

ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ ÜRETİM SÜREÇLERİNE ETKİSİ

Mustafa SOBA¹

Emine AKAR²

Özet

Günümüzde hem teknolojinin gelişimine bağlı olarak hem de ülkeler arasındaki sınırların kalkmasıyla birlikte her alanda meydana gelen beklenen ya da beklenmeyen ani değişimler, üretim biçimlerine yansıdığı gibi tüketici istek ve beklentilerine de yansımaktadır. Dolayısıyla firmalar tüketici istek ve ihtiyaçlarına anında cevap verebilmek için teknolojinin sunmuş olduğu imkânları en iyi şekilde kullanarak yaşanan değişimlere uyum sağlayabilmelidir. Bu da firmaların esnek ve çevik olması gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Özellikle günümüzde içerisinde bulunan olumsuz koşullar karşısında firmaların uygulamış oldukları stratejiler daha da önem kazanmaktadır. Dolayısıyla bu araştırmanın çıkış noktası firmaların yoğun rekabet ortamında karşılaştıkları güçlükler karşısında maliyetlerinin minimum seviyelere inmesinde ve kaliteli hizmet sunumunun sağlanmasında önemli olan Endüstri 4.0 ve yalın üretim, yalın düşünce, altı sigma gibi kavramların öneminin vurgulanmasıdır. Buradan hareketle, bu çalışmada firmaların küresel ortamda başarıyı yakalayabilmesi doğru stratejiler belirlenerek, doğru zamanda ve esnek bir yapıyla hareket etmesine bağlı olduğu sonucu vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Üretim Yönetimi, Yalın Süreçler

¹ Doç. Dr. Uşak Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme, mustafa.soba@usak.edu.tr,

² Yüksek Lisans Öğr. Uşak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme YL, e.akar1993@hotmail.com

EFFECT OF INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS ON PRODUCTION PROCESSES

Abstract

Currently expected or unexpected changes occurring in all areas, which both are depending on the technological development and on expanding the borders between countries, are reflected in forms of production as well as in consumer desires and expectations. Therefore companies should have the ability to adapt to changes, experienced by using technological opportunities in the best way in order to respond instantly to consumer demands and needs. This in turn reveals the fact that firms should react more flexible and agile especially in poor conditions, the strategies applied by companies are more relevant. The starting point of this research is emphasizing the importance of concepts such as Industry 4.0 and lean manufacturing, lean thinking and Six Sigma, for firms in intense competition handling against in difficulties at minimum level of costs delivery and offering quality service. Thus, in this study, companies success in the global environment, determined by the right strategies, the result is emphasized on acting at the right time within a flexible structure.

Key words: Industry 4.0, Production Management, Lean Processes

GİRİŞ

Steve Jobs: "Innovation distinguishes between a leader and follower."

Yenilikler, insanları her zaman ileriye götüren gelecek için yeni yaklaşımlar ve iyileştirmeler için sürekli çabanın sonucudur. Şirketlerin rekabet gücü için merkezi bir başlangıç noktası olarak, özellikle dinamik bir rekabet ortamında, yenilikler tüm ekonomik ve endüstriyel sektörleri sürekli olarak değiştirmektedir. Daralan yenilik potansiyeli ve ürün yaşam döngüleri karşısında artan zorluklar ve artan maliyet baskısı ile birlikte müşteriye özel gereksinimlerdeki artış, değer yaratma ağlarını küreselleşme ve ağ oluşturma bağlamında giderek daha dinamik ve karmaşık hale getirmektedir. Ekonominin ve toplumun dijitalleşmesinin yanı sıra internet alanındaki gelişmelerin de etkisiyle, gerçek ve sanal dünya giderek birbirleriyle birleşmektedir. Mevcut teknolojiler ve mevcut iş süreçleri üzerindeki ilişkili etkiler, endüstriyel çekirdek süreçlerde önemli bir potansiyele neden olmakla birlikte, endüstriyel üretim için de büyük zorluklar oluşturmaktadır. Bu yeni gereksinimleri karşılamak için üretimi modern bilgi ve iletişim teknolojileriyle entegre etmek gerekecektir. Bu, ekonomiyi Endüstri 4.0 olarak da bilinen dördüncü sanayi devriminin eşiğine getiriyor.

Genel olarak, tüketicilere daha iyi ulaşmak ve onları etkilemek için yeni teknolojilerin nasıl kullanılacağı ile ilgilenir. Bu hem B2C'yi (Business to Consumer) hem de B2B (Business to Business) alanını kapsamaktadır. Yeni dijital trendlerin hızlı gelişimi, mevcut şirketleri değişime zorlamaktadır.

1. KAVRAMSAL OLARAK ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0 terimi, geleceğin sanayi üretimi anlamına gelir. Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde, değer yaratma süreçleri, kendi kendini kontrol etmek ve endüstriyel üretimi optimizasyon amacıyla şirketler arasında dijitalleştirilmeli ve ağa bağlanmalıdır.

İnovasyon'un günde güne artan hızı, şirketler üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Gerçek ve sanal dünyalar birleşerek ve entegrasyon sağlanmaktadır. Aşılması gereken zorluk ise, insanı ve teknolojiyi iş süreçlerinde akıllı olarak birleştirmektir.

Almanya, yenilikçi üretim teknolojilerinin, güçlü mekanik ve tesis mühendisliği, dünya çapında önemli Bilgi Teknolojileri yetkinliği ve gömülü sistemler ve otomasyon teknolojisindeki bilgi birikimi ile, üretim teknolojisindeki lider konumunu genişletmek için en iyi ön koşullara sahiptir.

