sıfır iş kazasına ulaşmaktır (Bilgin Sarı, 2018a). Maliyetlerin yayılımı (Cost Development-CD) sütunu, yöneticilerin büyük mali kayıpları ön görüp önlemesi amacıyla en uygun tekniklerin uyguladığı bir etkin iyileştirme planıdır (Midor, 2012). Odaklanmış iyileştirme (Focused Improvement-FI) sütunu, önemli kayıpları büyük ölçüde azaltmayı, verimsizlikleri ortadan kaldırmayı ve rekabet gücünü artırmak için katma değeri olmayan faaliyetleri ortadan kaldırmayı hedefler (Felice De, Monfreda ve Petrillo, 2013). Otonom faaliyetler (Autonomous Activities-AA) sütunu, çalışılan ortamda düzen, temizlik ve katma değer yaratmayan faaliyetlere karşı uygulanan iyileştirmeleri içerir (Guerra, Murino, Naviglio ve Romano, 2014). AA sütunu çalışmaları Otonom Bakım (AM) ve Çalışma Alanı Organizasyonu (WO) şeklinde iki aşamalı olarak incelenmektedir (Bilgin Sarı, 2018b). Profesyonel bakım (Professional Maintenance-PM) sütunu, işletmedeki makinelerin verimliliğini artırmak ve arıza oranını en aza indirmek için operatörlerin iş birliği ile sıfır arızayı hedeflemektedir (Baboli, Ebrahimi ve Rother, 2019). Kalite kontrol (Quality Control-QC) sütunu, ürünlerin yüksek kalite standartlarında en düşük maliyetle üretilmesini ve çalışanların kalite problemlerine karşı çözüm becerilerini artırarak sıfır hataya ulaşılmasını hedefler (Palucha, 2012). Lojistik (Logistic-L) sütunu, iç ve dış lojistik bağlantılarını bütünleşik hale getirmek, planlı stok yönetimi yapmak ve tedarik zinciri, depolama ve lojistik maliyetlerini en aza indirmek amacıyla uygulanmaktadır (Dudek, 2014). Erken ekipman yönetimi (Early Equipment Management-EEM) sütununda, üretilecek modelin tasarımı ve planlaması sürecinde, teknik açıdan önceki deneyimlerden kazanılmış dersler belirlenmekte ve

iyileştirme yapılan çalışma alanındaki ekipmanların yönetimi üzerine uygulamalar yapılmaktadır (Malindzak ve Malindzakova, 2020; Bilgin Sarı, 2018b). Çalışanların gelişimi (People Development-PD) sütununda, çalışanların yüksek performans ve motivasyonla çalışabilmeleri için eğitimlerle becerilerinin artırılması sağlanmaktadır (Bilgin Sarı, 2018a). Son olarak, çevre (Environment-E) sütunu,

çevreyi korumak amacıyla atıkların azaltılmasını hedefler, ayrıca atık maliyetlerini ve kayıplarını azaltarak enerji kaynaklarının boşa harcanmasını engellemeyi amaçlar (Malindzak ve Malindzakova, 2020). Bu çalışma operasyonel sütunlardan odaklanmış iyileştirme sütununa odaklandığı için yönetsel sütunlar detaylı olarak incelenmemiştir.



Şekil 1. Dünya Klasında Üretim Modeli (Baboli ve diğ., 2019)

1984 yılından günümüze kadar WCM'de yalın üretimin ve hücreli üretimin her dönem kesinlikle benimsendiği görülmektedir. WCM'in pazardaki değişime uyum sağlayarak 1987 yılından itibaren bilgisayar bütünleşik imalatı, 1991 yılından itibaren esnek üretimi ve 2011 yılından itibaren de çevik imalatı içerdiği görülmektedir (Dudek, 2016; Verma, 2018). Günümüzdeki modern WCM sistemlerinin esnek ve çevik imalat yaklaşımlarına dayandığı görülmektedir (Dudek, 2016; Erozan ve Müminoğlu, 2020). Esnek ve çevik imalat, klasik yalın üretimin dalgalı pazarlardaki hızlı değişimi yönetememesi sorununa çözüm üretmiştir. Böylece esnek ve çevik üretimi içeren modern WCM, istikrarlı şartlarda iyi çalışan yalın üretime karşı önemli bir avantaj elde etmiştir (Erozan ve Müminoğlu, 2020). Modern WCM, klasik WCM'e göre daha esnek bir yapının üstünde durmaktadır (Dudek, 2016).

Sonuç olarak WCM'in hem imalat hem de hizmet sektörlerinde; kalite, maliyet, müşteri tatmini ve teslim süreleri açısından sürekli gelişimi ve her zaman en iyi olmayı hedefleyen bir üretim sistemi olduğu söylenebilir (Fekete, 2013).

2.1 Odaklanmış İyileştirme Sütunu

İşletmelerin günümüz pazarlarında rekabet edebilmeleri için sürekli gelişmeyi ve iyileştirmeyi prensip haline getirip kalite, maliyet, hız ve esneklik açısından önde olmaları gerekmektedir (Floyd, 2008). Sürekli iyileştirme, rekabetçi firmalarda mühendislik ve süreç yönetiminin odak noktasıdır. Sürekli iyileştirme anlamına gelen kaizen yaklaşımı ile üretim sürelerinin kısaltılması, müşteri beklentilerinin karşılanması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve ürün çeşitliliğinin artırılması gibi iyileştirmeler gerçekleştirilebilir (Bilgin Sarı, 2018c).

WCM yapısında odaklanmış iyileştirme sütunu, iyileştirme ayağı görevini görmek ve mevcut problemlere çözüm üretmeye yoğunlaşmaktadır (Bilgin Sarı, 2018b). Problemlerin çözülmesi, kayıpların sistematik olarak tespit edilmesi ve iyileştirmelerin yapılması; firmalar için maliyetlerin düşmesine, zamandan kazanç elde edilmesine, verimliliğin tatmin edici seviyeye ulaşmasına ve dünya klasında olma hedefine bir adım daha yaklaştırmaktadır (Bramstorp,2011; Bilgin Sarı, 2018a). Odaklanmış iyileştirme sütununda amaçlar; üretim tesisinde mevcut olan en önemli kayıpları büyük ölçüde azaltmak, verimsizliğe sebep olan etkenleri önlemek ve ürün maliyetlerini düşürerek rekabet gücünü artırmak için katma değeri olmayan faaliyetleri ortadan kaldırmaktır (Felice De ve diğ., 2013). Odaklanmış iyileştirme sütunu aşağıdaki 7 adımdan oluşmaktadır:

Adım 0: Odaklanmış iyileştirme sütunu görevleri için hazırlık aşamasıdır. Odaklanmış iyileştirme sütunu için çalışma ekibi belirlenmekte ve içinde bulunulan süreç analiz edilmektedir.

Adım 1: Analiz edilen süreç sonrasında belirlenen hedef doğrultusunda darboğaz oluşturan süreçlere ve büyük kayıpların olduğu alanlara odaklanılarak iyileştirme yapılacak alanlar belirlenmektedir. Maliyetlerin yayılımı, kalite kontrol ve iş güvenliği sütunları kayıp matrislerinin bu süreç içerisinde tanımlanması gerekmektedir. Tespit edilen kayıplar; ekipman, iş gücü, malzeme, enerji, çevre ve dolaylı maliyetler olarak sınıflandırılmalı ve iyileştirilme yapılacak alanda tespit edilen kayıplar önem derecelerine göre sıralanmalıdır.

Adım 2: Kayıp alanların sınıflandırılması makine/süreç seviyesine indirilerek yapılmalıdır. Kayıplar iki kritere göre sınıflandırılmalıdır. Birincisinde, acil iş emri kullanılarak hatalara göre

her istasyon veya makine için kök nedenler operatörlerle yapılan mülakat ile tespit edilmelidir. İkincisinde ise katma değer yaratmayan aktivitelere göre her istasyon veya makine için yeni bir analiz yapılması gerekmektedir. Bu analizde yürüme, aramak, beklemek vb. katma değer yaratmayan faaliyetler tespit edilmelidir. Tespit edilen kayıpların çözümleri için kaizen yaklaşımına başvurulmalıdır.

Adım 3: Odaklanmış iyileştirme için proje seçiminin yapıldığı ve planın hazırlandığı aşamadır. Planlaması ve hazırlığı yapılan projenin değerlendirilmesi için zaman, para ve işçilik parametreleriyle çeşitli öngörüler yapılmaktadır. Bu öngörüler için CD sütunun D-Matrisinden yararlanılır. D-Matrisi, kayıplara etki edebilecek metotların belirlendiği matristir.

Adım 4: Odaklanmış iyileştirme proje takımının oluşturulması ve proje liderinin seçimi bu aşamada gerçekleştirilir. Proje ekibinden beklenen yetenek, rol, davranış ve sorumluluklarının gösterildiği yetkinlik matrisleri bu adımda oluşturulur. Kaizen çalışmalarına başlanmadan önce tespit edilen yetkinlik eksikleri ekibe kazandırılmalıdır.

