

Araştırma Makalesi/Research Article

**ENDÜSTRİ 4.0 BAĞLAMINDA ÜRETİM
SÜREÇLERİNDE YALIN DÖNÜŞÜM: JİDOKA
YÖNTEMİ**

Turgay YILDIRIM¹
Zafer YILDIRIM²

Geliş Tarihi: 20/02/2024
Kabul Tarihi: 31/03/2024

ÖZET

Jidoka, Toyota üretim sistemi içerisinde yer alan, üretim süreci içerisinde meydana gelen hatalarda süreci tamamen durdurabilme prensibiyle çalışan bir yöntemdir. Jidoka yöntemi, temelde muda olarak bilinen 7 temel israfı (hatalı üretim, fazla üretim, fazla stok, bekleme, gereksiz işler, gereksiz taşıma ve gereksiz hareketler) ortadan kaldırmaktadır. Jidoka aynı zamanda ürün kalitesinde de iyileştirmeler yapmaktadır. Böylece hem israfların getirmiş olduğu fazla maliyet engellenmekte hem de yüksek kaliteli ürünler elde edilmektedir. Tüm bunlara ek olarak hatayı yok etme temelli bir yaklaşım olduğu için çalışanların bilgi, tecrübe ve yeteneklerinden iyi şekilde istifade etmeye imkân tanınmaktadır. Bu yöntem, işletmelerde verimliliğin, kalitenin ve insana saygı kültürünün oluşmasında oldukça önemlidir. Yapılan çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 (yalın dönüşüm) bağlamında üretim yapan işletmelerde israf kaynaklarının neler olduğu, yalın üretimin bu süreçlerde neler yapabileceği, yalın üretimin işletmelere nasıl katkı sağlayabileceği ve Andon temelli Jidoka sisteminin kullanılmasıyla işletmeye sağlayacağı faydalar incelenmiştir. Çalışmanın yönteminde nitel araştırma tekniklerinden doküman incelemesi tercih edilmiştir. Bu kapsamda ikincil verilerden elde edilen bulguların ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda; Endüstri 4.0 bağlamında (yalın dönüşüm) Jidoka sisteminin işletmelerde kullanılmasının süreç, verimlilik,

¹ Doktora Öğrencisi, İnönü Üniversitesi, İşletme Bölümü, turgayyildiriimm@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2865-2599

² Doktora Öğrencisi, İnönü Üniversitesi, İşletme Bölümü, zaferyildiriimm@gmail.com, ORCID 0000-0002-7554-4112

Atıf: Yıldırım, T., & Yıldırım, Z. (2024). Endüstri 4.0 Bağlamında Üretim Süreçlerinde Yalın Dönüşüm: Jidoka Yöntemi. *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 8(1), 51-72.

karlılık ve kalite açısından faydaları olacağına değinilmiştir. Özellikle kitlesel üretim yapan işletmelerde süreç içerisinde meydana gelen hataların tespit edilmesi kolay değildir. Bu açıdan üretim süreçlerinde yalın sistemlerin kullanılması ile bu hataların tekrar etme olasılıkları azaltılabilmektedir. Yine işletmelerde yalın sistemlerin kullanılmasıyla süreç içerisinde herkesin katılımı benimsenmektedir. Böyle bir anlayışla hareket eden işletmelerin genel olarak daha başarılı bir üretim süreci gerçekleştirecekleri düşünülmektedir. Yapılan literatür araştırması neticesinde yerli kaynaklar içerisinde Endüstri 4.0 kapsamında yalın dönüşüm süreçlerini inceleyen çalışmaların nicel olarak az olduğu ve var olan çalışmaların da nitel açıdan yetersiz olduğu görülmüştür. Çalışmanın bu yönüyle literatüre büyük katkılar sağlayacağı ön görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Jidoka, Andon, Endüstri 4.0, Yalın Dönüşüm

Lean Transformation in Production Processes in The Context of Industry 4.0: Jidoka Method

ABSTRACT

Jidoka is a method within the Toyota production system that works on the principle of stopping the process completely in case of errors occurring during the production process. The Jidoka method basically eliminates 7 basic wastes known as muda (faulty production, overproduction, excess stock, waiting, unnecessary work, unnecessary transportation and unnecessary movements). Jidoka is also making improvements in product quality. In this way, excess costs caused by waste are prevented and high-quality products are obtained. In addition to all these, since it is an approach based on error elimination, it allows making good use of the knowledge, experience and abilities of employees. This method is very important in establishing a culture of efficiency, quality and respect for people in businesses. The purpose of the study is to examine what the sources of waste are in enterprises producing in the context of Industry 4.0 (lean transformation), what lean production can do in these processes, how lean production can contribute to enterprises, and the benefits it will provide to the enterprise by using the Andon-based Jidoka system. Document review, one of the qualitative research techniques, was preferred in the method of the study. In this context, a detailed evaluation of the findings obtained from secondary data was provided. As a result of the study; It has been mentioned that using the Jidoka system in businesses in the context of Industry 4.0 (lean transformation) will have benefits in terms of process, efficiency, profitability and quality. It is not easy to detect errors that occur during the process, especially in businesses that engage in mass production. In this respect, the possibility of repeating these errors can be reduced by using lean systems in production processes. Again, with the use of lean systems in businesses, everyone's participation in the process is adopted. It is thought that businesses that act with such an understanding will generally carry out a more successful production process. As a result of the literature research, it was seen that the studies examining lean transformation processes within the scope of Industry 4.0 among domestic sources were quantitatively few and the existing studies were qualitatively insufficient. It is anticipated that the study will make great contributions to the literature in this aspect.