Endüstri 4.0'ın gelişimi sadece rekabet gücünü artırmakla kalmayarak, aynı zamanda kaynak ve enerji verimliliği gibi küresel zorlukların ve demografik değişimin şekillendirilmesi gibi ulusal zorlukların üstesinden gelmesine de yol açmaktadır. Teknik ve sosyal inovasyon süreçleri arasındaki etkileşimi optimize etmek, tüm dünyada rekabet edebilirliğe ve verimliliğe önemli bir katkı sağlamaktadır (Technikzukunft. Vorausdenken – Erstellen - Bewerten, 2012).

Almanya, dünya çapında en rekabetçi endüstriyel ülkelerden biridir. Bunun nedeni ise, iş paylaşımı ve coğrafik olarak dağıtılmış endüstriyel süreçleri kontrol etme yeteneğidir. Bu amaçla, bilgi ve iletişim teknolojileri uzun yıllardır başarıyla kullanılmaktadır. Bugün tüm endüstriyel üretim süreçlerinin yaklaşık yüzde 90'ı bilgi teknolojileri tarafından desteklenmektedir. Mekanizasyon ve elektrifikasyondan sonrasında, yaklaşık 30 yıl süren bilgisayarlaşma, ilk iki endüstriyel devrimle karşılaştırılabilir olan yaşam ve çalışma dünyamızın radikal bir dönüşümüne yol açmıştır. Bilgisayarlar akıllı cihazlara dönüştü. Aynı zamanda, BT altyapıları ve hizmetleri giderek akıllı ağlar (Bulut Bilişim) aracılığıyla sağlanmaktadır. İlerleyen minyatür ve internetin başarılı sonucu ile birlikte, bu eğilim her alanda bilgisayar destekli olmasına yol açmaya devam etmektedir. Otonom, yüksek performanslı mikrobilgisayarlar (gömülü sistemler) birbirleriyle ve internet ile kablosuz olarak giderek daha fazla ağa bağlanmaktadır: Bu, endüstriyi de etkileyen

kaynakları, bilgileri, nesnelere ve insanları ilk kez ağ kurmayı mümkün kılar: Nesnelere interneti. Bu teknolojik evrim, üretim açısından sanayileşme sürecinin dördüncü aşaması olarak değerlendirilebilir.

Tablo. 1: Endüstri 4.0'ın SWOT Analizi

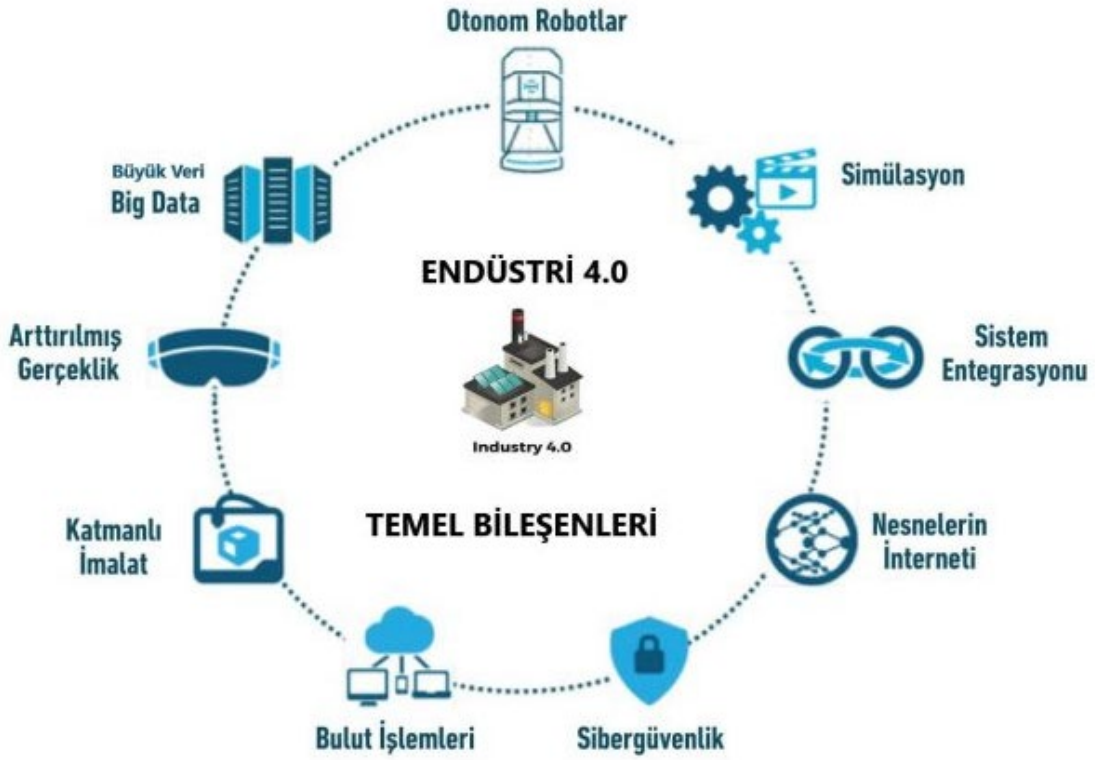
İç Perspektif	
GÜÇLÜ YÖNLER	ZAYIF YÖNLER
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Yüksek hassasiyet ve kaliteye yol açan süreç verimliliği ▪ Piyasa eğilimine cevap verme esnekliği ▪ Daha Az İnsan Müdahalesi ▪ Düşük üretim maliyetleri ▪ Yalın süreç ▪ Kolay kontrol mekanizması ▪ Uluslararası ortak üretim girişimleri 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sermaye eksikliği ▪ Yönetimsel becerilerin eksikliği ▪ Uygulama, geliştirme ve sürdürme maliyetleri yüksek ve karmaşıktır ▪ Tüm sektörler için uygun değildir ▪ Daha az işgücüne ihtiyaç vardır ▪ Yetenekli işgücüne ihtiyaç vardır ▪ Endüstri 4.0 başında - "bebek" hataları korkusu
Dış Perspektif	
FIRSATLAR	TEHDİTLER
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Süreç verimliliği nedeniyle rekabet avantajı ▪ Güçlü iç piyasa potansiyeli ▪ Taşeronluk piyasalarının artması ▪ Bilgiye dayalı Sanayi ▪ Esneklik, üretim çalışmaları için kilit faktör olarak kalır 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Düşük hata seviyesi beklentileri – çalışanlardan ▪ Siber güvenlik, entelektüel özellikler, veri gizliliği ▪ Dış kaynak tehdidi ▪ Çevresel risk olarak E-ticaret "getiri oranı"