Adım 5: Analiz edilen sürecin karmaşıklığına göre hızlı kaizen, standart kaizen, majör kaizen veya ileri kaizen tekniklerinden biri seçilmektedir. Bu çalışmada, düzensizlikleri ortadan kaldırmak veya iyileştirmek için 3M analizi uygulanmıştır. Bu teknik üzerinden problemin tanımlanması, potansiyel kök nedenlerin belirlenmesi, kök nedenin tespiti, problem için çözümler üretilmesi, çözümlerin uygulanması, sonuçların kontrol edilip izlenmesi ve standart çözüme ulaşılması adımlarını içeren yedi adım uygulanmaktadır.

Tablo 1

Kaizen türleri (Bilgin Sarı, 2018a)

Problem Tanımı	Basit arada bir olan	Basit teknik arada bir olan	Karmaşık arada bir olan	Karmaşık sürekli	Çok karmaşık sürekli
Problem Çözümü	Hızlı kaizen	Hızlı kaizen	Standart kaizen	Majör kaizen	İleri kaizen

Adım 6: Bu adımda odaklanmış iyileştirme projesine yönelik "fayda/maliyet analizi" yapılmaktadır. Bu analiz, iyileştirmenin etkisinin görülmesini sağlar. Son olarak yapılması planlanan tüm projenin özetinin oluşturulduğu E-matrisi ve bütçelenen kazanç ve gerçekleşen kazanç değerlerini gösteren F-matrisi değerlendirilir.

Adım 7: Fayda/maliyet analizinden elde edilen sonuçta fayda görülmesi üzerine, diğer alanlarda da iyileştirmeye gidilerek gelişmeler benzer hat süreçlerine ve ekipmanlarına uygulanır. Periyodik şekilde günlük olarak sürekli iyileştirmenin gözden geçirilmesi; haftalık olarak WCM'in tüm sütunlarının

gözden geçirilmesi; aylık olarak ise üst yönetim ile durum değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bu 7 adım sistematik bir şekilde uygulanarak çözüm üretilmiş sorunun tekrarlanması önlenmelidir. Çözümlerin standardizasyonu tek nokta dersi (TND) ve standart operasyon prosedürleri (SOP) ile sağlanmalıdır.

Odaklanmış iyileştirme sütunu çalışma alanında karşılaşılan olumsuzluklara yönelik olarak; kaizen, tek nokta dersi (TND), balık kılıcı diyagramı, 5N+1K, 5G analizi gibi yöntemleri uygulama aracı olarak kullanırken problemin tekrarlanma sıklığı ve karmaşıklığı ile ilişkili olarak hızlı kaizen, standart kaizen, majör kaizen, ileri kaizen yöntemlerini performans göstergesi olarak kullanmaktadır (Bilgin Sarı, 2018a).

Odaklanmış iyileştirme sütununun en önemli amacı ve avantajı, doğru kayba, doğru metotla odaklanılmasına imkân vermesidir. Bu çalışmada bu sütunun uygulanabilirliğini kolaylaştırmak ve uygulama sürecini hızlandırmak için her adımda kullanılacak tekniklere yönelik bir metodoloji önerilmiştir.

3. Önerilen Metodoloji

Bu başlıkta öncelikle odaklanmış iyileştirme sütununda kullanılacak teknikler ve metotlar incelenmiş daha sonra da odaklanmış iyileştirme için bir metodoloji önerilmiştir. İlgili metodoloji geliştirilirken araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Bu metotlardan en genele yönelik olanı kaizendir. Bu nedenle öncelikle kaizen metodu incelenmiştir.

Kaizen, sürekli iyileştirmeyi sağlayan ve üretim için katma değer oluşturmayan faaliyetleri ortadan kaldıran bir yaklaşımdır (Erdeniz, 2018; Chabowski, Rewers ve Trojanowska, 2016). Kaizen, Japonca'da kai=sürekli ve zen=iyileştirme anlamına gelen kelimelerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur (Akıl, 2013; Erozan, 2017). Yalın üretimin araçlarından biri olan kaizen günümüzde WCM'in odaklanmış iyileştirme sütunu başta olmak üzere: CD, AM, L, PM, EEM, E sütunlarında kullanılmaktadır. WCM sütunlarında kaizen yaklaşımının kullanımı, maliyetleri azaltıp verimliliği artırır ve anormalliklerin kolayca fark edilebilmesini sağlar (Calado, Goes, Leite, Salgado ve Satalo, 2018). Kaizen sayesinde sürekli küçük iyileştirmeler yapılarak pazarda daha rekabetçi olunmaya çalışılır (Akıl, 2013; Kılıç, 2016).

Kaizen uygulamaları, hızlı ve kolay kaizen, karakuri kaizen, kaikaku, önce-sonra kaizen ve kobetsu

kaizen olmak üzere beşe ayrılır. Hızlı ve kolay kaizen, bireysel olarak günlük uygulanan basit kaizen çalışmalarıdır. 5S çalışmaları bu kaizen türüne örnektir. Karakuri kaizende en az kaynak (para, enerji vb.) kullanılarak çalışanların zekâları, önerileri ve katkıları ile iyileştirme yapılması hedeflenmektedir. Kaikaku kaizen, tek seferde yapılan büyük boyutlu iyileştirmeleri içermektedir. Önce-sonra kaizen, bir problemin iyileştirme öncesi ve sonrası durumunu ortaya koyup arasındaki farkı göz önüne sunan kaizen türüdür. Kobetsu kaizen, "odaklanmış iyiye doğru değişim" anlamına gelip (Bhushan ve diğ., 2017) ekip çalışması şeklinde uygulanan büyük boyutlu iyileştirmelerle ilgilenen bir kaizen türüdür (Dogra, Dureja, Sachdeva ve Sharma, 2011; Erozan, 2017). Kobetsu kaizen kendi içinde hızlı, standart, majör ve ileri kaizen olarak 4'e ayrılır (Bhushan ve diğ., 2017; Bilgin Sarı, 2018a). Kobetsu kaizen WCM'deki odaklanmış iyileştirme çalışmalarına çok uygun bir kaizen türüdür.

Bu çalışmadaki uygulamada kaizen türlerinden kobetsu kaizen kullanılmıştır. Kobetsu kaizen de yer alan majör kaizen; karmaşık problemlerin iyileştirilmesinde uzun süre gerektiren ve daha büyük bir ekiple uygulanması gereken bir kaizen türüdür (Bilgin Sarı, 2018a; Schenone, 2018). Majör kaizenin alt türü olan Toplam Endüstri Mühendisliği (Total Industrial Engineering/TIE) kaizen tespit edilen düzensizlikleri, kayıpları, israfları ortadan kaldırmak veya iyileştirmek için kullanılmaktadır (Di Stefano ve diğ., 2020; Bilgin Sarı, 2018a). TIE kaizen ile hem ergonomik açıdan hem NVAA (Non Value Added Activities) kayıpları açısından hem de standart dışı çalışmaların tespiti açısından birçok iyileştirme faaliyeti gerçekleştirilebilmektedir. TIE kaizen'nin en önemli avantajları analizleri yaparken bunları tek seferde görebilmesi ve önceliklendirebilmesidir (Di Stefano ve diğ., 2020).

Odaklanmış iyileştirme sütununda kullanılacak bir diğer yaklaşım 3M'dir. 3M yaklaşımı Japonca M ile başlayan üç kelime olan Muda-Mura-Muri'den oluşur. Bunlardan "muda" israf anlamına gelip, katma değer yaratan ve yaratmayan süreçlerin tespitini ve gerekli ise iyileştirme ve yeniden düzenlenmeyi içerir. İşletmelerde karşılaşılan sekiz temel muda vardır; bunlar fazla üretim, bekleme, taşıma, mesafe, stok, hareket, kusur ve çalışan zekâsından faydalanılamamasıdır (Anggraeni, Awaliyah ve Fhadillah, 2020; Çanakçıoğlu, 2019; Karasu, 2019). Muda analizi, bu 8 temel israfı tespit ederek yok etmeye çalışır (Anggraeni, 2020). "Mura", operasyonlarda çevrimden çevrime değişiklik yaratan işlemlerdir. Genelde mura istasyonların veya

çalışanların dengesiz yüklenmesiyle veya üretim programındaki değişiklikler sonucu oluşur ve bunların iyileştirilmesine odaklanır (Çanakçıoğlu, 2019; Karasu, 2019) Bir çalışma ortamında malzmeden malzemeye, kişiden kişiye, vardiyadan vardiyaya farklı çalışma varsa bu bir muradır (Bilgin Sarı, 2018a). "Muri" ise üretim kaynaklarına aşırı yüklenilmesi anlamına gelmektedir. Muri, kas ve zihinsel yorgunluğa sebep olduğu gibi hata, kaza ve israf ihtimalini de artırmaktadır. İyileştirmelerle

aşırı iş yükü azaltılarak hata yapma ve israf oluşturma olasılığı düşürülmekte ve kâr en büyüklenmektedir (Erozan, 2017; Horváth, 2016).

