

ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİNİN ÜRETİME ETKİLERİ: TEKSTİL İŞLETMESİ ÖRNEĞİ



NURDAN BULUT
AYÇA TÜMTÜRK

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2024

ISBN • 978-625-5552-15-0

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİNİN ÜRETİME ETKİLERİ: TEKSTİL İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

NURDAN BULUT

AYÇA TÜMTÜRK

ÖNSÖZ¹

Geleceğin sanayi üretimini şekillendirecek ve günümüzde de birtakım gelişmelere neden olan Endüstri 4.0'ın bileşenlerine; Büyük Veri ve Analizi, Akıllı Robotlar, Simülasyon, Yatay/Dikey Yazılım Entegrasyonu, Nesnelerin İnterneti (IoT), Siber Güvenlik, Bulut Teknolojisi, Ekllemeli Üretim, Artırılmış Gerçeklik gibi teknolojiler sayılabilmektedir. Endüstri 4.0 uygulamaları gittikçe artmakta ve özellikle üretimde etkisini göstermeye devam etmektedir. Endüstri 4.0 stratejisi; üretim süresini, maliyetleri ve üretim için ihtiyaç duyulan enerji miktarını azaltıp, üretim miktarını ve kalitesini arttırmaktır. Endüstri 4.0 stratejisini kapsayan bu faktörler, aynı zamanda üretim yönetiminin amaçları ile de örtüşmektedir. Üretim yönetiminin amaçları; kalite, miktar, zaman ve maliyet olarak dört temel faktörden oluşmaktadır. Üretim yönetiminin temel amacı bu dört faktörü harmanlayarak tüketicinin istediği mal ve hizmeti üretmektir. Bu bağlamda Endüstri 4.0 bileşenleri ve stratejisi ile üretim yönetiminin amaçlarını gerçekleştirmek ve geliştirmek daha mümkün olmaktadır.

Bu araştırma İzmir'de Endüstri 4.0'ın öncü firmalarından olan büyük ölçekli bir tekstil firmasında, Endüstri 4.0 bileşenlerinin firmada miktar, kalite, zaman ve maliyet açısından, nerelerde uygulandığını, firmanın uygulama süreçlerini nasıl etkilediğini ve ne gibi değişikliklere sebep olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma nitel bir araştırma olup, araştırma verileri gözlem, ses kaydı, doküman incelemesi ve derinlemesine mülakat tekniği ile toplanmıştır. Toplanan veriler incelendikten sonra örnek olay analizi ile çözümlenmiştir. Buna göre yapılan analiz sonucunda, kurumda Endüstri 4.0 bileşenlerinin güncel olarak kullanıldığı, kalite, miktar, zaman, maliyet açısından kurumun tüm departmanlarında, özellikle üretim alanında olumlu sonuçlar yarattığı ortaya konmuştur.

1 Bu kitap çalışması, Nurdan Bulut'un "Bir Tekstil İşletmesinde Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Üretime Etkileri Üzerine Bir Nitel Araştırma" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PLC Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

IoT Nesnelerin İnterneti

CPS Siber Fiziksel Sistemler

RFID Radyo Frekansı Tanımlama

CBM Bulut Tabanlı İmalat

AM Eklemeli Üretim

AR Artırılmış Gerçeklik

VR Sanal Geçeklik

CAD Bilgisayar Destekli Tasarım

CAM Bilgisayar Destekli Üretim

QCD Kalite – Maliyet - Hızlı Teslimat

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
ENDÜSTRİ GELİŞİM VE ENDÜSTRİ 4.0	3
1.1. Endüstri Kavramı	3
1.2. Endüstri Kavramının Kapsamı.....	3
1.3. Tarihsel Açıdan Endüstriyel Gelişim	5
1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0).....	7
1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0).....	9
1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)	11
1.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)	13
1.4. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	15
1.1.5. Büyük Veri ve Analizi.....	17
1.1.6. Akıllı Robotlar	19
1.1.7. Simülasyon	21
1.1.8. Yatay/Dikey Yazılım Entegrasyonu	22
1.1.9. Nesnelerin İnterneti (IoT)	23
1.1.10. Siber Güvenlik	24
1.1.11. Bulut Teknolojisi	26
1.1.12. Eklemeli Üretim	28
1.1.13. Artırılmış Gerçeklik (AR).....	29
İKİNCİ BÖLÜM.....	33
ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİLERİ.....	33
2.1. Üretim Kavramı ve Önemi	33
2.2. Üretim Yönetimi Kavramı	33
2.3. Üretim Yönetiminin Tarihsel Gelişimi	34
2.4. Üretim Yönetiminin Bir Organizasyondaki Yeri ve Diğer Birimler İle İlişkisi	36
2.5. Üretim Yönetimi Fonksiyonları Ve Amaçları	37
2.5.1. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları.....	38
2.5.2. Üretim Yönetiminin Amaçları.....	39

2.6. Endüstri 4.0'ın Üretim Yönetimi Amaçlarına Etkisi.....	40
2.6.1. Endüstri 4.0'ın Kaliteye Etkisi.....	40
2.6.2. Endüstri 4.0'ın Miktar Etkisi	41
2.6.3. Endüstri 4.0'ın Zamana Etkisi	41
2.6.4. Endüstri 4.0'ın Maliyete Etkisi	41
2.7. Dünyada Endüstri 4.0'ın Etkileri	41
2.8. Endüstri 4.0 Türkiye'ye Etkileri.....	43

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....45

BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİNİN ÜRETİME ETKİLERİ ÜZERİNE BİR NİTEL ARAŞTIRMA45

3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	45
3.2. Araştırmanın sınırlılıkları	46
3.3. İlgili Araştırmalar	46
3.4. Araştırmanın Yöntemi.....	47
3.4.1. Çalışma Grubu	48
3.4.2. Firma Geneli Bilgiler.....	48
3.4.3. Firmanın Endüstri 4.0 Uygulamaları.....	49
3.4.4. Veri Toplama Araçları.....	56
3.4.5. Verilerin Analizi	58
3.5. Araştırmanın Geçerlilik ve Güvenirliliği	58

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....61

BULGULAR

4.1. Kurumda Endüstri 4.0 bileşenlerinin yeri nedir?	61
4.2. Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetimi amaçlarına etkisi (kalite, miktar, zaman, maliyet) nasıldır?.....	64
4.3. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Avantajlar ve Dezavantajları nelerdir?	67
4.4. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Kurumdaki Geleceği nasıldır?	69

BEŞİNCİ BÖLÜM	73
SONUÇ	73
KAYNAKÇA.....	75
Ek -1 GÖRÜŞME SORULARI.....	84

GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar yaşanan değişimler ile teknolojiler, daha da geliştirilmesi ve güncellenmesi ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Tüm bu gelişmelerin temelinde rekabet unsuru yer almaktadır. Buna karşılık şirketler, zorlu rekabet koşullarında ayakta kalabilmek ve sürdürülebilirliklerini sağlamak için stratejiler ve yenilikler geliştirmek zorunda kalmıştır. Tüm bu değişim ve gelişmelerin arkasında sanayi devrimlerinin büyük rolü bulunmaktadır (Mutlu, 2019: 12). Bu devrimlerin başlangıç noktası, 18. yüzyıl olmaktadır. İlk sanayi devriminin yaşandığı bu dönem, sanayide ilk değişiklikleri içeren süreç olmuştur. Tarımdan sanayiye geçişte ilk adımlar küçük atölyelerin kurulmasıyla atılmıştır. Su ve buhar gücü kullanımı bu döneme damgasını vurmuş, buharlı gemiler doğmuş ve yoğun demir kullanımıyla demiryolu daha da gelişmiştir. 19. yüzyılın sonlarında ikinci sanayi devrimi ile birlikte seri üretime geçilmiş ve üretimde elektrik, petrol ve bazı kimyasallar kullanılmıştır. 2. Dünya Savaşı'ndan sonra başlayan ve 1970'li yıllarda hayatımıza giren üçüncü sanayi devrimi, kısaca bilişim teknolojileri ile entegre otomasyon süreçlerini içermektedir. Bilgisayar ve internetin kullanımı ile karakterize edilen üçüncü sanayi devriminde, tedarik zinciri süreçleri daha küresel boyutlara ulaşmış ve insan gücüyle çalışan robotlar iş süreçlerine giderek daha fazla entegre olmuştur (Özdoğan, 2017: 58). Üçüncü sanayi devrimi yerini Endüstri 4.0 ile otomasyona dayalı üretim olan akıllı fabrikalara bırakmıştır. İlk olarak 2011'de Almanya'daki Hannover Fuarı'nda duyulan bu kavramın hayatımıza girmesi ile otomotivden beyaz eşyaya, imalattan tekstile, bankacılıktan lojistik ve tedarik zincirine kadar pek çok sektörde büyük değişimler başlamıştır (Agarwal, 2017: 1064).