Kaynak: (Ötleş & vd., 2016)

1.1. Endüstri 4.0 Bileşenleri

“Endüstri 4.0’ı kavrayabilmek için öncelikle bu yapıyı oluşturan temel bileşenleri tanımamız anlamamız gerekmektedir.”

Bu bileşenlerden bazıları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 1: Endüstri 4.0 Bileşenleri

(<https://www.buraksen.com/endustri-40-temel-bilesenleri/>)

1.1.1. Internet of Things: Nesnelerin İnterneti

Kısa bir zaman içerisinde internet insanoğlunun çalışma, yaşam, öğrenme gibi yetilerine farklı bir boyut kazandırmıştır. Internet of Things (IoT) ise bunu akıllı ev, akıllı şehir, akıllı stadyum gibi daha farklı bir boyuta taşımaktadır. İnternete bağlı olan geleneksel cihazlar dışındaki nesnelerin internet ortamından kontrolünün sağlanabilmesi ve analizlerinin yapılabilmesi ile IoT evresi başlamıştır. Nesnelerin İnterneti; insan müdahalesine ve herhangi bir verinin elle girişine gerek olmadan cihazların veya makinelerin kendi aralarında veri iletişimi yaptığı, bilgi topladığı ve toplanan bilgiler ile karar verdiği bir ağ yapısı olarak tanımlanmaktadır.

IoT için şu tanımları yapmak da mümkündür:

1. Nesnelerin interneti, benzersiz bir şekilde adreslenebilen nesnelerin kendi aralarında oluşturduğu, dünya çapında yaygın bir ağ ve bu ağdaki nesnelerin belirli bir protokol ile birbirleriyle iletişim içinde olmalarıdır,

2. Nesnelerin İnterneti, günlük hayatta kullanılan nesnelerin internet aracılığıyla diğer nesnelerle veri alışverişi yapabilmesi ve bu nesnelerin birbirleriyle tamamen senkronizasyon halinde olma durumudur,

3. IoT insanların hayatlarını kolaylaştıran ve yaşam standartlarını yükselten akıllı uygulama ve hizmetlerin ekosistemidir.

Nesnelerin interneti, aslında günlük hayatta kullanılan cihazların ağ teknolojisine yani internete dahil olmasını ve gerektiğinde birbirleriyle iletişim kurmasını tanımlar. Örneğin:

- Buzdolabında sütün bittiğini haber verip, arabanın GPS'sini en yakın markete yönlendirilmesi ve bu noktada telefonla ödeme yapılabilmesi,
- Arabaları takip eden sistemler ile herhangi bir kaza anında bunu algılayıp yardım çağrılabilmesi,
- Kapıları kilitleyen, alarmı kuran ve bu aygıtları açıp kapatabilen ev araçları uygulamaları,
- Televizyonlar, ev sunucu ve depoları, panjur sistemleri, bebek monitörleri vb. cihazların çevrimiçi kontrolü,
- Sağlık uygulamaları ile hastaya ve doktoruna ihtiyacı olan bilgilerin aktarılması ve hastanın sağlığı ile ilgili olumsuz durumların önceden belirlenmesi, IoT'ye birer örnektir (Gündüz & Daş, 2018).

1.1.2. Akıllı Fabrikalar (Smart Factories)

Endüstri 4.0 fikrinin odak noktasında "Akıllı Fabrika" kavramı vardır. Akıllı fabrikada, insanlar, makineler ve kaynaklar birbirleriyle bilgi alışverişinde bulunurlar. Radyo vericileri, internet üzerinden veri bulutları veya fabrikanın intraneti ile iletişim kurarlar. Üretim tesisleri teşhis ve onarım yeteneklerine sahiptir. Akıllı Fabrika kendi kendini organize etmektedir.