Bu başlıkta son olarak odaklanmış iyileştirme sütununu uygulamak isteyenler için adım adım kullanmaları gereken veya kullanabilecekleri metodlarla ilgili bir metodoloji sunulmuştur. Aşağıdaki Tablo 2 bu metodolojiyi göstermektedir.

Tablo 2
Odaklanmış iyileştirme adımları için metodoloji önerisi

Adım	İçerik	Üzerinde Durulacak Noktalar	Sektör	Kullanım Amacı	Kullanılabilecek Araç(lar)
0	Hazırlık aşaması	Ekip oluşturma ve süreç analizi	İmalat Hizmet	– Odaklanmış iyileştirme sütunu için hazırlık yapılması – Müşteri memnuniyetinin düşük olduğu ürüne ve imalata destek olan hizmet özelliklerini belirlemek	– Yetkinlik matrisi – R.A.C.I Matrisi – Müşteri memnuniyeti endeksi – Anket çalışması
		Müşteri memnuniyetini ölçme	Hizmet	– Müşteri memnuniyetinin düşük olduğu hizmetleri belirlemek	– Müşteri bildirimleri – Odak grup görüşmesi – Önem-memnuniyet analizi
		Kıyaslama (benchmarking)	İmalat Hizmet	– Müşteri memnuniyeti yüksek firmalarla kıyaslama yaparak kendi eksikliklerini belirleme	– Kıyaslama – Odak grup görüşmesi – Müşteri anket çalışması – Delphi anket tekniği – SWOT analizi
1	Çalışma alanının belirlenmesi için; darboğaz oluşturan süreçlerin ve büyük kayıpların olduğu süreçlerin ve bölgelerin tespiti	Darboğaz tespiti	İmalat	– İmalat süreçlerindeki yığılmaları, boş beklemleri, maturaları (dengesizlikleri) tespit etme, akışı yavaşlatan imalat süreçlerini tespit etme	– Çevrim süresi hesabı – Hat dengeleme – Süreç içi stok kontrolü – İş akış şeması ile gecikmeye, bekleme neden olan faaliyetlerin tespiti
		Majör-minör duruşların ve gereksiz hareketlerin tespiti	Hizmet	– Müşteri/iş yığılmalarının olduğu süreçleri tespit etmek	– Kuyruk analizi – Bekleme hattı yöntemleri ile sistem performansının tespiti – İş akış şeması ile yığılmaya neden olan faaliyetlerin tespiti
			İmalat	– İmalat sürecindeki gereksiz taşımaları, duruşları ve gereksiz hareketleri tespit etmek	– Zaman etüdü – İş akış şeması ile taşımaların tespiti

			<ul style="list-style-type: none"> – Makro ve mikro hareket etüdü ile gereksiz hareketlerin tespiti – Muda analizi ile israfların tespiti – Birimler arası hareket şeması ile tezgâhlar arası taşıma sayısının analizi 	
	Hizmet	<ul style="list-style-type: none"> – Çalışanların çalışma esnasında yaptığı gereksiz hareketlerin en küçük birimine kadar tespiti – Süreçteki gereksiz duruşların tespiti 	<ul style="list-style-type: none"> – Zaman etüdü – İş akış şeması – İki el iş akış şeması – Eş zamanlı hareket şeması ile en küçük birime kadar hareket analizi – Muda analizi ile israfların tespiti – RAM analizi – Güvenilirlik analizi – Arıza istatistiklerinin analizi – Arıza/bakım maliyetleri analizi – HTEA 	
	İmalat	<ul style="list-style-type: none"> – Makinelerde oluşan arıza ve bakım sıklığının ve güvenilirliğinin tespiti – En yüksek maliyetli arıza noktalarının tespiti – Arıza ve hatalar için olasılık şiddet ve saptanabilirlik tahmini 	<ul style="list-style-type: none"> – Sıkça hizmet kesilmesine ve bu nedenle müşteri şikâyetine neden olan sorunları tespit etmek – En maliyetli arızaları tespit etmek – En maliyetli bakımların tespiti – Müşteriye ulaşabilecek hatalı hizmetin önceden tahmin edilebilmesi – İmalatta çalışanların karşılaşılabileceği riskleri tespit etmek 	<ul style="list-style-type: none"> – HTEA – Müşteri bildirimleri – Arıza istatistiklerinin analizi – Arıza/bakım maliyetleri analizi – Ön tehlike analizi – Birincil risk analizi – İş hastalıkları kaynaklı raporların ve çalışan şikâyetlerinin analizi
Arıza ve bakım istatistiklerinin incelenmesi	Hizmet	<ul style="list-style-type: none"> – Çalışma esnasındaki çalışan pozisyonundan kaynaklanan riskleri tespit etmek 	<ul style="list-style-type: none"> – İş kazaları ve meslek hastalıklarının istatistiksel analizi – Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme (REBA) – HTEA – HAZOP analizi 	
İş kazaları ve meslek hastalıklarının tespiti	İmalat	<ul style="list-style-type: none"> – Kalite kontrol performansının ölçümü – Süreçte sistemin kalite riskinin tespiti – Majör hataların (ürünün kullanılabilirliğini engelleyen ve ürünün görüntüsünü doğrudan etkileyen hatalar) sebeplerinin potansiyel karşıtını analiz etmek 	<ul style="list-style-type: none"> – İç ve dış PPM analizi – Kalite kontrol grafiği – Hata ağacı analizi (HAA) – Olası hata türü ve etkisi analizi (OHTEA) 	
Kalite problemleri	Hizmet			

		Kayıpların sınıflandırılması	İmalat Hizmet	– Çalışma alanında sıkça rastlanılan kayıpların önceliklendirilmesi	– Kalite şikayetlerinin analizi – Pareto analizi – Grafik yöntemi (histogram, pasta, serpilme grafiği vb.) – HTEA – Balık kılıcı – 4M – 5S (çevre, tedarikçiler, sistem, yetenekler, güvenlik) (Hizmet sektörüne daha uygundur) – 7P (Hizmet sektörüne daha uygun) – 5 Neden – 5G
2	İyileştirilme yapılacak alanda tespit edilen kayıpların önem derecelerine göre önceliklendirilmesi ve kök neden analizi	Sınıflandırılan kayıpların kök neden analizi	İmalat Hizmet	– İmalatta önceliklendirilen kayıpların asıl meydana gelmesindeki faktörlerin belirlenmesi – Çalışma alanında meydana gelen kusur ve kayıpların asıl sebebinin bulunması	
		Ana kayıpların nedenlerinin sınıflandırılması	İmalat Hizmet	– İmalatta sınıflandırılan kayıpların; ekipman, makine ve insandan ne oranda kaynaklandığını tespit etmek – Hizmet sektöründe sınıflandırılan kayıpların; çalışan kaynaklı olanları analiz etmek	– OEE – TWTP +HERCA
3	Kayıpların belirlenip değerlendirilmesi	Kayıpların zaman, maliyet ve işçilik açısından değerlendirilmesi	İmalat Hizmet	– Kayıpları prosese etki, maliyet ve kolaylık açısından analiz etmek	– ICE Analizi (impact cost ease analysis) – İşçilik maliyeti hesaplaması – Yetkinlik Matrisi
4	Proje ekibinde görev dağılımı yapılması ve proje lideri seçimi	Ekip yetkinliği ve sorumluluklarının belirlenmesi	İmalat Hizmet	– Ekibe yetkinlik kazandırılıp görev dağılımı yapılması ve projede kullanılacak araçların belirlenmesi	– Proje Radar Şeması – Polivalans tabloları ile yetkinlik seviye ölçümü
5	Tespit edilen kayıpların iyileştirilme işlemi	Hızlı Kaizen (Basit ve arada bir olan ve yaklaşık 1 hafta süreli iyileştirmeler)	İmalat Hizmet	– Duruşların, gereksiz hareketlerin önlenmesi için iş yerindeki düzensizliklerin iyileştirilmesi – İş kazalarının ve meslek hastalıkları riskinin azaltılması – Çalışanların işi bilmemelerinden kaynaklanan kayıpların iyileştirilmesi – Çalışan dalgınlığının önüne geçilmesi – Büyük maliyete sebep olan arızaların önceden önlenmesi – Günlük temizlik ve düzen faaliyetlerinin organize edilmesi – Müşterilerin düzensizlikten dolayı bekletilmesi sebebiyle oluşan memnuniyetsizlikleri önlemek için eğitim verilmesi	– Günlük 5S uygulamalarının yayılması – İSG Kaizen (İş Sağlığı ve Güvenliği) – TND (Tek Nokta Dersi) – Ürün bazlı Poka-Yoke uygulamaları – Günlük önleyici bakım istatistikleri – Kaynağında kalite kontrol – Basit Poke-Yoke uygulamaları

