

PAPER DETAILS

TITLE: SÜREÇ HATALARININ ÖNLENMESİ İLE TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİNİN
ARTIRILMASI: POKA YOKE METODOLOJİSİ

AUTHORS: Hakan ÇELİK

PAGES: 544-565

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1129218>

SÜREÇ HATALARININ ÖNLENMESİ İLE TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI: POKA YOKE METODOLOJİSİ

Hakan ÇELİK¹

ÖZET

Karlılık, sunulan ürün ve hizmetin piyasada oluşan fiyatı ile maliyeti arasındaki pozitif fark olarak tanımlanmaktadır. Günümüz koşullarında, işletmelerin kar oranını artırmasının en önemli yolu, israf kaynaklarını minimize ederek optimum kaynak tüketiminde faaliyetlerini gerçekleştirmesidir. Bu nedenle, israf nedenlerinin elimine edilmesi hayati önem taşımaktadır. İşletmeler açısından en önemli israf kaynaklarından birisi, süreç hatalarıdır. Özellikle ürün dönüşüm sürecinde meydana gelen hatalar, verimlilik ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Poka Yoke metodolojisi, bu hataların oluşumunun önlenmesi amacı ile kullanılan yalın üretim tekniklerindendir. Diğer bir ifade ile Poka Yoke, gereksiz kaynak tüketimine neden olan insan, makine, malzeme ve metot kaynaklı kaçınılabılır hataların önlenmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir.

Bu çalışmanın amacı, süreç iyileştirme çalışmalarında hataların azaltılmasının etkisini ortaya çıkarmaktır. Amaç doğrultusunda, çelik sektöründe faaliyet gösteren bir üretim işletmesinde soğuk çekme hattı incelenmiştir. Üretim sürecinde, üretim hattında meydana gelen hata türleri ve etkileri tespit edilmiştir. Belirlenen hataların etkisinin azaltılabilmesi veya elimine edilebilmesi amacıyla Poka Yoke uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, on bir adet Poka Yoke uygulanmış ve üretim hattının etkinliği 10,83% oranında artırılmıştır. Elde edilen sonuçlar göre, üretim etkinliğinin artırılmasında hata türlerinin azaltılmasının önemli katkısı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hata, POKA YOKE, Ekipman Etkinliği, Çelik Endüstrisi

INCREASING OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS BY PREVENTING PROCESS ERRORS: POKA YOKE METHODOLOGY

ABSTRACT

Profitability defines the positive difference between the price and cost of the product and service offered in the market. In today's conditions, the most important way to increase the company profit rate is to minimize waste resources and perform their activities in optimum resource consumption. For this reason, eliminating waste causes is vital. One of the most important waste sources for businesses is to eliminate their mistakes in the process. Errors occurring during product formation can lead to productivity and quality losses. POKA YOKE is a lean manufacturing technique used to prevent these errors. In other words, POKA YOKE is a method used to prevent avoidable mistakes caused by human, machine, material and method that cause unnecessary resource consumption.

The purpose of this study is to show the effect of reducing errors in process improvement studies. In line with the purpose, the cold drawing line was examined in a production company in the steel industry. During the production process, the error types and their effects on the production line have been determined. POKA YOKE applications have been carried out in order to reduce or eliminate the impact of identified errors. In the study, eleven POKA YOKE was applied and the efficiency of the production line was increased by 10.83%. According to the results obtained, it was concluded that reducing the types of errors has an important role in increasing production efficiency.

Keywords: Mistake, POKA YOKE, OEE, Steel Industry.

¹ Akçelik Demir Çelik San. Tic. A.Ş., Mühendislik ve Üretim Geliştirme Departmanı, hakan.celik@outlook.com.tr, ORCID:0000-0003-4123-67

GİRİŞ

Rekabet, ihtiyaçların karşılanması için gerekli olan kaynakların kısıtlı olmasına rağmen talebin artması sonucu hayatta kalabilme mücadelesini ifade etmektedir. Söz konusu ihtiyaç, işletmenin kendi devamlılığını sağlaması ve faaliyetlerini devam ettirebilmesi ise, mevcut pazar payını koruma ve artırma güdüsü ortaya çıkacaktır. Bunun üzerine, mevcut pazarda daralma, pazarda yeni rekabet unsurlarının oluşması ve pazara ikame sektörlerin oluşması gibi durumlarda kendisini göstermeye başlayınca, işletmeler açısından rekabet edebilme kabiliyeti kritik öneme sahip hale gelmektedir.

Rekabet edebilme kabiliyetinin işletmeler açısından en önemli karşılığı, ürün veya hizmet dönüşüm sürecinde her türlü gereksiz kaynak tüketimlerinin ve olası hataların ortadan kaldırılmasıdır. Dönüşüm sürecinde meydana gelen hata ve fazla kaynak tüketimleri, çıktı maliyetlerini direkt olarak artıracığı için işletmelerin devamlılığı ve rekabet edebilme gücünü olumsuz etkileyecektir.

Yalın üretim felsefesi, işletmelerin karlılık kavramının pozitif olarak iyileştirilmesi ve rekabet edilebilir pazar fiyatlarına ulaşılabilmesine olanak sağlayan, mükemmelliğe doğru sürekli yönelim stratejisidir. Yalın düşüncede, işletmenin ürün veya hizmet dönüşüm sürecinde meydana gelen gereksiz kaynak tüketimleri ve hatalarının elimine edilmesi öncelikli çalışma hedeflerini oluşturmaktadır. Bu yönde başarıya ulaşmak üzere, SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi), TPM (Toplam Üretken Bakım), Sürekli İyileştirme, Poka Yoke, JIT (Tam Zamanında Üretim) gibi temel uygulama araçlarının uygulanması prensip edilmiştir.

Hata kavramı, yalın üretim sürecinin en önemli süreç problemlerinden birisidir. Kasten veya istem dışı meydana gelen hataların, işletme kaynaklarının gereksiz yere tüketimine neden olmasından dolayı direkt olarak elimine edilmesi ve ortadan kaldırılmasına odaklanılır. İlk olarak Japon mühendis Shingeo Shingo tarafından açıklanan Poka Yoke kavramı, yalın üretim sürecinde hatasızlaştırma çalışmalarının en önemli iyileştirme aracı haline gelmiştir.

Poka Yoke, dönüşüm süreçlerinde kaçınılmaz olarak görülen hatalara bakış açısını değiştirerek hataların elimine edilmesini sağlayan sistematik çalışma metodudur. Bir başka ifadeyle Poka Yoke, bir sonraki prosese akış esnasından hatalı üretime izin verilmesini önleyebilecek yapıyı kurarak çalışanlara ve sisteme katkı sağlayan etkin hatasızlaştırma yaklaşımıdır.

Bu çalışmanın amacı, üretim süreçlerinde hataların süreç etkinliğine olan etkisini ortaya çıkarmak ve iyileştirmektir. Bu doğrultuda bir parlak çelik üretim fabrikasının soğuk çekme hattındaki hata kaynaklı israf kaynaklarını analiz edilmiştir. Belirlenen hata kaynaklarının önlenmesi için Poka Yoke uygulamaları gerçekleştirilmiş ve uygulamaların üretim hattına olan katkısı açısından kullanılabilirlik değeri, kalite oranı ve OEE oranı ile değerlendirilmiştir.

Çalışma; literatür taraması, materyal ve metot, uygulama ve sonuç bölümleri olmak üzere dört ana bölüme ayrılmıştır. Literatür taraması kısmında, işletmeler açısından israf ve hataların elimine edilme metodu olan Poka Yoke ile ilgili literatürde ele alınan çalışmalar irdelenerek, çalışmanın önemi ve katkıları açıklanmıştır. Devamında materyal ve metot kısmında, israf ve Poka Yoke yöntemlerinin kavramsal çerçevesi oluşturulmuştur.

Sunulan kavramsal çerçeve doğrultusunda, odaklanılan üretim hattında uygulama çalışması gerçekleştirilmiş ve çalışmanın etkinliği sonuç bölümünde ölçülerek değerlendirilmiştir.

1. LİTERATÜR TARAMASI

İşletmelerin en önemli dönüşüm kaynaklarından birisi insandır. İş gücü kavramının temelini oluşturan insan, diğer dönüşüm kaynaklarının katılımını ve kullanımına da etki etmektedir. Öyledir ki, elde edilen ürün veya hizmetler için gerekli olan kaynakların optimum düzeyde elde edilmesi ya da gereğinden fazla kaynak tüketiminin meydana gelmesine de etki eden en önemli işletme kaynağıdır. Bu nedenle, işletmeler açısından israf olarak nitelendirilen kayıpların önemli ölçüde elimine edilmesi insan kaynaklarının etkin organizasyonu ve hatalarının azaltılması ile sağlanabilmektedir.

Dönüşüm süreci içerisinde, gerek kasti gerekse istem dışı nedenlerle meydana gelen hatalar, gerek ham maddenin gerek üretim makine ve ekipmanlarının gerekse diğer girdi kaynaklarının gereksiz ve boşuna kullanılmasına neden olmaktadır. Bu hataların elimine edilmesi, israfların minimize edilmesi açısından hayati öneme sahiptir. Poka Yoke metodu, ürün ve hizmet dönüşüm sürecinde meydana gelebilecek hata türlerinin elimine edilmesi için kullanılan yalın üretim metodudur.

Yalın dönüşüm sürecinde diğer yalın araçları (SMED, 5S, TPM vb.) kullanarak yapılan çalışmalarda, hata türlerinin başarı oranına ve elde edilen sonuçların sürdürülebilirliğinin sağlanmasında Poka Yoke metodu önemli role sahiptir. Bu nedenle, gerek bağımsız gerekse diğer yalın araçlar ile birlikte israfların azaltılması amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır.

Süreç iyileştirme çalışmaları gayesiyle işletmelerde gerçekleşen birçok çalışmanın yanı sıra, bu amacın gerçekleşebilmesi için gerekli perspektifin oluşturulması ve yol haritasının oluşturulması amacıyla literatürde de çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Genellikle, yalın üretim araçları (SMED, TPM, Kaizen, Kanban, VSM vb.) kullanılarak süreç iyileştirme çalışmaları mevcuttur.