Çalışmamız, büyük ölçekli bir tekstil işletmesinde Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretime etkilerini konu almaktadır. Beş bölümden oluşan çalışma, ilk bölümde yukarıda kısaca değinilen endüstri devrimlerini tarihsel bağlamında açıklayarak Endüstri 4.0 ve bileşenleri hakkında bilgi vermektedir. Siber fiziksel sistemler, eklemeli üretim, nesnelerin interneti, akıllı robotlar-kobotlar, büyük veri analitiği, bulut bilişim, artırılmış gerçekçilik, siber güvenlik, yatay ve dikey entegrasyon gibi çeşitli bileşenler bu bölümde açıklanmaktadır. Üretim yönetimi ve Endüstri 4.0'ın etkilerinin açıklandığı ikinci bölümde Endüstri 4.0'ın üretim yönetimi amaçlarına etkisi üzerinde durulmaktadır. Araştırmanın amacı, önemi, yöntemi, sınırlılıkları, firma ve Endüstri 4.0 uygulamaları hakkında bilgiler ve literatür taraması üçüncü bölümde yer almaktadır. Uygulamaya ilişkin bulguların yorumlandığı dördüncü bölümde Endüstri 4.0 bileşen-

lerinin avantajlar ve dezavantajları ve endüstri 4.0 bileşenlerinin kurum-
daki geleceği yorumlanmaktadır. Beşinci bölüm olan sonuç kısmında ise
tüm araştırmanın genel değerlendirilmesi yapılmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ GELİŞİM VE ENDÜSTRİ 4.0

1.1. Endüstri Kavramı

Endüstri kelimesi Fransızca “industrie” sözcüğünden gelir ve dilimize Arapça’dan gelen “sanayi” kelimesi ile birbirinin yerine kullanılan bir kelime olmaktadır. Walsh ve arkadaşları, endüstri kavramını; belirli bir alan, bölge, ülke veya ekonomi içinde üretim yapan işletmelerin, tümleşik ya da bunların birinde yer alacak bir tüzel kişi oluşturması şeklinde ifade etmektedir (Walsh vd., 2014:1-2). Başka bir deyişle: sanayi veya endüstri genellikle hammaddelerin, üretim sürecinde veya üretim aşamasında, makine, teçhizat, işçilik, bilgi, deneyim ve teknoloji gibi unsurların birleştirilmesiyle yarı mamul veya nihai ürünlere dönüştürülmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Agarwal, 2017: 1062).

Günümüze kadar gelen, birçok aşamadan geçen ve aynı zamanda gelişen endüstri kavramına ticari faaliyetlerin üretim kısmı da denilebilmektedir. Hayatın farklı alanlarında kullanılan birçok nesne veya ürün endüstri dünyasının içinden geçmektedir. Endüstriyi örneklemek için, birçok farklı sektör ortaya çıkabilmektedir. Bunlardan bazıları; gıda, inşaat, tekstil, kozmetik, otomotiv gibi alanlar olmaktadır. Bu alanlar ve diğer çeşitli alanlarda üretimde üreticilerin kullandığı tüm mallara endüstriyel ürünler diyebilmekteyiz. Çünkü yukarıda endüstri tanımında bahsedildiği üzere, sanayi denilince sadece tüketiciye teslim edilen mallar söz konusu olmamaktadır. Ayrıca endüstriyel ürünler, bu malların üretimi için çalışan cihazlar, makineler ve çeşitli araçları içermektedir. Özetle endüstri kavramı üretimin tüm kısımlarında rol oynamaktadır (Walsh vd., 2014: 5).

Endüstri, ülkelerin zenginliği için de çok önemli bir kavram olmaktadır. Ülkeler zenginliklerinin çoğunu endüstrileşmeden elde ettikleri için endüstri, ülkelerin kalkınmasında önemli bir rol oynamaktadır. 18. yüzyılın ikinci yarısında başlayan endüstrileşme, yüzyıllar içinde hızlı bir gelişme göstermiş ve el emeğinin yerini seri üretim almıştır. Bugün endüstri, gösterdiği ve devam eden gelişmesi ile birlikte sektörlerde yarattığı maksimum iyileşmeler sebebiyle ülkelerin ekonomik düzeyini belirleyen ilk faktör haline gelmektedir (Walsh, vd., 2014: 6). İlerleyen konularda endüstrinin tarihsel gelişimi detaylı olarak incelenmektedir.

1.2. Endüstri Kavramının Kapsamı

Birçok şirket, iyi organize edilmiş ve otomatikleştirilmiş endüstriyel tesisler kullanmaktadır. Bunun belli bir bilgi düzeyiyle büyük ölçekte ürünler

üretmeyi içerdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca endüstri, tarım, ulaşım, turizm ve diğer sektörler gibi mal ve hizmet sağlayan birçok farklı ticari faaliyetler içeren işletmeleri kapsamaktadır. Endüstri kapsamında bu ticari faaliyetleri içeren işletmeler için birçok sınıflandırılma yapılmıştır. Bu sınıflandırma (Rosenberg, 2020):

- Birincil endüstri; olarak da adlandırılan temel sanayi, tarım ve ormancılık, bahçecilik ve balıkçılık gibi alanları içermektedir. Çok az insan çabası gerektiren doğal odaklı endüstri türüdür.

- Gen endüstrisi; kümes hayvanları, sığır yetiştiriciliği, bitki kreşleri gibi alanları içermektedir. Bitki ve hayvanların yeniden üretilmesi ve çoğaltılması ile ilgilenmektedir.

- Ekstraktif (özütleme) endüstrisi; havadan, sudan ve topraktan malların çıkarılmasıyla ilgilenmektedir. Ekstraktif sanayilerin ürünleri ham olarak gelir ve imalat ile inşaat gibi sektörlerde işlenmek için kullanılmaktadır. Ekstraktif sanayisi, kömür madenciliği, demir cevheri, petrol endüstrisi, kereste üretimi, kauçuk çıkarılması alanlarını içermektedir.

- İmalat endüstrisi; hem insan gücü hem de mekanik güç kullanarak hammadde işleyen endüstriyel bölümdür. Böylece hammadde, bitmiş ürün haline gelmektedir. Bitmiş ürünler, türüne bağlı olarak tüketim malları ve mamul malları olarak kullanılabilir. Bu alana; şeker, kimya, kâğıt ve tekstil endüstrileri örnek verilebilmektedir.

- İnşaat endüstrisi; yol, baraj, kanal, köprü ve bina gibi yapıların inşaat işlerini kapsamaktadır. Bu endüstri diğer endüstrilerden farklı olmaktadır. Bu farkın nedeni, ürünün farklı alanlarda tek bir yerde üretilip başka bir yerde satılabilesidir. Fakat inşaat sektöründe ihtiyaç duyulan malzemeler farklı alanlarda üretilmekte ve satışı yapılan bu mallar tek bir yerde kullanılmaktadır.

- Servis endüstrisi; hizmet sektörü olarak da adlandırılmaktadır. Modern zamanlarda hizmet sektörü ülkelerin kalkınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu kategoriye giren endüstriler, turizm, eğlence ve otelcilik gibi endüstrileri içermektedir.

Ayrıca teknolojik yeniliklere ek olarak, yeni endüstriler ortaya çıkmaktadır. Yükselen endüstriler genellikle teknolojik yeniliklerden kaynaklanan maliyet avantajları, değişen müşteri ihtiyaçları veya diğer ekonomik ve sosyal değişikliklerle birlikte ortaya çıkan ve büyüme potansiyeline sahip olan endüstriler olmaktadır. Bu yeni teknolojiler, ürünün gelişmesiyle birlikte ürünün maliyetini düşürür, kalitesini artırır ve talebi artırır, dolayısıyla sektör pazara girdikçe daha fazla büyüme göstermektedir. Teknoloji ile birlikte endüstrideki gelişim, ürünün yaşam eğrisini kısaltmakta, ihtiyaç duyulan daha hızlı ve farklı ürünlerin, endüstri kollarının çıkışını sağlamaktadır (Porter, 1980: 80-95).

1.3. Tarihsel Açıdan Endüstriyel Gelişim

Sanayi Devrimi veya Endüstri Devrimi olarak bilinen dönem, 18. ve 19. yüzyıllarda Avrupada gerçekleşen sermaye birikimi yaratan büyük bir dönüşümü ifade etmektedir. Bu dönemde, icatlar ve teknolojik ilerlemeler sayesinde üretim süreçlerinde makine gücü ve fabrika sistemi uygulanmaya başlamıştır. Buharlı makinelerinin icadı üretimde önemli bir rol oynamıştır ve endüstri kavramı ortaya çıkmıştır (Sander, 2010:1940).

Tarihte kimisi toplumsal, kimisi siyasal, kimisi de doğal faktörlerden dolayı pek çok devrim olmuştur. Bu faktörler, sanayi devriminin nedenleri konusunda tartışmalara yol açan unsurlar olmaktadır. Bu faktörlerin bazılarına daha ayrıntılı bakılacak olunursa (Agarwal, 2017: 1063);

1. Talep Faktörleri: Sanayi devrimi sürecinde, tüketici talebinde artış yaşandığı düşünülmüştür. Bu talep artışı, üreticileri daha fazla üretmeye teşvik etmiştir. Özellikle tekstil sektöründe, talebin büyümesi ve daha fazla malın pazara sürülmesi, endüstrinin büyümesine katkıda bulunmuştur.