		<ul style="list-style-type: none"> - Çalışan dalgınlığından kaynaklanan kayıpları iyileştirme ve daha hatasız çalışma ortamı sağlama - Günlük olarak tutulan raporlarla rastlanılan arızalara büyümeden çözüm üretme - İmalatta taşımının ve makineler arası mesafeden kaynaklanan bekleminin azaltılması - Hatalı ürünlerin, makine duruşlarının ve gecikmelerin önceden tespiti ve iyileştirilmesi - Hatalı çıkan ürünlerin müşteriye gitmeden kalitelerinin ölçümü - Makinenin ve operatörün iş yüklerinin zamana göre dengeli olarak dağıtılması - Oluşabilme potansiyeli olan arızaları önlemek için belirli periyotlarla bakım yapılması 	<ul style="list-style-type: none"> - VSM (Value Stream Mapping) - Andon panoları/ kordonu kurulumu - Kalite çemberi çalışmaları - Heijunka tekniğinin uygulanması - Grup teknolojisi uygulaması - Koruyucu bakım sisteminin kurulması - 5S sisteminin kurulması ve yayılması - İstasyon bazlı hat dengeleme yapılması - Optimum çözelgelemenin sağlanması - İstasyon bazlı Poke-Yoke sisteminin kurulumu ve yayılması
	Standart Kaizen (Karmaşık ve kronik olan kayıpların yaklaşık bir aylık sürede iyileştirilmesi)		
		<ul style="list-style-type: none"> - Yeni personel, makine ve teçhizat eklemekten müşteri beklemlerinin azaltılması ve müşteri sayılarının dengelenmesi - Kaynakları planlı ve etkin bir şekilde kullanarak değer akışını verimli hale getirme - İsrarların ortadan kaldırılması - İyileştirmelerin çalışanlarla beraber sağlanması - Hizmet kesintilerinin önüne geçilebilmesi için düzenli bakım uygulanması 	<ul style="list-style-type: none"> - VSM (Value Stream Mapping) - Heijunka tekniğinin uygulanması - Kalite Çemberi grubunun hizmeti iyileştirmesi - Yerleşimin grup teknolojisi ile düzenlenmesi - Koruyucu bakım sistemlerinin kurulması - Hizmetlerin uygun bir şekilde sıralanmasını sağlayacak sistemin kurulması
	Majör Kaizen (Karmaşık ve sürekli olan kayıpların yaklaşık bir-üç ay sürecinde iyileştirilmesi)		
		<ul style="list-style-type: none"> - Oluşan fazla iş yüklerinin, düzensizliklerin ve operatörlerin değer katmayan hareketlerinin iyileştirilmesi - İnsan yetkinliklerini aşan hatalar için metot veya araç önerisi ile iyileştirme yapma - Zaman kayıplarını önlemek ve parti tipi üretimin iyileştirilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> - 3M (Muri, Mura, Muda) sisteminin kurulması ve uygulanması - Hücre ve hat bazlı hata önleyici Poka-Yoke uygulamaları - Tek parça akışı sisteminin uygulanması

		<ul style="list-style-type: none"> – Sürekli olarak tezgâhlar arası taşımaların iyileştirilmesi – Oluşabilecek arızaların belirli analizlerle (yağ analizi, makine titreşim, makine sıcaklık vb.) tespit edip sistemin bakımının yapılması; sıfır hata prensibi ile kalitenin artırılması – Üretim hatalarını bulma ve en aza indirme 	<ul style="list-style-type: none"> – Grup teknolojisine göre yerleşimin düzenlenmesi – Birimler arası hareket şeması ile rota belirlenerek tezgâh yerleşimi – SMED ile hızlı ürün dönüşü sağlanması – Kestirimci bakım sistemlerinin kurulması – Toplam kalite yönetimi sisteminin kurulması – Otomasyon sisteminin kurulumu
	Hizmet	<ul style="list-style-type: none"> – Hizmette bekleme sonucunda kuyruk oluşumunu önlemek ve israf yaratan hareketlerin iyileştirilmesi – Verilen hizmetteki hata oranlarının azaltılması – İş akışının planlamasını yapmak, bekleme ve taşımaları azaltmak – Oluşabilecek arızaların maddi ve manevi kayıpların önceden kestirilip önüne geçilmesi – Sıfır hata prensibi ile kalitenin artırılması 	<ul style="list-style-type: none"> – 3M (Muri, Mura, Muda) sisteminin kurulması ve uygulanması – Karmaşık hataların önlenmesi için Poka-Yoke uygulaması – Grup teknolojisine göre yerleşimin düzenlenmesi – Kestirimci bakım sistemlerinin kurulması – Toplam kalite yönetimi sisteminin kurulması
	İmalat	<ul style="list-style-type: none"> – Mevcut talebe göre üretim akışını yönlendirme, WIP (süreç içi stok) iyileştirmeleri – Sistemin uyumsuz çalışmasına yol açan hatanın tekrar oluşmasını engellemek – Müşteriye ulaşmadan önce kalite problemlerinin giderilmesi – Müşteri şikâyetlerini ve çevrim sürelerini düşürme ve hatalar üzerinde köklü bir iyileştirme hedefleme – Hizmet sektöründeki süreçlerin uygun hızda ve verimde gerçekleştirilmesi, müşteri akışlarının izlenmesi – Yapılan yanlışların tekrar etmesini önlemek 	<ul style="list-style-type: none"> – Kanban sisteminin kurulması – Proses nokta analizinin uygulanması – Deney tasarımı tekniğinin uygulanması – Büyük sistemler için kapsamlı Poka-Yoke sistemlerinin tasarlanması – Tüm işletmede kapsamlı hat dengeleme çalışmalarının yapılması – Altı sigma uygulamasının başlatılması ve sistemin kurulumu – Yaratıcı problem çözme teorisinin (TRIZ) uygulanması – ECRS analizinin uygulanması
İleri Kaizen (Çok karmaşık ve sürekli olan kayıpların üç aydan uzun süre boyunca iyileştirilmesi)	Hizmet	<ul style="list-style-type: none"> – Hizmet kalitesini artırmak için sürekli iyileştirme çalışması yürütmek 	

6	İyileştirme kazanımları	Yapılacak iyileştirmenin maliyet ve kazanç değerlendirmesi	İmalat Hizmet	– İşletmeler tarafından yapılacak proje/ ürün/ hizmetin maliyetlerine karşı elde edilecek finansal kazanç gibi faydaların toplamını göstermek	– Fayda/maliyet analizi
7	Takip ve sürdürülebilirlik	Çalışana yetkinlik kazandırılması, iyileştirmelerin standartlaştırılması ve desteklenmesi	İmalat Hizmet	– Çalışanlara yetkinlik kazandırılması, iyileştirmelerin standartlaştırılması ve görsellerle desteklenmesi	– TND (Tek Nokta Dersi) – SOP (Standart Operasyon Prosedürü) – Görsel Yönetim

Odaklanmış iyileştirme hem hizmet hem de imalat sistemlerinde kullanılabilen bir yaklaşım olmasına rağmen literatürde bu sektörlerde odaklanmış iyileştirmenin kullanımına yönelik yönlendirici bir metodoloji bulunmamaktadır. Bu nedenle odaklanmış iyileştirmeyi özellikle ilk defa kullanacak kişiler için bu süreç zaman alıcı olabileceği gibi bazen teknik bilgi yetersizliğinden dolayı metot seçememe gibi bir durum da hem zaman kaybına hem de sürecin yavaşlamasına neden olabilecektir. Önerilen metodolojinin bu sorunlara çözüm olabileceği düşünülmektedir.

4. Problem Tanımı ve Uygulama

Bu çalışmada kompresör üretimi yapan bir firmada dünya klasında üretim uygulaması yapılmıştır. Uygulama için üreticinin montaj hattı video ile izlenmiş ve gözlemlenen NVAA'ların en fazla olduğu süreç üzerinde bir iyileştirme çalışması planlanmıştır. İyileştirme çalışması yürütülürken bir önceki bölümde odaklanmış iyileştirme için önerilen metodoloji kullanılmıştır. İyileştirme çalışması için öncelikle süreç üzerinde zaman etüdü yapılarak darboğazlar tespit edilmiştir. Daha sonra ise darboğazlara sebep olan kayıplar pareto analizi ile sınıflandırılıp iyileştirme yapılması gereken problem ve bu problemin ana nedenleri tespit edilmiştir. Uygulama yeri imalat sektörü içinde yer aldığı için önerilen metodolojide imalat sektörü ile ilgili adımlar ve faaliyetler takip edilmiştir. İyileştirme yapacak ekip belirlendikten sonra iyileştirme noktasına majör kaizen araçlarından 3M yaklaşımı uygulanmış ve iyileştirmenin firmaya maliyet ve kazanç katkısı fayda/maliyet analizi ile değerlendirilmiştir. Bu iyileştirme süreci için odaklanmış iyileştirmenin adımları Tablo 2'de önerilen metodoloji ile aşağıdaki gibi uygulanmıştır:

Adım 0: Odaklanmış iyileştirme sütunu için çalışma ekibi yetkinlik matrisine göre belirlenmiş ve ilgili süreç analiz edilmiştir.

