



BİR SALÇA KONSERVELEME TESİSİNDE POKA-YOKE İLE HATA ÖNLEME UYGULAMASI

İhsan EROZAN^{1*}, Hümeysra UYGAR²

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

ORCID No : : <http://orcid.org/0000-0003-3649-2986>

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0003-0097-7068>

Anahtar Kelimeler Öz

*Poka-yoke
Üretim sistemi
Hata önleme
Ergonomi*

Günümüzde insansız sistemlerin Sanayi 4.0 ile yaygınlaşmasına rağmen halen emek yoğun çalışan birçok üretim sisteminin mevcut olduğu görülmektedir. Bu noktada poka-yoke, emek yoğun çalışan işgücünün hata yapmasını engelleyen ve hataların oluşmadan önlenmesini sağlayan bir yalın üretim aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, bir salça konserveleme tesisinde üretimin son aşamalarından biri olan konserveye tarih basımı işlemindeki insan kaynaklı bir hata poka-yoke çalışması ile önlenmeye çalışılmıştır. Yapılan analiz ile işyeri düzeninin ve ürünü banda yerleştirme metodunun hatanın ana kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Geliştirilen poka-yoke sistemi ile belirlenen hatalar oldukça azaltılmıştır. Ayrıca yapılan iş yeri düzenleme çalışması ile hem hatalara neden olabilecek operatör duruşu ve istasyon pozisyonu düzeltilmiş hem de çalışanın daha ergonomik çalışması sağlanmıştır. Çalışma sonucunda zaman ve maliyet avantajları elde edilmiştir.

*Sorumlu yazar; e-posta : ihsanerozan@hotmail.com

doi : <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1232501>

MISTAKE PROOF PRACTICE WITH POKA YOKE IN A TOMATO PASTE CANNING FACILITY

Keywords	Abstract
<i>Poka-yoke production system Error prevention Ergonomics</i>	<i>Although nowadays unmanned systems have become widespread with Industry 4.0, it is seen that there are still many labor-intensive production systems. At this point, poka-yoke emerges as a lean production tool that prevents the labor-intensive workforce from making mistakes and ensures that mistakes are prevented before they occur. In this study, a human-induced error in printing the date on the can, one of the last stages of production in a tomato paste canning facility, was tried to be prevented by the poka-yoke study. The performed analysis has determined that the workplace layout and the method of placing the products on the belt are the main reasons for the error. The errors by the developed poka-yoke system have been considerably reduced. In addition, with the reorganization of the workplace, the operator's posture and the station position that could cause errors were fixed, and an employee was enabled to work more ergonomically. As a result of the study, some time and cost advantages were achieved.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 11.01.2023	Submission Date : 11.01.2023
Kabul Tarihi : 09.05.2023	Accepted Date : 09.05.2023

1. Giriş

İsraf ve hata birbiri ile yakından ilişkili iki kavramdır. Sistemlerde hatalar oluştuğunda bu hatalara bağlı olarak zaman, malzeme, araç-gereç, makine, para ve hatta iş gücü kayıpları da oluşabilmektedir. Sonuç olarak sistemlerdeki bazı israflar bilinçli veya bilinçsiz olarak yapılan hataların azaltılmasıyla yok edilebilir veya en küçüklenebilir.

Yalın üretim, imalat ve hizmet sistemlerindeki birtakım hataları yok ederek veya erken tespit ederek hata kaynaklı kusurları ve israfları azaltan bir üretim yaklaşımıdır. Yalın üretim hata kaynaklı israfı azaltmak için israfa birçok silahla saldırmakta ve bazı israf türleri için de özel metotlar önermektedir. 3M, üretim seviyelendirme (heijunka), SMED ve poka-yoke gibi teknikler israfa karşı kullanılan yalın üretim araçlarına örnek olarak gösterilebilir.

Günümüzde insansız sistemlerin Sanayi 4.0 ile yaygınlaşmasına rağmen halen emek yoğun çalışan birçok üretim sisteminin mevcut olduğu görülmektedir. Emek yoğun çalışan işletmeler, insan kaynaklı hataya ve bunun sonucunda insan

kaynaklı israfa çok açık sistemlerdir. Bu noktada yalın üretim; insan kaynaklı bazı hataların tekrar edilmemesini, bazı hataların yayılmadan tespit edilmesini ve bazılarının da hiçbir şekilde yapılmamasını sağlamak için poka-yoke yöntemini önermiştir. Poka-yoke yönteminde temel hedef, hatasız çalışan bir sistem yaratarak sıfır hataya yaklaşımdır.

Bu çalışmada, bir salça konserveleme tesisinde üretimin son aşamalarından biri olan konserveye tarih basımı işlemindeki insan kaynaklı bir hata poka-yoke çalışması ile ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Temel hedef, çok fazla yatırım harcaması yapmadan hatasız veya çok az hata ile çalışan bir sistem yaratmaktır. Bu çalışma için ilgili tesis öncelikle analiz edilmiş ve olası hata nedenleri tespit edilmiş sonrasında ise poka-yoke adımları uygulanmıştır. Çalışma sonucunda poka-yoke ile elde edilen avantajlar zaman, miktar ve maliyet açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmanın kalanı şu şekilde organize edilmiştir: 2. başlıkta konu ile ilgili literatür araştırması sunulmuş, 3. başlıkta poka-yoke yöntemi detaylıca incelenmiş, 4. başlıkta problem tanımlanmış, 5. başlıkta kurulan poka-yoke sistemi tanıtılmış ve son başlıkta ise sonuç ve değerlendirmeler sunulmuştur.

2. Literatür Araştırması

Bu başlıkta poka-yoke ile ilgili bazı önemli literatür araştırmaları sunulmuştur.

Kayacık (2010), tekstil sektöründe bir poka-yoke çalışması yürütmüştür. İlgili tekstil ürününde baskıda leke hatası tespit edilmiştir. Yazar, bu hatanın sebebinin kalıp kaynaklı bir sorundan kaynaklandığı düşünmüş ve baskı süreç hattında düzenli olarak kalıp temizliği yapılarak problemin giderilebileceğini savunmuştur. Kalıp temizliğinin düzenli olarak yapılabilmesi için prosese zaman ayarlı sesli ve ışıklı ikaz lambası monte edilmiştir. İkaz lambası 15 dakika ara ile operatörü ikaz ederek kalıp temizliğinin düzenli yapılmasını sağlamış ve hata oranında düşüş görülmüştür.

Saurin, Ribeiro ve Vidor (2012), çalışmalarında fren balatalarının boyutlarında oluşan değişkenliğin çok sayıda müşteri şikâyetlerine yol açtığını gözlemlemişlerdir. Yazarlar bu değişkenliği azaltmak için bir poka-yoke yöntemi geliştirmişlerdir. Uygulanan poka-yoke üç ana bileşene sahip bir makineden oluşmaktadır. Birinci bileşen konveyör bant, ikinci bileşen fren balatalarının görüntülerini çeken bir video kamera ve üçüncüsü ise anormallik tespit edildiğinde arızalı parçanın çıkarılması için görsel bir uyarı ikazı veren sistemdir. Sistemi kullanan operatör, ekranının önünde durarak hatalı ürün oluşumu esnasında ürünü banttan alarak ayıklama işlemi yapmıştır. Bu durumda müşteri şikâyetlerinde azalma gözlemlenmiştir.

Özcelik ve Cinoğlu (2013), bir otomobil yan sanayi firmasında operatör hatalarından dolayı her konektörde büyük miktarlarda hurda oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bu konektörlerde kilitlerin işlem görme sırası bulunmaktadır.