Akıllı fabrikalar ile üretim daha esnek hale gelmelidir. Sürekli veri alışverişi, makinelerin her zaman en iyi şekilde kullanılmasına yol açmalıdır. Talepteki kısa vadeli değişiklikler veya değer zincirindeki kesintiler hızlı bir şekilde telafi edilir. Endüstri 4.0'da, bireysel üretim hatları talep üzerine bağımsız olarak organize edilir. Bu hattaki bir makinenin başarısız olması durumunda, üretim kendini alternatif bir şekilde yeniden düzenler. Örneğin, siparişler veya mevcut hammadde miktarları değiştiğinde, tesisler üretimi yeni koşullara otomatik olarak uyarlar (WirtschaftsWoche, 2021)

Akıllı bir fabrika ile üretim yapan şirketler için avantajlar şunlardır:

- Yalın ve optimize edilmiş süreçler,
- Daha kısa üretim süreleri,
- Toplu ürünlerin fiyatlarında bireysel ürünlerin üretimi,
- Verimliliği artırmak,
- Daha düşük depolama maliyeti,
- Şeffaf tedarik zinciri,
- Otomatik, verimli sipariş süreçleri,
- Üretimde daha düşük personel maliyetleri,
- Üretimde daha fazla esneklik,
- Yeni ürünler için daha kısa pazar lansman süreleri,
- Yeni veya değiştirilmiş ürün gereksinimlerine hızlı adaptasyon,
- Artan teslimat sadakati,
- Üretim sürecinin piyasa talebindeki dalgalanmalara çevik tepkisi (Bimos, 2021).

1.1.3. Bulut Bilişim

İnternet tabanlı bir bilgi işlem yaklaşımı olup internet ağına bağlı olarak bulunan büyük sunucu bilgisayarlar ve yazılımları, işlerin bu büyük ağ üzerinde paylaşılarak

yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca verileri depolama görevi de üstlenmektedir (Öztuna, 2017). Bulut bilişim, üç temel özelliğe sahiptir. İlki yazılım hizmetleri sağlayan, bilgisayara kurulan yazılımlara internet üzerinden bir tarayıcı vasıtasıyla erişimdir. İkincisi ise platform hizmetleri olup, kullanıcının geliştirmiş olduğu programları bulut içerisindeki sunuculara kurması ve kullanıcının yazmış olduğu programları ihtiyaç duyduğu işletim sistemi, ağ alt yapısı ve veri tabanı gibi kaynakların sağlanması konusunda bulut içerisindeki sunuculardan faydalanabilmesini

sağlamaktır. Üçüncüsü, alt yapı hizmetlerini oluşturan kullanıcıyla işlemci gücü, bellek, depolama ve ağ hizmetleri sunmaktadır (Seyrek, 2011).

2. KAVRAMSAL OLARAK ÜRETİM YÖNETİMİ

Üretimin dönüşüm sürecinde, üretim faktörleri olarak adlandırılan doğal kaynakların ve hizmetlerin yönlendirilmiş kullanımı, özel Hanelerde ve endüstriyel işletmelerde talep gören hammaddeleri veya mal veya hizmetleri ortadan kaldırır ve üretir. Dönüşüm süreci, insanlar tarafından alet ve makinelerin yardımıyla gerçekleştirilen bir değer yaratma sürecidir. Teknolojik ilerleme, Fabrikalardaki üretim verimliliğini ve ekonomik, ekolojik ve sosyal verimliliklerini önemli ölçüde etkiler (Westkämper & vd., 2016)

2.1. Yalın Üretim

Yalın yönetim, süreçleri daha verimli bir şekilde organize etmek için ilke ve yöntemlere sahip bir yönetim felsefesidir. Verimlilik, bir hedefe mümkün olduğunca az çaba ile ulaşılması anlamına gelmektedir. Yalın yönetim, maliyetleri azaltmak, değer zincirindeki süreçleri kısaltmak ve hatalardan kaçınmak için israfı en aza indirmeye dayanmakta aynı zamanda mümkün olan en iyi kalite için çaba gösterilmesini içermektedir.

Yalın yönetim, süreç odaklı bir yaklaşım olarak, iş süreçlerine yakından bakarak ve kendi işinizde iyileştirme fırsatları arayarak başlar. Ama iyileştirme ve İsrafın ne olduğuna kim karar verir? Sadece şirketin kendisi değil, müşteri. Yalın yönetimde sürekli iyileştirme süreci sıfırdan müşteri odaklı. Bu nedenle, yalın yönetimin temel ilkeleri ve yöntemleri her zaman müşteriyle başlar ve sona erer (Bertagnolli, 2020).

2.1.1. Yalın Süreçler

İşlem adımlarını azaltarak iş süreçlerini optimize ederek veya müşterinin bireysel gereksinimlerini karşılamak için otomasyon ve yüksek kaliteli ürün ve hizmetler sunarak aynı zamanda tedarik süreçlerindeki aksaklıklar önlenir. Asıl amaç, doğrudan ve dolaylı maliyetleri sürekli olarak azaltmaktır ve israfı azaltmaktır. İşletmelerde ortaya çıkılması istenilmeyen hatalar, gereksiz mal ve stokların varlığı, ihtiyaç duyulmadığı halde mamul üretimi ve hatalı işlemlerin yapılması ayrıca işletme içerisinde çalışanların ve ürünlerin gereksiz bir şekilde hareket ettirilmesi israf unsuru olarak değerlendirilmekte ve bu durum zamanın ve kaynakların etkin kullanılmamasına sebep olmaktadır (Soba, Taştepe, & Emet, 2018).