2. Nüfus ve Dış Ticaret: Sanayi devriminin gerçekleştiği dönemde nüfus artışı yaşanmış ve kırsal kesimden kentlere göçler gerçekleşmiştir. Bu durum, işgücü arzının artmasına ve endüstriyel sektörlerde çalışacak işçi bulunmasına yol açmıştır. Ayrıca, dış ticaretin gelişmesiyle yeni pazarlar bulunmuş ve kaynaklar elde edilmiştir.

3. Genel Ekonomik Talep: Sanayi devrimi sürecinde, genel ekonomide talebin arttığı ve fiyatlar üzerinde yukarı yönlü baskı olduğu düşünülmüştür. Bu durum, üreticilere daha fazla üretme teşviki sağlamış ve endüstriyel üretimi artırmıştır.

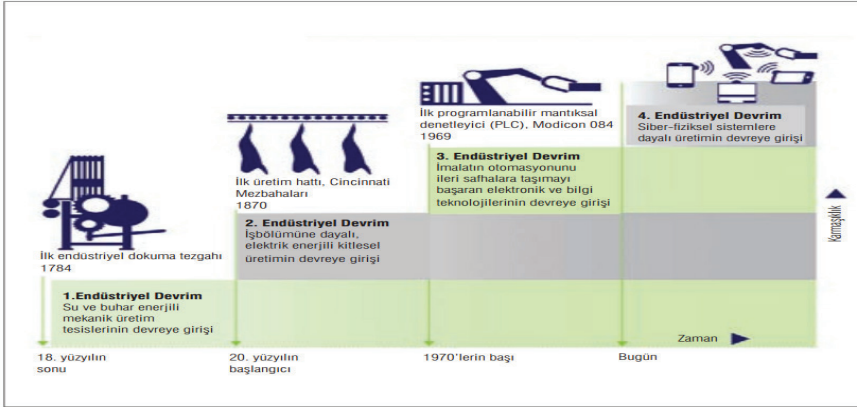
4. Teknolojik İlerleme: Sanayi devriminin belki de en önemli etkenlerinden biri teknolojik ilerlemeler olmuştur. Buhar gücü, su gücü ve makineleniş gibi teknolojik gelişmeler, üretim süreçlerinde verimlilik artışını sağlamış, daha hızlı ve daha etkili üretim imkanları sunmuştur. Makine montajı gibi yöntemler, üretimin artırılmasını kolaylaştırmıştır.

Sanayi devrimine ve gelişmesine neden olan bu faktörler, 18. ve 19. yüzyılın başlarında yaşanmış ve imalat sanayinin hızla büyüyüp gelişmesi ile ekonomiyi de etkilemiştir (Agarwal, 2017: 1063).

1760'lı yıllarda devrimin ilk izleri İngiltere'de ortaya çıkmış ve daha sonra zamanla Avrupa genelinde etkilerini göstermeye başlamıştır. 16. ve 17. yüzyıllardaki bilimsel gelişmeyi takiben, denizcilikteki ilerlemeler nedeniyle yeni yerlerin keşfinden sonra ivmelenen sanayi devrimi, kültürel ve dini alanlarda da birçok değişikliğe yol açmıştır. Bunlar gibi birçok değişimin yaşandığı dönemde tarım ve hayvancılık, ekonomik yapıda temel unsur haline gelmiştir. Tarım ve hayvancılık haricinde, marangozluk, demir-

cilik, dokumacılık gibi diğer faaliyetler küçük ölçekli tezgahlarda gerçekleştirilmekteydi. Sanayi devrimi ile birlikte, tarım ve emek yoğun üretim anlayışı yerini seri üretime ve makineleşmeye bırakmıştır. Buhar makinesi ve diğer teknolojik yenilikler, üretim süreçlerinde büyük bir dönüşüm yaratmış ve üretim hacmi önemli ölçüde artmıştır. Bu da hammadde üretimi ve piyasada fazlalık ürünlerin ortaya çıkmasıyla birlikte satış kavramının önemini artırmıştır. Sanayi devrimiyle birlikte gelirlerde artışlar yaşanmış ve bu artan gelirlerin bir kısmı, makine gücüne ve insan sermayesine yatırım yapmak için kullanılmıştır. Bu durum büyük imalat şirketlerinin ortaya çıkmasına ve endüstriyel sermayenin büyümesine yol açmıştır. Bu gelişmelerin sonunda kentsel nüfusta önemli bir artış ve yaşam standartlarındaki değişimlere paralel olarak tüketici davranışlarında farklılaşmalar yaşanmıştır (Görçün, 2017: 4-5).

Şekil 1. Endüstri Tarihine Kısa Bir Bakış



Kaynak: Alomaliye, 2017.

Görselde görüldüğü üzere, sanayi devrimi ve diğer köklü devrimler dünya ülkeleri arasındaki dengeleri önemli ölçüde etkilemiş ve birçok alanda büyük değişimlere neden olmuştur. Devrimler önce demir-çelik sektörünü ve tekstil sektörünü etkiledikten sonra hızla diğer sektörleri de etkilemiştir. Sadece ülkelerin ekonomik düzeyini ve üretim yapısını değil, toplumların yaşam biçimlerini de köklü bir şekilde değiştirmiştir. Bu köklü değişimi özetlersek, Endüstri 1.0'ın çıkışı olarak kabul edilen buharlı makinelerin icadı, Avrupa'da hızlı nüfus artışına ve sömürgeciliğin yayılmasına yol açmıştır. Endüstri 2.0'ın başlangıcına yol açan elektrik enerjisi, seri üretim, bilim ve teknolojide otomasyon sistemlerinin gelişmesiyle birlikte üretken yapının gelişmesi, girişimciliğin büyümesine ortam hazırlamış ve ticaret hukukuna gerekli önemi verilmesine ortam hazırlamıştır. Daha sonra, üretimde programlanabilir sistemlerin kullanılmasıyla gerçekleştirilen Endüstri 3.0, artan endüstriyel yatırım ve kapitalizmin gelişimi için bir kay-

nak olmuştur (Jensen, 1993: 834). Son olarak, günümüzde ise siber-fiziksel sistemler ve dinamik veri işleme teknolojileriyle endüstriyel sektörlerde büyük bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bu dönüşüm, Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni bir sanayi devrimiyle ilişkilendirilmektedir.

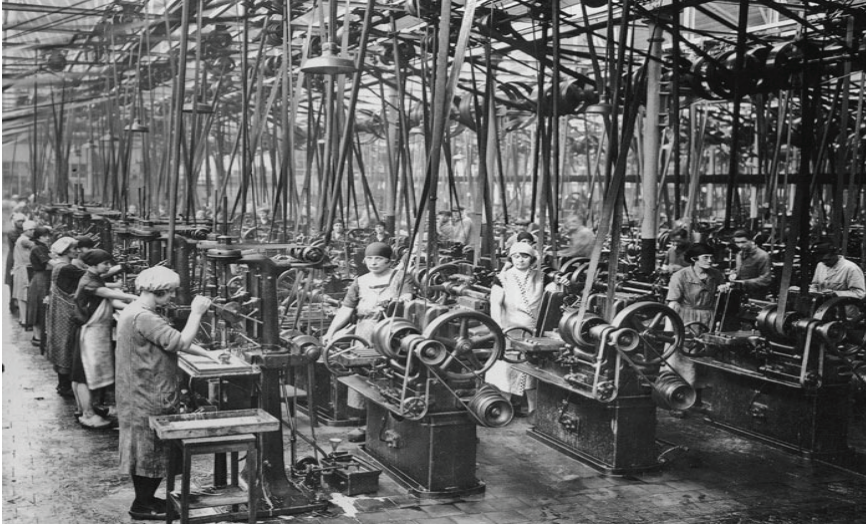
Tüm sürece bir bütün olarak bakarsak, entegre üretim hatları ve sistemleri ile üretimi artırarak düşük kalifiye işçi sayısını azaltmanın ve verimliliği artırmanın ana hedef olduğu görülmektedir. Nihai olarak, vasıfsız veya az nitelikli işgücünün yerini akıllı ve koordineli makineler alacaktır. Fakat geleceğin fabrikasını yönetmek ve denetlemek, bugün olduğundan daha yetenekli bir işgücü gerektirecektir. Makinelerin birbirleriyle etkileşimi ve insanlarla olan etkileşimi, kişiye özel ve düşük miktarlarda üretimi olası hale getirerek düşük maliyetlerde üretimi sağlayacaktır. Bu değişimler, bütün ülkeleri, üretim sektörlerini ve toplum hayatını büyük ölçüde etkileyecektir (Çetiner, 2016: 7).