Konektörlerde birden fazla kilit bulunduğu için operatörler kilitleme işleminin sırasını karıştırmaktadırlar. Bunu engellemek için cihazın kilitlerinin oturduğu yerlere iki adet pim takılmıştır. Bu durumda operatörler işlem sırası gelmeyen konektör kilidini çekse bile, kilit pim engeline takılarak kapanmayacaktır. Yapılan çalışma sonucunda ilgili konektörlerin hurda miktarlarında ve hata oranlarında ciddi düşüşler tespit edilmiştir.

Kumar ve Prasad (2014), çalışmalarında ilaç sektöründe hata önleme çalışması yürütmüşlerdir. Yazarlar, çalışmalarında bazı ilaçlarda parti numarası ve üretim/tüketim tarihlerinin net bir şekilde okunamama problemi olduğunu tespit etmişlerdir. Bu hataya çözüm olarak yapay görme tabanlı kalite kontrol yapılması önerilmiş ve ilgili ilaç firmasına kurulmuştur. Bu sistemle beraber ürünlerin daha net ve hatasız olarak kullanıcılara ulaştığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, poka-yoke kapsamında yapılacak hata önleme çalışmalarında yapay zekanın önemini göstermesi açısından önemlidir.

Zerenler ve Karaboğa (2014), çalışmalarında üretilen hatalı ürünlerin müşteriye memnun etmediğini, maliyetleri arttırdığını ve müşteri kayıplarına yol açtığını tespit etmişlerdir. Bu amaçla yazarlar geliştirilen iki poka-yoke sistemini incelemişlerdir. İlk sistem doğru montaj yapabilmek için kameralı bir otomasyon sistemini kullanırken ikinci sistem su şişeleri üzerindeki son kullanma tarihi kontrolü yapan bir kamera sistemidir. Bu kamera sistemi sayesinde son kullanma tarihi olmayan ürünler süreçten ayıklanmaktadır. Özellikle ikinci sistem bu çalışmanın konusu ile yakından alakalıdır.

Arslandere ve Tekin (2017), bir bisküvi fabrikasında bir poka-yoke çalışması yürütmüşlerdir. Yazarlar fabrikadaki paketleme elemanlarının, hızlı bir şekilde gelen bisküvi paketlerini koliye koyarken paketlerin boş olduğunu farkına varmadan kolileme işlemini gerçekleştirdiklerini tespit etmişlerdir. Bu sebeple boş paketleri dolulardan ayırabilmek için paketleme alanına sensör ve hava üfleme aparatı eklenmesini önermişlerdir. Yeni süreç, sensörle boş hücreleri tespit ederek, paketleme sonrasında hava üfleme aparatı ile boş olan paketleri otomatik olarak alandan uzaklaştırmaktadır. Bu süreçle sıfır hatayla ve sıfır malzeme israfıyla paketleme amaçlarına büyük oranda ulaşıldığı görülmüştür.

Bâldea, Bâlteanu ve Istrate (2017), yakıt doldurma kapağı iş parçasının kalıpta yanlış konumlandırıldığını tespit etmişler ve operatörün konsantrasyon eksikliğinden kaynaklanan bu hatanın çözümüne yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Yazarlar bu hatanın çözümü için poka-yoke yöntemini uygulamışlardır. Hatanın giderilebilmesi için kalıp iş istasyonuna, pim parçası ekleme işlemi yapılması önerilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda önerilen poka-yoke sisteminin sorunları düzelttiği ve yakıt doldurma kapağı iş parçasının doğru konuma yerleştirildiğinde hata sayısının sifıra ulaştığı tespit edilmiştir.

Türkan ve Görener (2017), çalışmalarında otomotiv sektöründe çelik üretimi yapan bir firmada süreç iyileştirme çalışması yapmışlardır. Süreç hattındaki problemlerden biri taşlama işleminin istenilen hata tolerans sınırının dışına

çıkılmasıdır. Bir diğer hata türü de taşlama işlemi sırasında ürün üzerinde çatlakların, katlama izlerinin vb. izlerin bulunmasıdır. Taşlama işleminin gözle kontrol ediliyor olması sebebiyle, bölgenin aydınlatılması uygun seviyede olmalıdır. Çalışmada, hedef bölgede bulunan aydınlatma seviyesinin ergonomi şartlarına uygun olmaması sebebiyle işçinin hata yapma oranının artabileceği tespit edilmiştir. Ergonomik şartlar sebebiyle oluşan hataları önlemek amacıyla ilgili taşlama süreci alanında LED ışıklandırma yapılarak 500 Lux ışıklandırma sınırına ulaştırılmıştır. Böylelikle çalışanların ürünleri daha iyi görerek az hatalı olarak süreci tamamlanması sağlanmıştır.

Ing Yi ve Mohd Yusof (2018), çalışmalarında otomotiv parçalarının manüel montajı esnasında bulunan problemler için iyileştirme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar, montaj işlemini yapan çalışanların işlem sırasında birleştirmesi gereken parçaları unutarak eksik montaj yaptıklarını tespit etmiştir. Bu hatayı önlemek için bir poka-yoke cihazı tasarlanmıştır. Tasarlanan cihaz donanım, güç kaynağı, sensör, işlemci ve çıkış olarak dört bölümden oluşmaktadır. Montaj esnasında eksik bir parça ya da yanlış bir parça montajı yerleştirmesi mevcut ise bu cihaz sesli bir şekilde çalışanı uyarılmaktadır. Bu poka-yoke tasarımı sayesinde montaj istasyonunda ürünlerin eksik ya da hatalı montajı sorununda azalmalar görülmüştür.

Aguirre-López, Almaguer, Díaz-Hernández, Escalera Santos ve Morales-Castillo (2019), çalışmalarında mürekkep püskürtmeli sistemlerin, konserve, yumurta vb. silindirik formdaki ambalajlı ürünlerin üzerine yazılan son kullanma tarihinin basımında yaygın olarak kullanıldığından bahsetmişlerdir. Yazarlar silindirik formdaki ambalajlar üzerinde tarih basımı için kullanılan püskürtmeli sistemlerin, silindirik yüzeylere değil düz yüzeylere baskı yapacak şekilde tasarlanmış olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun, etiketin uçlarındaki yazıların silindir yüzeyde genişleyerek ürün üzerindeki yazı formunu bozduğu saptanmıştır. Bu hatalı etiket basım problemini çözebilmek için yazıcı için bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma ile silindirik yüzeylere düzgün etiketleme işlemi gerçekleştirilerek hatalı ürün sayısında iyileştirme sağlanmıştır. Bu çalışma, insanların üretimde direk yer almadığı ancak kontrol işlemini insanların yaptığı süreçlerde de poka-yoke uygulanabileceğini gösterdiği için önemli bir çalışmadır.

Al Ayyubi, Mahmudah, Saleh ve Rachmadi (2020), üretilecek ürünlerin malzemesinin yanlış hazırlanmasının uzun tedarik sürelerine, ürün kusurlarına ve maliyetli kurulumlara sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Yazarlar odaklandıkları üretim tesisinde ürün malzemesinin hazırlanması işlemi sırasında eksik ya da yanlış hammadde ile malzemenin hazırlanmasını engellemek amacıyla poka-yoke sistemi kurmuşlardır. Doğru ürün malzemesinin elde edilmesi için karışımı oluşturan hammaddenin doğru yerde doğru miktarda bulunması gerekmektedir. Poka-yoke sistemini tasarlamak için mikro denetleyiciler, sensörler ve veri tabanı yazılım programı oluşturulmuştur. Sensörler, operatörlerin sıfır hatalı üretime ulaşması için kontrol, talimat ve

uyarı olarak operatöre bilgi vermektedir. Yapılan poka-yoke sistemiyle yanlış hammaddelerle malzeme hazırlama problemlerinde azalma gözlemlenmiştir.