Çalışmanın temelinde, üretim hatalarının elimine edilmesi hedefinin var olması israflar ve Poka Yoke kavramlarını ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle, literatürde son dönemlerde yapılan çalışmalar incelenerek ve çalışmaların amaçları, araçları ve bulguları hakkında bilgi verilmiştir. Poka Yoke kavramından önce, israf kavramıyla ilgili olarak ele alınan çalışmalar incelenmiş ve Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1: İsrar ile İlgili Literatür Özeti

Yazar	Yıl	Amaç ve Yöntem
Mostafa ve Dumrak	2015	Çalışmada, imalat sürdürülebilirliğinin sağlanması için israf eliminasyonunun nasıl sağlanacağı kavramsal olarak açılmıştır. İsrarların eliminasyonu, “israfların dokümantasyonu”, “israf analizi” ve “israfların ortadan kaldırılması” olmak üzere 3 fazda ele alınarak başarıya ulaşılabileceği savunulmuştur. Ayrıca, “israfların ortadan kaldırılması aşamasında”, israf nedenlerinin önceliklendirilmesinde, israf önceliklendirme katsayısının kullanılmasının, çalışmaların etkinliğine katkı sağlayacağı belirtilmiştir.

Tablo 1: Devamı

Turan ve Turan	2015	Sağlık sisteminde gerçekleşen yalın üretim uygulamalarını içeren literatür araştırmaları incelenmiş ve uygulanabilecek çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.
Douglas, Antony ve Douglas	2015	Yüksek eğitim kurumlarındaki israf türlerinin belirlenmesi ve elimine edilmesi ile ilgili yapılan çalışmada, israfların iyileştirilmesi için VSM, 5S ve Heijunka yöntemlerinden faydalanılmıştır.
Dixit ve Dave	2015	İsraf ve israf eliminasyonu kavramı açıklanmıştır. Bu kavramlara bağlı olarak, küçük ölçekli bir işletmede, yerleşim planı, proses, malzeme yönetimi ve kalite süreçlerinin iyileştirilmesi üzerine, yalın üretim yöntemleri belirtilerek tekniklerin önemi vurgulanmıştır
Jaffar vd.	2015	Malezya’da otomobil satıcı konumundaki işletmelerdeki israf türler ve ağırlıkları incelenmiştir. Hatalar, oluşum sıklığına göre PARETO analizi kullanılarak önceliklendirilmiştir. Önceliklendirmeye göre bu tip işletmelerde, bekleme en fazla yaşayan israf kaynağı olarak belirlenmiştir.
Yılmaz, Alıcı ve Karaman	2017	Sağlık kurumlarında israfların giderilmesine yönelik yapılan çalışmalar irdelenmiştir.
Sarı	2018	Katma değer üretmeyen faaliyetlerinin azaltılması amacıyla, 5S, SMED, TPM, Spagetti Diyagramı ve Kaizen uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen kazançlar, finansal olarak ölçülmüştür.
Sevgili ve Antmen	2019	Bir metal işleme fabrikasında, yan iskelet üretim sürecine ait iyileştirme alanlarının tespit edilmesi için, değer akış haritalama metodundan faydalanılmıştır. Süreç ile ilgili iyileştirme yapılaması konular ile ilgili çözüm önerileri sunulmuş ve bu çalışmaların sonucunda 360 dakikalık bir iyileşme elde edileceği öngörülmüştür.
Ertuğrul, Ülker, Ersoy ve Girgin	2019	İsraf türlerinden biri olan malzeme transferinin optimizasyonu çalışmasında, araç tasarımı, depo optimizasyonu ve proses akışında iyileştirmeler sağlanmıştır. Çalışma sonrasında, üretim alanındaki palet sayısı 190 adetten 76’ya azaltılmıştır. Bununla birlikte 140m ² yer tasarrufu ve operatör iş yükünde %12’lik bir iyileştirme elde edilmiştir.
Çanakçıoğlu	2019	Yalın düşüncenin ilkeleri ve israf türleri hakkında kavramsal açıklamalar yapılmıştır. Çalışmanın temel amacı, yalın dönüşüm sürecinde israf türlerinin elimine edilmesine yönelik kullanılabilecek yalın üretim araçlarını belirlemek ve açıklamaktır.

Tablo 1’de özetlenen literatür çalışmaları, yalın dönüşüm sürecinde katma değer üretmeyen faaliyetler (israf) ile ilgili genel çalışmaların değerlendirilmesi ve uygulama çalışmalarından oluşmaktadır. İsraf temelli çalışmalardan Mostafa ve Dumrak (2015), israfların belirlenmesi ve elimine edilmesine yönelik bir yöntem belirlemiştir. Yöntem içerisinde, kayıpların önceliklendirme kuralı olarak, RÖS (Risk Öncelik Sayısı), hatanın kaldırma kolaylığı ve hatanın kaldırma maliyeti unsurlarını içeren israf önceliklendirme puanının kullanılmasını önermiştir. Ancak, çalışmasında unsurların detaylarına ve uygulama örneğine yer verilmemiştir. Bu çalışmada ise, bir üretim hattı ele alınacağı ve belirlenen aksiyonların eş zamanlı olarak uygulanmasında dolayı hata türleri arasında herhangi bir önceliklendirme kuralı tercih edilmemiştir. Özellikle, hata eliminasyonu için öncelik sırasının önemli olduğu çalışmalarda yazarların oluşturduğu yöntemin uygulanması, çalışma etkinliği açısından fayda sağlayacaktır.

İsraf kavramını ele alan uygulama çalışmaları, genel olarak yalın üretim araçlarının birisinin veya birkaçının uygulanmasına bağlı elde edilen iyileştirmelerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi metodolojisi ile uygulanmıştır. Bu çalışmalardan, Douglas, Antony ve Douglas (2015), yüksek eğitim kurumlarında israfların azaltılması amacıyla VSM, 5S ve Heijunka yönteminden; Jaffar vd. (2015), hataların önceliklendirilmesinde PARETO analizinden faydalanmıştır. Ayrıca, Sarı (2018), süreç iyileştirme 5S, SMED, TPM (Toplam Üretken Bakım), Spagetti diyagramı ve Kaizen metodolojisinden; Sevgili ve Antmen (2019), bir metal işleme fabrikasında yan iskelet üretim sürecinin iyileştirilmesinde VSM (Değer Akış Haritalama) tekniğinden; Ertuğrul ve diğerleri (2019), malzeme optimizasyonu için tasarım, depo yeniden dizaynı ve proses akışında iyileştirmelerinden yararlanılmıştır. Çalışma ile elde edilen iyileştirmelerin etkinliği, fabrika alanında tasarruf, ekipman azalma miktarı, iş gücü gereksiniminde azalma, finansal ve zamansal ölçütlere bağlı performans göstergeleri ölçülmüştür. Bu çalışmanın bütünlüğünün bozulmaması açısından, yalın üretim tekniklerinden Poka Yoke yöntemi dışındaki diğer yöntemler ilgili yapılan uygulama çalışmaları incelenmiş; bu çalışmanın, temel çalışma sisteminin aynı olmasından dolayı literatür kısmında yer verilmemiştir.

Literatür çalışmaları içerisinde, yöntem olarak Poka Yoke prensibinin kullanıldığı çalışmalar ise Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2: POKA YOKE ile İlgili Literatür Özeti

Yazar	Yıl	Amaç ve Elde Edilen Sonuçlar
Pehlivanloğlu	2006	Çalışmada, toplam kalite yönetiminde kurumsal iletişim ve ortaya çıkan problemlerin çözümünün sağlanmasında Poka Yoke uygulamaları ele alınmıştır. Eğitimlerde sunum donatılarından faydalanılması, sunum özelliklerine dikkat edilmesi, sunum öncesi hazırlıkların tekrar edilmesini Poka Yoke uygulaması olarak açıklamıştır.
Sadri, Taheri, Azarsa ve Ghavam	2011	Yapı sektöründe iş güvenliği hatalarının önlenmesine yönelik Poka Yoke uygulaması ele alınmıştır. Çalışmada ayrıca, uygulamanın iş verimliliği ele alınmış ve uygulamanın iş gücü verimliliğine %37,5 katkı sağladığı hesaplanmıştır.
Patil, Parit ve Burali	2013	Poka Yoke prensibinin temelleri, çeşitleri ve uygulama metodolojisi hakkında bilgi verilmiş ve yaygın olarak uygulanan Poka Yoke’ler örneklenmiştir.
Zerenler ve Karaboğa	2014	Poka Yoke metodolojisi temeli ve yöntemin müşteri memnuniyetine olan katkılarını açıklanmıştır. Çalışmada, fren balata montajı yönlendirme ve kontrol projesi ile vision kamera ile su şişeleri üzerindeki son kullanma tarihi kontrolü yapan Poka Yoke uygulamalarına yer verilmiştir. Zerenler ve Karaboğa, ürün kalitesini sağlanması konusunda Poka Yoke uygulamalarının gerekliliğini savunmuş ve açıklamıştır.
Bay ve Çiçek	2015	Poka Yoke yönteminin temel prensipleri, amaçları ve metotları hakkında bilgi verilmiş ve Kaizen uygulamalarında Poka Yoke’nin önemi açıklanmıştır.
Tak ve Wagh	2015	Zımbalama makinasında, ürün kalitesinin artırılması amacıyla Poka Yoke uygulaması gerçekleştirilmiş ve uygulamanın etkinliği PPM üzerinden değerlendirilmiştir. Uygulama sonucunda, üretim verimliliği artırılmış, PPM değeri 0’a ulaşmış, yeniden işlem zamanları elimine edilmiş ve hata şansı ortadan kaldırılmıştır.