2.2. Yalın Üretim ve Endüstri 4.0

Endüstri 4.0'ın yalın yönetim ile birleşmesi, başarılı bir şekilde gelişmekte olan şirketler için büyük bir potansiyel sunmaktadır. Yalın ile endüstri 4.0 bağlantı kurarak, üretimde iyileştirmeler için yeni olanaklar açar. Her şeyden önce, satış pazarlama, mühendislik, satın alma ve lojistik için potansiyel artırabilir. Şirketler böylece kendi gücü ile kendilerini yeni bir verimlilik seviyesine yükseltebilirler. İşletmeler bu bağlamda "maksimum müşteri memnuniyeti" ve "minimum atık" hedefleri doğrultusunda strateji geliştirme çalışmaları yapmaktadırlar (Huber & Lickefett, 2018).

Teknolojik gelişimler ve müşteri talepleri neticesinde giderek azalan ürün ömrü ve inovasyon döngülerinin artan zorlukları ve küresel bir ortamda maliyet baskısı ile birlikte müşteriye özel gereksinimlerin artması, değer yaratma ağlarını daha dinamik ve karmaşık hale getirmiştir. Son yıllarda, endüstriyel süreçlerin dijitalleştirilmesi bu eğilimleri daha da güçlendirmiştir. Bu nedenle, yalın yönetim gibi klasik Kavramlar, yöneticilerin ele alması gereken yeni fırsatlar ve risklerle karşı karşıyadır (J.P & Jones, 2003).

Son yıllarda, üretim süreçlerini optimize etmek için "yalın yönetim" kavramı sektörler arasında yaygın olarak benimsenmiştir. Odak noktası, malzeme ve bilgi akışları boyunca katma değerli olmayan faaliyetlerin önlenmesi ve ortadan kaldırılması yoluyla üretim süreçlerinin

Kolaylaştırılmasıdır. Mevcut bir sistemin gözden geçirilmesi için kılavuzlar olarak anlaşılan beş yalın ilke kurulmuştur (Dennis, 2007).

- Müşteri odaklılık olmak
- Değer akışını tanımlamak ve analiz etmek
- Akış oluşturmak
- Çekme prensibi uygulamak
- Mükemmellik için çabalamak

Müşteri yöneliminin amacı, bir ürünün veya hizmetin değerini müşterilerin bakış açısından tanımlamaktır. Temelde, bireysel olarak uyarlanmış ürünü doğru zamanda ve doğru yerde minimum maliyetle sunarak müşteri gereksinimlerinin mümkün olan en iyi şekilde yerine getirilmesidir. Müşteri siparişleri, optimize edilmiş bir faktör kombinasyonuna izin vermek için üretimin başlangıcında statik olarak ayarlanır.

Değer akışının tanımlanması ve analizi, üretim aşamalarının ayrıntılı, çoğunlukla görsel bir sunumu ile, katma değerli olmayan veya maliyet artırıcı faaliyetlerin ayrılması yoluyla gerçekleştirilir. Katma değerli süreçlere odaklanmak, israfı önlemek veya azaltmak ve müşteri ihtiyaçlarına odaklanmayı desteklemek için tasarlanmıştır. Değer akışının anlaşılması, üretimin bütünsel, optimize edilmiş bir Yönelimi anlamında tüm kaynakların etkili bir şekilde kullanılmasına hizmet eder.

Akışkan bir üretim yaratarak, üretim süreci düzeltilebilir ve çapraz işlevsel uyum sağlanabilir. Akış prensibi, (büyük) kesintiler olmadan malzeme akışını sağlamak için tasarlanmıştır. Üretilen Parti mümkün olduğunca küçükse sürekli bir akış başarılı olabilir –ideal olarak tek parça bir akışta.

Çekme prensibi, üretimin Müşteri Siparişi veya bir sipariş noktası tarafından "çekme" ile başlatıldığını belirtir. Planlama ve kontrol merkezi olarak gerçekleşir. Bilgi akışı geleneksel olarak malzeme akışına aykırıdır.

Mükemmellik arayışı, her bir çalışan tarafından statükoyu sürekli olarak sorgulayarak sürekli bir iyileştirme süreci ile sağlanmalıdır. Yalın yaklaşım, bir kerelik bir uygulamaya değil, durgunluğun sürekli olarak önlenmesine dayanmaktadır (Rother & Shook, 2000).

2.3. Altı Sigma (Six Sigma) Metodolojisi

Altı Sigma, 1980'lerde Motorola tarafından geliştirilen ve ilk uygulanan bir kalite yönetim metodolojisidir ve 1990'lı yıllarda General Electric'de köklü bir değişiklik getirmek için bu yöntemi kullanan Jack Welch tarafından geliştirilmiştir.

Altı Sigma (6σ), istatistiksel bir kalite hedefidir ve aynı zamanda bir kalite yönetim metodolojisinin adıdır. Temel ögesi istatistiksel araçlarla ticari işlemlerin tanımlanması, ölçülmesi, analizi, iyileştirilmesi ve izlenmesidir. Kalite yönetiminde uygulanan Altı Sigma, bir iş süreci içerisinde ortaya çıkan hata oranını kullanarak hesaplanır ve bu oran sıfıra ne kadar yakınsa hata sürecine karşılık gelen Altı Sigma seviyesi o kadar iyidir ve tamamen hatasız süreçleri başarmak için sürekli süreç geliştirme hedefini sürdürür. Sonuç olarak, iyi yönetilen bir kalite yönetiminde hatalar erken aşamada tespit edilebilir ve ortadan kaldırılabilir, bu da ürün geliştirme sürecinin ilerleyen döneminde önemli ölçüde tasarruflar sağlar ve verimlilik artar.