Skotnicka-Zasadzień (2020), çalışmasında kalite yönetim araçlarını kullanarak ana fren silindirlerinin üretim anındaki kritik kusurlarına ve iyileştirmelerine değinmiştir. Ana fren silindirleri üretiminde yer alan piston montajı işlemi sırasında, operatörlerin pistonları yeterli seviyede yağlamamaları sebebiyle pistonda metal talaş sorununa ve sürtünmeye sebep olmaktadır. Bu soruna çözüm olarak pistonların yeterli seviyede yağlaması için her 50. yağlamadan sonra piston montaj hattını durduran ve yağın yeniden doldurulması için uyarı veren bir program kullanılmıştır. Program monitöründe 50. yağlamadan sonra görünecek olan uyarı mesajı operatörün pistonları uygun seviyede yağlanmasını sağlamıştır. Bu kritik kusurlu ürün oluşumunu engelleme çalışması, müşteri şikâyetlerinin, yüksek maliyetlerin ve insan hayatını riske atılmasına neden olacak etkenlerin azaltılmasını sağlamıştır.

Berber ve Deste (2021), çalışmalarında bir dondurma fabrikasında müşteri şikâyetlerinin çoğunun koliye yerleştirilen dondurma sayılarının tutarsızlığından kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Yapılan analiz sonucunda koliye yerleştirilen dondurma sayılarında tutarlılığı sağlamak amacıyla dondurmaların şekline göre bölmeli bir koli tasarımı yapılmıştır. Yapılan koli tasarımıyla birlikte, kolilerde bulunan dondurma adedi sayısı eksiksiz olarak müşteriye ulaştırılmıştır. Yeni koli tasarımı ile birlikte müşteri şikâyetlerinde azalma gözlemlenmiştir. İyileştirme sonucunda çalışanların daha rahat çalıştıkları ve unutkanlık veya dalgınlık gibi etkenlerin azaldığı görülmüştür. Bu çalışma tipik bir poka-yoke çalışması örneği olması itibarıyla önemlidir.

Literatür çalışmalarından da görüldüğü gibi, her problem için probleme özgü bir poka-yoke yöntemi geliştirilebileceği gibi daha önceki örnekler göz önüne alınarak bu poka-yoke örneklerinden de yararlanılabilir. Literatürdeki bazı poka-yoke örneklerinin teknolojiye dayalı çözümlerle soruna odaklandığı bazılarının ise daha ekonomik poka-yoke çözümlerini tercih ettiği görülmektedir. Bu çalışmada, basit bazı tasarımlarla ilgili hatanın azaltılıp yok edilebileceği tespit edildiği için ekonomik çözümlere odaklanılmıştır. Çalışmanın literatüre en önemli katkısı, probleme yol açan yerleşimsel, metotsal ve ergonomik etkileri birbiri ile ilişkili ve bütünsel olarak incelemesidir. Genelde literatürdeki çalışmalar bu sorunlardan birine odaklanmakta ve bu nedenle de problemin olumsuz etkileri tam olarak yok edilememektedir. Bu çalışmanın benzer sorunları yaşayan firmalar için bir poka-yoke örneği olabileceği düşünülmektedir.

3. Poka-Yoke Metodu

Poka-yoke 1960'lı yıllarda yalın üretimin geliştiricilerinden biri olan Shigeo Shingo tarafından önerilmiştir. Poka-yoke Japonca'da hata engelleme (mistake-proofing) anlamına gelmektedir. Shingo tarafından geliştirilen bu yöntemeye göre

hata (mistake) ile kusur (defect) farklı şeylerdir (Shingo, 1988; Hoyur, 2001). Hata tanım olarak, kötü muhakeme, bilgi eksikliği veya dikkatsizlikten kaynaklanan yanlış ve mantıksız eylem veya kararlardır. Kusur ise birtakım hatalardan dolayı sistemin beklenen performansta çalışmasına engel olan durumlardır. Genellikle insan kaynaklı hatalar sistemlerde kusura neden olurlar. Özetlemek gerekirse, hatalar sonucunda sistemlerde kusurlar oluşur. Shingo'ya göre (Shingo, 1988) hatalar önceden sezilip yok edilebilirse kusurlar ortadan kaldırılabılır.

Poka-yoke, sorunları ortaya çıkmadan önce veya ortaya çıktığı anda tespit edebilmek için çeşitli cihazların veya yöntemlerin kullanılmasını gerektirir (Al-Araidah, Jaradat and Batayneh, 2010). Poka-yoke yaklaşımına göre, sık yapılan hatalar veya büyük olumsuz sonuçları olan hatalar bir poka-yoke sistemi gerektirir. Bununla beraber çok nadiren gerçekleşen ve dikkate alınmayacak veya düşük maliyetli sonuçları olan hatalar için basit uyarılar yeterli olabilir. Poka-yoke sistemleri genelde üç temel prensibe dayanır: (1) Kusurları kaynağına mümkün olduğunca yakın bir yerde tespit etmek; (2) bir kusur tespit edildiğinde bu kusurun tekrarını önlemek için düzeltici faaliyetlerde bulunmak ve (3) kusur üretmeyen süreçler tasarlamak (Evans ve Lindsay, 2002).

Günümüzde üretim alanlarında halen yoğun olarak emek yoğun iş yapıldığı düşünüldüğünde poka-yoke sistemlerine duyulan ihtiyaç önemini korumaktadır. Günlük hayatta karşılaşılabilecek insan kaynaklı hataların bir kısmına aşağıda kısaca değinilmiştir (Pariltı, 2003).

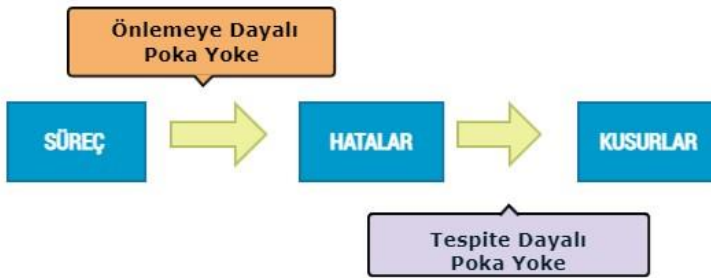
- Çalışanların konsantrasyon eksikliği sonucunda unutkanlık yaşayarak eksik veya hatalı işlem yapmaları.
- Standart iş prosedürlerinin olmamasından dolayı çalışanların alışkanlık haline getirmesiyle sürdürülen hatalar.
- Standart iş prosedürlerinin olmamasından dolayı işin çalışanların kendi belirledikleri hatalı prosedürlere bırakılması sonucunda ortaya çıkan hatalar.
- Göz yanılması gibi nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan insan algısına dayalı hatalar.
- Tecrübesiz ve eğitimsiz elemanların işi öğrenme sürecinde yaptığı hatalar (acemi hataları).
- Çalışanların konu ile ilgili hiç eğitim almamasından veya prosedürlerin uygulanışı ile ilgili bilgilendirilmemelerinden kaynaklanan hatalar.
- Bilerek ve farkında olunarak yapılan hatalar.
- Dikkatsizlik sonucu kasti olmayan ve farkında olmadan yapılan hatalar.
- Kararsızlıktan dolayı zamanında müdahale edilememeden kaynaklanan hatalar.
- Üretim sırasında beklenmeyen bir anda ortaya çıkan hatalar.

Hatalı ürünlerin oluşumunu engelleme amacıyla kullanıma hazır birçok poka-yoke yöntemi mevcuttur. Bu poka-yoke yöntemlerinden bir kısmı, hataların

oluşmadan önlenmesi diğer kısmı ise hata oluşunca hata yayılmadan uyarı verilmesi amacını taşır (Shingo, 1997). Poka-yoke faaliyetleri kendi içinde iki başlıkta incelenmektedir (Biswas ve Chakraborty, 2016).