1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

Sanayi Devrimi'nin ilk aşamalarında, kentlere göç, tarım ve hayvancılıktaki değişimler ve işçi sınıfının ortaya çıkması gibi sebeplerden dolayı teknolojik arayışlar başlamıştır. Bu sebepler ile su ve buhar enerjisini kullanan mekanik ürünlere ve teknolojilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda birinci sanayi devrimine diğer bir adıyla Endüstri 1.0 doğmuştur (Barutçu, 2019: 25).

Sanayi devriminin ilk adımı olan Endüstri 1.0 dediğimiz bu süreç Thomas Newcomen' in 1712'de buhar gücüyle çalışan makineyi icat etmesiyle başlamıştır. Bu buluş 1781'de İngiltere'de "James Watt" adlı bir İskoçyalı tarafından geliştirerek verimli hale getirmiş ve ticarileşmesini sağlamıştır (Görçün, 2017: 9).

Şekil 2. Sanayi Devriminden Bir Görünüm



Kaynak: M5, 2020.

James Watt'ın geliştirdiği buhar makinesi, endüstriyel süreçlerde önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Buhar makinesi, özellikle tekstil sektöründe büyük bir etki yaratmıştır. Ancak, buhar makinesinin tekstil sektöründe etkin bir şekilde kullanılabilmesi için daha fazla otomasyona ihtiyaç gerekliydi ve 1785 yılında Edmund Cartwright'ın mekanik dokuma tezgâhları geliştirmesi dokumanın gücünü değiştirmenin yanı sıra, buhar makinesinin dokumada ilk kullanımına damgasını vurmuştur (Türkcan, 2009: 139). Böylece atölyelerin yerine fabrikalarda üretim yapılmaya başlanmıştır. Bu değişim ile üretimde, artışlar gerçekleşmiş, maliyetler azalmış, kalite iyileşmiştir. Başlayan “endüstrileşme” süreci ile, bilim ve teknolojinin gelişme hızı doğrusal olarak artmaya başlamıştır ve ekonomik büyümede de artışlar yaşanmaya başlamıştır (İlhan, 2018: 810).

Endüstri 1.0'ın en önemli gelişmelerinden biri, buhar gücünün sanayi ve ulaşımda kullanılmasıdır. Buhar gücü, makinelerin ve demiryolu araçlarının yaygın şekilde kullanılmaya başlanmasını sağlamıştır. Demir yolu ve deniz yolu ile haberleşme, hammadde ve malzemelerin çok uzak bölgelere taşınması kolaylaşmıştır (McKay, 1983: 65).

Üretimdeki artış ve buhar gücünün kullanımı, ticaretin farklı yönlerde gelişmesine ve İngiltere'nin tekstil sektöründe ihracat liderliğini sürdürmesine yol açmıştır. Bu gelişmeler, İngiltere'nin sanayi üretimini ve ticaretini güçlendirmiş ve ülkenin ekonomik üstünlüğünü sağlamıştır. İngiltere'nin tekstil sektöründeki tekeli sürdürülebilirliği, üretimin artması, ulaşımın gelişmesi ve geniş bir dağıtım ağının oluşturulmasıyla mümkün olmuştur (Ayan, 2020: 15).

İngiltere'nin, sanayi devriminin başlangıç noktası olma sebebi mevcut olanakları olmuştur. Bu olanaklar:

- Zengin maden ve kömür yataklarının olması
- Demokratik bir yönetimin olması
- Güçlü bir ekonomi olması
- İç Pazar ticaretinin serbest bırakılmış olması
- En büyük sömürge imparatorluğu olması
- İngiliz donanması ve güçlü ticaret, taşımacılığı daha kolay hale getirmesi
- Siyasi kargaşadan, savaşlardan uzak durabilmesi ve istikrarlı olmasıdır (Mutlu, 2019: 10).

Bu güçlü olanaklarıyla İngiltere'deki Endüstri 1.0 süreci, hızla Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri gibi diğer ülkelere yayılmıştır. Bu yayılma, diğer ülkelerin de endüstriyel dönüşüm yaşamasına ve benzer ekonomik ve toplumsal değişimlere yol açmıştır (Derya, 2018: 2).

Tekstil, ulaşım ve makineleşme için pamuk, kömür ve çelik gibi malzemeler büyük öneme sahip olmaktadır. Pamuğu üretimde işlenmek üzere hammadde ve yarı mamul olarak, kömürü hammaddenin dönüştürülmesinden nakliyesine kadar olan tüm süreçte kullanmak için, çeliği ise buhar gücünü kontrol etmek için makinelerin basınç gücüne karşı dayanıklılığı sebebiyle tercih edilmiştir (Troxler, 2013: 9).

Ayrıca bu devriminin başlamasıyla birlikte tıp ve sağlık alanlarında da gelişmeler yaşanmıştır. Gelişen sanayiler insan nüfusunda hızlı bir artışa yol açmış ve bu nüfusun artan talepleri doğrultusunda işletmeler, daha fazla üretim miktarlarına ulaşarak ve daha iyi ürünler üreterek artan taleplere cevap vermiştir (McLamb, 2011).

1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

İkinci Sanayi Devrimi olarak adlandırılan Endüstri 2.0 dönemi, 19. yüzyılın ortalarında gerçekleşmiştir. Bu dönemde, önceki Sanayi Devrimi'nde kullanılan buhar gücünün yerini elektrik enerjisi almış ve yeni enerji kaynakları keşfedilmiştir. Bu dönemin en önemli yeniliği elektrik ve gaz gibi yeni enerji kaynakları olmuştur. Özellikle üretim, haberleşme ve ulaşımда elektriğin kullanımı başlanmıştır. Bu sayede üretim de elektriğin kullanılmasıyla birlikte büyük miktarlarda tüketim malları üretilmeye başlanmış ve üretim aşamalarında önemli bir büyümeyi beraberinde getirmiştir. Ayrıca bu dönemde en büyük yenilik olan elektrik sebebiyle ikinci sanayi devrimi elektrik devrimi olarak da adlandırılmaktadır (Romero ve Theorin, 2013: 2).

İkinci sanayi devrimi, 19. yüzyıldan itibaren kullanılmasına rağmen talep görmediği için çok az işletmede uygulanmıştır. Uygulanmaya başlanan ikinci sanayi devrimi elektrik enerjisi ile üretim hatlarında çeşitlilik oluşturmuştur. Farklı türde siparişlerin aynı ortamda üretim tezgâhları kullanarak tek tip üretim hatları kullanmak mümkün hale gelmiştir (Görçün, 2017: 76).

Ayrıca elektrik üretim hatlarının yanı sıra üretim süreçlerini de etkilemiştir ve lojistik faaliyetleri de kontrol edilebilir hale gelmiştir. Karayolunun yüksek hareket kabiliyeti nedeni ile kara taşımacılığı artmıştır. 1930'larda karayolu taşımacılığının lojistik faaliyetlerinde verimli kullanılması ile tedarik süreçleri artmıştır. Dolayısıyla taşımacılık sektöründe esneklik ve optimizasyon gibi etkenler daha önemli bir yere sahip olmuştur (MEB, 2011: 4).

Bu sayede seyahat ve ticaret artmış ve İngiltere, ABD, Almanya ve Japonya, ülkeleri ikinci sanayi devrimindeki gelişmeleri uygulamalarına katarak dünyanın önde gelen lider ülkeleri konumuna gelmiştir (Görçün, 2017: 87). İlk seri üretim bu dönemde 1870'te Chicago ve Cincinnati'de et ambalajlama üretimi için olmuştur. Ayrıca, Ford motor şirketinin sahibi Henry Ford 1913'te otomobil üretiminde ilk elektrikli seri üretim hattını kurmuştur. Bu seri üretim hattı, otomobil üretim sürecindeki işlemleri daha verimli hale getirerek üretim hızını artırmış ve maliyetleri düşürmüştür. Bu da otomobil üretiminde büyük bir devrim olarak kabul edilmiştir (Ayan, 2020: 25).

Şekil 3. İkinci Sanayi Devrimi



Kaynak: Tozlu mikrofön, 2018.

Ford, Otomotiv parçası T3000'in montajını 84 aşamaya ayırarak bir iş bölümü oluşturmuştur. Getirilen bu yenilik montaj süresini 12 saatten 90 dakikaya düşürmüştür. Bu gelişmeler sayesinde seri üretime geçilmiştir (Özsoylu, 2017: 43).

Bu gelişmeler verimliliğin artmasını ve teknolojiyi kullanarak az çaba ile ayakkabı üretimi yapmak kalitenin daha iyi gelişmesini sağlamıştır (Landes, 2003: 40-41).

Ayakkabı üretiminin ve dikiş makinelerinin gelişmesi, kimya sektöründe sentetik boyaların keşfedilmesi ile üretimde kullanılması, aspirinin icadı ve suni gübre üretimi gibi ikinci sanayi devriminde büyük gelişmeler olmuştur. İkinci sanayi devriminde tarım dışında neredeyse tüm endüstrilerin makineleşmesi önemli bir nokta olmaktadır (Kennedy, 1991: 66).