Bunu uygulayan firmalar, daha kaliteli sonuçlara ulaşmak için, ürün, hizmet veya herhangi bir özellikte hata oranının milyonda 3.4'den daha düşük olmasını hedef olarak belirlemişlerdir (Black & Revere, 2006).

Tablo 2: Farklı Sigma seviyeleri için hata sayıları

SİGMA SEVİYESİ	MİLYONDA HATA SAYISI
1	691.462
2	308.538
3	66.807
4	6.210
5	233
6	3.4
7	0.019

Altı Sigma, süreçler, ürünler ve hizmetlerdeki hataları ortadan kaldırması, prosedürlerin etkinliğinin ölçmesi ve bir sistemle birlikte süreç, ürün ve hizmetlerin iyileştirilmesini hızlandırmasını sağlamak için kullanılan kapsamlı bir stratejidir.

Bir süreç idealden saparsa, hata oranı artar ve maliyetler yükselir. Altı Sigma yönteminin hedefi, bir şirketin çıktısının kalitesini en üst düzeye çıkarmaktır.

İşletmeler, üretim süreçlerinde daha fazla alanda iyileştirme yapmalarının gerekliliğinin farkında oldukları için Altı Sigma, sadece klasik imalat sanayiinde değil Finans sektöründe de giderek ilgi kazanmaktadır (Harry, 2002).

Tablo 3: Sektöre göre farklı kalite seviyeleri

SEKTÖR	% 99 VEYA 3.8 SİGMA	% 99.99966 VEYA ALTI SİGMA
Posta Hizmetleri	Saatte 20.000 kayıp posta	Saatte 7 kayıp posta
Su/Elektrik	Her gün 15 dakika su kirliliği	Her 7 ayda bir dakika su kirliliği
	Aylık 7 saat elektrik kesintisi	Her 34 yılda bir saat elektrik kesintisi
Havacılık	Günlük büyük havaalanlarında 2 tehlikeli iniş	Her beş yılda bir büyük havaalanlarında 1 tehlikeli iniş
Sağlık	Her yıl 200.000 yanlış ilaç reçetesi	Her yıl 68 yanlış reçete
	Haftada 5.000 tıbbi uygulama hatası	Haftada 1.7 tıbbi uygulama hatası
Finans	New York Borsasında günlük 11.8 milyon yanlış işlem sayısı	New York Borsasında günlük 4.021 yanlış işlem sayısı
Otomotiv	Sıfır araç başına 3 garanti vakası	980 adet yeni araç için 1 garanti vakası

Kaynak: (Gygi & Williams, 2012).

Altı Sigma bir ekip çalışması olup, tek başına bir departmanın veya birkaç kişinin çabası ile başarıya ulaşacak bir metodoloji değildir. Altı Sigma`da amaç, kuruluştan mümkün olan en fazla sayıda çalışanı programa dâhil etmek ve onların da kendilerini değişimin bir parçası olarak hissetmelerini sağlamaktır. Ekip üyeleri projeler için teknik uzmanlıklarına göre seçilmektedir. Onların en büyük sorumlulukları kalite modeli içinde uygulama adımlarının merkezinde bulunmalarıdır (Eckes, 2001).

Altı Sigma organizasyonu içerisinde yer alan ekiplerin rolleri özetle Tablo.3`de gösterilmiştir.

Tablo 4: Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar

Şampiyon	Uzman Kara Kuşak	Kara Kuşak	Yeşil Kuşak
Şirketin Altı Sigma vizyonunu oluşturmak	Kara Kuşakların eğitimine ve sertifikalandırılmasına yardımcı olmak	Proje engellerini belirlemek	Günlük işlerin yanında, Yeşil Kuşak fonksiyonlarını yerine getirmek
Altı Sigma uygulama yolunu tanımlamak	Şampiyonlarla işbirliği kurmak	Projenin gerçekleştirilmesinde ekipleri yönlendirmek ve yönetmek	Kara Kuşakların projelerine katılarak, sorumluluklarını yerine getirmek
Stratejileri uygulamak için eğitim geliştirmek	Örgütün bir çok seviyesindeki personeline eğitim vermek	Liderlerle gelişmeleri rapor etmek	Projelerin uygulanmasında Altı Sigma metotlarını öğrenmek
Etkisi yüksek projeleri belirlemek	Proje tanımlamasına yardımcı olmak	Gerektiğinde şampiyonlardan yardım talep etmek	Projelerin tamamlanmasından sonra da Altı Sigma metot ve araçlarının öğrenimini sürdürmek
İstatiksel düşünce sistemini geliştirmek	Proje çalışmalarında Kara Kuşakları desteklemek	Uygulamada kullanılacak en etkin araçları belirlemek	
Kara Kuşakları denetlemek	Gerekli olduğunda teknik danışmanlık verebilmek üzere proje incelemelerine katılmak		

Kaynak: (Harry & Schroeder, 2000).

En sık kullanılan Altı Sigma yöntemi, "DMAIC" döngüsü olarak adlandırılan (Tanımlama - Ölçüm - Analiz - Geliştirme – Kontrol) yöntemidir. Bu bir proje ve kontrol döngüsü yaklaşımıdır. DMAIC mevcut süreçleri ölçülebilir hale getirmek ve sürdürülebilir bir şekilde geliştirmek için kullanılır.

Define (D)

Bu aşamada, iyileştirilecek süreç tanımlanır ve belgelenir ve bu süreçle ilgili problem açıklanır. Bu genellikle bir proje tüzüğü şeklinde olur.