- 1) *Önemeye odaklanan poka-yoke yöntemleri*: Bu sistemler, bir işlem sürecindeki sorunları fark ederek bu durumu sinyal yoluyla bildirir ya da işlemi durdurur. Bu tip poka-yoke türleri kullanıcıya hata yaptırmamaya ve hata olmadan uyarı vermeye odaklanır. Bu tip poka-yoke uygulamaları ile sıra dışı durumların oluşmasını engelleyici (hatayı imkânsız hale getirici) çalışmalar yapılır, hatalar oluşmadan ve yayılmadan sesli ve/veya ışıklı uyarılar verilir, eğer riskli bir durum oluşacaksa sistem otomatik olarak durdurulur. Bu otomatik durdurma işlemi jidoka (otonamasyon) görevi görür.
- 2) *Tespite odaklanan poka-yoke yöntemleri*: İşlem esnasında bir hata ortaya çıktığında hatanın yayılmaması için direkt olarak makineler veya sistem durdurulur, sesli ve/veya ışıklı uyarı verilir. Ana amaç, hatanın kaynağa veya kaynağa çok yakın bir noktada kolayca tespit edilebilmesi ve hızla düzeltilmesidir. Bu poka-yoke türü sayesinde oluşan bir hata müşteriye ulaşmaz ve hata kusurlu işleme dönüşmez. Burada bu poka-yoke yöntemi jidoka (otonamasyon) görevi görür. Bu tip poka-yoke sistemlerinin kurulmadığı klasik sistemlerde sorunun tespiti zaman alır ve sorun tespit edilene kadar ya uzun süre sistem durur veya hatalı süreç devam ederek israf üretir.

Yukarıda bahsedilen iki poka-yoke türü arasındaki temel fark, ilkinin hata oluşmasına izin vermemesi, ikincisinin ise hata oluşmasına izin verirken hatanın kolayca tespitini de sağlamasıdır. Burada unutulmaması gereken şey bazı durumlarda hata oluşmasının engellenememesidir. Bu nedenle sıfır hataya yaklaşabilmek için her iki poka-yoke türü de aynı anda sistemlerde kullanılmalıdır.



Şekil 1. Poka Yoke Tekniklerinin Kullanım Noktaları (Gygi, Decarlo and Williams, 2005)

Poka-yoke araçları hem önlemeye odaklanan hem de tespiti odaklanan poka-yoke yöntemlerinde yer alabilen üç yöntemi kullanabilirler (Thareja, 2016). Bu üç yöntem; (a) temas metodu, (b) sıra metodu ve (c) sabit adım (sayma) metodudur (Zhang, 2014). Temas metodu, ürün parametrelerinin ve diğer fiziksel özelliklerinin (şekil, renk boyut vb.) incelenmesine dayanır. Bu amaçla sensörler kullanılabilir. Sıra metodunda tanımlanan işlem sırasının takip edilip edilmediğini incelenir. Sabit adım metodunda ise gerekli bütün adımların yerine getirilip getirilmediğini incelenir.

Poka-yoke sistemi birçok fayda sağladığı için yöneticiler tarafından sıkça tercih edilmektedir. Poka-yoke'nin sağladığı faydalar, aşağıdaki gibi özetlenebilir (Yaylagül, 2021):

- Ürünlere hata aşamasında müdahale edilerek tüketiciye kusurlu ürün ulaşması engellenir.
- İş kazaları engellenebilir.
- Hatalı ürün sayısında azalma ve bunun sonucunda hatalı ürünlerin onarım ve bakım maliyetlerinde azalma görülür.
- Sıfır hata hedefine düşük maliyetle yaklaşılabilir.
- Müşterilere giden hatalı ürün sayısı azaldığı için müşteri memnuniyeti ve güveni artar.
- Üretim sürecindeki hata kaynaklı duruşlar azaltılabilir.
- Hataların tespit ve düzeltilme süreci kısaltılabilir.
- Reddedilen ürün sayısında azalmalar görülebilir.
- Hammadde israfı azaltılabilir.

Poka-yoke tekniği yalnız üretim tekniklerinden sadece birini oluşturmaktadır. Poka-yoke, yalnız üretimin kendisi değil sadece bir parçasıdır. Yalnız üretim tekniklerini ayrı ayrı ve birbirinden bağımsız olarak düşünmek, eksik bir çalışmaya veya iyileştirmeye yol açabilir. Bu bağlamda poka-yoke ile ilişkilendirilebilecek bazı yalnız üretim teknikleri şu şekilde ifade edilebilir: 5S, jidoka, sıfır hata, sürekli iyileştirme (kaizen), standart iş ve andon sistemleri. Bu yalnız üretim tekniklerinin poka-yoke ile birlikte kullanılması poka-yoke'nin etkililiğini artıracaktır (Ersöz, Sarız ve Ersöz, 2020).

Poka-yoke metodolojisi, hata önleme uygulaması adımlarının belirli bir sırayla hayata geçirilmesi olarak düşünülebilir (Çelik, 2020). Bu bağlamda bir poka-yoke çalışması aşağıdaki adımlara sahip olmalıdır (Pekin ve Çil, 2015; Syarifuddin ve Sofyan, 2016):

- Adım 1: Çözülmesi gereken problemin veya hatanın tanımlanması (Problem nedir, hata sıklığı nedir, olumsuz sonuçları nelerdir?)
- Adım 2: Problemin gözlemlenmesi (Problem nerede veya hangi süreçte oluşuyor?)
- Adım 3: Gözlemlenen sürecin çalışma adımlarının detaylı olarak tespit edilmesi

Adım 4: Belirlenen adımlarla uygulanan adımlar arasında, varsa farkların tespit edilmesi

Adım 5: Hataya yol açabilecek nedenlerin belirlenmesi (beyin fırtınası tekniği kullanılabilir) ve önem sırasına göre sıralanması ve problemin kaynağının tespit edilmesi

Adım 6: Sorunu çözmek için poka-yoke uygulamasının planlanması ve poka-yoke araçlarının ve tekniklerinin belirlenmesi

Adım 7: Poka-yoke uygulamasının hayata geçirilmesi

Adım 8: Uygulama sürecinin takip edilmesi ve yeniden değerlendirilmesi

Sonraki başlıklarda ilgili problem yukarıdaki poka-yoke metodolojisine bağlı kalınarak incelenecektir.

4. Problemin Tanımı

İncelenen firma Manisa'da salça üretimi yapmaktadır. İlgili salça tesisi, çiftçiden toplanan domateslerin tüketiciye salça olarak iletilmesini sağlayan üretim faaliyetlerinin tümünü içermektedir. İlgili firmada salça konservelerinin üzerinde bulanması zorunlu olan tarih detayı "video jet lazer makinası" ile yazılmaktadır. Yönetimle yapılan görüşme sonucunda tarih detayının konserve üzerinde yanlış konumda olmasından kaynaklanan kusurlu ürünlerin mevcut olduğu bilgisi alınmıştır. Yönetim tarafından yapılan bilgilendirmede 1 palette 1200 adet ürün bulunduğu ve konserve ürün paletinde her 25 adette ortalama 2 adet kusurlu ürün olduğu aktarılmıştır. Bu verilere dayanarak %8'lik bir hata oranı tespit edilmiştir. Koli içi adet sayısı 24 olduğu bilgisi göz önüne alınırsa, bir kolide ortalama hatalı ürün adedi sayısı 1.92'dir.