Ayrıca endüstriyel dönemdeki gelişmeler, iletişim teknolojileri ve işçi hareketi açısından önemli değişikliklere yol açmıştır. Radyo ve telgraf gibi iletişim araçları, bilgi akışının hızlanmasını sağlamış ve haberleşme alanında devrim yaratmıştır. Bu da menkul kıymet piyasasının ortaya çıkmasını desteklemiştir. Endüstriyel dönemde işçiler arasında sendikalaşma hareketleri de yaygınlaşmıştır. İşçi sınıfının örgütlenmesi ve sendikaların kurulması, işçilerin haklarını korumak, çalışma koşullarını iyileştirmek ve maaş taleplerini dile getirmek için önemli bir araç olmuştur. Sendikalaşma, işçilerin kolektif güçlerini artırarak işverenlere karşı daha etkili bir mücadele sağlamıştır. Ayrıca, bilgi akışındaki artışın etkisiyle üretim süreçlerinde beyaz yakalı işçilerin sayısı da artmıştır. İkinci sanayi devrimindeki teknolojik gelişmeyle beraber dünya genelinde artan karbon tüketimi ve kaynakların kontrolsüz bir şekilde kullanılması, zaman içerisinde çevresel koşullar üzerinde bazı olumsuz etkiler de meydana gelmiştir (Engelman, 2015: 1870-1914).

1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

Üçüncü sanayi devrimi diğer adıyla Endüstri 3.0, 1970'ler ile 2000'li yıllar arasında üretimde bilgisayar teknolojisinin kullanıldığı dönem olmaktadır.

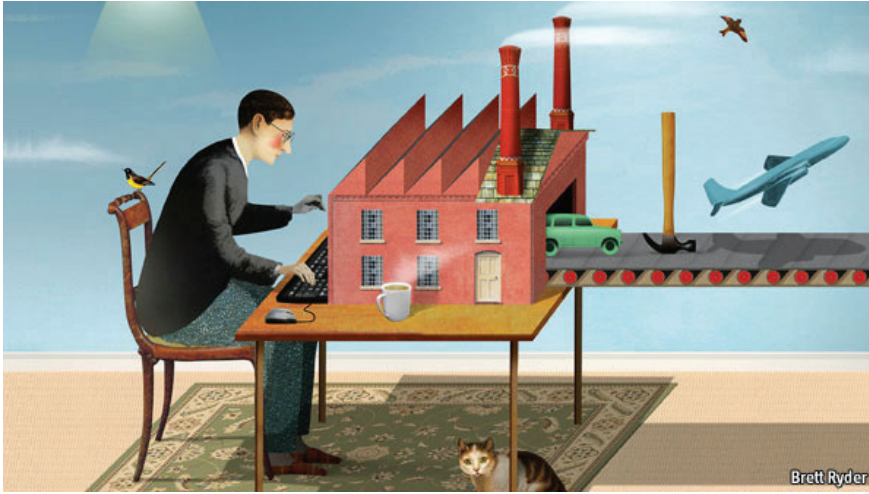
Birinci ve ikinci sanayi devriminin ana gelişmeleri, buhar makinelerinin kullanılması ile beraber tekstildeki gelişmeler, elektrik kullanımı ve seri üretim olmaktadır. Bu gelişmelerden sonra dijital motor, bilgisayar otomasyon teknolojisi, yenilebilir enerji ve 3D yazıcılar üçüncü sanayi devriminin temellerini oluşturan etmenler olmuştur. Üçüncü sanayi devriminin ana birleşenleri olan bilgi teknolojisindeki gelişmeler ile bilişim sektörünün yükselişi ve internet kullanımının artışı, üretimde maliyetin azalmasını sağlamıştır ve bilgisayarın yaygınlaşması ile nükleer faaliyetler, genetik bilim gibi birçok yenilik meydana gelmiştir. Dijital çağ olarak da adlandırılan üçüncü sanayi devrimi, bazı sektörlerin merkezi haline gelmiştir (Özsoylu, 2017: 43).

Modicon firması ilk kez 1969 yılında elektronik ve bilgi teknolojisinin birlikte çalışabileceği programlanabilir sistemleri kullanmıştır. Günümüz-

de endüstriyel üretimde yaygın olarak kullanılan mikroelektronik, mekatronik, telekomünikasyon, biyo-tarım, biyogenetik, lazer teknolojisi, nükleer enerji bilimi, Modicon firması tarafından 1969 yılında geliştirilen PLC (Programmable Logic Controller) adı verilen programlanabilir sistemlere dayanmaktadır (Aksoy, 2017: 37). PLC, çeşitli işletme tesisi ve sanayi ortamlarında değişik ya da devamlı kontrol işlevleri gerçekleştiren, sensörlerden aldığı bilgiyi verilen programlar ile işleyip iletebilen endüstriyel olarak güçlendirilmiş bilgisayar tabanlı bir birimdir. Bu yeni uygulama ile birlikte üretim otomasyona geçmektedir. Diğer bir deyişle elektronik, bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi, üretimin otomasyonunu mümkün kılmıştır (Romero ve Theorin, 2013: 2).

1980'lerin başında bilgisayarlar daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarların üretimde kullanılması ile insana ihtiyaç daha da azalmıştır. Dünya çapında yaygın olarak kullanılan internet ile her şeye her yerde istenilen zamanda ulaşmak bilgiyi paylaşmak ve bilgiye erişmek mümkün olduğundan, bilgi alma, paylaşma ve depolama mümkün hale gelmiştir (Sampler, 1998: 344).

Şekil 4. Üçüncü Sanayi Devrimi



Kaynak: Alomaliye, 2017.

1990'lı yıllardan itibaren internetin ve bilgi teknolojilerinin yaygınlaşması, imalat sanayiinde büyük bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. İnternetin ve diğer iletişim teknolojilerinin etkisiyle küresel bir ağ oluşmuş ve dolayısıyla üreticilerin küresel dünyaya açılmasını sağlamıştır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017:5). Başka bir deyişle, ulaşım ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle küreselleşme hızlandırmıştır. Üçüncü sanayi devrimi birçok değişikliği ve yeniliği beraberinde getirmiştir. Yeni buluşlar, malzemelerin

daha hafif, dayanıklı ve işlevsel olmasını sağlamıştır. Bu da ürünlerin daha çeşitli uygulama alanlarına sahip olmasını ve daha yüksek performans sunmasını mümkün kılmıştır. İş dünyasında daha verimli üretim ve daha geniş pazarlara erişim sağlanması, ekonomik büyümeyi desteklemiş ve toplum refahını artırmıştır (Ayan, 2020: 18).

Üçüncü sanayi devrimi döneminde otomasyon, iletişim ve haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler müşteri talep ve beklentilerini etkilemiştir. Müşteriler, daha fazla alternatif, yüksek kalite ve düşük fiyat beklentisi içerisine girmişlerdir. Bu da endüstriyel üreticileri farklı yollar denemeye ve müşteri taleplerini karşılamak için yeni stratejiler geliştirmeye yöneltmiştir. Bu dönemde, üretim yapan işletmeler dış kaynak kullanımına yönelmişlerdir. Müşteri talepleri doğrultusunda yapılan bu değişim, endüstriyel üreticilerin rekabetçi olmalarını sağlamış ve tedarik zincirinin daha kontrol edilebilir hale getirmiştir (Görçün, 2017: 104).

Değişim ve gelişmeler ile beraber üretiminde kullanılan sistemlerin geliştirilmesi verimliliğin ciddi oranda artmasını sağlamıştır. Örnek vermek gerekirse; Nissan firmasının 15 tane fabrikasından biri olan Sunderland’ deki fabrikası 1996 yılında işçi başına 59 araba üretirken, kullanılan teknolojiler sayesinde 2016 yılında bu rakam 88’e çıkmıştır. Bu rakamlar kişi başına düşen üretim miktarında %49’luk bir artışı göstermektedir (Tandoğan, 2012).

Sanayi devrimlerinin ilerlemesinin ihmal edilmemesi gereken olumsuz etkileri de bulunmaktadır. İlk iki sanayi devriminde doğal kaynakların tükenmesi ve doğal yaşamı zorlaştıran çevre kirliliği görülmektedir (Krahn ve Graham, 1993:243). Kirliliğe sebep olan sanayileşmeyi azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve teknolojik gelişmelerle enerji tüketiminin azaltılması üçüncü sanayi devrimini tetikleyen diğer bir faktör olmuştur (Mutlu, 2019: 12).

Üçüncü sanayi devrimini özetlersek, bilgi sistemleriyle iletişim ve haberleşme alanlarının gelişimini, bu gelişmelerin endüstrilerde aktif olarak kullanılmasını, aynı zamanda ulaşım sistemlerinin hızlanmasını da etkilemiştir. Öte yandan hızla artan teknolojik gelişmeler ile dünyada rekabetin yoğunlaşmış ve bu durum sürecin hızlanıp yeterli yöntem, programlama ve bilgi sistemleri ile Endüstri 4.0’ın başlamasına olanak sağlamıştır (Görçün, 2017: 138).