Buna ayrıca şunlar dahildir:

- İstenen hedef durum

- Hedeften sapmanın şüpheli nedenleri
- Proje tanımı (Üyeler, Kaynak tahsisi, Zaman çizelgesi)

Measure (M)

Bu aşama, sürecin mevcut müşterinin ihtiyaçlarını ne kadar iyi karşıladığına yöneliktir. Bu, her ilgili kalite karakteristiği için bir proses yeterliliği çalışması içerir.

Bu aşamada uygulanan araçlar:

- Süreç haritalamasını kullanarak süreç görselleştirme
- İstatistiksel veri toplama veya deney tasarımı

Analyze (A)

Analiz safhasının amacı, işlemin müşteri isteklerini bugün istenilen ölçüde karşılamamasının sebeplerini bulmaktır. Bu amaçla katma değerli analizi, malzeme akışı analizi, değer akımı analizi ve veri analizi gibi proses analizleri uygulanır. Veri analizinde, önceki aşamada toplanan işlem verileri veya deney verileri, değişkenliğin ana kaynaklarını tanımlamak ve sorunun temel nedenlerini belirlemek için istatistiksel teknikler kullanılarak değerlendirilir.

Bu aşamada uygulanan araçlar:

- Ishikawa Diyagramı - Nihai etki ilişkileri üzerine ilk hipotezleri belirlemek için
- Causes & Effects Matrisi (Sebepler ve Etkiler) - Neden-sonuç hipotezleri oluşturmak için
- Regresyon analizi
- Hipotez testleri

Improve (I)

Sürecin nasıl çalıştığını anladıktan sonra iyileştirme planlanır, test edilir ve nihayet uygulanır. Altı Sigma'nın dışında yaygın olarak kullanılan araçlar:

- Brainstorming (Beyin fırtınası) - Çözüm fikirleri üretmek
- Failure Mode and Effects Analysis (Başarısızlık Modu ve Etki Analizi) - İyileştirme fikirlerinin uygulama risklerini belirleme metodu

Control (C)

Yeni süreç, istatistiksel yöntemler kullanılarak izlenir. (çoğunlukla SPC Kontrol Kartlarıyla olur)

Bu işlem sayesinde, kalite optimize edilebilir, maliyetler önemli ölçüde azaltılır ve müşteri memnuniyeti artar.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye Endüstri 4.0 sürecinde araştırma ve geliştirmeye büyük çaba göstermelidir. Üretim sistemlerinin yatay ve dikey entegrasyonu ve mühendisliğin tutarlılığı üzerine araştırmaya ihtiyaç vardır. Buna ek olarak, endüstri 4.0 sistemlerinde işin yeni sosyal altyapıları dikkate alınmalı ve CPS teknolojileri daha da geliştirilmelidir. Araştırma ve geliştirmeye ek olarak, endüstri 4.0'ı uygulamak için endüstriyel politika ve endüstriyel kararlar da alınmalıdır. Sonuç olarak, Endüstri 4.0 çalışma grubunun 8 eylem adımı öneri olarak sunulmaktadır:

- **Standardizasyon ve referans mimarisi:** Endüstri 4.0, değer oluşturma ağları aracılığıyla şirketler arası ağ oluşturma ve entegrasyon anlamına gelir. Bu sadece işbirlikçi ortak, tekdüze standartların yardımıyla başarılı olacaktır. Teknik tanımı ve uygulanması için bir referans mimarisi gereklidir.

- **Karmaşık sistemler üzerine uzmanlık çalışmaları:** Ürünler ve üretim sistemleri giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Yeterli planlama ve açıklama modelleri, artan karmaşıklığa hakim olmak için bir temel oluşturur. Mühendislere bu tür modeller oluşturmak için yöntemler ve metotlar geliştirmelidir.
- **Endüstri için kapsamlı geniş bant altyapısı:** Endüstri 4.0 için temel bir ön koşul, yüksek kaliteli arıza güvenli, kapsamlı iletişim ağlarıdır. Bu nedenle, Almanya ve diğer ülkeler için geniş bant internet altyapısı büyük ölçüde geliştirilmelidir.
- **Güvenlik:** Akıllı üretim sistemlerinde saldırı güvenliği kritik faktörlerdir. Yanlış kullanım ve yetkisiz erişime karşı korunmalıdır – özellikle burada bulunan veri ve bilgiler. Bu amaçla, sürekli eğitim içerikleri de buna göre desteklenmelidir.
- **İş organizasyonu ve tasarımı:** Çalışanların rolü akıllı fabrikada ciddi anlamda değişiklik gösteriyor. Daha fazla kişisel sorumluluk ve çalışanların kendini geliştirme fırsatları sunarak, katılımcı bir çalışma tasarımı ve yaşam boyu yeterlilik tedbirleri dikkate alınmalı ve örnek nitelikte referans projeler başlatılmalıdır.
- **Eğitim ve öğretim:** Çalışanların görev ve yetkinlik profilleri endüstri 4.0'da önemli ölçüde değişecektir. Bu amaçla, model projeler ve " iyi uygulama ağları " teşvik edilmeli ve dijital öğrenme teknikleri araştırılmalıdır.
- **Yasal çerçeve:** Yeni üretim süreçleri ve yatay iş ağları yasaya uygun olarak tasarlanmalı ve mevcut yasalar inovasyona uygun bir şekilde daha da geliştirilmelidir. Şirket verilerinin korunması, kişisel verilerin işlenmesi ve ticaret kısıtlamaları yer almaktadır.
- **Kaynakların etkin kullanımı:** Endüstriyel üretimin yüksek hammadde ve enerji tüketimi sadece yüksek maliyetler değil, aynı zamanda çevresel ve tedarik riskleri anlamına gelir. Akıllı Fabrika tarafından kaynakların verimli olarak kullanımı ile potansiyel tasarruflar arasındaki dengeler belirlenmelidir.