Tablo 1

Konserve Paleti İçin Bilgi Kartı

Özellik	Boyut	Birim
Palet tipi	100x120	Cm
Ürün Brüt	450	Gr
Koli içi adet	24	Adet
Palet sıra adedi	10	Sıra
Palet kat sayısı	5	Adet
Palet için toplan ürün adedi	1200	Adet

Tespit edilen problemin (%8 baskı hatalı ürünlerin mevcut olması) firmada oluşturduğu olumsuz sonuçlar aşağıdaki gibidir (Adım 1):

- Konserve üzerinde bulunan SKT (Son Kullanma Tarihi) ve ÜT (Üretim Tarihi) tarihlerinin düzgün okunamaması sebebiyle son kullanıcı memnuniyetsizliği.
- Hatalı ürünlerden kaynaklı fireler.
- Ürün ayıklama işlemi ile birlikte oluşan kayıp süre nedeniyle teslim süresinin aşılması.
- Bazı firmaların/müşterilerin SKT ve ÜT tarihi okunmayan ürünleri iade etmeleri.

Yapılan gözlem sonucunda kusurun video jet lazer basım makinesi ile bir alakasının olmadığı, tamamen insan kaynaklı bir problem olduğu saptanmıştır (Adım 2). Hatalı çalışan ilgili sürecin adımları şu şekildedir: Üretim alanında bulunan konveyör bant üzerinde ilerleyen ürünler manuel olarak insan eliyle yerleştirilmektedir. Bu ürünlerin operatör tarafından üretim bandına bazen standart sayıda gönderilememesi ve eşit hizalarda banda koyulamaması sebebiyle konserve kutularının üzerine jet lazer basım makinesi ile yapılan baskı net olarak görülememektedir (Adım 3). Bu süreci daha iyi anlamak için Şekil 2, 3 ve 4 ilgili firmanın izni ile aşağıda sunulmuştur. Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında kullanılan bütün fotoğraflar (Şekil 5, 6, 7) işletmenin yazılı izni ile kullanılmış ve bu konuda bütün etik kurallara uyulmuştur.

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.



Şekil 2. Doğru Ürün Görseli



Şekil 3. Hatalı Ürün Görseli



Şekil 4. Tarih Basımı Yapan Cihaz

Eğer operatör, konserve kutularını standart sayıda ve eşit hizalarda banda koyarsa bu sorunla ya hiç karşılaşılmamakta veya çok nadiren karşılaşılmaktadır (Adım 4). Oluşan bu istenmeyen durumun operatörün zaman baskısı altında çok hızlı, ergonomik olmayan bir tarzda ve kontrolsüz olarak çalışması nedeniyle meydana geldiği tespit edilmiştir. Zaman baskı altında operatör bazen işin kalitesini kontrol edememekte ve yerinde kontrol yapılamadığı için de kusurlu ürünler son noktada (müşteride) ortaya çıkmaktadır. Üretimden sonra tarih basımı kontrolü, firma tarafından maliyetli ve zaman alıcı bir faaliyet olarak görülmektedir. Sonuç olarak bu firmanın ilgili sürecinde kusurlu ürüne yol açan nedenler Tablo 2'de gösterilmektedir (Adım 5). Kusurun incelenmesi sayesinde poka-yoke yöntemine ilave olarak poka-yoke'yi destekleyecek başka iyileştirme noktaları da tespit edilmiştir.

Tablo 2

İlgili Süreçte Kusurlu Ürüne Yol Açan Nedenler

No	Kusurlu Ürün Nedenleri	Kusurun Oluşma Nedenleri	Öneriler
1	Operatörün konserveleri standart olarak banda koymaması ve/veya koyamaması (ANA NEDEN)	Zaman baskısı ile çalışma, standart eksikliği, kontrol metodunun olmaması	Poka-yoke sistemi
2	Konservelerin bant üzerine yerleştirilmesinde iş standardı mevcut değil (ANA NEDEN)	Metot eksikliği (optimum yerleştirme metodu belli değil)	Metot geliştirilmeli
3	Yerleşimden kaynaklanan süreç sorunları (ANA NEDEN)	Metot mevcut olmadığı gibi metoda uygun yerleşim de mevcut değil (yerleşim sadece iş sırası gözetilerek operatör tarafından planlanmıştır)	İş yeri, metoda uygun olarak düzenlenmeli
4	Operatörün çalışma yerleşiminden kaynaklanan ergonomik sorunları (YAN NEDEN)	Metoda uygun yerleşimin eksikliği, ergonomik çalışmanın önemsenmemesi, operatörde eğitim eksikliği (operatörde işten kaynaklı kas ağrıları mevcut, bu nedenle yeterli kontrol işlemi yapamıyor)	İş yerinde ergonomik düzenleme yapılmalı ve operatöre eğitim verilmeli

Tablo 2’den de görüldüğü gibi hata nedenleri incelenirken hataya yol açabilecek ergonomik, yerleşimsel ve metotsal problemlere rastlanmıştır. Örneğin operatörün konserveleri paletten yanlış pozisyonda (aşırı eğilerek, aşırı uzanarak ve aşırı vücut dönüşleri ile) aldığı için belli bir süre sonra kas ağrıları yaşadığı ve bu nedenle üretim hızını düşürmemek adına kontrol amaçlı bazı işlemleri yapamadığı ve/veya yapmak istemediği tespit edilmiştir. Aşağıda sunulan Şekil 5’te bu ergonomik problemlere bir örnek sunulmuştur.



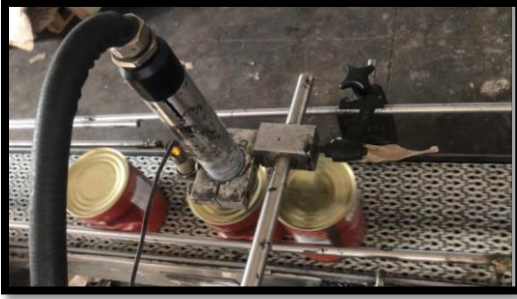
Şekil 5. Çalışanın Hatalı Çalışma Pozisyonu (Aşırı Eğilme ve Aşırı Uzanma)

Yapılan incelemede konserve kutularının bulunduğu bölge ile konveyör bandın yerleşiminin operatöre göre zıt biçimde konumlandırılmasının, çalışanın üst gövdesini hatalı hareket ettirmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bu noktada iyileştirme yapmak için operatörün hem banda hem de paletteki konservevelere hızlı ve fazladan efor harcamadan ulaşmasını sağlayacak şekilde iş yeri düzenlemesinin yapılması gerekmektedir.

Tespit edilen bir başka problem ise metotsal eksikliklerdir. Operatörle yapılan görüşme sonrasında işin yapılış şekli ile ilgili bir metod çalışması yapılmadığı ve metodun tamamen operatörün inisiyatifine bırakıldığı tespit edilmiştir. Konservevelerin operatör tarafından banda standart olarak dizilmediği aşağıdaki görsellerle desteklenmiştir. Bu noktada yapılması gereken çalışma, işin en uygun yapılış şeklinin belirlenmesidir.



Şekil 6. Konservelerin Uygun Bir Metot Geliştirilmeden Önceki Hatalı Dizilimine Örnek



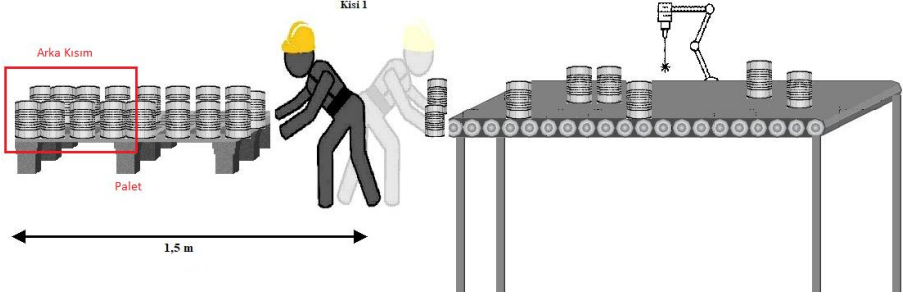
Şekil 7. Tarih Basım İşlemi Sırasında Ürünlerin Eşit Mesafede Olmama Durumuna Örnek

Bu çalışmanın ana konusu olan hataların önlenmesi için operatörün konserveleri banda standart olarak koymasını sağlayacak bir poka-yoke metodunun geliştirilmesi bir sonraki başlıkta incelenmiştir.