Keywords: Lean Production, Jidoka, Andon, Industry 4.0, Lean Transformation

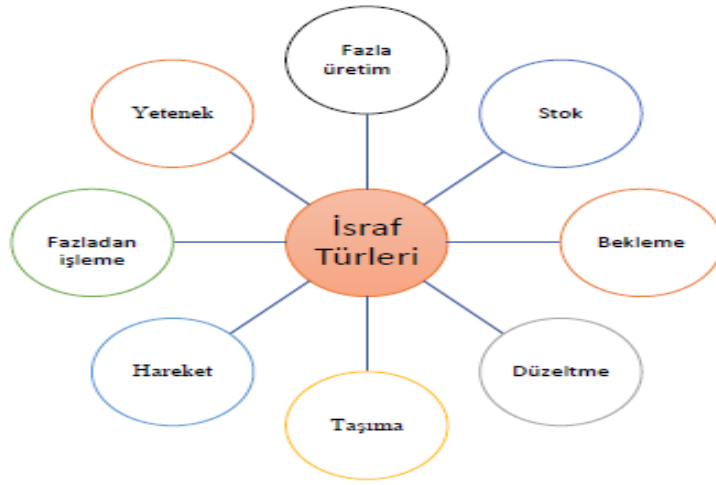
GİRİŞ

Sanayi devrimlerinin evrimi, insanlık tarihinde belirgin bir dönüşümü temsil etmektedir. Birinci Sanayi Devrimi, buharlı makinelerin icadı ve buhar gücünün yaygın kullanımı ile karakterizedir (Soylu, 2018). İkinci Sanayi Devrimi, özellikle çelik üretim yöntemlerinin gelişimi ve elektrik, içten yanmalı motorlar ve radyo gibi önemli buluşların ortaya çıkmasıyla dikkat çekmektedir. Üçüncü Sanayi Devrimi ise, bilgisayar destekli üretimin ve sayısallaşmanın hızla ilerlediği 1970'lerden 2010'a kadar olan dönemi kapsamaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi veya Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dönem, işletme süreçlerinin tamamen dijitalleşmesini sağlayan kavramlar olan Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti gibi teknolojik ilerlemeleri içermektedir. Bu dönemde, elektronik ve akıllı cihazlar ile bilgi teknolojilerinin gelişimi, üretim süreçlerini otomatik hale getirerek insan gücünün yerini makine gücüne bırakma imkanı sağlamıştır (Ning, vd., 2016).

Yalın üretim düşüncesi ve yalın üretim sistemleri, 1950'lerde ilk uygulanmaya başlanmasından bu yana üretim süreçlerinde israfa sebep olan faaliyetlerin tespit edilip, akabinde yalın üretim teknikleriyle bu israfların elimine edilmesi, kaliteden ödün vermeden maliyetlerin azaltılması ve rekabet avantajı elde edilmesini temel almıştır. Bu yolla olabildiğince en kısa sürede, en uygun fiyatla, müşterinin sesine kulak veren hatasız, en uygun şekilde üretim gerçekleştirmeyi hedeflemiş ve bu sayede hem bilimsel çevre, hem de üretim işletmeleri tarafından kabul görmüştür (Szmelter, 2012). Yalın üretim işletmeler için üretim süreçlerinde katma değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenerek ortadan kaldırılması ve müşteri ihtiyacının istenilen zamanda ve istenilen kalite düzeyinde minimum stok ile temin edilmesini kapsamaktadır. Bu kapsam da yalın kavramına ilişkin bilinç elde eden işletmeler kendi üretim işletmelerindeki süreçleri ayrıntılı şekilde analiz edebilmekte ve yalın üretime dayalı teknikler ile işletme performans düzeyini artırarak müşteri memnuniyetini yükseltmektedir (Patil vd., 2013).

Yalın üretim işletmelerde verimliliği geliştirmeye ve bir üretim süreci içerisinde yer alan israfların elimine edilmesine yardımcı olmaktadır (Ramekar vd., 2017). Bunu sağlamak için üretim süreçlerinde yer alan ve üretime değer katmayan mura-muri-muda (3M) olarak adlandırılan israfları

ortadan kaldırmak gerekmektedir. Aşağıda Şekil 1’de muda olarak bahsedilen israflar gösterilmektedir.



Şekil 1. İsrif Türleri (Womack ve Jones, 2003)

Toyota üretim sistemi israfı 7 kalem olmak üzere sınıflandırırken Japonya dışında kullanılan yalın üretim sistemleri içerisinde kullanılan ‘yetenek’ sekizinci israf olarak belirlenmiştir (Womack ve Jones, 2003). Yalın üretimde belirtilen sekiz israf türü Şekil 1 aracılığıyla gösterilmiştir.

Yapılan çalışma, ilk olarak işletme içerisinde ortaya çıkabilecek israflar yalın üretim sistemleri aracılığıyla açıklanmıştır. Daha sonra israfı engellemek için oluşturulan yalın üretim yöntemlerinden Jidoka ve Jidoka'nın faaliyet tekniği olan Andon sistemler ile ilgili bilgiler verilmiştir. Son olarak Endüstri 4.0'ın sanayi devrimi sonrası teknolojik getirileri açıklanarak Endüstri 4.0 kapsamında yalın dönüşüm açısından Jidoka ve Andon sistemlerin önemi ele alınmıştır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Endüstri 4.0 kavramı, 2011 yılında Almanya’da düzenlenen Hannover Fuarı'nda ortaya çıkan ve son yılların en önemli konularından birisi olmuştur. Almanya'nın ABD'nin ileri teknolojiye sahip şirketleriyle ve Çin'in düşük maliyetli işgücüne dayalı rekabetiyle başa çıkabilmesi amaçlanmıştır. Almanya Endüstri 4.0 ile ABD'nin teknolojik üstünlüğüne ve Çin'in daha az

maliyetli işgücü rekabetine karşı durmak istemiş ve küresel piyasalardaki yerini sağlamlaştırılmayı hedeflemiştir (Ghobakhloo, 2020).

Endüstri 4.0, değişen müşteri talepleri ve daha esnek üretim süreçlerine cevap vermek için üretim süreçlerinin yeniden şekillendirilmesi gerekliliğinden doğmuştur. Bu kavram, teknoloji kullanımını tüm iş alanlarında iyileştirerek üretimi arttırmayı, enerji tüketimini düşürmeyi, maliyetleri azaltmayı ve verimliliği arttırmayı hedefleyen bir kavramdır (Masood ve Sonntag, 2020). Bu nedenle gelişmiş ülkeler ekonomik avantajlar elde edebilmek için Endüstri 4.0 altyapılarını kurmaya başlamışlardır. Ancak Endüstri 4.0 sürecinin köklü değişikliklere yol açacağı göz önünde bulundurulurken, bu geçişi gerçekleştiren ülkelerin tüm alt yapılarını ve toplumu bu sürece hazırlamak için gerekli politikaları geliştirmeleri gerekmektedir (Raj vd., 2020).