Endüstri 4.0'a giden yol evrimsel bir süreçtir. Mevcut temel teknolojiler ve deneyim, üretim teknolojisinin özel özelliklerine uyarlanmalı yeni pazarlar için yenilikçi çözümler aynı anda araştırılmalıdır. Daha sonra, endüstri 4.0 ile Türkiye, uluslararası rekabet gücünü genişletebilir ve sahada üretim hacimlerini koruyabilir.

KAYNAKÇA

- <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2019/03/21/dorduncu-sanayi-devrimi-nedir/>; adresinden alındı
- (2021, 08 11). WirtschaftsWoche: <https://www.wiwo.de/technologie/industrie-4-0-die-intelligente-fabrik/9594706-2.html> adresinden alındı
- (2021, 08 11). Bimos: <https://www.bimos.com/B/de-de/news/3014/smart-factory---die-zukunftsvision-der-industrie-40> adresinden alındı
- Akbulut, U. (2011). “Sanayi Devrimleri Dünya Gidişini Değiştirdi”. 27.10.2019 tarihinde <http://www.uralakbulut.com.tr/> adresinden alındı
- Ayvaz, Z. R. (2010). “Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kimya Öğretiminde B de Materyali Kullanımına İlişkin Düşünceleri”. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı 14 (2)*, 1-18.
- Bertagnolli. (2020). Lean management. *Lean Management und Kaizen: Gegenstand und Definition*. içinde Wiesbaden: Springer.
- Black, K., & Revere, L. (2006). *Six Sigma Arises From The Ashes Of TQM With A Twist. International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 19.3*, 259-266.
- Çeliktaş, M. S. (2015). “Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası”. *Endüstri ve Mühendislik Dergisi 54(662)*, 24-34 .
- Dennis, P. (2007). Lean Production Sim- plifi ed – A Plan-Language-Gui- de to the World Most Powerful Productions System. 2. Auflage. Productivity Press.
- Eckes, G. (2001). *Six Sigma Revolution*. Kanada: John Wiley & Sons.
- Erdem, E. (2016, Temmuz - Aralık). Sanayi Devrimi'nin Ardından Osmanlı Sanayileşme Hamleleri. *Erciyes Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi(48)*, 19.
- Erkan, H. v. (2007). “Bilgi Toplumu ve Ekonomik Kalkınma”. *Üniversite ve Araştırma Kütüphanecileri Derneği Dergisi*.
- Göksal, G. (2003). *İngiliz Sanayi Devrimi*. İstanbul: Kora Yayınları.
- Görçün, Ö. (2016). *Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Gündüz, M. Z., & Daş, R. (2018). Nesnelere interneti: Gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları Internet of things (IoT). *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 327-335.
- Gygi, C., & Williams, B. (2012). *Six Sigma For Dummies (Cilt 2)*. Weinheim: Wiley-VCH-Verlag, ISBN: 9781118224687.
- Harry, M. J. (2002).
- Harry, M. J., & Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations*. ABD: Doubleday Business.
- <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kuenstliche-intelligenz-ki-40285/version-263673>. (2018, 02 19). 06 24, 2021 tarihinde <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kuenstliche-intelligenz-ki-40285/version-263673> adresinden alındı
- <https://www.buraksen.com/endustri-40-temel-bilesenleri/>.
- Huber, W., & Lickefett, M. (2018, Mart 8). <https://www.cio.de>. Mart 10, 2020 tarihinde alındı

- J.P, W., & Jones, O. T. (2003). *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London; New York; Sydney; Tokyo: Simon & Schuster.
- Ötleş, & vd. (2016). "Büyüme ve Verimlilik İçin Dijitalleşme". *Gıda Mühendisliği Bölümü Dergisi*(Ekim 2016), 56.
- Ramsauer. (2013). *Industrie 4.0 - Die Produktion der Zukunft*. WINGbusiness.
- Rıfkın, J. (2011). *Üçüncü Sanayi Devrimi*. İletişim Yayınları.
- Rother, M., & Shook, J. (2000). *Sehen Lernen: . Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen;*. Log_x.
- Schwab, K. (2016). "Impact On People, Business, Governments. *World Economic Forum Annual Meeting 2016*".
- Soba, Taştepe, & Emet. (2018). Yalın Düşüncenin Sağlık Kuruluşlarında Uygulanmasına Duyulan İhtiyacın Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma: İzmir İli Özel Medifema Hastanesi Örneği. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (C-IASOS Özel Sayısı)*(11), 74.
- Technikzukünfte. *Vorausdenken – Erstellen - Bewerten*. (2012). *Innovationen und Technikzukünften*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Westkämper, & vd. (2016). *Strategien der Produktion - Technologien Konzepte und Wege in die Praxis*. Carina. içinde Berlin/Heidelberg, Almanya.
- Yücel, F. (2004). "Sürdürülebilir Kalkınmanın Sağlanması Çevre Korumanın ve Ekonomik Kalkınmanın Karşılıklı ve Birlikteliği". *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 11(11)*, 100-120.