Adım 1: Bu çalışma, kompresör üretimi yapan bir işletmede yapıldığı için Tablo 2'de imalat sektörlerinde kullanılacak metotlar göz önüne alınmıştır. Çalışmada montaj sürecinin sadece bir süreci (kasa toplama süreci) ele alınmıştır. İlgili firma tarafından kayıplar arasında özellikle majör-minör duruşların çok sık olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple Tablo 2'nin birinci adımda majör-minör duruşların tespiti için Tablo 3'te sunulan iş akış şeması oluşturulmuştur.

Tablo 3
Kasa toplama sürecinin iş akış şeması

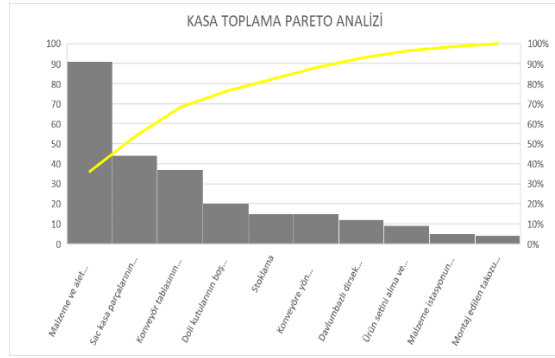
NO	İŞ AÇIKLAMA	○	□	⇒	D	▽	SÜRE (sn)
1	Yapılacak montajı üretim listesinde işaretleme	*					3
2	Doli kutularını boş- dolu transfer edilmesi (iş emrinin eksik listesi ve işi kimin yaptığıının kağıdı koyulması)		*				20
3	Üretim setini alma ve montaj tezgahı ile birleştirme	*		*			9
4	Saç kasa parçalarının dağıtılması			*			44
5	Vida seçimi ve çekiç alma			*			19
6	Konveyör tablasının yükseltilmesi veya alçaltılması	*					37
7	Tabana perçin çakma	*					16
8	Motor şasesine perçin çakma	*					13
9	Vida alma			*			3
10	Motor şasesine perçin çakma	*					14
11	Malzeme istasyonunu iterek yer değiştirme			*			5
12	Matkap alma (yürüyerek)			*			3
13	Perçinlerin sabitlemesi	*					28
14	Alet değişimi			*			3
15	Perçinlerin sabitlemesi	*					19
16	Titreşim takozlarının alınması			*			4
17	Montaj edilmesi	*					12
18	Montaj edilen takozun kontrolü (sıkılması)		*				4
19	Vida - somon alma			*			13
20	Motor şasesinin takoza montaj edilmesi	*					5
21	Vida- somon alımı			*			8
22	Vida - somon yerleşimi	*					24
23	Matkap alımı (uç değişimi)			*			10
24	Vida - somon sabitleme	*					12
25	Makine bırakma			*			4
26	Konveyör yön değişimi			*			5
27	Davumbazlı dirsek parça alma (yerleştirme)			*			12
28	Vida - somon alma			*			12
29	Taban ve davlumbazlı dirseğin birleştirilmesi	*					38
30	Sabitleme aracı alımı (uç değişimi)			*			8
31	Montaj edilmesi	*					15
32	Vida alımı			*			4
33	Tornavidayla vida sıkma	*					8
34	Konveyörü döndürme			*			10
35	Stoklama					*	15

Adım 2: İş akış şeması ile duruşlara sebep olan kayıpların önem derecelerine göre önceliklendirilmesi için Tablo 2'deki araçlardan pareto analizi tercih edilmiştir. Pareto analiziyle kayıplar saniyeler bazında Tablo 4'te sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda birikimli yüzdede %70'lik dilimde yer alan kayıplar

üzerine odaklanılmasına karar verilmiştir. Analiz sonucunda kayıpların %36,11'inin malzeme ve alet tedarikinden, %17,46'sının sac kasa parçalarının dağıtılmasından ve %14,68'inin ise konveyör tablasının yükseltilmesi ve alçaltılmasından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4
Pareto Analizi

İşlem Dışı Faaliyetler	Süre (sn)	Birikimli Top	Birikimli Yüzd	Sınıf
Malzeme ve alet tedariki	91	91	36,11	A
Sac kasa parçalarının dağıtılması	44	135	53,57	A
Konveyör tablasının yükseltilmesi ve Doli kutularının boş-dolu transferi (iş emrinin eksik)	37	172	68,25	A
Stoklama	20	192	76,19	B
Konveyöre yön verilmesi	15	207	82,14	B
Davlumbazlı dirsek parça yerleşimi	15	222	88,10	B
Ürün setini alma ve konveyöre birleştirme	12	234	92,86	C
Malzeme istasyonunu iterek yer değiştirme	9	243	96,43	C
Montaj edilen takozun kontrolü	5	248	98,41	C
	4	252	100,00	C



Adım 3: Belirlenen kayıpların değerlendirilmesi için Tablo 2'deki kayıpların zaman, maliyet ve işçilik açısından değerlendirilmesinde imalat sektörü için önerilen işçilik maliyeti yöntemine başvurulmuştur. Bir çalışanın aylık 25 gün boyunca 8 saatlik çalışması sonucu aldığı brüt asgari ücret (3.577 TL) üzerinden süreçteki bir kasa toplama montajının toplam işlem süresi 459 sn olup bu işlemin 252 sn'si kayıp süre olarak hesaplanmış ve kayıp süreler üzerinden yıllık işçilik maliyeti hesaplanmıştır. Saniye bazında tespit

edilen kayıpların her birinin yarattığı toplam yıllık işçilik zararı Tablo 5'te gösterildiği gibi 23.580 TL olarak hesaplanmıştır. Yapılan pareto analizinde yaklaşık %70'lik kısımda yer alan kayıpların işçilik maliyetindeki kayıp (yıllık montaj adedi ile bir montaj boyunca işçilik maliyetindeki kayıpların çarpımlarının toplamları) 16.093,4 TL olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada yıllık kayıp işçilik maliyeti en küçüklenmeye çalışılacaktır.

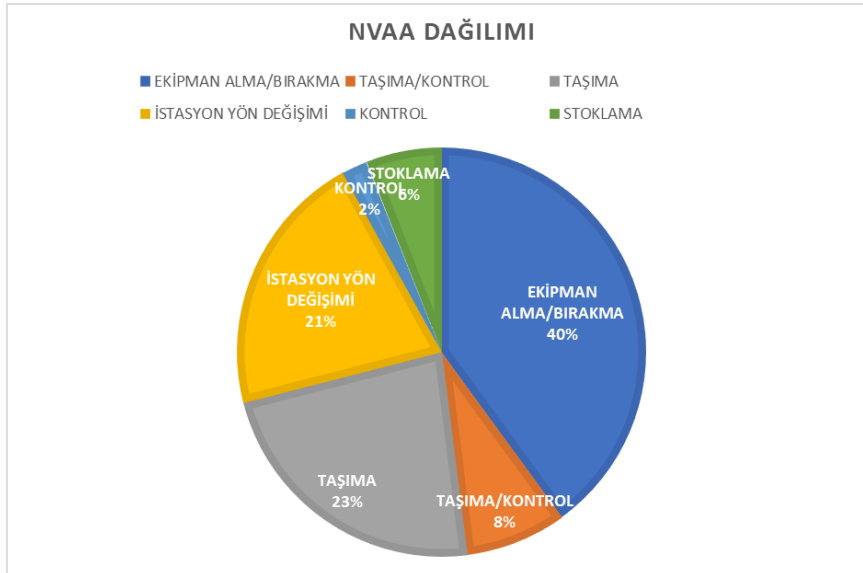
Tablo 5
Kayıpların İşçilik Maliyeti

İşlem Dışı Faaliyetler	Süre (sn)	Kayıpların İşçilik Maliyeti (₺/adet)	Yıllık Kayıp İşçilik Maliyeti (₺)
Malzeme ve alet tedariği	91	0,4523	8514,5
Sac kasa parçalarının dağıtılması	44	0,2187	4117
Konveyör tablasının yükseltilmesi ve alçaltılması	37	0,1839	3461,9
Doli kutularının boş-dolu transferi (iş emrinin eksik listesi...)	20	0,0994	1871,2
Stoklama	15	0,0746	1404,3
Konveyöre yön verilmesi	15	0,0746	1404,3
Davumbazlı dirsek parça yerleşimi	12	0,0596	1122
Ürün setini alma ve konveyöre birleştirme	9	0,0447	841,5
Malzeme istasyonunu iterek yer değiştirme	5	0,0249	468,7
Montaj edilen takozun kontrolü	4	0,0199	374,6
TOPLAM YILLIK KAYIP İŞÇİLİK MALİYETİ (₺)=			23580

Adım 4: Tablo 2'de belirtildiği üzere projenin yürütülmesi için 5 kişilik bir ekip oluşturulmuştur. Ekip, üç yüksek endüstri mühendisinden ve iki endüstri mühendisliği öğrencisinden oluşmaktadır.