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni dijital devrim, hayal edilen birçok ilerlemeyi somut uygulamalarla gündelik hayata taşımaya başlamıştır. Yüz tanıma sistemleri, sanal gerçeklik uygulamaları, drone'larla gerçekleştirilen teslimatlar, otonom robotlar, karanlık fabrikalar, dijital barkodlarla alınan sınıf yoklamaları, telefon uygulamaları ve evlerde herkesin istediği nesneyi üretebileceği 3D yazıcılar gibi etkileyici teknolojik gelişmeler, Endüstri 4.0'ın en belirgin getirileri olmaktadır (Jan vd., 2023). Endüstri 4.0, teknik ve üretim boyutlarının yanı sıra mobil internet, nesnelerin interneti, bulut bilişim, büyük veri ve ileri analitik teknikler gibi önemli teknolojileri de içermektedir. Bu kapsamlı yaklaşım, üretim sürecini bir bütün olarak ele almayı hedeflemektedir. Ayrıca; değer zincirinin tüm katılımcı kurumlarından gelen gerçek zamanlı bireysel müşteri taleplerini ve büyük verileri kullanmaktadır (Hahn, 2020).

Almanya ve Japonya gibi iki gelişmiş ülke, Endüstri 4.0'ı benimsemiş ve farklı yaklaşımlar sergilemiştir. Almanya, dijital tabanlı üretim modelini öne çıkarmıştır. Bu model, endüstrideki dijital dönüşüm ile insan gücü yerine akıllı makinelerin kullanılmasıyla yerli endüstrinin güçlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu şekilde, yabancı işgücü alımını azaltarak emek maliyeti baskılarını azaltacak ve rekabet avantajı elde ederek Çin ve ABD'nin baskısından kurtulacaktır (Veile vd., 2020). Japonya ise Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirliğini demografik faktörlere bağlamıştır. Nüfusun yaşlanmasıyla birlikte, Japonya "Toplum 5.0" yaklaşımını benimsemiştir. Bu yaklaşım,

demografik değişimlere yanıt olarak "Süper Akıllı Toplum" felsefesini benimsemekte ve Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde teknoloji ile insanın işbirliğini vurgulamaktadır. Bir Japon felsefesi haline gelen yalın üretim ve faktörleri de Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0'a geçişten kaçınılmaz olarak etkilenmiştir (Pereira vd., 2020).

Endüstriyel devrimlere olan ilgi, özellikle 2011 yılından sonra akademik düzeyde artmış olsa da, teknolojik dönüşümler ve geleceğin şekillenmesi konusu çok daha önce gündeme gelmiştir (Gharaibeh vd., 2024). Teknolojinin gelecekteki evrimi ve bu evrimin endüstrileri ve günlük yaşamı nasıl etkileyeceği, 90'lı yıllardan itibaren birçok araştırmacı ve tahminci tarafından inceleme altına alınmıştır. Buna bağlı olarak aşağıda Endüstri 4.0 ve yalın üretim faktörleri arasındaki ilişkiyi pekiştiren güncel literatür taramasına ait çalışmalar gösterilmiştir.

Walentynowicz ve Pienkowski (2025), çalışmalarında yalın felsefe içerisinde yer alan yalın yönetim ile Endüstri 4.0 üzerine ampirik bir çalışma yapmışlardır. Buna bağlı olarak Endüstri 4.0 yalın yönetim faaliyetlerini benimsemiş işletmelere nasıl destek sağlayabilir sorusu üzerine yoğunlaşmışlardır. Sonuç olarak yalın şirketler için Endüstri 4.0'ın faydalar sağladığını tespit etmişlerdir.

Koteswarapavan ve Pattanaik (2024), Just-in-Time, Jidoka ve Heijunka gibi gelenekselleşmiş yalın yöntemlerini Endüstri 4.0 ile birleştirerek Yalın 4.0 kavramı üzerine çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda nesnelere interneti, CPS, bulut bilişim, veri analitiği, katmanlı üretim, robot bilimi vb. gibi çeşitli Endüstri 4.0 teknolojilerinin yalın üretim felsefesi içerisinde sebep olacağı değişimleri incelemişlerdir.

Manurung vd. (2024), çalışmalarında yalın üretim kavramı ile ilgili yapılmış en güncel çalışmalar kapsamında bir literatür çalışması yapmayı hedeflemişlerdir. Bu kapsamda 2017 ve 2022 arası yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Sonuç olarak imalat şirketleri için yapılmış 33 makale incelenerek yalın üretimin yirmi bir tekniğinin, atık zamanı ortadan kaldırmak, süreç döngü sürelerini azaltmak ve süreç iyileştirmeyi uygulamak için problem çözmede etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca atıkların azaltılmasında en çok kullanılan metodolojinin Değer Akışı Haritalaması olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Gatell ve Avella (2024), çalışmalarında, Endüstri 4.0 ve Döngüsel Ekonominin Yalın Liderlik ve Yalın Kültür üzerindeki etkisini araştırmayı hedeflemişlerdir. Endüstri 4.0 ve Döngüsel Ekonominin Yalın Liderlik ve Yalın Kültür üzerindeki etkisine odaklanan sistematik bir literatür taraması ile en fazla saygı kültürü, kolektivizm, güç mesafesi ve yetki dağılımı, müşteri odaklılık ve performans odaklılık gibi kavramların Endüstri 4.0'dan etkilendiğini tespit etmişlerdir.

Kassem vd. (2024), çalışmalarında yalın üretim (LP) ile dördüncü sanayi devrimi (yani Endüstri 4.0) arasındaki etkileşimi tartışan mevcut literatürü gözden geçirerek bu kavramların altında yatan etkileşimi tespit etmek istemişlerdir. Sonuç olarak Yalın Evi'nin (HoL) sütunlarının Endüstri 4.0'ın dokuz teknolojik sütunuyla etkileşime giren bir temsili aracılığıyla gerçekleştiğini ortaya çıkarmışlardır.