5. Poka-yoke Sisteminin Kurulması

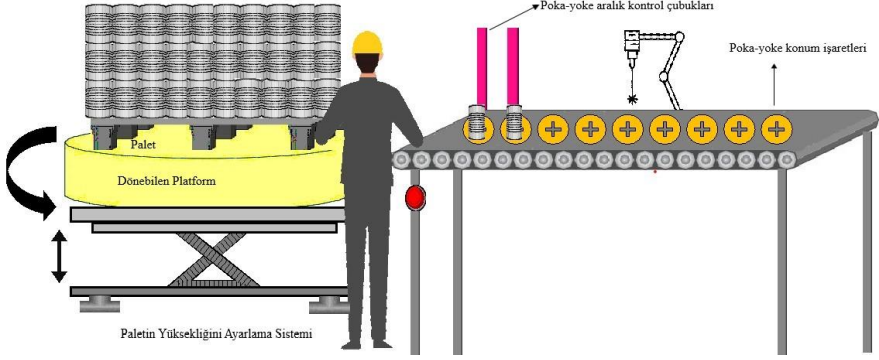
Poka-yoke sistemi kurulmadan önce mevcut süreç metotsal ve zamansal olarak incelenmiştir. Bu incelemede araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Buna yapılan gözlemlere dayanarak operatörün çalışma şekli Şekil 8'deki gibidir. Mevcut durumda operatör, konserveleri alıp banda koymak için üst bedenini geniş bir açı ile döndürmek zorundadır. Ayrıca operatör uzanamadığı kısımdaki (Şekil 8'deki arka kısım) konserveler için 1.5 metrelik bir yürüyüş yapmalı ve buradaki konserveleri öne doğru ittikten sonra tekrar 1.5 metrelik bir yürüyüş yapıp banda yerleştirme pozisyonu almalıdır. Mevcut durumda tarih basım

işlemi için ürün başına ortalama 12.57 saniyelik bir ortalama süre harcanmaktadır. Bu sonuç, zaman etüdü ile mevcut sürecinde her bir alt süreci için 10 adetlik ölçüm yapılarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Poka-Yoke Sistemi Kurulmadan Önce Mevcut Süreç

Mevcut sürecin sorunlarını çözmek için mevcut süreçte aşağıda sunulan Şekil 9'daki gibi bir revizyon yapılmıştır. Bu revizyon sayesinde Tablo 2'deki 2, 3 ve 4 no'lu kusur nedenlerine çözüm üretilmiştir. Ayrıca önerilen poka-yoke sistemi de bu şekil üzerinde gösterilmektedir. Yapılan revizyon sayesinde ürünlerin bulunduğu palet ile hat birbirine yaklaştırılmış böylece operatörün geniş açılı vücut dönüşleri engellenmiştir. Bu yeni yerleşim ile operatör hem palet hem de hat üzerinde daha fazla kontrole sahip olmuştur. Ayrıca bu revizyonda işin daha hızlı, daha pratik ve daha ergonomik şekilde yapılabilmesi için paletin altına dönebilen ve yükseltilen bir platform yerleştirilmiştir. Bu platform sayesinde operatör paletin arkasına girmek zorunda kalmadan ve aşırı eğilmeden paleti döndürüp yükseltebilmektedir. Bu revizyonla beraber operatöre optimum bir çalışma metodu önerilmiş olmaktadır. Revize durum için zaman etüdü 10'ar adetlik ölçümlerle tekrarlanmış ve tarih basım işlemi için süreç ürün başına ortalama 12.57 saniyeden 7.8 saniyeye düşürülmüştür. Süreç için %37.94'lük bir iyileştirme elde edilmiştir. Önerilen çalışma metodunun ergonomik açıdan iyileştirmeye neden olup olmadığı incelemek için REBA metodu ile ergonomik risk analizi yapılmıştır. İlk durumda REBA risk karar seviyesi 5 (orta) iken, iyileştirme sonucunda bu seviyenin 3 (düşük) seviyesine gerilediği görülmüştür. Risk seviyesindeki bu düşüş, özellikle gövde, alt kol ve bilek hareketlerinde gerçekleşen iyileşmeye bağlıdır.



Şekil 9. Revize Edilmiş Süreç

Hatalı baskıya sahip ürünlerin oluşumunu engellemek için bu çalışmada bir poka-yoke sistemi önerilmiştir. Bu poka-yoke sistemi ile çalışanların ekstra zaman harcamadan sadece göz kontrolü ile konservelerin pozisyonlarını kontrol edebilmeleri ve platformdaki paletten aldıkları konserveleri ekstra bir iş yükü olmadan tam olması gereken pozisyonlara koymaları hedeflenmiştir. Bu amaçla Şekil 9'da gösterildiği gibi hat başına 2 adet çubuk yerleştirilmiştir. Bu çubuklar arası uzaklık normalde konserveler arasında bırakılması gereken optimum uzaklıktır. Böylece bu çubuklar vasıtasıyla konserveler arası optimum uzaklık operatör tarafından tespit edilebilecektir. Ürünlerin bant kenarlarına olan uzaklığı ise bant üzerine yapıştırılan işaretlerle ayarlanması hedeflenmiştir. Bu amaçla bandın tam ortasına hat boyunca işaretlemeler yapılmıştır (Adım 6). Oluşturulan poka-yoke sistemi 1 palet (1200 adet ürün) için kontrol edilmiş ve hatalı basım oranının %8'den %2.08'e düştüğü (1 palette 25 adet hatalı ürün) belirlenmiştir (Adım 7). Yapılan çalışma ile sıfır hataya biraz daha yaklaşılmıştır. Ancak hata oranının %2 civarında olması hala yapılacak iyileştirmelerin olduğunu göstermektedir. Operatör yerine otomatik sistemlerin (örneğin robotların) kullanılması hata sayısını sıfıra çok yaklaştırıp verimliliği de oldukça artıracaktır. Bir başka seçenek ise sensörler ile hatalı basım öncesi veya hatalı basımın hemen sonrasında uyarı veren bir sistem kullanmaktır. İlgili firma, maliyetlerinden dolayı yakın zamanda bu tip teknolojik yatırımları düşünmemekte ve basit yatırımlarla sorunları çözmeye çalışmaktadır. Bundan sonraki süreçte ilgili firma, operatörün hareketlerini kamera ile izleyip %2'lik hatanın azaltılması için yeni poka-yoke önerilerinde bulunmayı planlamaktadır. Operatörle yapılan değerlendirme görüşmesinde, yorgunluğunun ve bel-sırt ağrılarının azaldığı, süreçte daha az yürüdüğü ve ürünün yerleştirilmesinde doğru pozisyona daha fazla odaklanabildiği belirlenmiştir (Adım 8).