Adım 5: Oluşturulan ekip ile Adım 2'de tespit edilen kayıplar üzerinde iyileştirme çalışmalarına başlanmıştır. Tablo 2'de iyileştirme çalışmalarının yürütülmesi için kayıpların karmaşık ve sürekli olduğu, yapılacak iyileştirmelerinse bir-üç ay arasında zaman alacağı düşünülerek majör kaizen tercih edilmiştir. Majör kaizende imalat sektörü için önerilen metotlar arasında yer alan; oluşan fazla iş yüklerinin, düzensizliklerin ve operatörlerin değer

katmayan hareketlerinin iyileştirilmesi için 3M analizinin uygulanmasına karar verilmiştir. İş akışındaki adımlar üzerinde muda analizi yapılarak bir operatörün operasyonu yaparken yaptığı işler temel olarak katma değeri olan işler (Value added activities-VAA) ve katma değeri olmayan işler (NVAA) olmak üzere sınıflandırılmıştır. Üzerinde çalışılan montaj sürecinin ortalama 252 sn NVAA, ortalama 207 sn VAA'lardan oluştuğu tespit edilmiştir. Belirlenen NVAA'ların yüzdeleri hesaplanarak Şekil 2'de sunulmuştur. Görüldüğü gibi üzerinde durulması gereken kayıplar pareto analizinde tespit edilen kayıplarla örtüşmektedir.

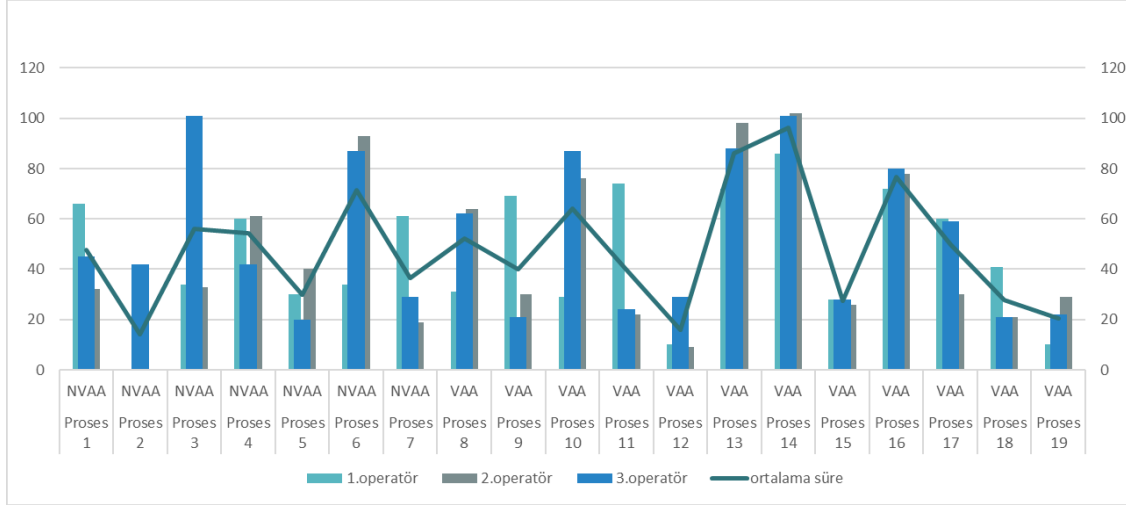


Şekil 2. Muda Analizi NVAA Dağılımı

Muda analizi ile iyileştirme yapılacak süreç üzerinde işlem yapan üç ayrı çalışan için video görüntüleri elde edilmiştir. Bu videolar incelenerek çalışanların

iş yapma şekilleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca her çalışanın süreçteki ortalama çevrim süreleri de incelenmiştir. Operatörlerin çevrim sürelerinin ortalaması referans alınarak diğer çalışanların

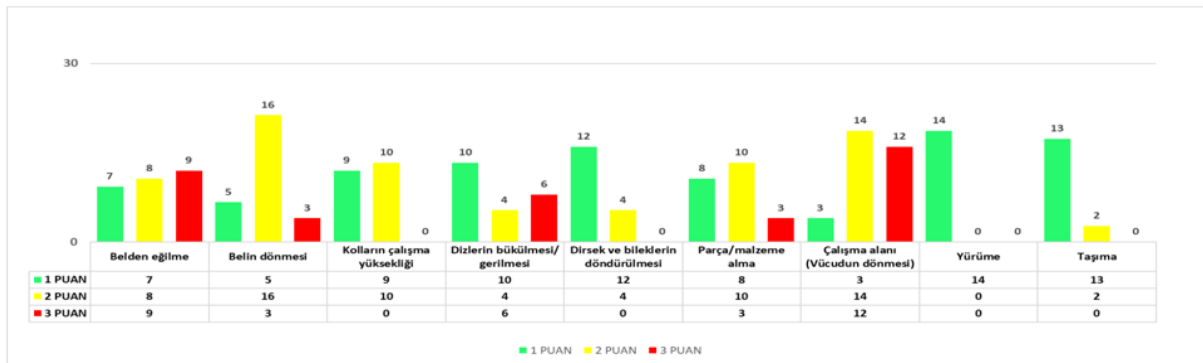
çevrim süresi iyileştirilerek bu seviyeye çekilmeye çalışılacaktır. Mevcut süreçteki VAA ve NVAA'ya sahip faaliyetler ayırt edilerek, ortalama süresiyle beraber aşağıdaki Şekil 3 oluşturulmuştur.



Şekil 3. Operatörlere Göre Süreçlerdeki Süre Değişimi

Muri analizinde operatörler üzerindeki iş yüklerinden kaynaklanan ergonomik problemleri belirlemek amacıyla Adım 2'de belirlenmiş olan öncelikli kayıplar ve NVAA'lar üzerine ergonomik olarak aşırı yüklenmeleri tespit edebilmek için muri analizi yapılmıştır. Çalışmada, muri analizi için operatörlerin kas-iskelet sistemindeki yüklenmeyi ve sistemin neden olduğu kötü duruşları belirlemeye yarayan gözleme dayalı bir çalışma duruşu analizi olan "9 nokta metodu" kullanılmıştır. Video üzerinden 9 nokta metodu ile ergonomik açıdan iyileştirme yapılması gereken yerler değerlendirilmiştir. Yürütülen muri analizi sonucunda oluşturulan ergonomik kırım grafiği Şekil 4'te sunulmuştur. Şekil 4'te 1 puanına sahip

kırım bölgeleri operasyonlar bazında ergonomik açıdan aşırı yüklenmenin olmadığını ifade etmektedir. Amaç, 3 puanlı kırım noktalarını 2 puanlı kırım noktasına çekmek, mümkünse 2 puanlı kırım noktalarını da 1 puana sahip kırım bölgelerine çekmektir. Bir operasyon için yapılan hareket 3 puana ve/veya toplam puan 15 puandan fazlaysa iyileştirme yapılması gerekmektedir. Bu şekil doğrultusunda 8 farklı kırım noktasının (belden eğilme, belin dönmesi, kolların çalışma yüksekliği, dizlerin bükülmesi/gerilmesi, dirsek ve bileklerin döndürülmesi, parça/malzeme alma, çalışma alanı (vücutun dönmesi), Yürüme, Taşıma) iyileştirmeye açık olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. Ergonomik puan kırımını

Yürütülen 3M analizi ile aşağıdaki iyileştirme önerileri sunulmuştur. Adım 2’de pareto analizi sonucunda "malzeme tedariki, sac kasa parçalarının dağıtılması ve konveyör tablasının

yükseltilmesi/alçaltılması" gibi kayıplar birikimli yüzdede %70’lik dilimde yer aldığı için bu kayıpların iyileştirmelerine odaklanılmıştır.

Tablo 6
3M’de tespit edilen kayıplar için iyileştirme önerileri

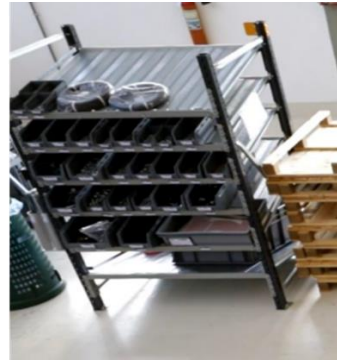
Faaliyet	Tespit edilen Problem	Yıllık İşçilik Maliyeti Kaybı (TL)	İyileştirme Önerisi
Muda	Ekipman alma/bırakma	8.514,5 TL	– Vida/somon için avadanlık standı kurulması – Alet için takım asma panosu kurulması
Mura	Sac kasa parçalarının dağıtılmasındaki zaman kaybı	4.117 TL	– Sac kasa parçası düzeneği kurulması
Muri	Konveyör tablasının yükseltilmesi/alçaltılması işleminde çalışanın ergonomik düzey bozukluğu	3.461,9 TL	– Konveyör yükseltme/alçaltma düğme sisteminin kurulması

Muda analizi ile Şekil 2’deki %40’lık kısmı oluşturan "malzeme tedariki kaynaklı kayıpları" önlemek için

aşağıdaki şekillerdeki gibi çeşitli iyileştirme önerileri sunulmuştur.