Gerger (2023), çalışmasında endüstriye ve akademiye temel bir kılavuz görevi sağlamayı amaçlamıştır. Buna bağlı olarak Endüstri 4.0'ın dönüşüm metotlarından 'aşağıdan yukarıya yaklaşım' tercih ederek çalışmasını yürütmüştür. Sonuç olarak işletmelerin yalın yönetimi benimsemeden direk Endüstri 4.0'ı uygulamaması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Yürekli ve Schulz (2022), çalışmalarında Endüstri 4.0 ile yalın üretimin uyumluluğunu incelemişlerdir. Sistematik bir literatür analizi ile birlikte bulgular ve hipotezlere yol açan uzman görüşmelerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak iki kavramın karşılaştırmasının özellikle Jidoka üzerinde etkili sonuçlar doğurduğunu tespit etmişlerdir.

Deuse vd. (2020), çalışmalarında endüstride son yıllarda yerleşen yalın yöntemleri Endüstri 4.0 ile birlikte incelemişlerdir. Sonuç olarak yalın yöntemlerin her birinin Endüstri 4.0 ile tek tek karşılaştırarak değerlendirmesinin yapılmasını önermişlerdir. Yalın yöntemlerin hepsinin Endüstri 4.0'dan olumlu bir şekilde yararlanabileceklerini ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca yalın 4.0 ve Jidoka 4.0 gibi kavramların yalın işletmelerde kullanılmaya başlandığını tespit etmişlerdir.

Rosin vd. (2020), çalışmalarında Endüstri 4.0 teknolojilerinin yalın teknikler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak Endüstri 4.0'ın yalın tekniklerinden Tam Zamanında Üretim (Just in Time) ve Jidoka'nın

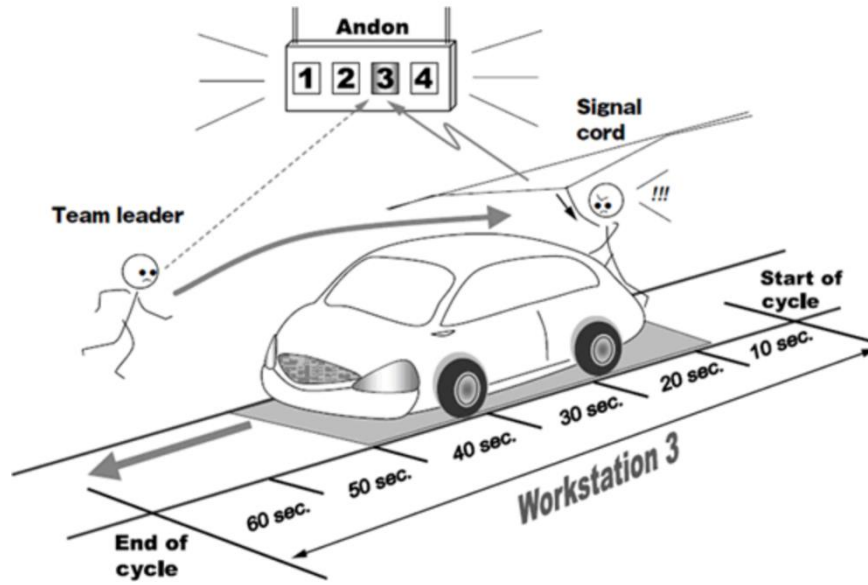
gelişimine optimum fayda sağladığını ancak insan faktörüne ve takım çalışmasına çok az fayda sağladığını tespit etmişlerdir.

Yapılan literatür çalışması sonucu ikincil verilerden elde edilen bulgulara göre, Jidoka ve diğer yalın teknikler ile Endüstri 4.0 arasındaki ilişkiyi inceleyen pekçok güncel yabancı çalışmanın var olduğu görülmektedir. Fakat Endüstri 4.0 bağlamında üretim süreçlerinde Jidoka sisteminin kullanılmasını açıklayan yeterli sayıda Türkçe güncel yayın bulunmaması bu çalışmanın yapılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu duruma bağlı olarak yapılan çalışma ile Jidoka ve Andon sistemlerin, Endüstri 4.0 ile olan etkileşimi kapsamında yalın dönüşüm içerisindeki önemi kavramsal olarak incelenmiştir. Yapılan çalışma sayesinde, üretim süreçlerinde kaliteden ödün verilmeden maliyetlerin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve rekabet avantajı elde edilebilmesi gibi önemli konularda Jidoka sisteminin kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu yönüyle, Jidoka yönteminin endüstri ve akademik alanda üretim süreçlerinde yer alması, yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

2. ANDON SİSTEMLER VE JİDOKA

Andon sistemler ilk olarak Toyota üretim sisteminde kullanılmıştır. Toyota süreç kalitesine büyük önem vermektedir. Böylece üretim süreci devam eden bir problem hakkında gerçek zamanlı veri elde etmek için kapsamlı bir sistem geliştirdi. İşte bu sistem, Andon sistemi olarak literatüre geçmiştir (Harris ve Harris, 2008:3).

Andon sistemler, üretim sürecinde makine arızaları, parça eksiklikleri gibi herhangi bir anormal durumda makine operatörlerine uyarı gönderme yeteneğine sahip olan sistemler bütünüdür. Bu sistemler bütünü genellikle sesli alarm, yanıp sönen ışıklar, LCD monitörler veya üretim hattını durdurmak için çekilebilen kordonlar gibi çeşitli araçlar kullanılarak tasarlanabilir. Bu sayede, operatörler hızlı bir şekilde sorunları tanımlayabilmekte ve üretim sürecindeki aksaklıklara anında müdahale edebilmektedirler. Bahsedilen görsel kontroller, üretim ortamında hattın durumunu, üretimin akışını izlemek için kullanılan mekanizmalardır (Zoroğlu ve Yıldız, 2013). Şekil 2'deki görselde Andon görseli yer almaktadır.