Tablo 2: Devamı

Shrigadi, Pol ve Joshi	2015	Uygulama çalışmasında, tandem ana silindirinde makine hataları nedeniyle araçta oluşan arıza şikâyetinin çözümlenmesi amacıyla, 8D metodolojisi ile kök neden analizi gerçekleştirilmiştir. Hatanın önlenmesi amacıyla lazer sensör Poka Yoke'si uygulanmıştır. Bu uygulama ile söz konusu probleme yönelik sıfır hata seviyesine ulaşılmış ve müşteri memnuniyeti artırılmıştır.
Pekin ve Çil	2015	Çalışmada, kauçuk sektöründe yer alan malzeme karıştırma prosesinde uygulanan Poka Yoke uygulaması gerçekleştirilerek, Poka Yoke'nin insan kaynaklı hatalarının azaltılması ve kaliteye olan etkisi açıklanmıştır.
Biswas ve Chakraborty	2016	Küçük ve Orta ölçekli işletmelerin gelişimi açısından Poka Yoke'nin önemi açıklanmıştır. Çalışmada, “hatanın tespit edilmesi”, “hatanın nedenlerinin bulunması”, “hatasızlaştırma araçlarının tasarımı ya da kullanımı”, “ürün kontrol araçları” ve “sürdürülebilirlik ve sürekli iyileştirme” aşamalarından oluşan Poka Yoke modeli önerilmiştir.
Kumar, Diledi ve Verma	2016	Poka Yoke tekniği ve dizaynı hakkında bilgi verilen çalışmada, yöntemin uygulama metodolojisi ve sıklıkla kullanılan hatasızlaştırma araçları örneklenmiştir.
Tekin ve Arslandere	2017	Bisküvi üretim tesisinin paketleme bölgesinde, boş paketin ayrılmasının tespit edilmesi ve ayrılmasına yönelik Poka Yoke uygulaması gerçekleştirilerek, kalite hatalarının önlenmesine yönelik teknik ve yöntemlerin önemine değinilmiştir.
Hernadewita vd.	2019	Bir otomobil yedek parça üreticisinde gerçekleştirilen çalışmada, ölçü hatalarının azaltılması için Poka Yoke uygulanmıştır. Çalışma sonucunda çevrim süresi 83,03sn'den 7,26 sn'ye düşürülmüştür.

Tablo 2’de incelenen çalışmalara göre, Poka Yoke metodolojisi eğitim, inşaat, imalat, kauçuk, otomotiv, gıda gibi birçok sektörde uygulamada yer almıştır. Yöntemin kavramsal çerçevesinin açıklanması amacıyla Patil, Parit ve Burali (2013); Bay ve Çiçek (2015), Biswas ve Chakraborty (2016) ve Kumar, Dwivedi ve Verma (2016) Poka Yoke metodolojisi ele alarak, uygulama sistematığı, uygulama yöntemleri ve faydaları hakkında bilgiler verilmiştir. Bu çalışmalar içerisinde Biswas ve Chakraborty (2016) genel kavramsal çerçeveye ilave olarak, hata kaynaklarının önceliklendirilmesi kavramına değinmiştir. Hataları, RÖS, hatayı kaldırma maliyeti ve hatayı kaldırma kolaylığı gibi temel etkinlik esaslarına bağlı hata önceliklendirme puanına göre sıralanmasını önermiştir.

Poka Yoke metodolojisi kullanılarak gerçekleştirilen uygulama çalışmalarında ise, seçilen sektör ya da süreçlerde temel birkaç uygulama ile Poka Yoke'nin katkısı açıklanmıştır. Sadri ve diğerleri (2011), iş güvenliği hatalarının azaltılması; Zerenler ve Karaboğa (2014) prosesler üzerinde kalite problemlerinin azaltılarak müşteri memnuniyetinin artırılması; Tag ve Wagh (2015), zımba makinasından PPM değerinin azaltılması; Tekin ve Arslandere (2017), gıda sektöründe boş paketin ayrılacak kalite hatalarının önlenmesi çalışmalarında Poka Yoke yöntemini kullanmıştır. Hernadewita (2019) ise, otomotiv yan sanayi işletmesinde hata önleyici sistem kurmuş ve çevrim süresinde iyileşme elde etmiştir. Çalışmalarda sağlanan katkılar ise, PPM, iş gücü verimliliği, hatanın oluşma olasılığı, çevrim süresinin azaltılması gibi temel performans göstergeleri ile belirlenmiştir.

Literatür çalışmaları genel olarak değerlendirildiğinde, Poka Yoke metodolojisinin ele alınan süreç veya üretim makine veya ekipmanda meydana gelebilecek hata türlerinin bütünsel olarak incelenmediği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmalar, ele alınan uygulama alanlarından kısıtlı veya bağımsız Poka Yoke uygulamaları ile yöntemin gerekliliği savunulmuştur. Oysaki bir yöntem veya aracın gerekliliğinin ortaya çıkartılabilmesi için, odaklanılan sürecin tamamı üzerinde etkisi veya katkısı incelenmeli ve doğru performans göstergesiyle çalışma öncesi/sonrası durum net olarak sunulmalıdır. Bu gerekliliklerden dolayı, bu çalışmada belirlenen bir üretim hattında ürün dönüşüm süreci içerisinde meydana gelebilecek hata türleri tespit edilerek; hataların ortadan kaldırılması amacıyla Poka Yoke metodolojisinden faydalanılmıştır. Poka Yoke uygulamalarının sürece olan katkısının ortaya konması amacıyla, çalışmanın başlangıcında ve sonunda toplam ekipman etkinliği (OEE)'nin kullanılabilirlik ve kalite parametreleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte, çalışmanın hem hattın kullanılabilir zamanına katkısı hem de ürün kalitesine olan katkısı ölçülmüş olacaktır.

Açıklamalara göre, bu çalışmanın diğer literatür çalışmalarına oranla farklılıkları ve katkıları aşağıdaki gibidir:

- Poka Yoke, bir üretim hattının geneli üzerindeki hata türlerinin belirlenmesi ve iyileştirilmesi amacıyla uygulanmıştır. Benzer çalışmalarda, var olan özel bir kalite hatasının veya üretim eksikliğinin ortadan kaldırılması amacıyla uygulanmıştır. Çalışmada ise, ayar adımı, beklenmedik duruşlar ve kalite problemleri olmak üzere tüm hata türleri birlikte ele alınmıştır. Bir yönüyle, bu çalışmada Poka Yoke bir kaizen uygulaması olarak değil, bir iyileştirme metodolojisi olarak ele alınarak uygulanmıştır.
- Üretim hattının incelenmesinden dolayı, diğer çalışmalarda ele alınan performans göstergelerinin dışında OEE ve alt unsurları ile değerlendirmiştir.
- Çalışma, literatürde Poka Yoke'nin uygulama metodolojisini detaylı biçimde açıklayan uygulama rehberi olarak değerlendirilebilir.

2. MATARYEL VE METOT

Üretilen ürün veya hizmetlere ait toplam pazar hacmi ve işletmelere düşen pazar payı giderek düşmektedir. Bu durum, işletmelerin gerek sektör içi gerekse ikame sektörlerde bulunan işletmeler ile şiddetli rekabeti beraberinde getirmektedir. Günümüz rekabet ortamında, üretim işletmelerinin genel konusu ürün ve süreç kayıplarının minimize edilmesidir. Diğer bir ifade ile herhangi bir organizasyonun bu konuda başarısı, özellikle doğru üretilen ürünün optimum kaynak tüketimi ile müşteriye sunulmasından geçmektedir.

Ürünün meydana gelme süreci, baştan sona ele alınarak detaylı olarak incelendiğinde süreç adımları içerisinde “katma değer üretmeyen” adımlar veya işlemler, israf olarak nitelendirilmektedir. İsraf kaynakları, işletmelerin kaynak tüketim noktaları olarak da nitelendirilmektedir. İşletmelerin gereksiz tüketim noktalarının tespit edilmesi ve ortadan kaldırılması amacıyla, genellikle yalın üretim felsefesi benimsenmekte ve yalın üretim araçları uygulanmaktadır.

İşletmelerin faaliyet alanı ve yapısı dikkate alındığında, kaynak tüketiminde mükemmelleşme yolculuğunda kullanılacak uygulama araçları farklılık gösterebilmektedir. Bir işletmede ayar sürelerinin azaltılması hedeflendiğinde SMED metodolojisi ön plana çıkarken, başka bir işletmede ürün kalitesinin artırılması veya hataların azaltılması temel hedef alındığında Poka Yoke uygulaması ön plana çıkabilmektedir. Çalışmalarda hangi aracın kullanılacağına belirlenmesinin temel yolu, israf kaynaklarının (MUDA) belirlenerek, hedef israfların elimine edilmesi için uygun yalın aracın seçilmesidir.

Çalışmada, üretim prosesinde hatalı ürün veya proses adımı kaynaklı belirlenmesi ve iyileştirilmesi hedeflendiğinden dolayı israf türleri ve hatasızlaştırma kavramları bu kısımda ele alınacaktır. Bu kısım içerisinde, temel israf türleri (MUDA) ve hatasızlaştırma aracı olarak Poka Yoke'nin kavramsal çerçevesi açıklanacaktır. Ayrıca, Poka Yoke uygulamaları sonucu elde edilen sonuçların etkinliğinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılacak olan OEE performans göstergesinin kavramsal yönü hakkında bilgi verilecektir.

2.1. İsraf Kavramı

İsraf, temel gereksinim öğelerinin belirlenen miktarlarının veya limitlerin üzerinde kullanılmasına bağlı olarak oluşan gereksiz harcamalardır. Temel gereksinim ögesi bir besin maddesi olarak düşünüldüğünde, insanın gereksinimlerinin üzerinde tedarik etmesi ve kendi tüketim limitlerini ziyan etmesi israf olarak nitelendirileceği gibi, işletmeler açısından ürün ve hizmetlerin elde edilmesi için tüketilen insan, malzeme, makine ve enerji gibi girdi kaynaklarının limitlerinin dışında tüketilmesi de israf olarak nitelendirilmektedir.

Bolluk içerisinde israflar çok fazla göze batmaması bir olumsuz durum söz konusu olsa da, artan rekabet ortamı israfların işletmelerin faaliyetlerinin devamlılığı sağlama konusunda önemli tehdit unsuru haline gelmiştir. Özellikle daralan sektörler ve ikame ürün gruplarının sayısının artması, işletmelerin kazanç miktarlarının ve sektörel paylarını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu durum ise, faaliyet döngüsünün devamlılığının sağlanması için işletme kaynaklarının belirlenen standart limitlerinin aşmadan süreç adımlarının gerçekleşmesini zorunlu kılmaktadır.