Şekil 5. Alet için Takım Asma Panosu (Starçelik, 1976)



Şekil 6. Vida/Somon için Avadanlık Standı (Maggi Technology, 1963)

Matkap ve aletleri düzenlemek için, Şekil 5’teki pano örneğinin konveyör tablasının yanına yerleştirilmesi ile hem düzeni hem de operatöre erişim kolaylığı sağlayacağı ön görülmektedir. Vida ve somunlar için ise Şekil 6’da gösterilen örneğin uygulanması yani konveyör tablasının yanında olacak şekilde vida kutuları yerleştirilerek ve vida kutularını etiket

yöntemi ile sınıflandırarak karışıklığın önlenmesi düşünülmektedir.

Mura analizinde Şekil 3’teki Süreç 6’da (sac kasa parçalarının dağıtılmasında), operatör tarafından parçaların yığma şekilde yerleştirilmesi yerine Şekil 7’de görünen örnekteki gibi tekerlekli ve parçaların boyutuna uygun bir bölmeli düzeneğin kullanılması ve bu düzeneğin istasyonun hemen arkasına

yerleştirilmesi için bir tasarım yapılması önerilmiştir.



Şekil 7. Sac Kasa Parçası Düzeneği (Maggi Technology, 1963)

Muri analizi sonucunda ergonomik açıdan konveyör tablasının yükseltilmesi ve alçaltılması aşamasında oluşan belden eğilme ve güç uygulamasının önüne

geçilebilmesi için Şekil 8'deki gibi operatörün bel hizasına gelecek bir yükseklikte düğme sistemi kurulması önerilmiştir.



Şekil 8. Konveyör Yükseltme/Alçaltma Düğme Sistemi (Maggi Technology, 1963)

Adım 6: Tablo 2'deki metod önerilerinden Adım 6'da belirtilen iyileştirme kazanımlarını belirlemek ve yapılacak iyileştirmenin maliyet ve kazanç değerlendirmesinin yapılabilmesi için fayda/maliyet analizi yapılmıştır. Temelde olarak iyileştirmelerin maliyetlerine karşı elde edilecek sağlık masraflarında azalma, zaman tasarrufu ve

üretkenlikte artış, işçilik veriminde artış gibi faydalar öngörülmeye çalışılmıştır. Malzeme ve alet tedarikindeki kayıp süre 91 sn iken önerilen vida/somun için avadanlık standı ve alet için takım asma panosunun montaj tezgâhının sağına ve soluna yerleştirilmesi ile hem işçinin ergonomik kırımını 12 seviyesinden 10 seviyesine düşürülmeye çalışılmış

hem de malzeme alet tedarikindeki kayıp sürenin 40 sn süreye ineceği tahmin edilmiştir. Önerilen iyileştirmelerin uygulama maliyeti 2.500 TL (alet için takım asma panosu: 322 TL, sabit tek yönlü avadanlık standı: 1.762 TL, tezgâh sabitlemek için U profil kesiti 4 adet fiyatı: 40TL) olarak hesaplanmıştır. Vida/somon için avadanlık standı ve alet için takım asma panosunun kurulması sonucu toplam 51 sn kazanç sağlanmıştır ve bunun sonucunda yıllık işçilik maliyet kazancı; bir saniyedeki kayıp maliyeti (0,00497 TL/sn) ve kazanç sağlanan 51 sn'nin çarpımı ile yıllık montaj adedinin çarpılması sonucu 4.771,6 TL olarak hesaplanmıştır. Yapılan fayda/maliyet analizine göre önerilen iyileştirmelerin işletmeye fayda sağlayacağı tespit edilmiştir. Sac kasa parçalarının dağıtılmasındaki kayıp süre 44 sn iken önerilen sac kasa parçası düzeneği kurularak hem işçinin ergonomik kırımını 19 seviyesinden 11 seviyesine düşürülmesi hem de kayıp sürenin yok edilmesi öngörülmüştür. Önerilen iyileştirmenin uygulama maliyeti pazar araştırmasına göre yaklaşık 2.000 TL olarak tahmin edilmiştir. Sac kasa parçası düzeneği kurulması

sonucu toplam 44 sn kazanç sağlanmıştır ve bunun sonucunda yıllık işçilik maliyet kazancı; bir saniyedeki kayıp maliyeti (0,00497 TL/sn) ve kazanç sağlanan 44 sn'nin çarpımı ile yıllık montaj adedinin çarpılması sonucu 4.117 TL olarak hesaplanmıştır. Fayda/maliyet analizine göre önerilen iyileştirme işletmeye fayda sağlayacaktır. Konveyör tablasının yükseltilmesi/alçaltılmasındaki kayıp süre 37 sn iken önerilen konveyör yükseltme/alçaltma düğme sistemi kurulması ile operatörün ergonomik kırımınının 17 seviyesinden 9 seviyesine düşeceği öngörülmüştür. Önerilen konveyör yükseltme/alçaltma düğme sisteminin uygulama maliyeti yaklaşık 5.000 TL'dir. Önerilen iyileştirme sonucunda maddi olarak bir kazanç sağlanmayıp operatörün ergonomik açıdan duruşunun düzelmesi açısından bir tasarım önerilmiştir. İşletme, sunulmuş olan iyileştirmeleri uygulayacak olursa toplamda 9.500 TL maliyet ile bir montaj sürecinde toplamda 95 sn kazanç sağlayacağı ve yıllık olarak 8.888,6 TL kayıp işçilik maliyetinde de kazanç sağlayacağı, yapılan harcamaların ise kendini yaklaşık 1 yıl 1 aylık sürede amorti edeceği analiz edilmiştir.

Tablo 7
İyileştirmelerin fayda/maliyet analizi

Faaliyet	Tespit edilen Problem	Yıllık İşçilik Maliyeti Kaybı (TL)	İyileştirme Önerisi	Önerilen İyileştirmelerin Maliyeti (TL)	Sağlanan fayda (TL)
Mud a	Ekipman alma/bırakma	8.514,5 TL	– Vida/somon için avadanlık standı kurulması – Alet için takım asma panosu kurulması	2.500 TL	4.771,6 TL
Mura	Sac kasa parçalarının dağıtılmasındaki zaman kaybı	4.117 TL	– Sac kasa parçası düzeneği kurulması	2.000 TL	4.117 TL
Muri	Konveyör tablasının yükseltilmesi/alçaltılması işleminde ergonomik düzey bozukluğu	3.461,9 TL	– Konveyör Yükseltme/Alçaltma düğme sistemi kurulması	5.000 TL	-

Adım 7: Fayda/maliyet analizinden elde edilen sonuçta fayda görülmesi ve işletmenin iyileştirmeleri uygulama kararından sonra diğer alanlarda iyileştirmeye gidilerek gelişmeler benzer hat süreçlerine ve ekipmanlarına uygulanmalıdır. Tablo 2'deki metodolojide önerildiği gibi yapılan iyileştirmelerin takip ve sürdürülebilirliği için işi

yapacak olan operatörlere; çalışan yetkinliği, iyileştirilme standartlaştırılması ve desteklenmesini sağlamak amacıyla tek nokta dersi (TND) ile eğitim verilmesi önerilmiştir.

5. Sonuç ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada dünya klasında üretim yaklaşımını kullanan firmalara, odaklanmış iyileştirme adımlarını sistematik hale getirmeleri için bir metodoloji önerilmiştir. Bu metodoloji sayesinde her adım için dağınık bir bilgi havuzundaki bilgileri bir araya toplamaya ve bu bilgileri ilişkilendirmeye fazla zaman harcanmamıştır. Böylece sektöre uygun metod seçimine odaklanmak yerine metodların gerçekleştirilmesine ve iyileştirme önerilerine odaklanılmıştır. Bu da uygulamanın daha düzenli bir şekilde ilerlemesine yardımcı olmuştur.

Bu metodolojinin test edilmesi için kompresör üretimi yapan bir firmada dünya klasında üretim uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamada odaklanmış iyileştirme sütunu için majör kaizende 3M metodu kullanılarak işletmeye iyileştirme önerileri sunulmuştur. Sunulan iyileştirmeler üzerine yapılan analiz sonucunda toplamda 9.500 TL maliyet ile bir montaj sürecinde toplamda 95 sn ve kayıp işçilik maliyetinde de yıllık olarak 8.888,6 TL kazanç sağlanacağı, yapılan harcamaların ise kendini yaklaşık 1 yıl 1 aylık sürede amorti edeceği tespit edilmiştir.