Şekil 2. Andon Sistemi (Shook, 2009)

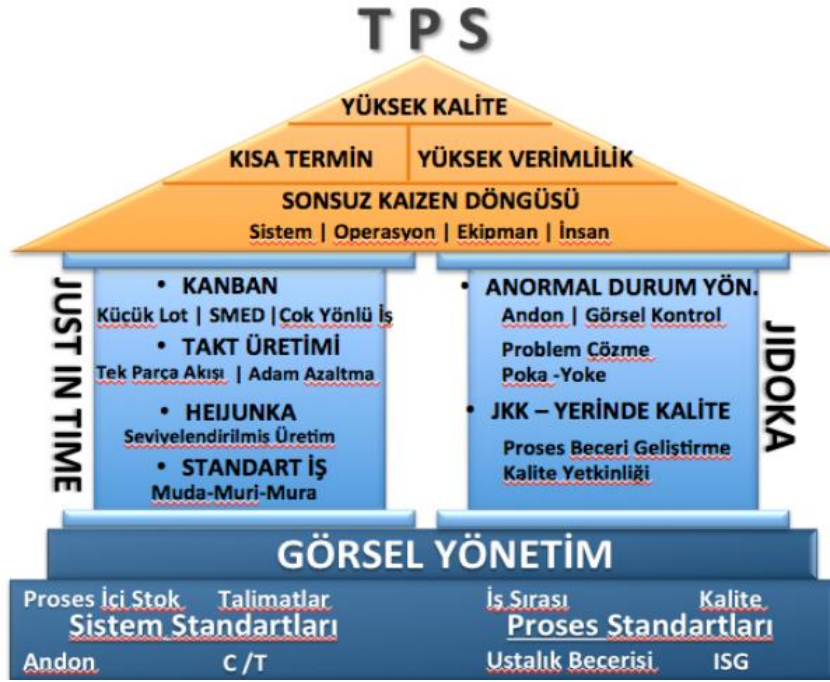
Üretim süreci içerisinde her hangi bir problem meydana geldiği zaman operatör Andon düğmesine bastığında, iş istasyonunda öncelikle sarı renkte ışık yanar, ancak hat hareket etmeye devam eder. Ekip sorumlusunun, Andon kırmızıya dönmeyen ve hat otomatik olarak durmadan önce, ürünün bir sonraki iş istasyonuna geçene kadar zamanı vardır. Bu süre içinde, ekip sorumlusu, sorunu hemen anında çözebilir veya araç diğer iş istasyonlarına doğru hareket ederken problemin çözüleceğini not edebilir ve hat durdurma işlemini iptal ederek düğmeye tekrar basabilir veya ekip lideri hattın durması gerektiği kanısına varabilir. Aynı zamanda ekip liderleri, Andon sisteminden gelen ikaz çağrılarını nasıl yanıt vereceği konusunda donanımlı bir eğitim almışlardır (Liker, 2004).

Just-In-Time (JIT) ile birlikte Toyota üretim sürecinin önemli bir parçası olan ve aynı zamanda otonomasyon olarak da bilinen Jidoka tekniğinin kökeni, Toyota'nın kurucusu Sakichi Toyoda tarafından kurulan Toyoda Eğirme ve Dokuma fabrikasına kadar uzanmaktadır (Danavoro vd., 2005). İkinci dünya savaşından kısa süre sonra, Taiichi Ohno ve Shigeo Shingo Toyota üretim sistemi üzerinde devrim yapan bir fikir ile ortaya çıkmışlardır. Görünebilir başarıları nedeniyle fikirleri batı dünyasına başarı ile

aktarılmıştır. Toyota üretim sistemi müşteriye kulak vererek müşteri için değer yaratmayan her bir aşamanın üretim sürecinden yok edilmesini hedeflemektedir (Danovaro vd., 2008). Toyota Üretim Sistemi'nin bu fikri, israfın tamamen ortadan kaldırılmasıyla ilişkilidir. Bu fikrin dayandığı iki temel taş (tam zamanında üretim) ve otonomasyon (Jidoka) (Ohno, 1996). Jidoka, üç Çince karakter olan Ji-do-ka'dan oluşan Japonca bir kelimedir. Birincisi, "ji" çalışandır. Yanlış bir şey veya kusur varsa, işçi üretim hattını durdurmalıdır. "do", hattı durdurma hareketini ve "ka" eylemi ifade eder. Hepsini birlikte ele alındığında Jidoka, Toyota üretim sisteminde insan beynine sahip otomasyon olarak ifade edilmektedir (Goforth, 2007).

Jidoka, hatalı ürünlerin üretilmesi durumunda, makinenin otomatik olarak operasyonu durdurarak birden fazla hatalı ürünün üretilmesini engellemektedir. Bu sayede, kalitesiz ürünlerin üretimi önlenmektedir (Deuse vd., 2020:5).

Jidoka yalnız üretimin iki taşıyıcı kolonundan birisidir. Şekil 3'de görüldüğü üzere Jidoka sistemi sıfır hata ile üretim tam zamanlı üretim JIT ile yalnız üretim evini tutan iki sütundan birisidir. Üretim bandında herhangi bir hataya mani vermeden sıfır hatalı ve kaliteli üretim yapmaya odaklanır.



Şekil 3. Yalın Üretim Evi (gembapartner.com, 2024, erişim: 12.02.2024)

Ohno (1996) Just-In-Time (JIT) için, tüm üretim faaliyetleri içerisinde ihtiyaç duyulan her türlü parçanın doğru zamanda doğru yerde ve doğru miktarda temin edilmesi tanımını yapmıştır. JIT' in temel amacı, üretim akışının yürütülmesinde gereksiz stoğa olan yatırımı elimine etmektir. Toyota fabrikasında çalışan personeller JIT'i ilk kez hayata geçirirken o zamana kadar kullanmış oldukları klasik üretim sistemlerinin verimsiz olduklarını keşfettiler. Üretim faaliyetlerinin daha başında meydana gelen küçük bir sorun bile sonuç olarak kusurlu ürün üretimiyle sonuçlanıyordu. Bu sorunu çözebilmek için JIT hayata geçirildi (Aksoy, 2019:356-357).

Otomasyon, üretim sürecinde makinelerin kullanılmasıdır. Otonomasyon ise, makinelerin faaliyette bulunduğu her aşamada insan faktörünün süreç içerisinde yer almasıdır. Böylece üretim sırasında makinelerin hataları tespit etmesi ve arızalı üretimin devam etmesi yerine işlemi durdurması otomasyon için beklenen bir özellik olmaktadır. Literatürde Poka-Yoke ile Jidoka sistemi zaman zaman karıştırılmaktadır.