1.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)

Almanya, yeni sanayi devrimini (Endüstri 4.0) ilk kez dünyanın en büyük sanayi fuarlarından biri olan Hannover Messe 2011’de duyurmuştur. 2013 yılında Almanya, devlet destekli yeni bir sanayi devrimine uyum sürecini kapsayan bir eylem planı oluşturup dünyaya açıklamıştır. Bilgi sis-

temlerini geleneksel üretim yöntemleriyle birleştirerek akıllı hizmetler ve ürün imalatı, akıllı fabrikalar, nesnelerin interneti ve daha birçok yeniliği içeren yeni sanayi devrimi hayata geçirilmiştir (Aydın, 2018).

Buharın gücü ile başlayan sanayi devrimi, üretimde kullanılan otom makinelerden bilgi teknolojisindeki yeniliklere ve internetin nesneler üzerinden algısına kadar birçok alanda toplumu ileriye taşımıştır. Endüstri 3.0'da imalat süreçlerindeki otomasyon sistemleri, Endüstri 4.0 ile daha çok gelişmiştir. Geliştirilen bu sistemler, daha hızlı, kaliteli ve verimli üretim sağlamaktadır. Ayrıca bahsedilen sistemler artık uzaktan kontrol edilebilmektedir. Bahsi geçen imalat süreçlerinde yeni bir anlayışın ortaya çıkması ve yapay zekâ uygulamalarının giderek yaygınlaşması ile birlikte imalat alanında lider firmalar ortaya çıkmıştır (Özdoğan, 2017: 28).

Endüstri 4.0 teknolojileri, şirketlerin gelecekte ayakta kalabilmesi için önemli olmaktadır. Günümüzde endüstriyel şirketler, çeşitli tehlikeler ile karşılaşmadan önlem almak veya karşılaştıklarında bu zorlukların üstesinden gelmek için Endüstri 4.0 kavramına odaklanmaktadır. Bu şekilde Endüstri 4.0 kavramı üzerinde duran şirketler üretimde maliyetin azalması, kalite, zaman, maliyet ve esnekliğin artması bakımından diğer şirketlerden daha önde olmaktadır (Rennung, Luminoso ve Draghici, 2016: 373).

Endüstri 4.0 bilgi, iletişim ve endüstriyel olarak üç alanın harmanlanmasına dayanmaktadır. Üretimin bilgi odaklı, özgün ve sürdürülebilir olması için dijital ve akıllı fabrikalara, siber fiziksel sistemlere bağlılık gerekmektedir. Endüstri 4.0, üretimde yer alan insan, ürün ve cihazların anlık iletişimlerini sağlayan, özelleştirilmiş, dijital ürün ve hizmetlerin daha esnek bir üretim amacını gütmektedir. Almanya Elektrik Endüstri Birliği tarafından, Endüstri 4.0 sayesinde endüstriyel üretkenliğin %30 artacağı söylenmektedir (Zhou, vd, 2015: 2147).

Gelişmiş analitik, bulut bilişim ve siber fiziksel sistemler, Endüstri 4.0'ın gelecekteki potansiyelini şekillendiren önemli kavramlar olmaktadır. Bu teknolojilerin bir araya gelmesi, üretim süreçlerinin daha akıllı hale gelmesini ve makinelerin kendini tanımasını sağlayarak bir dizi avantaj sunmaktadır. Gelişmiş analitik, büyük veri analizi, makine öğrenimi ve yapay zekâ gibi teknolojilerin kullanılmasıyla üretim verilerinin daha derinlemesine analiz edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, üretim süreçlerindeki potansiyel hataları veya verimsizlikleri önceden tespit edebilmekte ve önlem alınabilmektedir. Bu da üretim süreçlerinde karşılaşılan hata payını sıfıra indirir ve verimliliği artırır (Lee vd., 2014: 5).

Endüstri 4.0, ülkelere ekonomik büyüme, inovasyon ve rekabet gücü açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu nedenle, birçok ülke Endüstri 4.0'ı stratejik bir öncelik olarak belirlemekte ve ilgili politika ve programları geliştirmektedir. Bu dönüşüm, işletmelerin rekabet avantajını sürdürmele-

rini sağlamak ve ekonomik gelişmelerini desteklemek için önemli bir araç haline gelmiştir (Rençber, 2019: 6).

Endüstri 4.0, talep değişimlerine hızla uyum sağlanabilecek, ürün ve hizmet geliştirebilecek, hammaddenin tedariki, üretim süreci ve ürünü pazarlama aşamalarında insanlar, makineler ve bilgi teknolojilerinin entegre olduğu bir dönüşümü hedeflemektedir. Bu dönüşümde, karar verme süreçlerinde genellikle makineler etkili olmaktadır. Ayrıca müşterilerin bireysel tercihleri üretim sürecinin her aşamasında önemlidir. Endüstri 4.0, daha esnek, verimli ve müşteri odaklı bir üretim modelini amaçlamaktadır (TOBB, 2016: 22).

1.4. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Endüstri 4.0, siber fiziksel sistemler, eklemeli üretim, nesnelerin interneti, akıllı robotlar, büyük veri analitiği, bulut bilişim, artırılmış gerçekçilik, siber güvenlik, yatay ve dikey entegrasyon gibi çeşitli bileşenler içermektedir. Bu bileşenlerin çoğu son yıllarda geliştirilmektedir. Bu bileşenlerin bütünleştirilmesi sonucunda eşi benzeri görülmemiş hız ve derinlik etkisi ortaya çıkmaktadır. Endüstri 4.0 bileşenleri işletmelere yeni iş yöntemleri, ürün ve hizmetlerin yaratılması için fırsatlar sunmaktadır. Bu bileşenler, değişen ekonomik koşullara uyum sağlayabilme, pazar taleplerine hızlı bir şekilde yanıt verebilme ve uluslararası rekabetçi ortamda büyüme ve başarı elde etme yeteneği sağlamaktadır. Endüstri 4.0, işletmelerin zorlukların üstesinden gelebilecekleri, verimli ve sonuç odaklı bir endüstri yaratmalarına yardımcı olmaktadır. Bu şekilde işletmeler, değişen dünyada rekabetçi kalmak ve başarılı olmak için gereken yeteneklere sahip olmaktadır (Othman vd., 2016: 139).

Endüstri 4.0 kendi kendini yöneten, hataları fark eden, tüm süreçlerin birbiriyle iletişim kurduğu, dijital üretim süreçleri oluşturan bu sayede akıllı fabrika sistemlerini oluşturan ve ağ bağlı sistemlerden oluşmaktadır. Bundan dolayı Endüstri 4.0'ın işletmelere entegre edilmesi ile üretim süreçlerinde daha esnek ve verimli bir yapı ortaya çıkmaktadır (Akkuşcu, 2019: 19).

Endüstri 4.0, istikrarlı bir işletme ortamı, veri gizliliği ve siber güvenlik gibi temel gereksinimleri karşılamayı gerektirmektedir. İşletmeler, bu gereksinimleri karşılamak için uygun önlemleri almalı ve güvenlik önlemlerine sıkı bir şekilde uygulamalıdır. Bunun yanı sıra, endüstriyel standartlar ve kabul edilmiş uygulamalar doğrultusunda hareket etmek, güvenlik açıklarını tespit etmek ve kapatmak için düzenli denetimler yapmak önemli olmaktadır. İstikrar, veri gizliliği ve siber güvenlik endüstri 4.0'ın yüksek verimlilikte doğru bir şekilde uygulanması için kritik öneme sahiptir ve işletmelerin bu gereksinimleri göz ardı etmemeleri gerekmektedir (Drath

& Horsch, 2014: 23). Endüstri 4.0 gelişmelerine hız, genişlik ve derinlik anlamında uyum sağlayamayan işletmeler ve ülkeler büyük kayıplar yaşayacaktır. Bu teknolojik gelişmelere bakıldığında sanayileşmede Endüstri 4.0 sadece akıllı ve bağlantılı makine sistemlerle değildir aynı zamanda gen biliminden nano teknolojiye, yenilebilir enerjiden sağlık ve sosyal bilimlerin farklı dallarına, her alanda ileri düzeyde gelişmeler yaşanacaktır (Özsoylu, 2017:46).