Odaklanmış iyileştirme sütunu için önerilen metodoloji tablosunun, uygulama aşamasında metod seçiminde zaman kaybını önlemesi ve yol gösterici olması açısından kullanışlı olduğu görülmüştür. Özellikle bu metotlara yabancı olan araştırmacılar için bu metodolojinin iyi bir başlangıç noktası olacağı düşünülmektedir. Önerilen metodoloji hem imalat sektörleri hem de hizmet sektörleri için geliştirilmiş olup geniş bir çalışma alanını kapsamaktadır. Metodoloji tablosunda genellikle Sanayi 3.0 üzerinden önerilerde bulunulmuştur. Teknolojik gelişmelerle birlikte Sanayi 4.0 baz alınarak bu tablo revize edilebilir ve sektörler kapsamında daha net bir sınıflandırma yapılarak metodoloji metotlar açısından geliştirilebilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; İhsan EROZAN, uygulamaların kontrolü ve çalışmanın düzenlenmesi, Meltem BEŞKARDEŞLER ve Zeynep SAYAN ise uygulamanın yürütülmesi konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynakça

- Akıl B. (2013). *Kamu sektöründe 5S ve kaizen uygulamaları* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Alessandro, C. & Riasat, Q. (2020). *World class manufacturing and its applications (lean manufacturing)* (Thesis). Politecnico Di Torino, Torino.
- Anggraeni, N. F., Awaliyah, A. R. & Fhadillah, I. (2020). Waste analysis Di Pt. XYZ uses "8 waste". *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 6(2), 157-162. Doi: 10.33197/jitter.
- Baboli, A., Ebrahimi, M. & Rother, E. (2019). The evolution of world class manufacturing toward industry 4.0: a case study in the automotive industry. *IFAC Papers Online*, 52-10, 188-194. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.021>.
- Bhushan, R., Borkar, M. G., Kumar, S., Kumar, V., Raj, M. & Swaroop, S. (2017). Kobetsu kaizen losses analysis to enhance the overall plant effectiveness in steel manufacturing industry—a case study at JSPL. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(12), 245-251. Retrieved from: <https://www.irjet.net/archives/V4/i12/IRJET-V4I1245.pdf>.
- Bilgin Sarı, E. (2018a). *Üretim süreçlerinde sürekli iyileştirme çalışmalarının önemi: bir kaizen uygulaması örneği*, İzmir İktisadi ve İdari Bilimler Konferansı, 2556-2578, İzmir.
- Bilgin Sarı, E. (2018b). World class manufacturing (WCM) model and operational performance indicators: comparison between WCM firms. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 19(2), 249-269. Doi: <https://doi.org/10.24889/ifede.404806>.
- Bilgin Sarı, E. (2018c). *Dünya klasında üretim WCM (World class manufacturing)*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Bramstorp, O. (2011). *Implementation of the focused improvement concept in outsourced production, department of industrial management and logistics*. Lund University, Sweden.
- Calado, R. D., Goes, G. A., Leite, C., Salgado, D. D. & Satalo, E. G. (2018). Ranking lean tools for world

- class reach through grey relational analysis. *Grey Systems Theory and Application*, 8(1). Doi: <https://doi.org/10.1108/GS-06-2018-0031>.
- Chabowski, P., Rewers, P. & Trojanowska, J. (2016). *Tools and methods of lean manufacturing-a literature review*, Proceedings of 7th International Technical Conference Technological Forum 2016, 135-139, Czech Republic.
- Chiarini, A. & Vagnoni, E. (2015). World-class manufacturing by fiat. comparison with Toyota production system from a strategic management, management accounting, operations management and performance measurement dimension. *International Journal of Production Research*, 53(2), 590-606. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.958596>.
- Çanakçıoğlu, M. (2019). Yalın düşünce felsefesinde israfla mücadele araçları. *Social Sciences Research Journal*, 8 (3), 270-282. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ssrj/issue/47195/611491>.
- Desai, S., Gohil, A. M., Shah, D. B. & Singh, R. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: a case study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>.
- Di Stefano, L., Iuliano, L. & Prono, E. (2020). *World class manufacturing, application of technical pillar autonomous maintenance (AM) in a productive island* (Master's Thesis). Politecnico Di Torino, Torino.
- Dogra, M., Dureja, J. S., Sachdeva, A. & Sharma, V. S. (2011). TPM- A key strategy for productivity improvement in process industry. *Journal of Engineering Science and Technology*, 6(1), 1-16. Retrieved from: <http://jestec.taylors.edu.my/Vol%206%20Issue%201%20February%2011/Vol%206%201%2001%2016%20MANU%20DOGRA.pdf>.
- Dudek, M. (2014). The model for the calculation of the dispersed iron ore resource purchase cost in the world class manufacturing (WCM) logistics pillar context. *Metallurgy*, 53(4), 567-570. Retrieved from: <http://hrcak.srce.hr/file/180669>.
- Dudek, M. (2016). *Generation of the world class manufacturing systems*. CLC'2016: Carpathian Logistics Congress, Zakopane, Poland.
- Durgun, İ., Karataş, H. ve Öztürk, Ü. (2016). *Dünya klasında üretimde düşük maliyetli otomasyon uygulaması*. Uluslararası Katılımlı 16. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, 436-441, İstanbul.
- Erdeniz, M. (2018). *5S ve kaizen uygulamalarının işletme performansına etkileri: mobilya sektöründe bir uygulama* (Yüksel Lisans Tezi). Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Kayseri.
- Erozan, İ. (2017). *Geleneksel ve modern üretim sistemleri*. Kütahya: Monopol Kırtasiye.
- Erozan, İ. ve Müminoğlu, M. (2020). Bir otomobil yan sanayi tedarikçisinde dünya klasında üretim uygulaması. *Endüstri Mühendisliği*, 31(3), 251-266. Doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.741429>.
- Fekete, M. (2013). *World class manufacturing- the concept for performance increasement and knowledge acquisition*. Univerzita Komenského v Bratislave, Slovak republic, 1. Retrieved from: https://www.tvp.zcu.cz/cd/2013/PDF_sbornik/11.pdf.
- Felice De, F., Monfreda, S. & Petrillo, A. (2013). Improving operations performance with world class manufacturing technique: a case in automotive industry. *INTECH*, Doi: 10.5772/54450.
- Floyd, R.C.A. (2008). *Culture of rapid improvement*. Newyork: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Flynn, B. B., Flynn, E. J. & Schroeder, R. G. (1999). World class manufacturing: an investigation of hayes and wheelwright's foundation. *Journal of Operations Management*, 17, 249-269. Doi: 10.1016/S0272-6963(98)00050-3.
- Gajdzik, B. (2013). World class manufacturing in metallurgical enterprise. *Metalurgija -Sisak then Zagreb*, 52(1),131-134. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/294591262_World_class_manufacturing_in_metallurgical_enterprise.
- Guerra, L., Murino, T., Naviglio, G. & Romano, E. (2014). A world class manufacturing implementation model. *Conference: Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering*, 371-376, Napoli-Italy.
- Horváth, H. (2016). *Optimalizácia vybraného pracoviska za pomoci metód WCM vo vybranej*

- spoločnosti* (Master's Thesis). UTB: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Czechia.
- Karasu, B. (2019). *Bir otomotiv firmasında yalın üretim odaklı montaj hattı iyileştirme çalışmaları* (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Kılıç, A. (2016). *Otomotiv yan sanayinde yalın üretim uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Maggi Technology. (1963). İyileştirme önerisi ekipmanları. Erişim Adresi: <http://www.maggi-technology.com/it/home>.
- Malindzak, D. & Malindzakova, M. (2020). Linking the world class manufacturing system approach with a waste management. *TEM Journal* 9, 2, 750-755. Doi: 10.18421/TEM92-43.
- Midor, K. (2012). World class manufacturing – characteristics and implementation in an automotive enterprise. *Scientific Journals*, 32(104), 42-47. Erişim Adresi: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BWM7-0007-0007/c/midor.pdf>.
- Palucha, K. (2012). World class manufacturing model in production management. *Material Science and Engineering*, 58(2), 227-234. Erişim Adresi: http://delibra.bg.polsl.pl/Content/29764/BCPS33556 - World-Class-Manufact_0000.pdf.
- Schenone M. (2018). *Continuous improvement in OLSA SPA. the world class manufacturing between focused improvement and quality control* (Master's Thesis). Politecnico Di Torino, Torino.
- Starçelik. (1976). Alet için Takım Asma Panosu. Erişim adresi: <https://www.starcelik.com/urun/star-celik-952x914-mm-takim-asma-panosu-aletler-ve-kancalar-harictir>.
- Verma, S. K. (2018). World class manufacturing principle(S): A study on low value high volume goods (FMCG). *Global Journal of Management and Business Research: EMarketing*, 18(4), 51–59. Erişim Adresi: <https://journalofbusiness.org/index.php/GJMBR/article/download/2498/2399>.