Ancak, bu iki sistem arasındaki en belirgin fark, hatanın ortaya çıktığı yani tespit edildiği aşamadır. Jidoka, üretim sırasında ortaya çıkan problemlere müdahale ederken, Poka-Yoke ise insani faktörlerden dolayı ortaya çıkacak muhtemel sorunları önceden tespit ederek çözmeye çalışmaktadır (Erdoğan vd, 2006:197). Geçmişten günümüze üretim süreçlerinin Jidokaya doğru dönüşümü aşağıda şekil 4’ te gösterilmiştir.



Şekil 4. Jidokaya Doğru Evrim (Marchwinski ve Shook, 2008:45)

Jidokanın temel amacı, kalite problemlerini erken aşamalarda keşfetmek, kök nedenleri üzerine odaklanarak gelecekte ortaya çıkabilecek problemlerin tekrar ortaya çıkma olasılığını ortadan kaldırmaktır (Soliman, 2016).

Jidoka kültürü, üretim süreci içerisinde yer alan problemi çözmek için durdurma kültürünün teşvik edilmesi ve çalışanların problemlerin çözümünde yer almasına imkân tanımaktadır (Burlikowska ve Szewieczek, 2009). Kısa vadede karlılığı ve verimi olumsuz yönde etkilese de uzun vadede üretkenlik, verimlilik ve karlılık sağlamaktadır. Çünkü üretim sürecinde yer alan bir kusurun üretim sonrası ürüne dâhil edilmesi müşteriye karşı olumsuz bir durumdur (Soliman, 2020).

Toyota, üretim süreçleri içerisinde üç önemli kavramın geliştirilmesine imkân sağlamıştır. Bunlar; uygun maliyet, kaliteli ürün ve kısa zamanda teslimat olarak karşımıza çıkmaktadır.

Jidoka yöntemi kendi içerisinde çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bu aşamalar (Ma vd.,2017:5):

- Anormalliğin tespit edilmesi,
- Üretim hattının durdurulması,
- Durumun acil bir şekilde incelenmeye alınması,
- Kök nedenin araştırılması,
- Karşı önlemin kurulması.

Jidoka yöntemi, sürecin otonom bir şekilde düzeltilmesini sağlamak için sensörler veya mekanik prensipler kullanır ve kalite gereksinimlerine ilişkin proses çıktısında bir sapma meydana geldiğinde, sensörler tarafından algılanır ve otomatik olarak durmaya neden olur. Bir kusur durumunda sürecin otomatik olarak durdurulması, çalışanın aynı anda birkaç makineyi çalıştırmasına veya izlemesine olanak tanır (Deuse vd.,2020:5).

Jidoka tekniği aşağıdaki temel özelliklere sahiptir (Hinckley, 2007:225):

- Çalışanlar ile makinaların çalışmaları ayırt edilir,
- Ekipman ve makinalar bağımsız olarak çalışır,
- Ekipmanın kurulumu, yüklenmesi ve boşaltılması hatalara karşı korumalıdır.

Jidoka sadece üretim sürecinde katma değer yaratmayan, israfa sebep olan faktörlerin ortadan kaldırılmasıyla yüksek kaliteli ürünler üretmenin ötesinde, insana saygı kültürünü de geliştiren ve bireylerin yeteneklerine göre mevcut araçları, metotları doğru zamanda mevcut problemi çözmek üzere kullanan temel bir değerdir. Yalın anlayışa da bu şekilde yaklaşmak gerekmektedir. Toyota'yı yalın model olarak kullanan ve Toyota'nın üretim süreçlerini kendi süreçlerine rol model olarak seçen şirketlerin kendi faaliyetlerinin sonunda başarısızlık yaşadığı durumları anlamaya ve çözümler üretmesine yardım eder.

- Jidoka sistemin başarılı bir şekilde uygulanmasıyla birlikte üretim süreçlerinde aşağıdaki gelişmeler sağlanmaktadır (Yazgan vd., 1998:131):
- İşgücü sayısındaki azalma, maliyetlerin düşmesine olanak tanyacaktır.

- Talep değişimlerine uyum sağlama becerisinin artması ile birlikte esneklik ve verimlilik de artacaktır.
- İnsana saygı kültürünün gelişmesi, çalışan memnuniyetini artıracak ve işyerinde çalışma ortamının iyileştirilmesine olanak tanıyacaktır.
- Hasarlı parça veya makinelerin düzgün bir şekilde çalışması, üretim sürekliliğini sağlayacak ve kaliteyi artıracaktır.
- Çalışanların başka operatörler tarafından denetimine gerek kalınmaması, operasyonel verimliliği artıracak buna bağlı olarak olası zaman kayıplarını minimize edecektir.
- Hurda veya iade oranının azalması, üretim sürecinin daha verimli ve ekonomik olmasını sağlayacaktır.

SONUÇ

2011’de düzenlenen Hannover Fuarı’nda temelleri atılan Endüstri 4.0 kavramı son yılların en tartışılan konularından birisi olmuştur. Almanya’nın geliştirdiği ve daha sonra Japonya ile birlikte en büyük uygulayıcıları olduğu Endüstri 4.0 kısaca internet ve yapay zekanın üretim süreçlerine entegre edilmesiyle uygulanmaktadır. Otonom robotlar, yüz tanıma sistemleri, karanlık fabrikalar, karanlık depolar ve drone’lar ile teslimat faaliyetleri gibi üretim faaliyetleri Endüstri 4.0’ın en belirgin getirileridirler (Üstündağ ve Cevikcan, 2017; Ortiz, 2020). Endüstri 4.0’ın ilk uygulayıcıları olan Almanlar, internet ve yapay zeka ile oluşturulan akıllı fabrikalar ile üretimde insan faktörünü minimize ederek üretim yapılmasını sağlamıştır. Japonlar ise insana saygı ilkesini benimsedikleri yalın üretim felsefesi kapsamında Endüstri 4.0’ın getirilerini insan ve teknoloji ortaklığıyla kullanmaya başlamışlardır (Riminucci, 2018). Yalın üretim tekniklerinden olan Jidoka, üretim süreçlerinde yaşanacak hataları ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Jidoka’nın yürütme sistemi olan Andon sistemler ile üretim süreçlerinde veya ürün çıktılarında yaşanan hatalar erken uyarı sistemleri ve sensörler aracılığıyla tespit edilerek üretimin otomatik olarak durmasına neden olmaktadır. Durma işlemi problem çözülene kadar devam etmektedir. Böylece sıfır hatalı üretim gerçekleştirilir (Karekatti ve Jana, 2021).Yapı itibariyle otonomasyon sistemlerden oluşan ve teknolojinin çok gerekli bir

unsur olduğu Jidoka ve Andon sistemlerin Endüstri 4.0'dan etkilenmemesi imkânsızdır.