Günümüzde, teknolojik gelişim ve değişimlerle yepyeni bir dünyada yaşanmaktadır. Bağlanabilirliği ve şeffaflığı getiren internet, bu değişimlerin büyük ölçüde sebebi olmaktadır. Bu değişimler, tüketicilerin taleplerini ve dolayısıyla endüstriyi etkilemekte ve yenilikçilik, rekabet ve ekonomik gelişmelerde benzeri görülmemiş artışlar sağlamaktadır. Endüstri 4.0, otomasyon, yapay zekâ ve üretim teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte müşteri odaklı üretimi desteklemekte ve işletmelere bu değişen tüketici beklentilerine uyum sağlama fırsatı sunmaktadır. Robotlar, yapay zekâ ve sensör teknolojileriyle donatılmış olarak üretim süreçlerine entegre edildiğinde, insan kaynaklı hataları azaltmakta ve üretim verimliliğini artırmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar ise fabrikalardan evlere üretimi taşıyarak daha esnek ve kişiselleştirilmiş üretim imkânı sunmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte işletmeler, müşterilerini daha iyi anlamak için veri analitiği ve yapay zekâ kullanabilirler. Müşteri tercihlerini ve davranışlarını izleyerek, özelleştirilmiş ürün ve hizmetler sunabilir ve müşteri sadakatini artırabilirler. Endüstri 4.0'ın sağladığı teknolojik ilerlemeler, işletmelere daha iyi müşteri ilişkileri kurma, pazarlama stratejilerini optimize etme ve rekabet avantajı elde etme imkânı sunmaktadır (Öztürk, 2019:10).

Şekil 5. Endüstri 4.0 Bileşenleri



Kaynak: TÜSİAD, 2016: 25.

Endüstri 4.0 kapsamında meydana gelen yeni materyaller, hâlihazırda var olan ancak ileri teknoloji ile geliştirilen yukarıdaki şekilde yer alan Endüstri 4.0' in dokuz bileşeni olan kavramlar ayrıntılı şekilde aşağıda incelenmektedir (TÜSİAD, 2016: 25).

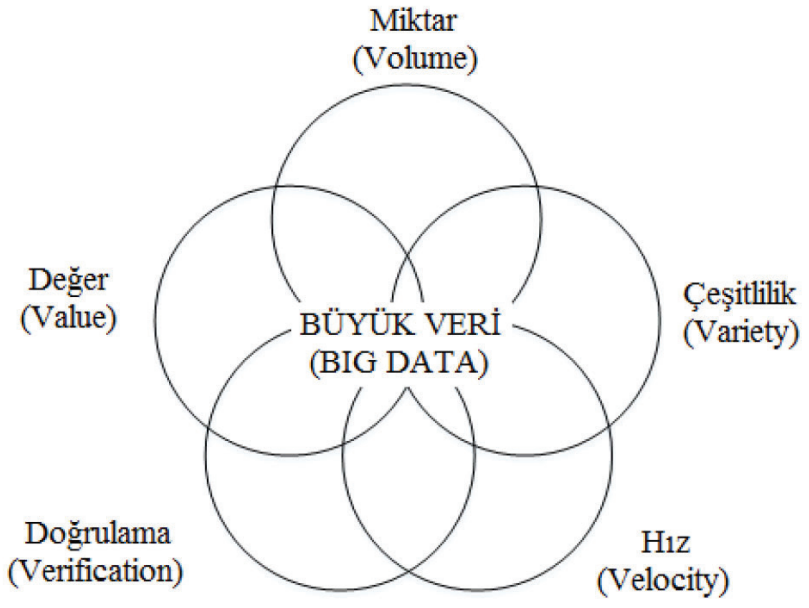
1.1.5. Büyük Veri ve Analizi

Günümüzde veri kavramının birçok alanda çeşitli tanımları yapılmıştır. Genel anlamda veri ham bilgi olarak ve işletmeler bakımından ise yapılan tüm işlerin tutulan kayıtları olarak tanımlanabilmektedir. Bilgi üretilirken veriler toplanır, kullanılır hale getirilir ve haberleşme yolu ile üretimi sağlanmaktadır.

İnternetin hızlı gelişimiyle birlikte büyük miktarda veri üretimi artmıştır. Bu veriler, farklı kaynaklardan (sensörler, sosyal medya, web trafiği, satış verileri vb.) elde edilen yapılandırılmış veya yapılandırılmamış veriler olabilmektedir. Büyük veri analizi, bu büyük veri kümelerinin analiz edilmesi, işlenmesi ve değerli bilgilerin çıkarılması için kullanılan yöntemler ve teknikler bütünü olarak tanımlanabilmektedir. (Witkowski, 2017: 767).

İşletmelerin tüketiciye özel, verileri anlık almaları ve aynı zamanda çeşitli verileri kontrol altında tutmaları gerekmektedir. Büyük veri teknolojisi, türlerine kıyasla hızlı şekilde önemli bilgileri elde etmek için yeni notlarını kullanmaktadır. Üretim sürecini sürdürülebilir bir şekilde yönlendirecek kararları saklamak, analiz etmek ve oluşturmak için bulut bilişim veri merkezine yüksek miktarlarda veri yükleyecektir ve böylelikle büyük veri ve büyük veri analizi, işletmelerin üretim süreçlerini optimize etme, maliyetleri düşürme ve verimliliği artırma gibi avantajlar sağlayacaktır (Zhou vd, 2015: 2147).

Şekil 6. Büyük Veri Analizi



Kaynak: Arslan, 2023.

Büyük veri çeşitli teknikler aracılığıyla toplanan verilerin işletmeler için değerli mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılmasıdır. Büyük veri, genellikle aktif, sürekli olarak güncellenebilir ve yenilenebilir bir yapıya sahiptir. Ayrıca değişik formatta verileri içerebilmektedir. Görselde görüldüğü üzere büyük veri, işletmeler tarafından kullanılmak için belirli teknolojik ve analitik yöntemlere ihtiyaç duyan çeşitlilik, hacim, doğruluk, hız ve değer boyutlarıyla var olan veriler şeklinde tanımlanabilmektedir (Rençber, 2019: 7-8). Ayrıca bu verileri saklayabilmek için gelişmiş bir sistem ve altyapı olması gerekmektedir. Bu altyapının kurulabilmesi yüksek maliyet içermektedir. Fakat bu teknoloji ile verilerin gruplandırılması, ne kadarlık bir alana ihtiyaç varsa o alanın depolanmasını ve maliyetin azalmasını sağlamaktadır. Verilerin gruplandırılmaması, bütün verilerin depolanması anlamına gelmektedir ve bu da fazla maliyete ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Eğer sınıflandırma yapılırsa doğru verilerin yorumlanması ile tüm veriler değerlendirilmeyecek, zaman, nakit kaybının ve emek fazlalığının önüne geçilmesi sağlanacaktır (Öztürk, 2019:14). Büyük verinin üretim hızına örnek olarak, CERN’de (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - Avrupa Nükleer Araştırma Kuruluşu) yapılan “Büyük Hadron Çarpıştırıcısı” deneyinde sensörler vasıtasıyla saniyede 1 petabayt büyüklüğünde verinin üretilmiş olması verilebilir (Ohlhorst, 2013: 13).

Büyük verinin kullanım alanları arasında, bankacılık, sigortacılık, iletişim, medya ve eğlence, sağlık, eğitim, üretim, devlet hizmetleri, perakendecilik ve ticaret, ulaşım, enerji sektörleri yer almaktadır.

Araştırma kuruluşu Statista'nın istatistiklerine göre, 2016 yılı itibarıyla büyük veri ve analitiğinin dünya genelindeki pazar payında, bankacılık %13,1 ile en çok gelir sağlayan uygulama alanı görülmüştür. Bankacılığın devamında, %11,9 ile kesikli üretim, %8,4 ile süreç tipi üretim, %7,6 ile devlet hizmetleri ve %7,4 ile de profesyonel hizmetler takip etmiştir. Aynı yıl, büyük verinin tüm uygulama alanlarındaki toplam pazar değeri ise 130,1 milyar Amerikan doları seviyesine yükselmiştir. (Statista, 2016). Başka bir araştırma kuruluşu IDC ise 2016'da elde edilen bu toplam gelir değerinin, yıllık %11,7'lik bileşik büyüme oranı ile 2020 yılında 203 milyar Amerikan dolarından daha fazla seviyelere ulaşacağını öngörmüştür (Press, 2017).

İşletmelerin, özel kurumların veya devlet kurumlarının gelişimi ve verimliliği sağlayabilmesi için büyük veri analizi teknolojilerine entegre olması gerekmektedir. Mckisney, 2011'de bir raporunda bu teknolojinin sadece özel sektörde değil kamu kurumlarında da uygulanması gerektiğini vurgulamıştır. Büyük veri analizinin uygulanmasına bir örnek olarak, ABD'nin sağlık harcamalarının %8 oranında azaltıldığı ve bir şirketin karının %60 arttığı saptanmıştır (Banger, 2017: 51).

1.1.6. Akıllı Robotlar

Endüstri 4.0 bileşenlerinden bir tanesi de akıllı robotlar olmaktadır ve endüstriyel robotlar ve otonom robotlar olarak da adlandırılmaktadır. Akıllı robotlar, kendi durumu ve çevresinin durumu hakkında veri toplayabilmekte, insan gücü gerektirmeden uzun süre çalışabilmekte ve belirlenen şekilde çalışma ortamında hareket kısıtlılığı olmadan belirlenen işleri yapabilmektedir. Robotların tasarım özelliğinde bulunmadığı sürece insanlara zarar vermeden bir arada güvenli bir şekilde çalışabilmektedir (Öztürk, 2019:16).