İşletmeler açısından israf kavramının önemi ve eliminasyonu kavramları, yalın düşüncenin temelini oluşturmaktadır. Yalın düşüncede “değer” kavramının oluşturulması katma değer üretmeyen süreç adımlarının eliminasyonu ile mümkün hale gelebilmektedir. Yalın düşüncenin temelinde olan tüm uygulama araçlarının temel gayesi katma değer üretmeyen; bir başka ifadeyle işletme kaynaklarını gereğinden fazla tüketiminden kaynaklı israfların ortadan kaldırılmasını hedeflemektedir (Yılmaz, Alıcı ve Karaman, 2017).

Ürün veya hizmetlerin dönüşüm süreci ele alındığında israf türleri genel olarak hata israfları, fazla üretim, gereksiz malzeme transferi, gereksiz insan hareketi, bekleme, fazla stok ve gereğinden fazla işlem olmak üzere yediye ayrılmaktadır. Bu temel ayrıma, sekizinci tür olarak insan potansiyeli kaybı da ilave edilmiştir (Yılmaz, Alıcı ve Karaman, 2017). İsraf türleri genel olarak aşağıdaki gibi açıklanabilir (Çanakçıoğlu, 2019):

- Hata İsrafları: Faaliyet adımları içerisinde gerçekleşen işlemlerin sonucunda yanlış yapılan veya yanlışlığın tespit edilmesi için tüketilen fazla kaynakları ifade etmektedir.
- Fazla Üretim: Müşteri talebi veya ihtiyacının üzerinde gereğinden fazla üretim ya da ihtiyaçtan önce gerçekleşen üretimdir.

- Gereksiz Malzeme Transferi: Süreç adımları arasında, gereksiz ve fazladan malzemenin transfer edilmesidir. Bir malzemenin düzenli olarak belirlenen bölge veya alanlarda bulunmaması, kusurlu malzemelerin depolanması, yarı mamul ve mamullerin bir bölgeden başka bir bölgeye transferi örnek olarak verilebilir.
- Gereksiz İnsan Hareketi: Bir işlem adımının gerçekleşmesi için, gereken insan efor miktarının fazla olmasıdır.
- Bekleme: Ara stok miktarlarının artması ve bir sonraki proses adımının önünde yığılmaların artmasıdır. Arıza, ham madde bekleme, ekipman arama, ayar ve hazırlık faaliyetleri de bekleme israfı içerisinde değerlendirilmektedir.
- Fazla Stok: Gereksinimin üzerinden veya henüz gereksinimi oluşmamış ürünlerin üretiminden kaynaklı depolama, muhafaza, takip, koruma ile oluşabilecek bozulma ve fireleri ifade etmektedir.
- Gereğinden Fazla İşlem: Müşteri spesifikasyonlarının elde edilmesi veya aşırı kalitenin sağlanması amacıyla yapılan gereğinden fazla kaynak tüketimidir.
- İnsan Potansiyeli: Çalışan personellerin yetenek ve kabiliyetlerinin dışında çalıştırılması ve iyileştirme çalışmalarına dahil edilmemesidir.

İşletmelerde ürün veya hizmet dönüşüm süreçlerinde açıklanan sekiz tür israf kaynaklarından hangi tiplerinin var olduğu, süreçlerin yapısı, özellikleri, teknoloji veya dönüşüm araçlarının niteliği gibi etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı, her bir işletmenin her bir dönüşüm sürecinin bir diğerinden farklı israfların elimine edilmesi için gerekli çalışma aksiyonları olacaktır. Bu aksiyonların belirlenmesi ve elimine edilmesi ise, temel israf belirleme araçları veya metodolojileri ile gerçekleştirilmektedir. Genel olarak bu tip çalışmalar, israfların belirlenmesi, israfların analiz edilmesi ve israfların elimine edilmesi olmak üzere üç fazdan meydana gelmektedir (Mostafa ve Dumrak, 2015).

Birinci fazda, nihai çıktının elde edilebilmesi için işletme içi faaliyetler adımlarının akışı çıkartılır. Başka bir ifadeyle, değer oluşum sürecine akış değer akış haritası (VSM) oluşturulur. İdeal akış ile mevcut süreç işleyişi mukayese edilerek, ideal duruma göre farklılıklar veya fazlalıklar tespit edilir. Bu fazlalıklar, katma değer üretmeyen israf kaynakları ifade etmektedir. Tespit edilen israf kaynaklarının kök nedenleri ikinci fazda ele alınır. Bu aşamada, gereğinden fazla işleme neden olabilecek unsurlar, iş gücü, makine, malzeme, metot ve ölçüm başlıkları altında değerlendirilerek kök neden belirlenir.

Son fazda ise, israf türlerine neden olan kök nedenlerin ortadan kaldırılmasına yönelik önleyici ve elimine edici aksiyon çalışmaları yürütülmektedir. Aksiyon çalışmalarının işletme açısından etkinliğini artırmanın en önemli iki aşaması, önceliklendirme ve çalışma metodunun belirlenmesidir. Bu nedenle, son faz iki aşamalı olarak uygulanmaktadır. İlk aşamada, kök nedenlerin ortadan kaldırılması için gerekli olan maliyet, ortadan kaldırma kolaylığı, ortadan kaldırma etkisi, olasılığı ve tespit edilebilirliği gibi kriterlere bağlı olarak israf türlerine bağlı kök nedenlerin çalışma önceliği belirlenir. Devamında ikinci aşamada ise, kök nedenlerin çözümü için çalışma metotları (SMED, TPM, 5S, POKA YOKE, Kanban, vb.) belirlenerek, önceliklendirme sırasına göre israf türlerine bağlı kök nedenler elimine edilir.

2.2. Poka Yoke (Hatasızlaştırma)

Ürün veya hizmet, müşteri gereksinimlerini tam olarak karşılamak üzere sunulan işletmelerin süreçlerine ait çıktıları ifade etmektedir.

İşletmeler, bir taraftan müşterilerin talep ve isteklerini eksiksiz ve tam olarak karşılaması gerekirken diğer taraftan bu çıktıları oluşturmak üzere tükettiği kaynaklarını en ideal düzeyde tüketmesi gerekmektedir. Bu gereklilikler, süreç içerisinde temel düzeyde iki tür hatanın ortadan kaldırılması için zorunlu kılmaktadır: Hatalı ürün ve kaynakların israf edilmesi.

Hatalı ürün, bir ürünün elde edilmesi için gerekli olan asgari süreç adımlarının işlenmesi sonucu elde edilen ürünlerin müşteri açısından kabul edilebilir niteliğe sahip olmamasıdır. Müşteri tarafından kabul görmeme, kaynakların veya girdilerin çöpe gitmesine ya da ilave kaynak tüketimi anlamına gelmektedir. Bu nedenle, işletmelerin ürün dönüşüm sürecini tek döngü ile başarılı olarak tamamlaması gerekmektedir. Diğer taraftan, dönüşüm sürecinde bekleme, aşırı üretim, yeniden işlem gibi, taşıma gibi katma değer faaliyetlerden arındırılması gerekir.

Kaynakların israf edilmesi kavramı, standartlaşmış operasyon sürecinde belirlenen katma değer faaliyetler dışında işlemlerin veya işlem adımlarının gerçekleşmesini ifade etmektedir. Söz konusu israf, proses adımları arası taşıma ve süreç adımı bekleme şeklinde var olabileceği gibi, prosesin arıza veya ayar nedeniyle etkinliğini kaybetmesi, yeniden işlem çalışmalarının gerçekleşmesi, gereğinden fazla üretim ve stok devir hızının düşük olması şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Hata kategorisi her ne olursa olsun, operasyonel mükemmelliğin elde edilmesi ve rekabet avantajını elde edilmesi için hatalar sakınacak ve ortadan kaldıracak faaliyet iyileştirmelerinin gerçekleştirilmelidir. Hatasızlaştırma olarak da tanımlanabilecek iyileştirme prensibi Poka Yoke olarak tanımlanmaktadır.

Poka Yoke, üretim prosesi boyunca oluşabilecek hatalardan korunmayı ve gerçekleşemez hale getirmeyi temel alan Japon iyileştirme stratejisidir (Sadri ve diğerleri, 2011). Poka Yoke, uygun olmayan veya hatalı ürün üretiminin kaçınılmaz olduğu üretim proseslerindeki hatanın özel sebeplerini belirlemeye ve ortadan kaldırmaya odaklanan koruyucu aksiyonlar bütünüdür (Bay ve Çiçek, 2007; Kumar, Dwivedi ve Verma, 2016).

Poka Yoke kavramı, Toyota ve diğer Japon işletmelerinde çalışmalarda bulunan Japon endüstri mühendisi Shingeo Shingo tarafından 1963 yılında ilk olarak açıklanmıştır. Bu kavram ilk olarak, “aptal hatasını geçirmezlik” anlamına gelen “baka-yoke” olarak tanımlanmış, ancak çalışan personel için onur kırıcı bir kavram olmasından dolayı “Poka Yoke” olarak değiştirilmiştir (Patil, Parit ve Burali, 2013; Kurhade, 2015). Poka Yoke, Japonca iki kelime olan Poka (kasıtsız oluşabilecek hata) ve Yoke (kaçınmak veya korunmak) kelimelerinin bir araya getirilmesinden türetilmiştir (Biswas ve Chakraborty, 2016).