Önerilen iyileştirme çalışmalarının, maliyet-kazanç ilişkisinin belirlenebilmesi için bir fayda-maliyet analizi yapılmıştır. Önerilen poka-yoke çalışmasının maliyeti 40,052 TL olarak hesaplanmıştır. Yapılan iş etüdü çalışmalarıyla bir

ürün için yaklaşık 4.7 saniyelik iyileştirme gözlemlenmiştir. Bir palette 1200 adet ürün olduğu göz önüne alınırsa bir palet için ortalama 4800 saniyelik (80 dk'lık) iyileştirme yapılmıştır. İlgili firmanın 450 gr'lık bir konserve ürününün maliyeti ortalama 18.96 TL (Kasım 2022 itibarıyla) olduğu tespit edilmiştir. İyileştirme öncesinde bir palette ortalama 96 hatalı ürün tespit edilmekteydi. 96 adet hatalı ürün 18.96 TL'lik maliyetle çarpılırsa 1 palette ortalama 1820.16 TL'lik zarar mevcut olduğu görülür (hatalı basıma sahip ürünler kurumsal firmalar tarafından satın alınmamakta veya iade edilmektedir). Yapılan iş etüdü çalışmasına göre iyileştirme öncesinde bir palet konservenin tarih basım işlemi yaklaşık 4.1885 saatte tamamlanmaktadır. Paletin operatöre yakın olan ön kısmının ve operatöre uzak olan arka kısmının ürün başına ortalama işlem süresi sırayla 7.65 ve 17.48 sn'dir. Paletin ön ve arka kısımlarında 600 adet bulunmaktadır. Paletin ön kısmının ortalama işlem süresi, ürün başına süre ile ürün adeti çarpıldığında 4590 sn olarak bulunur. Benzer şekilde paletin arka kısmı için ortalama işlem süresi 10,488.6 sn olarak bulunur. Tüm paletin toplam süresini bulmak için $(4590+10,488.6)$ sn işlemi uygulanarak 4.1885 saat sonucu elde edilir. İyileştirmeden önce firmanın 3 vardiyalı çalışması ve her vardiyada 8 saat çalışması sebebiyle 1 günde ortalama 5.73 adet paletin tarih basım işlemi tamamlanmaktadır. Firmada 1 günde 1 palette oluşan 1820.16 TL'lik zarar 5.73 adet palet ile çarpılırsa 1 günde firmada 10,429.5 TL'lik zarar olduğu görülür. İyileştirme öncesi firmada yıllık olarak 3,201,856.5 TL'lik zarar hesaplanmaktadır (firmadaki günlük zarar miktarı olan 10,429.5 TL ile operatörün yıllık çalışma günü olan 307 çarpılarak elde edilmiştir). İyileştirme sonrasında bir paletin işlem süresi ortalama 2.63 saate düşürülmüştür (iyileştirme sonrasında paletin ön ve arka kısımlarının ürün başına ortalama işlem süresi sırasıyla 7.61 ve 8.16 sn olarak hesaplanmıştır). İyileştirmeden sonra firma, günde ortalama olarak 9.12 adet palet (iyileştirmeden önce 5.73 adetti) işler hale gelmiştir. İyileştirme sonrasında 1 palette ortalama gözlemlenen hatalı ürün sayısı ortalama 25 adettir. 25 adet hatalı ürün 18.96 TL'lik maliyetle çarpılırsa palet başına ortalama 474 TL'lik zarar olduğu görülür. 474 TL'lik zarar 9.12 adet palet ile çarpılırsa firmada 1 günde 4322.88 TL'lik zarar olduğu görülür. İyileştirme sonrası yıllık olarak hatalı ürün sayısının firmaya getirdiği maliyet tutarı 1,327,124.16 TL'ye (4322.88 TL'lik günlük zarar ile 307 gün çarpılmıştır) düşürülmüştür. Hata oranının %8'den %2.08'ye düşmesi sonucunda $(25/1200=2.08)$ yıllık yaklaşık olarak 1,874,732.34 TL'lik (iyileştirme öncesi hatalı ürün maliyeti-iyileştirme sonrası hatalı ürün maliyeti) firma zararı engellenmiştir.

Tablo 3'e göre yaklaşık olarak 29.75 $(=40,052/1346.16)$ palet sonra yapılan yatırım elde edilen kazançla geri kazanılacaktır. Yapılan iyileştirme ile bir paletin işleme süresi 2.63 saate düşürülmüştü. Buna göre yapılan yatırım ortalama olarak 3-4 günlük süre içinde kendini amorti edecektir.

Tablo 3
Poka-Yoke Sistemi ve Platform Maliyet-Kazanç İlişkisi

Kullanılma amacı	Önerilen malzemeler	Önerilen iyileştirme maliyet verileri	Bir palet için iyileştirme ile sağlanan kazanç
Konserveler arası optimum uzaklık hedeflenmesi	2 adet renkli çubuk	2 TL	1820.16-474=1346.16 TL
Hat kenarlarına olan optimum uzaklık hedeflenmesi	Boya ile çizilecek işaret	50 TL	
İşin daha hızlı, daha pratik ve daha ergonomik şekilde yapılabilmesi	Döner ve yükseklik ayarlı platform	40,000 TL	
TOPLAM (TL)		$\Sigma = 40,052$ TL	$\Sigma = 1346.16$ TL

Çalışma sonucunda elde edilen genel iyileştirme sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4
İyileştirme Sonuçları

İyileştirme	Önceki durum	Sonraki durum
Poka-yoke Sistemi	%8 hata	%2.08 hata
Zaman Açısından Süreç İyileştirmesi	4.1885 saat	2.63 saat
Günlük İşlenen Palet Sayısındaki	5.73 adet	9.12 adet
Değişim	5 (orta)	3 (düşük)
Ergonomik İyileşme (Risk Karar Seviyesi)		

6. Sonuç ve Değerlendirmeler

Bu çalışma, bir salça konserveleme tesisinin tarih basımı işleminde müşteriye olumsuz etki eden ve maliyete neden olan bir hataya odaklanmıştır. Yapılan analiz ile hatalı işyeri düzeninin ve ürünün banda yanlış şekilde yerleştirilmesinin hatanın ana kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Yürütülen çalışma ile mevcut süreç revize edilmiş ve hataların azaltılması için birtakım iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan revizyon sayesinde ürünlerin bulunduğu palet ile hat birbirine yaklaştırılmış böylece operatörün geniş açılı vücut dönüşleri engellenmiştir. Ayrıca bu revizyonda işin daha hızlı, daha pratik ve daha ergonomik şekilde yapılabilmesi için paletin altına dönebilen ve yükselebilen bir platform yerleştirilmiştir. Revize durum için zaman etüdü 10'ar adetlik ölçümlerle tekrarlanmış ve tarih basım işlemi için süreç ürün başına ortalama

12.57 saniyeden 7.8 saniyeye düşürülmüştür. Sonuç olarak süreç için %37.94'lük bir iyileştirme elde edilmiştir.

Hatalı baskıya sahip ürünlerin oluşumunu engellemek için bu çalışmada bir poka-yoke sistemi önerilmiştir. Bu poka-yoke sistemi ile hat başına 2 adet kontrol çubuğu yerleştirilmiştir. Bu çubuklar sayesinde çalışanların ekstra zaman harcamadan sadece göz kontrolü ile konservelerin pozisyonlarını kontrol edebilmeleri ve platformdaki paletten aldıkları konserveleri ekstra bir iş yükü olmadan tam olması gereken pozisyonlara koymaları hedeflenmiştir. Ayrıca ürünlerin bant kenarlarına olan uzaklığının kontrolü için de bant üzerine işaretlemeler yapılmıştır. Oluşturulan poka-yoke sistemi 1200 adet ürün için kontrol edilmiş ve hatalı basım oranının %8'den %2.08'e düştüğü belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile sıfır hataya biraz daha yaklaşılmıştır.