Yapılan çalışmada öncelikle yalın üretim faaliyetleri içerisinde ortaya çıkabilecek israfların tanımı yapılmıştır. Daha sonra Yalın Ev'in iki kolonundan birisi olan üretim hatalarını engellemeye yönelik faaliyet gösteren Jidoka ve Jidoka'nın çalışma aracı olan Andon sistemlerin Endüstri 4.0 kapsamında öneminden bahsedilmiştir. Sonuç olarak, yalın dönüşüm kapsamında Endüstri 4.0'ın Jidoka ve Andon sistemler ile kolayca adapte edilebilen olumlu bir etkileşim içerisinde olduğu böylece işletmelerde, etkinlik ve verimlilik artışını olumlu etkileyebileceği ortaya konmuştur. Elde edilen kavramsal sonuçlar literatürde yer alan ampirik çalışmalar ile desteklenecek olursa; Manurung ve diğerleri (2024) yalın üretimde en fazla atık zamanı ortadan kaldırmak, süreç döngü sürelerini azaltmak ve süreç iyileştirme faaliyetlerinin gerçekleşmesini sağlamanın gerektiğini belirtmişlerdir. Tüm bu iyileştirmeleri optimize etmek ve geliştirmek adına Koteswarapavan ve Pattanaik (2024), Endüstri 4.0 kazanımları olan nesnelere interneti, CPS, bulut bilişim, veri analitiği, katmanlı üretim, robot bilimi vb. gibi çeşitli araçların yalın üretim felsefesi içerisinde köklü değişimlere sebep olabileceğini tespit etmişlerdir. Böylece süreç iyileştirmelerini ve atıl sürelerin azalmasını hedefleyen Jidoka ve Andon sistemlerde Endüstri 4.0 teknolojisinin çok gerekli olduğu görüşü önem kazanmaktadır. Buna bağlı olarak teknolojik gereksinim kapsamında Endüstri 4.0'ın Jidoka ve Andon sistemlerde kullanılması için Rosin ve diğerlerinin (2020) çalışmaları incelenmiş ve sonuç olarak Endüstri 4.0'ın Just in Time ile birlikte Jidoka'yı da etkilediğini ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak Walentynowicz ve Pienkowski (2025), çalışmalarında bu savı destekleyen sonuçlar elde etmişlerdir. Deuse ve diğerleri (2020) ise Endüstri 4.0'ın yalın tekniklerinin hepsi ile etkileşim içinde olabileceğini ortaya koymuşlar ve bu etkileşimin ötesinde iki kavramın bir araya gelerek Jidoka 4.0 kavramını oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Kassem ve diğerleri (2024), bu etkileşimin Endüstri 4.0'ın dokuz teknolojik sütunuyla bütünleşik halde gerçekleşeceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Endüstri 4.0 ile yalın üretim etkileşiminin daha başarılı olması için öncelikle etkileşime yalın tekniklerinden olan yalın yönetim ile başlanması gerektiği yine literatürde yapılan çalışmalar aracılığıyla anlaşılmaktadır (Rosin vd., 2020; Gerger, 2023). Buna destek olarak Gatell ve Avella (2024), yalın liderlik ve yalın kültür kapsamında Endüstri 4.0'ın en

fazla saygı kültürü, kolektivizm, güç mesafesi ve yetki dağılımı, müşteri odaklılık ve performans odaklılık gibi kavramları etkilediğini ortaya koymuşlardır. Böylece yalın üretim kapsamında Endüstri 4.0'ın Jidoka ve Andon sistemler ile etkileşiminin aslında yalın yönetim ile başlayarak tüm yalın tekniklerin başarılı bir şekilde Endüstri 4.0'a uyarlanması ile oluşacağı da ortaya çıkmaktadır.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa; üretim süreçlerinde yalın üretim tekniklerinin kullanılması ile süreç içerisinde etkinlik, verimlilik, karlılık ve kalite gibi önemli kriterlerin geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği sağlanacaktır. Yine üretim süreci içerisinde meydana gelen hataların tekrar etme ihtimalleri önemli oranda azalacaktır. Böylelikle işletmelerde sürdürülebilir bir üretim anlayışının oluşmasına katkı sağlayacaktır. Yine işletmelerde yalın üretim yöntemlerinin kullanılmasıyla örgüt içerisinde herkesin bilgi, tecrübe ve deneyimlerinden yararlanılarak daha başarılı bir üretim süreci gerçekleştirileceği düşünülmektedir. Yapılan literatür araştırması neticesinde var olan çalışmaların sayıca az ve kapsam açısından yetersiz olması bu çalışmanın yapılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu görüş çerçevesinde, gelecek dönemlerde üretim alanında yapılacak çalışmaların yalın üretim, yalın üretim teknikleri kullanılarak yapılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca yapılacak çalışmaların teorik kapsamın yanı sıra akademik ve endüstri iş birliğinde imalat işletmelerinden faydalanılarak yapılması yalın üretim kavramının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

AKSOY, S., (2019). “İleri Üretim Teknolojileri ve Andon Uyarı Sistemleri”, *Journal of Academic Value Studies*, Vol:5, Issue:3; pp: 352-366 (ISSN:2149-8598).

DANOVARO, E., JANES, A., SUCCİ, G. (2008). Jidoka in Software Development. *Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications, OOPSLA*, 827–830.