Üretim prosesleri genel anlamda, çalışma, denetleme, taşıma ve gecikme aşamaları olmak üzere dört fazdan meydana gelmektedir. Proseslerde kurulacak olan Poka Yoke sistemleri, çalışma ve denetim aşamalarında meydana gelebilecek aksamaları elimine etmek üzere kullanılır. Bu sistemler, prosesin genel hatalarının azaltmak üzerine olabileceği gibi, ağırlıklı olarak unutkanlık, alışkanlıktan kaynaklı, teşhis, tecrübesizlik, yavaş davranış ve kararsızlık, standartlaştırma eksikliği ve kasti hatalar gibi insan kaynaklı hataların önüne geçmek üzere kurulmaktadır (Pehlivanloğlu, 2006; Tekin ve Arslandere, 2017). Genel anlamda hata önleme sistemlerinin uygulanmasını uygun olduğu durumlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Pekin ve Çil, 2015):

- Manuel operasyonlar: İnsana dayalı süreç adımları ve faaliyetlerde, insan kaynaklı oluşabilecek hata türlerinin elimine edilmesi,

- Çalışma pozisyonunun kötü olduğu durumlarda: Çalışan personelin ergonomik çalışma koşullarının kötü olmasının çıktı kalitesini etkileyebileceği durumlarda,
- IPK uygulama zorluğunun var olduğu süreçlerde: Süreç yapısı gereği, hatanın tespit edilebilirliği için istatistiksel proses kontrol çalışmalarının yetersiz kaldığı veya anlamlı sonuçlar üretilemediği çalışmalarda,
- Üretim ve işçilik maliyetlerinin yüksek olduğu çalışma ortamları: Ürün dönüşüm sürecinde, üretim envanteri veya proses girdilerinin tüketim düzeylerinin yüksek olduğu durumlarda,
- Karışık model üretimi: Çıktıların uygunluğunun manuel yöntemlerle yapılması durumunda hatanın tespit edilebilmesinin zor veya kontrolden kaçma olasılığının yüksek olduğu operasyonlarda.

Poka Yoke uygulamaları, süreç içerisinde hata kaynaklı israfların ortadan kaldırılmasına olanak tanıdığı için, temelinde iyi bir kaizen çalışmasıdır. Bu çalışmaları, Poka Yoke'nin temel uygulama prensiplerine uygun olarak tatbik edilmesi elde edilen sonuçların etkinliğinin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Odaklanılan süreç veya proses adımı, hatasızlaştırma çalışmalarında beş temel prensibin baz alınmasını gerekmektedir (Pehlivanloğlu,2006):

- Kalite uygulamaları, süreç sonundan süreç içine transfer edilmelidir. Bu sayede, herhangi bir hata türü meydana gelmeden veya geldiği anda düzeltilmesine ya da bir sonraki sürece %100 hatasız ürünün kontrol edilerek gönderilmesine olanak sağlanacaktır.
- Hataları kaçınılmaz veya önlenemez olduğu düşüncesinden uzaklaşılmalıdır. Hatanın önlenmesi için, bazen bir otomasyon sistemi bazen de SOP (standart operasyon prosedürü) değişikliği ön görülmelidir. Var olan çalışma düzeninin ve yönteminin dışına çıkarak yenilikçi düşünce sahip olunması gerekmektedir.
- Yanlış olanı bırakmak için mükemmeli aramaktan vazgeçilmelidir. Çoğu uygulayıcı, sistemi için gerekli olan yapının mükemmelliğini belirlemekle uğraşmakta veya başarısızlık olasılıkları üzerinde fazlasıyla durmaktadır. Bu durum, hatanın diğer günlere yansımaları ve ortadan kaldırılma süresini artırmaktadır. Çoğu zaman %60 başarı ihtimalinin bile uygulayıcıları başarıya ulaştırabileceği unutulmamalı ve doğru aksiyon sonrası uygulama yarına bırakılmamalıdır.
- Hatanın kök nedeni aranmalıdır. Hata için sunulan mazeretlerden uzaklaşarak, ana nedenin ortadan kaldırılmasına odaklanılmalıdır. Bunun için, 5 neden analizi, balık kılçığı diyagramı gibi temel problem çözme tekniklerinden faydalanılmalıdır.
- Problemlerin çözümünde ekip ruhu oluşturulmalıdır. Bir veya birkaç kişinin katılımı, ana süreç üyelerinin katılmaması gibi durumlar başarısızlığa neden olmaktadır. "On beyin bir beyinden iyidir." felsefesi ile ana süreç üyelerinin etkin katılımı ile hatasızlaştırma süreci yürütülmelidir.

Otomasyon kullanımı, Poka Yoke uygulamalarında kullanılan hatasızlaştırma yapılarından sadece birisidir. Çoğu zaman uygulamalarda, Poka Yoke kavramını otomasyon ile eşleştirme durumu, hatanın ortadan kaldırılması için geliştirilecek çözüm yöntemlerinin kısıtlı kalmasına neden olmaktadır. Problemin ortadan kaldırılması amacıyla, şekil ve renklendirme, yazılım uyarı ve hatırlatmaları, diyalog kutuları ve yazılım kontrolleri, switch ve otomatik kesiciler, kontrol listeleri, seri başı üretim onayları, uyarı cihazları (ses, bariyer ve ışık vb.), rehber pimi gibi farklı hatasızlaştırma yöntemleri tercih edilmelidir (Kurahde, 2015; Kumar, Dwivedi ve Verma, 2016).

Hatasızlaştırmaya yönelik hangi yöntemin tercih edileceği, problem karşısında sürecin nasıl işleyeceğine karar verilmesidir. Diğer bir ifade ile kurulan Poka Yoke süreç üzerindeki fonksiyonunun ne olacağı belirlenmeli ve buna bağlı olarak hatasızlaştırma yöntemi seçilmelidir. Genel olarak Poka Yoke araçlarının sistemsel fonksiyonu durdurma, kontrol ve uyarı olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Patil, Parit ve Burali, 2013; Biswas ve Chakraborty, 2016; Tekin ve Arslandere, 2017).

Durdurma (Önleme) fonksiyonu, herhangi anormal bir durum oluştuğunda süreç adımı otomatik olarak durdurulur. Böylece seri üretimde ardışık hata zincirinin oluşması önlenmiş olacaktır. Bu fonksiyonun bilenen en önemli dezavantajı, üretim hattının durmasına bağlı olarak süreç kayıplarının oluşmasıdır. Kontrol fonksiyonu, durdurma fonksiyonunda olduğu gibi bir sonraki süreç adımına %100 hatasız ürünün aktarılmasını sağlayan Poka Yoke türüdür. Kontrol fonksiyonunda, hata oluştuğu zaman üretim hattının durmasını gerektirecek bir durum söz konusu değildir. Hata meydana geldiği zaman, sistem hatalı olan ürünü, sağlam ürünlerden boyama, farklı bir biriktirme alanına aktarma gibi yöntemlerle ayrıştırılmasını sağlamaktadır. Uyarı fonksiyonu ise, hata frekansının düşük olduğu hata türlerinin tespit edilerek ışıklı ve sesli düzeneklerle haber verilmesi prensibine dayanmaktadır (Zerenler ve Karaboğa, 2014; Kumar, Dwivedi ve Verma, 2016).

Bir üretim hattının veya prosesin ele alınarak, güvenilir bir Poka Yoke düzeneğinin kurulması, problemin belirlenmesi, çalışma alanının gözlemlenmesi, ideal fikir için beyin fırtınası, en ideal fikrin seçilmesi, uygulama planı, uygulama, izleme ve çalışmanın tamamlanması olmak üzere yedi aşamadan oluşmaktadır (Patil, Parit ve Burali, 2013). Problemin belirlenmesi, üretim hattı veya süreçte meydana gelen hata türlerinin ortaya çıkartılması ve bu hata türlerinden en önemli olan hata türünün seçilmesidir. Seçilen hata türünün detaylandırılması için, Poka Yoke çalışmasına katılan takım üyeleri ile GEMBA (sahada) inceleme yapılır ve hataya yönelik veriler elde edilir. Elde edilen veriler ve takım üyelerinin görüş ve düşünceleri alınarak, muhtemel çözüm yöntemleri belirlenir ve içerisinden katılımcıların oylamasına bağlı olarak en ideal çözüm yöntemi seçilir. Belirlenen çözüm yönteminin uygulanması için gerekli iş planı ve sorumluları belirlendikten sonra, uygulama gerçekleştirilir. Uygulama sonuçları, gözlemlenerek odaklanılan hata türünün tespit edilebilirliği ve elimine edilebilirliği değerlendirildikten sonra çalışma tamamlanarak standartlaştırılır ve mümkünse yaygınlaştırılır.

2.3. OEE (Toplam Ekipman Etkinliği)

Ürün ve hizmetler, işletmeler açısından kabul edilebilir karlılık düzeyini sağlaması beklenirken, müşteriler açısından da gereksinimleri asgari düzeyde karşılayabilme yeterliliğine sahip olması gerekmektedir. Elde edilen çıktıların işletmeler açısından karlılık düzeyinin artırılması, işletme kaynaklarının optimum kullanılması ve müşteri taleplerini karşılayabilme oranının yüksek olmasına bağlıdır.

İşletmeler, bir yandan optimum kaynak kullanımı ve kabul edilebilir çıktıların oluşumunu sağlarken diğer yandan da faaliyet süreçlerinin performansını izleyerek, ilgili aksaklıkların giderilmesi için aksiyonlar belirleyerek süreçlerini izlemesi gerekmektedir. Performans göstergeleri, süreçlere ait çıktıların, işletme açısından önemli kriterlerinin ölçülmesi ve izlenmesini sağlayan yönetim araçlarındandır.

Faaliyetler maliyetleri içerisinde, en önemli kaynak tüketimi ürün dönüşüm teknolojisi ve araçları (üretim hatları, makine ve ekipmanlar gibi) ile dönüşüm için gerekli olan ham maddelerdir. Dolayısıyla, işletmeler dönüşüm sürecinde makine ve ekipmanlar ile ham maddelerin, optimum düzeyde kullanımı ile ilgili çıktının elde edilmesi ile ilgilenmektedir. Bu durum, söz konusu konuların takibini gerektirmektedir. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE), ilgili makine veya ekipmanın ürün dönüşüm sürecinde ham maddenin ürüne dönüşüm sürecinin verimlilik düzeyini gösteren en önemli performans göstergelerinden birisidir.