Önerilen iyileştirme çalışmalarının, maliyet-kazanç ilişkisinin belirlenebilmesi için bir fayda-maliyet analizi yapılmıştır. Önerilen poka-yoke çalışmasının maliyeti 40,052 TL olarak hesaplanmıştır. Yapılan iş etüdü çalışmasıyla bir ürün için yaklaşık 4.7 saniyelik, bir palet için ise 80 dk'lık iyileştirme gözlemlenmiştir. İyileştirme öncesinde 1 palette ortalama 1820.16 TL'lik zarar ve günde 10,429.5 TL'lik zarar hesaplanmıştır. İyileştirme öncesinde bir palet konserenin tarih basım işlemi yaklaşık 4.1885 saatte tamamlanmaktadır. İyileştirme sonrasında bir paletin işlem süresi ortalama 2.63 saate düşürülmüştür. İyileştirmeden sonra firma, günde ortalama olarak 9.12 adet palet (iyileştirmeden önce 5.73 adetti) işler hale gelmiştir. İyileştirme sonrasında zarar 1 palette ortalama 474 TL'ye ve günde ise 4322.88 TL'ye düşürülmüştür. Hata oranının %8'den %2.08'ye düşmesi sonucunda yıllık yaklaşık olarak 1,874,732.34 TL'lik firma zararı engellenmiştir.

Bu çalışma, poka-yoke metodunun hataları ve hata kaynaklı zararı azaltmadaki katkısını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada hata oranının %2 civarında olması sıfır hata için hala yapılacak iyileştirmelerin olduğunu göstermektedir. Bu noktada ilk öneri, operatör yerine otomatik sistemlerin (örneğin robotların) kullanılması, bir diğer öneri ise sensörler ile hatalı basım öncesi veya hatalı basımın hemen sonrasında çalışına uyarı veren bir sistemin kullanılmasıdır. Çalışmanın devamında, bu iki önerinin avantajlarının önerilen sistemle karşılaştırılması düşünülmektedir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; İhsan EROZAN, uygulamaların kontrolü ve çalışmanın düzenlenmesi; Hümeyra UYGAR ise uygulamanın yürütülmesi konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Aguirre-López, M. A., Almaguer, F., Díaz-Hernández, O., Escalera Santos, G. J. ve Morales-Castillo, J. (2019). On continuous inkjet systems: a printer driver for expiry date labels on cylindrical surfaces, *Advances in Computational Mathematics*, 45(4), 2019-2028. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10444-019-09682-0>
- Al-Araidah, O., Jaradat, M. A. K. ve Batayneh, W. (2010). Using a fuzzy Poka-Yoke based controller to restrain emissions in naturally ventilated environments. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 4787-4795. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.12.037>
- Al Ayyubi, M. C., Mahmudah, H., Saleh, A. ve Rachmadi, R. R. (2020). Implementation of Poka-Yoke system to prevent human error in material preparation for industry. In *2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 273-278. Doi: <https://doi.org/10.1109/ISITIA49792.2020.9163707>
- Arslandere, M. ve Tekin, M. (2017). Üretimde hata önleme aracı olarak Poka-Yoke sistemi ve bir uygulama örneği. *Kesit Akademi Dergisi*, (11), 339-350. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kesitakademi/issue/59833/864527>
- Bâldea, M., Bâlteanu, A. ve Istrate, M. (2017). On the quality control of the fuel filler flap lining mark, *Fiability & Durability/Fiabilitate si Durabilitate*, 1, 171-177.
- Berber, G. ve Deste, M. (2021). Bir gıda işletmesinde süreç iyileştirme uygulaması: dondurma fabrikası örneği. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(3), 53-72. Doi: <https://doi.org/10.53443/anadoluibfd.959147>
- Biswas, S. ve Chakraborty, A. (2016). Using Poka-Yoke for the development of SMEs, *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 5(9), 15-18. Erişim Adresi: [https://www.ajer.org/papers/v5\(09\)/C0509015018.pdf](https://www.ajer.org/papers/v5(09)/C0509015018.pdf)
- Çelik, H. (2020). Süreç hatalarının önlenmesi ile toplam ekipman etkinliğinin artırılması: Poka Yoke metodolojisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(5), 544-565. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asead/issue/54658/713485>
- Özçelik, T. Ö. ve Cinöglü, F. (2013). Yalın felsefe ve bir otomotiv yan sanayi uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(23), 79-101. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ticaretibfd/issue/21363/229155>
- Ersöz, T., Sarız, K. ve Ersöz, F. (2020). Demir-çelik üretim hattında yalın üretim, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 801-826. Doi: <https://doi.org/10.29130/dubited.571724>

- Evans, J. R. ve Lindsay, W. M. (2002). *The management and control of quality*. Cincinnati, Ohio: South-western College Publishing.
- Gygi, C., Decarlo, N. ve Williams, B. (2005). *Six sigma for dummies*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing.
- Hoyur, G. (2001). *Sıfır hata ve hata önleme tekniği olarak Poke-Yoke*. (Endüstri Mühendisliği Proje 1). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ing Yi, L. ve Mohd Yusof, S. (2018). Product quality improvement through Poka Yoke technique, *Jurnal Mekanikal*, 23(1), 74-82. Erişim Adresi: <https://jurnalmekanikal.utm.my/index.php/jurnalmekanikal/article/view/170>
- Kayacık, S. (2010). *Yalın altı sigma metodolojisi ve tekstil sektöründe bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Kumar, G. P. ve Prasad, P. B. (2014). Machine vision based quality control: importance in pharmaceutical Industry, International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT-2014), 8, 30-35. Erişim Adresi: <https://research.ijcaonline.org/icict/number8/icict1491.pdf>
- Parlıtı, N. (2003). Müşteri memnuniyetinin sağlanmasında hatasız üretim aracı: poka yoke. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 143-152. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gaziuiibfd/issue/28346/301319>
- Pekin, E. ve Çil, İ. (2015). Kauçuk sektörü Poka-Yoke uygulaması, *Sakarya University Journal of Science*, 19(2), 163-170. Doi: <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.19905>
- Saurin, T. A., Ribeiro, J. L. D. ve Vidor, G. (2012). A framework for assessing Poka-Yoke devices, *Journal of Manufacturing Systems*, 31(3), 358-366. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.04.001>
- Shingo S. (1988). *Zero quality control: source inspection and the Poka-Yoke system*. Boca Raton, Florida: Productivity Press Inc.
- Shingo, S. (1997). *Mistake-proofing for operators the zqc system*. Oregon, Portland: Productivity Press Inc.
- Skotnicka-Zasadzień, B. (2020). Quality aspects of improving the production process effectiveness by eliminating critical defects. *Scientific Papers of the Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 144, 439-447. Doi: <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2020.144.36>
- Syarifuddin, S. ve Sofyan, D. K. (2016). Analisis biaya kehilangan (loss cost) dari produk air minum dalam kemasan (amdk) menggunakan metode Poka Yoke, *Jurnal Optimalisasi*, 2(3), 238-252. Erişim Adresi: <http://jurnal.utu.ac.id/joptimalisasi/article/view/209>

- Thareja, P. (2016). Poka Yoke: Poking into Mistakes for Total Quality!. *OmniScience: A Multi-disciplinary Journal*, 6(2), 1-8. Erişim Adresi: <https://www.stmjournals.com/index.php?journal=OSMJ&page=article&op=view&path%5B%5D=7725>
- Türkan, T. ve Görener, A. (2017). Süreç iyileştirme: vasıflı çelik üretim sektöründe bir uygulama, *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 23-40. Doi: <https://doi.org/10.17541/optimum.282050>
- Yaylagül, F. (2021). *Hata Önlemede Poka Yoke Yöntemi: İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Bir İşletme Uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Zerenler, M. ve Karaboğa, K. (2014). Müşteri memnuniyetinin sağlanmasında hataların önlenmesine yönelik üretim odaklı bir bakış açısı: poka-yoke sistemleri, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (31.1), 263-275. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/susbed/issue/61810/924778>
- Zhang, A. (2014). Quality improvement through Poka-Yoke: from engineering design to information system design. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 8(2), 147-159. Doi: <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2014.064260>