DEUSE, J., DOMBROWSKI, U., NÖHRİNG, F., MAZAROV, J., DİX, Y. (2020). Systematic combination of Lean Management with digitalization to improve production systems on the example of Jidoka

4.0. *International Journal of Engineering Business Management*, 12, 1847979020951351.

DUDEK-BURLIKOWSKA, M., SZEWIECZEK, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 36(1), 95-102.

ERDOĞAN, Z., HAŞİT, G., TAŞER, A. (2006). Tam Zamanlı Üretim Sisteminin Kütahya İlinde Seramik Üretimi Yapan Kobiler’de Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (19), 191–212.

GATELL, I. S., AVELLA, L. (2024). Impact of Industry 4.0 and circular economy on lean culture and leadership: Assessing digital green lean as a new concept. *European Research on Management and Business Economics*, 30(1), 100232.

GEMBAPARTNER.COM. (2024). TPS ve Yalın Üretim Uygulamaları. <https://www.gembapartner.com/portfolio/tps-yalin-uretim/>, Erş. Tar. 12.02.2024.

GERGER, A. (2023). Aşağıdan Yukarıya Endüstri 4.0 Dönüşüm Yaklaşımı: Yalın Yönetim. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 908-930.

GHARAİBEH, L., ERİKSSON, K. M., LANTZ, B., MATARNEH, S., ELGHAİSH, F. (2024). Toward digital construction supply chain-based Industry 4.0 solutions: scientometric-thematic analysis. *Smart and Sustainable Built Environment*, 13(1), 42-62.

GHOBAKHLOO, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252, 119869.

HAHN, G. J. (2020). Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1425-1441.

HARRİS, C., HARRİS, R. (2008). *Lean Connections: Making Information Flow Efficiently and Effectively*. New York: CRC Press.

HINCKLEY, C. M. (2007). Combining Mistake-Proofing and Jidoka to Achieve World Class Quality in Clinical Chemistry. *Accreditation and Quality Assurance*, 12(5), 223–230.

JAN, Z., AHAMED, F., MAYER, W., PATEL, N., GROSSMANN, G., STUMPTNER, M., KUUSK, A. (2023). Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities. *Expert Systems with Applications*, 216, 119456.

KAREKATTİ, C., JANA, P. (2021). *Autonomation. In Lean Tools in Apparel Manufacturing*, Woodhead Publishing.

KASSEM, B., CALLUPE, M., ROSSİ, M., ROSSİNİ, M., PORTİOLİ-STAUDACHER, A. (2024). Lean 4.0: a systematic literature review on the interaction between lean production and industry 4.0 pillars. *Journal of Manufacturing Technology Management*.

KOTESWARAPAVAN, C., PATTANAİK, L. N. (2024). A novel tool-input-process-output (TIPO) framework for upgrading to lean 4.0. *International Journal of Production Management and Engineering*, 12(1), 65-77.

LİKER, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Florida: CWL Publishing Enterprises.

MA, J., WANG, Q., ZHAO, Z. (2017). SLAE–CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies. *Sensors (Switzerland)*, 17(7), 1–22.

MANURUNG, M., ANİZAR, A., ISHAK, A. (2024). Implementation of Lean Manufacturing Methodology and Its Application: A Literature Review. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 26(1), 35-46.

MARCHWINSKI, C., SHOOK, J. (2008). *Yalın Kavramlar Sözlüğü*. İstanbul: Optimist Yayınları.

MASOOD, T., SONNTAG, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121, 103261.

NİNG, H., LİU, H., MA, J., YANG, L. T. HUANG, R. (2016). Cybermatics: Cyber-physical-socialthinking hyperspace based science and technology, *Future Generation Computer Systems*, 56, 504-522.

OFORTH, K. A. (2007). Adapting Lean Manufacturing Principles To the Textile Industry. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, North Carolina State University, Raleigh.

OHNO, T. (1996). *Toyota Ruhu*. İstanbul: Melisa Matbaacılık.

ORTÍZ, J. H. (2020). *Industry 4.0: Current status and future trends*.

PATIL, P., PARIT, S., 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.

PEREIRA, A. G., LIMA, T. M., SANTOS, F. C. (2020). Industry 4.0 and Society 5.0: opportunities and threats. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(5), 3305-3308.

RAJ, A., DWİVEDİ, G., SHARMA, A., de SOUSA JABBOUR, A. B. L., RAJAK, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546.

RİMİNUCCİ, M. (2018). Industry 4.0 and human resources development: A view from Japan. *E-Journal of International and Comparative Labour Studies*.

ROSİN, F., FORGET, P., LAMOURİ, S., PELLERİN, R. (2020). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1644-1661.

SHOOK, J. (2009). Five Missing Pieces In Your Standardized Work. <https://www.lean.org/shook/displayobject.cfm?o=1321>, Erş. Tar. 12.02.2024.

SOLİMAN, M. (2016). Jidoka-The Missing Pillar. Available at SSRN 3365343.

SOLİMAN, M. (2020). Jidoka: The Toyota Principle of Building Quality into the Process.

SOYLU, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 32, 43-57.

SZMELTER, A. (2012). Jidoka as an example of Kaizen techniques of minimizing the logistics costs of mass production companies. *Transp. Econ. Logist.*

ÜSTUNDAĞ, A., CEVİKCAN, E. (2017). *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Springer.

VEİLE, J. W., KİEL, D., MÜLLER, J. M., VOİGT, K. I. (2020). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 977-997.

WALENTYNOWİCZ, P., PIENKOWSKI, M. (2025). Application of Industry 4.0 technologies to support lean companies. *Education Excellence and Innovation Management: A*, 2025, 17414-17423.

WOMACK, J.P. JONES, D.T. (2003). *Lean Thinking*. London: Simon & Schuster.

YAZGAN, H., SARI, Ö., SERİ, V. (1998). Features of the Toyota Production System. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 129-134

YÜREKLİ, S., SCHULZ, C. (2022). Compatibility, opportunities and challenges in the combination of Industry 4.0 and Lean Production. *Logist. Res*, 15, 14.

ZOROĞLU, B., YILDIZ, M. S. (2013). Bir Otomobil Yan Sanayi Fabrikasında Andon Sistemi Uygulaması. 13. *Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 186–192.