OEE, makine verimliliğini kullanılabilirlik, performans ve kalite olmak üzere üç parametreye bağlı olarak hesaplamaktadır. Kullanılabilirlik, üretim faaliyetinin gerçekleşmesi için planlanan sürenin içerisinde gerçekte ne kadar süre üretim faaliyetinin gerçekleştiğini gösteren değerdir. Kullanılabilirlik değerinin düşmesi, planlı süre içerisinde duruşa neden olan israf kaynaklarının payının yüksek olduğu şeklinde değerlendirilmektedir. Bu oran, denklem 1 ile hesaplanarak, OEE hesaplamasına dahil edilmektedir (Sohal, Olhager, Neill ve Parajogo, 2010; Gupta ve Garg, 2012).

$$\text{Kullanılabilirlik} = (\text{Çalışma Zamanı})/(\text{Planlı Üretim Zamanı}) \quad (1)$$

Performans, ürün dönüşümünün gerçekleştiği gerçek çalışma zamanı içerisinde üretilebilecek ürün miktarını gerçekleştirme oranıdır. Diğer bir ifadeyle, çalışma zamanı içerisinde üretilen ürün miktarının üretilebilecek ürün miktarına oranıdır.

$$\text{Performans} = (\text{Gerçek. Ürt. Mik.}/(\text{Yapılabilir Ürt. Mik.})) \quad (2)$$

Kalite ise, ham madde, makine, enerji gibi dönüşüm unsurlarının tüketilerek ürüne dönüşen çıktılar içerisinde, müşterinin gereksinimlerini uygun ürün oranıdır. Kalite oranının düşük olması, dönüşüm faaliyeti sürecinde harcanan kaynakların israf olmasını ya da ilave kaynak tüketimi gerektirmesini ifade etmektedir. Kalite oranı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{Kalite} = (\text{İyi Parça Miktarı})/(\text{Toplam Parça Miktarı}) \quad (3)$$

OEE ise, açıklanan üç parametreye bağlı olarak hesaplanan katsayıdır. Bu katsayının, yüzde oranının artış göstermesi toplam dönüşüm verimliliğinin artırılması anlamına gelmektedir.

$$\text{OEE} = \text{Kullanılabilirlik} * \text{Performans} * \text{Kalite} \quad (4)$$

İsraf kaynaklarının azaltılması, ekipman toplam verimliliğinde artış olarak kendisini gösterecektir. Bu nedenle, yapılan iyileştirme çalışmalarının söz konusu üretim prosesine veya sürecine olan etkisinin ölçülmesinde, OEE sıklıkla kullanılmaktadır.

3. BİR ÜRETİM HATTINDA POKA YOKE UYGULAMALARI

Üretim sürecinde hataların azaltılmasına bağlı olarak üretim verimliliğinin ve ürün kalitesinin artırılabilmesi amacıyla, bir parlak çelik fabrikasının soğuk çekme hattı incelenmiştir.

Soğuk çekme hattı, kangal (fırmaşın) ham maddenin 2,5 m ile 7 m arasında boy değerine sahip olan parlak çelik çubuk elde edilmesini sağlayan ve temelinde soğuk çekme (cold drawing) üretim yöntemi bulunan ürün dönüşüm prosesidir. Söz konusu üretim hattı, yapısı gereği üzerinde birden fazla makine veya ünitenin entegre çalışması esasına bağlı olarak kesintisiz üretim gerçekleştirebilmektedir. Çalışmada ele alınan soğuk çekme hattını oluşturan makine ve ünitelerin, süreç akış sırasına göre gösterimi Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1: Soğuk çekme hattı akış diyagramı

Ham maddenin ürüne dönüşüm süreci, pay-off ünitesine ham maddenin yüklenmesi ve ön doğrultma ünitesine beslenmesi ile başlamaktadır. Ön doğrultma ünitesinde, fırmaşın (kangal) ilk doğrultmaya tabi tutulur. Aynı zamanda malzeme yüzeyinde bulunan tufal tabakasının kırılması sağlanır. Ön doğrultma ünitesinin hemen ardından, kumlama ünitesinde malzemenin yüzey temizleme ve hazırlama işlemi granül bilyalar kullanımı ile gerçekleşir. Yüzey hazırlama işlemi tamamlanan ham madde, soğuk çekme ünitesinde mührreden geçirilerek ürünün ana çapı elde edilir. Soğuk çekilen malzeme, makaralı doğrultmalar üzerinden kesme ünitesine aktarılır ve müşterinin istediği boy toleransları içerisinde kesilir.

ASEAD CİLT 7 SAYI 4 Yıl 2020, S 544-565

Kesilerek kangaldan ayrılan yarı mamul niteliğindeki parça doğrultma ünitesinden geçerek, yine müşterinin şartlarına uygun doğrusalılık değerine uygun hale gelir. Ürün üzerindeki son proses işleminde ise, pah kırma makinasında malzemenin uç kısımlarına pah kırılır ve paketleme makinesinde paketlenerek, müşteriye sevk edilmek üzere depolama ve sevk alanına transfer edilir.

Süreç akışı yukarıda aktarılan soğuk çekme hattında, ürün dönüşüm sürecinde operatör, makine veya ham madde kaynaklı hatalar meydana gelebilmektedir. Bu hatalar, üretim duruşu, yeniden işlem gibi gereksiz kaynak tüketimine neden olduğu gibi müşteri iadesi, ayıklama ve hurda gibi kalite problemlerine de yol açmaktadır. Bu nedenle, süreç üzerinden var olan ve meydana gelebilecek hata türlerinin tespit edilerek, hataların elimine edilmesi amacıyla Poka Yoke uygulamalarının gerçekleştirilmesi gerekli görülmüştür.

Bu bölümde, ele alınan üretim hattının çalışma öncesi durumu “mevcut durumun analizi” kısmında ele alınmıştır. Mevcut durumun analizi kısmında, kayıp türleri ve etkileri ile performans verileri tespit edilmiştir. Devamında, tespit edilen hata türlerinin kök nedeninin ve ortadan kaldırılması için uygulanacak aksiyonların belirlenmesi için çalışma gerçekleştirilmiş ve “Hata nedenleri ve Poka Yoke aksiyonları” kısmında sunulmuştur. Poka Yoke uygulamalarının prosese olan etkisi, “Çalışmanın etkinliğinin ölçülmesi” ele alınmıştır.

3.1. Mevcut Durumun Belirlenmesi

Mevcut durumunun belirlenmesi, süreçte verimsizliğe ve kalite problemlerine neden olan hata türlerinin belirlenmesi ve belirlenen hata türlerinin üretim hattının etkinliğine olan mevcut etkisini ölçek üzere ele alınmıştır. Bu kısımda, hata türleri belirlendikten sonra OEE’nin kullanılabilirlik ve kalite kısıtları üzerinden etki düzeyleri belirlenmiştir.

Hatanın üretim hattına olan zaman boyutundaki etkisini gösterebilmek için, kullanılabilirlik değeri kullanılabilir zaman olarak değil kullanılamayan hatalı zaman oranı üzerinden hesaplanmıştır. Bu tercih, çalışmanın odak noktası olan hataların mevcut durumda etkisini daha net ortaya çıkaracaktır. Benzer nedenden dolayı, kalite oranı da toplam üretim miktarı içerisindeki hatalı ürün oranını olarak hesaplanmıştır.

Açıklamalara bağlı olarak, üretim hattında tespit edilen hata türleri ve etki noktaları Tablo 3’ de özetlenmiştir.

Tablo 3: Üretim Hattında Tespit Edilen Hata Türleri ve Etki Alanları

Hata Türü	Etkisi	Hata Türü	Etkisi
Malzeme Kesme	Kullanılabilir Zaman	Mühre Değişimi	Kullanılabilir Zaman
Çekme Çenesi Temizleme	Kullanılabilir Zaman	Yağ Doldurma	Kullanılabilir Zaman
Ham madde Değişimi	Kullanılabilir Zaman	Kum İlavesi	Kullanılabilir Zaman
Çekme Çenesi Değişimi	Kullanılabilir Zaman	Malzemede Manyetiklik	Ürün Kalitesi
Malzeme Çapı Düşük / Yüksek	Ürün Kalitesi	Malzeme Yüzey Hataları	Ürün Kalitesi
Yanlış Pah Açılı Ürün	Ürün Kalitesi		

Tablo 3' e göre, üretim hattında dördü ürün kalitesi ve yedi tanesi de kullanılabilir zamana etki eden toplam on bir adet hata türü tespit edilmiştir. Elde edilen hata türlerinin etkileri, son bir yıllık üretim periyodu içerisindeki zamansal ve miktarsal boyutlarının sırasıyla kullanılabilirlik ve kalite oranları üzerinden ölçülmüştür. Son bir yıllık verilere bağlı olarak, kullanılabilir zamana etki eden hata türlerine ait toplam duruş süreleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Kullanılabilir Üretim Zamanına Etki Eden Hata Türleri ve Etkileri

Hata türü	Etkisi (dk)	Planlanan üretim zamanı içerisindeki pay
Malzeme kesme	2012	0,86%
Çekme çenesi temizleme	5396	2,32%
Ham madde değişimi	3450	1,48%
Çekme çenesi değişimi	275	0,12%
Mühre değişimi	2994	1,28%
Yağ doldurma	1247	0,54%
Kum ilavesi	988	0,42%
Toplam hata etkisi	16.362	7,02%
Planlanan üretim zamanı	233.083	

Kullanılabilir zaman kaybına neden olan hata türleri, Tablo 4'te özetlenen verilere göre yıllık planlanan üretim zamanı içerisindeki payı 7,02% olarak hesaplanmıştır. Hata türleri içerisinde en yüksek paya sahip olan hata türü “çekme çenesi temizleme” iken, en az paya sahip olan hata türü “çekme çenesi değişimi” olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Hata türleri içerisinde, ürün kalitesine etki eden hata türleri ve etkileri ise Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Ürün Kalitesine Etki Eden Hata Türleri ve Etkileri

Hata türü	Etkisi(ton/yıl)	Toplam üretim miktarı içerisindeki pay
Malzeme çapı düşük / yüksek	115	0,85%
Yanlış pah açılı ürün	50	0,35%
Malzemede manyetiklik	72	0,53%
Malzeme yüzey hataları	1105	8,19%
Toplam hata miktarı	1342	9,94%
Toplam üretim miktarı	13.500	

Üretim hattında bir yıllık periyod içerisinde planlanan 233.083 brüt çalışma süresi içerisinde 13.500 ton ürün elde edilmiştir. Bu üretim miktarı içerisinde, 1342 ton üretim kalite problemlerine sahiptir. Bu miktarın tamamı kaçınılabilir veya elimine edilebilir hata türlerinden kaynaklıdır. Tablo 5'e göre hata türleri incelendiğinde, en yüksek miktartlı hata “malzeme yüzey hataları” olurken, en düşük miktarda hata tipi ise “yanlış pah açılı ürün” elde edilmesinden meydana gelmiştir. Ayrıca, oranlar incelendiğinde, söz konusu hatalar nedeniyle üretim hattının kalite oranı üzerinde 9,94% oranında azalış meydana geldiği hesaplanmıştır.

Yıl içi ortalama 70,18% performans oranı, Tablo 4 ve Tablo 5'teki kullanılabilirlik ve kalite kayıp oranları dikkate alınarak, üretim hattının OEE oranı hesaplanmış ve Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6: Üretim Hattı OEE Oranı

Parametre	Hata etkisi	Parametre payı (100%- hata etkisi%)
Kullanılabilirlik	7,02%	92,98%
Performans	-	70,18% (Belirlenen hataların etkisi yoktur.)
Kalite	9,94%	90,96 %
OEE		%59,35

OEE hesaplaması içerisinde, performans kayıplarının nedenleri arasında, belirlenen hata türlerinin etkisi olmadığı için, Tablo 6’da performans oranı direkt olarak alınmıştır. Hat üzerinde ayar ve hazırlık, arıza gibi duruş nedenlerle meydana gelen kayıpların etkisi, tespit edilen hata türlerinin etkisinin daha açık şekilde sunulması amacıyla sıfır kabul edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, üretim hattı üzerindeki zaman kayıplarının sadece, hata türlerinden kaynaklandığı varsayımı ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Mevcut durumun analiz edilmesinden sonra, tespit edilen hata türlerinin elimine edilmesi için kök nedenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmanın bir sonraki kısmında, zaman ve kalite problemlerine neden olan hataların, kök nedenleri incelenerek elimine edilmesi için çalışma aksiyonları belirlenecektir.

3.2. Hata Nedenleri ve Poka Yoke Aksiyonları

Üretim dönüşüm araçlarında (makine, ekipman veya üretim hattı) gerçekleşen faaliyetler esnasında veya sonrasında meydana gelen çalışma ve kalite kayıpları, işletmeler açısından maliyet artışlarına neden olabildiği gibi müşteri şikâyetlerine bağlı kalite maliyetlerine neden olabilmektedir. Bu nedenle, ürüne veyahut verimsizliğe etki eden hata türleri ortaya çıkaran kök nedenlerin belirlenmesi ve önlenmesi gerekmektedir.

Bu kısımda, soğuk çekme hattında tespit edilen hata türlerinin kök nedenlerinin açıklanacaktır. Kök nedenlerin tespit edilmesi amacıyla, her bir hata türü için 5 neden analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7: Hata Kaynaklarına Ait Kök Neden Analizi

Hata türü	Etkisi	Kök Nedeni
Malzeme kesme	Kullanılabilir Zaman	Ø20 mm altında malzemenin mührerde eğilmesi nedeniyle, taş motoru ile kesme işlemi uygulanmaktadır. Malzeme ekseni ile mührre delik ekseni arasındaki uyumsuzluk nedeniyle gerçekleşmektedir.
Çekme çenesi temizleme	Kullanılabilir Zaman	Çalışmaya bağlı olarak yüzeylerde aşınma meydana gelmesidir. Ayrıca, ham madde ucunun çekme çenesine girişte deformasyon oluşturması da aşınmaya neden olmaktadır.
Ham madde değişimi	Kullanılabilir Zaman	Üretime alınan ham maddenin, sipariş koşullarına uygun olmamasından dolayı ham madde üretim hattından kaldırılmaktadır.
Çekme çenesi değişimi	Kullanılabilir Zaman	Ayar sürecinde, yanlış çekme çenesinin bağlanması veya çenelerin ters bağlanmasından dolayı, yeniden sök/tak işlemi gerçekleşmektedir.
Malzeme çapı düşük / yüksek	Ürün Kalitesi	Üretim esnasında, nihai ürün çapında değişiklik veya operatörün çap ölçüm işlemini doğru gerçekleştirememesinden kaynaklanmaktadır.
Yanlış pah açılı ürün	Ürün Kalitesi	Siparişe uygun kartuşun bağlanmamasından dolayı, yanlış pah açılı ürün elde edilmektedir.
Mührre değişimi	Kullanılabilir Zaman	Doğru mührrenin elde edilmesi için, farklı mührrelerin denenmesi durumu söz konusudur. Bunun nedeni ise, mührre çıkış ürün çaplarının doğru tahmin edilememesidir.
Yağ doldurma	Kullanılabilir Zaman	Hidrolik ve soğuk çekme yağlarının bulunduğu tanklarda yağ seviyesinin kritik seviyenin altına inmesinden dolayı hat duruşlarının meydana gelmesidir.
Kum ilavesi	Kullanılabilir Zaman	Kumlama makinasında yeterli kum bulunmamasından dolayı hatta plansız duruşlar meydana gelmesidir.
Malzemede manyetiklik	Ürün Kalitesi	Malzeme yüzeyinde oluşan, manyetik kalıntıların müşteriye ulaşmasıdır.
Malzeme yüzey hataları	Ürün Kalitesi	Döküm boşluğu, hat ve ham madde kaynaklı yüzey çiziklerinin tespit edilememesinden kaynaklı müşteriye hatalı ürünler sevk edilmektedir.

Tablo 7’de kök nedenleri verilen hata türleri incelendiğinde, hataların genel olarak gözlem sıklığının fazla olması gerekliliği, insan gözlemine dayalı kontrol yöntemlerinin yetersizliği, operatör dalgınlığı ve bilgi eksikliği, kontrol noktalarındaki denetimlerin yetersizliği, bilgi ve hesaplama eksiklikleri, operasyon uygulama yanlışlıkları hataların oluşumuna neden olmaktadır. Başka bir ifadeyle, hatalar insan, üretim hattı, ham madde ve proses yapısından kaynaklanmaktadır. Bu hataların elimine edilmesi için alınan ve uygulanan aksiyonlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Hata Kaynaklarına Yönelik POKA YOKE Aksiyonları

Hata Türü	Uygulanan POKA YOKE	POKA YOKE Türü
Malzeme kesme	Ø20 mm altında malzemelerin hazırlığı esnasında “uç ezme makinası” ile giriş çapının düşürülerek, ham madde ucunun mühreden bükülmeden geçmesinin sağlanması.	Önleyici Poka Yoke
Çekme çenesi temizleme	1- Ham madde hazırlık esnasında, “hidrolik makas” kullanımı ile eğik ucun kesilmesi. 2- Üretim sonrası, ekipman durumunun kontrol edildikten sonra rafa kaldırılması.	Önleyici ve Kontrol Poka Yoke
Ham madde değişimi	“Seyyar Spektrometre” ile giriş kalite kontrolde malzeme kalitesinin test edilmesi.	Önleyici Poka Yoke
Çekme çenesi değişimi	Çekme Çenelerin üzerine “takma yönlerinin” ve “kullanım aralıklarının” tanımlanması.	Önleyici Poka Yoke
Malzeme çapı düşük / yüksek	Hat üzerinde “Çap ölçüm cihazı” kullanımı ile anlık çap ve ovalite ölçümünün gerçekleştirilmesi. Hatalı durumda, hattın durdurulması ve uyarı ışığının yanması.	Önleyici ve Uyarı Poka Yoke
Yanlış pah açılı ürün	“Pah kartuşlarının” üzerine açı derecelerinin lazer markalama ile yazılması.	Önleyici Poka Yoke
Mühre değişimi	Malzeme kalitesi, çap ve redüksiyon etkenlerine bağlı olarak siparişte kullanılması gereken mührü iç çapının belirlenmesine yönelik “mühre hesaplayıcı” kullanımı.	Önleyici Poka Yoke
Yağ doldurma	Hidrolik tank seviye kontrol switchleri ile tank seviyesini “dolu”, “dolum gerekli” ve “tank boş” kategorilerine bağlı ışıklı uyarı düzeneğinin kurulumu.	Uyarı Poka Yoke
Kum ilavesi	Kum seviye uyarı sisteminin kurulumu.	Uyarı Poka Yoke
Malzeme yüzey hataları	Hat üzerinde “yüzey çatlak kontrol makinası” kurulumu ile hat üzerinde tespit edilen ürünlerin kontrolü ve hatalı tespit edilen ürünlerin ayrılması.	Kontrol ve Uyarı Poka Yoke
Malzemede manyetiklik	Çatlak kontrol ünitesindeki demagnetizasyon ünitesinin çalışmaması durumunda hattın durdurulması ve uyarı ikaz lambasının yanması.	Önleme ve Uyarı Poka Yoke

Hata oluşumuna neden olan kök nedenlerin belirlenmesinin ardından, kök nedenlerin ortadan kaldırılması için aksiyonlar belirlenmiştir. Çalışmada, on iki adet aksiyon uygulanmış ve on bir adet hatanın önlenmesine yönelik Poka Yoke sistemi devreye alınmıştır. Bu Poka Yoke’lerin beş tanesi önleyici, iki adeti uyarıcı, iki adeti önleyici ve uyarıcı, bir adeti kontrol ve uyarıcı ve bir adeti de kontrol ve önleyici özelliكتedir.

3.3. Çalışma Etkinliğinin Belirlenmesi

Hata önleme sistemlerinin devreye alınması, gerek proses verimliliği gerekse müşteri memnuniyetinin artırılması açısından önemli uygulamalardır. Devreye alınan sistemin, etkinliğinin ve katkısının ölçülmesinde uygulanan temel yöntem, mevcut durum ile uygulama sonrası elde edilen durumun arasındaki pozitif farkın hesaplanması veya ölçülmesidir.

Çalışmada uygulanan on bir adet Poka Yoke uygulaması ile belirlenen hatalar elimine edilmiştir. Buna göre, mevcut durumda kullanılabilirlik değerinde 7,02% ve kalite oranındaki 9,94% kayıplar ortadan kaldırılmıştır. Performans oranı 70,18% değerinde değişiklik olmamasına bağlı olarak, OEE değerindeki değişim ve sağlanan ekipman etkinliği Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: Poka Yoke Uygulamaları Sonrası OEE Oranı

Parametre	Hata Etkisi	Parametre Payı (100%- hata etkisi%)
Kullanılabilirlik	0,00%	100,00%
Performans	-	70,18% (Belirlenen hataların etkisi yoktur.)
Kalite	0,00%	100,00 %
Poka Yoke Sonrası OEE		70,18%
Poka Yoke Öncesi OEE		59,35%
İyileştirme Oranı		10.83%

Tablo 9’a göre, soğuk çekme hattında belirlenen hatalardan kaynaklı ürün kalitesi problemleri ve zaman kayıpları elimine edilmiştir. Çalışmanın, prosese olan katkısının OEE üzerinden değerlendirildiğinde, OEE oranında 10,83% oranında artış elde edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmelerin başarısızlıklara olan tahammül edebilme limitlerinin gittikçe daralması, süreç ve faaliyetlerinin gereğinden fazla kaynak tüketimi karşısında dayanım gücünü azaltmaktadır. Bu nedenle, varlığını sürdürebilme gayesinin gerçekleştirilmesi, optimum kaynak tüketimi ile piyasada konumlanabilmeye bağlıdır.

İsrafların tür ve çeşitleri, faaliyet ve süreç yapısına göre değişiklik göstermekle birlikte, tüm süreçler için var olan temel israf türü hatalardır. Ürün ve hizmetin oluşum sürecinde meydana gelen hatalar, süreçte tüketilen her türlü kaynak tüketiminin boşa harcanmasına neden olabildiği gibi müşteri tarafından da ciddi problemlere neden olabilmektedir. Özellikle müşteri tarafında kalite problemlerine neden olan hata türlerinin birçoğu kaçınılmaz veya önlenemez yapıdadır.

Poka Yoke metodolojisi, başta insan kaynaklı hataları olmak üzere proses, malzeme, makine ve ekipman kaynaklı hataların ortadan kaldırılması amacıyla uygulanan yalın dönüşüm tekniklerinden birisidir. Hatayı kaynağında tespit etmek, durdurmak, kontrol etmek ve uyarmak üzerine kurulu Poka Yoke uygulamaları, bir yandan hatanın baştan giderilmesi ve müşteriye 100% uygun ürünün gönderilmesini sağlarken diğer taraftan hata kaynaklı zaman kayıplarının ortadan kaldırılmasına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, hata türlerinin süreç etkinliğine olan etkisinin belirlenmesi ve iyileştirilmesi hedef olarak belirlenmiştir. Bu doğrultusunda, seçilen soğuk çekme hattında toplam on iki adet aksiyona bağlı on bir adet Poka Yoke devreye alınmıştır. Devreye alınan Poka Yoke uygulamaları ile üretim hattının kullanılabilirlik ve kalite oranlarında sırasıyla 7,02% ve 9,94% oranlarında iyileştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen iyileştirmeler birleştirildiğinde, OEE üzerinde 10,83% oranında artış sağlanmıştır.

Elde edilen performans verilerine göre, hata kaynaklı 16362 dakikalık (272,7 saat) kayıp zaman kullanılabilir hale gelmiştir. Ayrıca, kalite problemleri kaynaklı üretilen ve teslim edilemeyen 1342 ton hatalı ürün için harcanan zaman (355,5 saat) kazanılmıştır. Diğer bir ifadeyle, Poka Yoke uygulamaları ile üretim hattında toplamda 628,2 saat/yıl (2512,8 ton) kullanılabilir zaman elde edilmiştir.

Kazanç miktarları dikkate alındığında, ortalama 13500 ton üretimin gerçekleştiği bir üretim hattında hataların elimine edilmesi ile üretililecek miktar 16012,8 tona çıkartılmıştır. Bu sonuç ise, hataların üretim etkinliği üzerine önemli etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, hataların Bütünsel bir yaklaşım ile iyileştirilmesinde Poka Yoke' nin kullanımının katkısını ortaya koymuştur.

Sonuçlara bağlı olarak literatürdeki çalışmalar tekrar değerlendirildiğinde, çalışmalar kalite hatalarının elimine edilmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, aynı konularda destek sağlasa bile ana iyileştirme hedefinin süreç iyileştirme çalışması olması ve ele alınan sürecin birbirine entegre bir üretim hattının olmasıyla diğerlerinden farklılaşmıştır. Bir değer akışı içerisinde, sadece bir makine veya süreç adımının bir ya da birkaç problemini incelemek yaklaşımından daha ziyade hata türleri bir bütün olarak ele alınarak ve incelenerek iyileştirilmiştir.

Çalışma, Poka Yoke uygulamalarındaki etkinliğin, sürecin lokal uygulamaları yerine genelden özele doğru uygulanmasının daha etkin sonuçlar ortaya çıkartacağını göstermiştir. Çalışmanın devamında, bu bakış açısı daha da genişletilerek bir ürün veya ürün grubuna ait değer akış haritası üzerinden yola çıkılarak, süreç adımları içerisinde meydana gelebilecek hata haritası veya aksiyonları oluşturarak yapılabilecek çalışmalar ile toplam teslim süresi ve işlem süresinin nasıl değişeceği incelenebileceği tavsiye edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Bay, M. ve Çiçek, E. (2007). Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Hata Önleyiciler: POKA YOKELER. Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi. Yerel Ekonomiler Özel Sayısı, 53-62.
- Biswas, S. ve Chakraborty (2016). Using Poka -Yoke for the Development of SMEs. American Journal of Engineering Research (AJER). 5(9), 15-18.
- Çanakçıoğlu, M. (2019). Yalın Düşünce Felsefesinde İsrarla Mücadele Araçları. Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi. 8(3), 270-282.
- Dixit, A. ve Dave, V. (2017). Lean Manufacturing: An Approach for Waste Elimination. International Journal of Engineering Research & Technology. 4(4), 532-536.

- Douglas, J. A., Antony, J. ve Douglas, A. (2015). Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 32(9), 970-981
- Ertuğrul, İ., Ülkir, O., Ersoy, S. ve Girgin, B. C. (2019). Yalın Üretimde Malzeme Transfer Optimizasyonu. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2(1), 74-78.
- Gupta, A. K. ve Garg, R. K. (2012). OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, 1(1), 115-124.
- Hernadiwita, Tosa, F. A., Santoso, Y., Kusumah, L. H. ve Hermiyetti (2019). Application Poka-Yoke to Capture Defect (A Case Study in Industry Component Otomotive). *SSRG International Journal of Industrial Engineering*. 6(1), 14-17.
- Jaffar, A., Kasolang, S., Ghaffar, Z. A., Mohamad, N. S. ve Mohamad, M. K. F. (2015). Management of Seven Wastes: A Case Study in an Automotive Vendor. *Jurnal Teknologi*. 76(6), 19-23.
- Kumar, R., Dwivedi, R. K. ve Verma, A. (2016). POKA YOKE technique, methodology & design. *Indian Journal of Engineering*. 13(33), 362-370.
- Kurhade, A. J. (2015). Review On “POKA YOKE: Technique To Prevent Defects”. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 4(11), 652-659.
- Mostafa, S. ve Dumrak, J. (2015). Waste elimination for manufacturing sustainability. 2nd *International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference*, Bali Indonesia, 11-16.
- Patil, P. S., Parit, S. P. ve Burali, Y. N. (2013). Review Paper On “Poka Yoke: The Revolutionary Idea In Total Productive Management”. *Research Inventy: International Journal Of Engineering And Science*. 2(4), 19-24.
- Pehlivanloğlu, Ş. (2006). Toplam Kalite Yönetimi Sürecinde Kurum içi İletişim Etkinliğinin Sağlanmasında POKA YOKE Tekniği. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı.
- Pekin, E. ve Çil, İ. (2015). Kauçuk sektörü POKA YOKE uygulaması. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*. 19(2), 163-170.
- Sadri, R., Taheri, P., Azarsa, P. ve Ghavam, H. (2011). Improving Productivity through Mistake-proofing of Construction Processes. 2011 *International Conference on Intelligent Building and Management*. 5, 280-284.
- Sarı, E. B. (2018). Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 17. ÜİK Özel Sayısı, 585-600.

- Sevgili, A. ve Antmen, Z. F. (2019). Yalın Üretim Tekniklerinden Değer Akış Haritalandırmanın Bir Metal İşleme Fabrikasında Süreç İyileştirme Amacıyla Uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 16, 219-228.
- Shrigadi, S. S., Pol, S. P. ve Joshi, A. K. (2015). POKA YOKE: Mistake Proofing To Achieve Zero Defects. *International Journal of Innovation in Engineering, Research and Technology [IJIERT]*. ICITDCEME'15 Conference Proceedings, 1-6.
- Sohal, A., Olhager, J., Neill, P. O. ve Parajogo, D. (2010). Implementation of OEE – issues and challenges, *International Conference on Advances in Production Management Systems, Como: Proceedings of APMS 2010*, 1-8.
- Tak, D. ve Wagh, S. S. (2015). Poka Yoke Implimentation On Punching Machine: A Case Study. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*.4(2), 98-106.
- Tekin, M. ve Arslandere, M. (2017). Üretimde Hata Önleme Aracı Olarak POKA YOKE Sistemi ve Bir Uygulama Örneği. *Kesit Akademi Dergisi*. 3(11), 339-350.
- Turan, H. ve Turan, G. (2015). Sağlık sisteminde yalın üretim uygulamaları. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*. 2(3), 127-132.
- Yılmaz, M., Alıcı, H. ve Karaman, M. (2017). Sağlık Kurumlarında İsraf Giderme Yöntemleriyle Yalın Düşünce. *İ.Ü. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*. 5(2), 54-70.
- Zerenler, M. ve Karaboğa, K. (2014). Müşteri Memnuniyetinin Sağlanmasında Hataların Önlemesine Yönelik Üretim Odaklı Bir Bakış Açısı: POKA YOKE Sistemleri. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Dr. Mehmet Yıldız Özel Sayısı, 263-275.