Akıllı robotlar, üretimde insandan kaynaklanan hataları en aza indirmekte, insan sağlığı açısından tehlikeli durumlarda kullanılmakta, insan gücünden daha ucuz olmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Bu sebeple işletmelerde akıllı robot teknolojileri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ayan, 2020: 30). Ayrıca robotlar, ağ üzerinden iletilen komutları, belirlenen işleri zamanında doğru bir şekilde yaparak gereken yerlere bilgiyi iletmekte, teknolojiye entegre edilen ürünler ve diğer sistemler ile iletişim kurarak çalıştığı operatörlerin işlerini daha kolay hale getirebilmektedir (Banger, 2017: 60).

Şekil 7. Akıllı Robot Teknolojisi



Kaynak: Kobiefor, 2021.

Robotlar, insanların aksine karanlık ortamda çalışabilmektedirler. Bu yönüyle de enerji maliyetleri minimum seviyeye indirgenmesini sağlamaktadırlar. İnsanlarla aynı ortamda çalışan robotlara, “cobot” ismi verilmiştir. Robot ve insanın uyum içinde bütünleşik bir şekilde çalışması, zaman, enerji, güç ve performans avantajı demektir, bu uyum için verimli ve güvenli ortam sağlanması gerekmektedir. Cobotlar, üretim sürecinin farklı alanlarında kullanılabilmektedirler. Özellikle büyük parçaların montajı, ağır malzemelerin yüklenmesi gibi fiziksel güç gerektiren işlerde cobotlardan faydalanmak mümkün olmaktadır. Cobotlar, insanlarla birlikte çalışarak, zorlu ve yorucu işleri insanlar için daha kolay hale getirebilir, iş verimliliğini artırabilir ve güvenlik risklerini azaltabilmektedir (Ayan, 2020: 31).

Üretim endüstrisinde “IFR 2029” verilerine göre robot kullanımında başta gelen ülke, yoğun olarak elektronik endüstrisinde kullanan Singapur olmaktadır. Singapur’u takip eden il beşte olan ülkeler sırasıyla, robotları en fazla Samsung, LG gibi LCD panel ve hafıza çipleri üretiminde kullanan Güney Kore, elektrik ve elektronik üretimi, otomotiv üretimi, makine üretiminde kullanan Japonya, dünyada otomotiv sektöründe robot yoğunluğunun %38 oranı ile en yüksek orana sahip olan Almanya, İsveç ve Danimarka olmaktadır (Optimak, 2019).

Akıllı robotlara örnek olarak, dünyada madencilikte lider olan firma Rio Tinto Avusturalya’da bulunan demir ve alüminyum madeni işletmesinde, insansız kırıcı ve delgi düzeneği ile çıkarılan cevher, sürücüsüz kamyonlar ve trenler ile 1000 km uzaklıkta taşıma yapmıştır. Sürücüsüz kamyonlarla nakil doğal olarak verimliliği arttırmış, sadece 24 saatte bir dizel yakıt dolumu için bekleme yapılmıştır. Rio’nun 400 kamyon filosunun 76 aracı otonom sisteme sahiptir ve işletim maliyeti %15 daha az olmuştur.

Bu yıl içinde sürücüsüz tren gidim mesafesi 1700 km olacaktır (Yılmaz, 2018:113)

Tüm bu gelişmelere bakıldığında teknolojinin ilerlemesi ile robotlar daha çok gelişmiştir ve günümüzde insan yaşamında, sosyal hayatta ve fabrikalarda kullanılmaya başlanmıştır (Fırat ve Fırat, 2017: 219).

1.1.7. Simülasyon

Simülasyon, gerçek dünyadaki bir sistemin bilgisayar ortamındaki sanal hali olmaktadır. Bu fiziksel sistemin bilgisayar üzerinde simülasyonu ile gerçek zamanlı olarak uzaktan izlenmesi ve değişkenlerin değiştirilmesi olası olmaktadır. Ürün ve sürecin simülasyonun bütünleştirilmesi dijital ikiz olarak da ifade edilmektedir. Simülasyon sayesinde sorunları görebilmek ve bunlara çözüm bularak daha iyi sonuca ulaşabilmektedir. Bu da zamandan tasarruf ve düşük maliyet sağlamaktadır. (Banger, 2017).

Şekil 8. Simülasyon



Kaynak: Defenceturk, 2018.

Sanal gerçeklik, 1960 yıllarında ilk olarak Philco şirketi tarafından askerlerin tehlikeli durumlara karşı eğitim alanlarının simüle edilerek deneyim sahibi olmaları için askeri amaçla ortaya çıkmıştır (Greenwald vd., 2017: 720). Bu tarihten sonra yaygınlaşan simülasyon fabrika ortamlarında pek çok fayda sağlamıştır. Bu teknoloji ile çalışanların tehlikeli ortamlarda bulunmadan olabilecek riskleri önceden görüp ona göre tedbir almalarını sağlamaktadır (Razali, 2018:27).

Sanal gerçeklik denildiğinde akla ilk gelen video oyunları ve eğlence sektörü olmaktadır. Fakat bu teknoloji video oyunları ve eğlence sektörü ile sınırlı kalmamakta, askeri sektör, sağlık alanı, mimari işler, satış ve pazarlama gibi çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. Endüstriyel alanlar da bu teknolojinin kullanıldığı bir alan olmakta ve üretim, planlama, tasarım, servis, bakım, test ve kalite kontrol gibi alanlarda fayda sağlamaktadır. Ayrıca hatalardan kaynaklanacak duraksamalara engel olan bu teknoloji rekabet açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Sonuç olarak simülasyon sayesinde fazla maliyetten, zaman kaybindan kurtulmak ve bununla birlikte üretim miktarının artışı, esnekliği sağlanmaktadır (Akkuşcu, 2019: 27-33).

1.1.8. Yatay/Dikey Yazılım Entegrasyonu

İş modellerinde entegrasyon biçimlerinden iki önemli kavram olan yatay entegrasyon ve dikey entegrasyon, işletmelerin avantaj elde etmek ve iş yükünü optimize etmek için kullandığı bir teknolojidir. Dikey entegrasyon, bir şirketin tedarikçileri veya müşterileriyle olan ilişkilerini güçlendirerek, aynı değer zinciri içinde farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmeleri birleştirmesini ifade etmektedir. Bu entegrasyon şekli, bir işletmenin üretim sürecini veya dağıtım ağını kontrol etmesine, daha verimli ve etkili bir şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır. Örneğin, otomobil üreten bir şirketin, lastik üretimi gibi belirli bir bileşenin tedarikini sağlamak için lastik üreten bir şirketle dikey entegrasyona gitmesi, üretim sürecini daha iyi yönetmesine ve tedarik zincirindeki koordinasyonu artırmasına yardımcı olmaktadır. Diğer yandan, yatay entegrasyon ise aynı sektörde faaliyet gösteren işletmelerin birleşmesini ifade etmektedir. Bu tür entegrasyon, benzer ürün ve hizmetler sunan işletmelerin birleşerek pazarda daha güçlü bir konum elde etmelerini sağlamaktadır. Örneğin, iki rekabetçi otomobil üreticisinin birleşmesi veya satın alınması, pazarda daha büyük bir ölçek ekonomisi sağlayabilmekte, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini birleştirerek maliyetleri düşürebilmekte ve daha geniş bir müşteri tabanına erişim imkânı sunabilmektedir. Yatay entegrasyona bir başka örnek, Facebook şirketinin aynı alanda Faaliyet gösteren Instagram şirketini satın almasıdır. Facebook şirketi bu sayede Pazar payını genişletmiş, rekabet üstünlüğünü elde etmiş ve yeni kitlelere ulaşmıştır. Kullanıcılar artık Instagram'da paylaştığını bazı prosedürlere ihtiyaç olmadan direk Facebook'ta da paylaşabilmektedir. Buda kullanıcılara hareket esnekliği sağlamıştır. Bu kapsamda, dikey entegrasyon firmaların üretim süreci içerisinde gerçekleştirdiği tasarlama, ürün geliştirme, imalat, pazarlama, finans gibi birimlerin entegrasyonunu, yatay entegrasyon ile de tedarikçi, üretici, dağıtıcı, lojistik hizmetlerinin entegrasyonunu oluşturmaktadır (Ansal, 2016: 15).

Şekil 9. Yatay Dikey Yazılım

Kaynak: Abmarket, 2022.

Günümüzde işletmelerde, ürünün üretiminden müşteriye ulaşana kadar geçen süreç içindeki alanlarda yeterli iletişim görülmemektedir. Fakat Endüstri 4.0 ile maksimum iletişim mümkün hale gelecektir. İlerleyen kısımlarda bahsedeceğimiz nesnelerin interneti teknolojisiyle, bilgi akışının yardımıyla tedarik zincirinin parçaları arasında aynı zamanda aynı sonuca ulaşmak için sinerji gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, yatay ve dikey sistem entegrasyonu sistemin tamamını üretim sürecinde analiz etmekte, nesnelerin organizasyonu ve yönetiminde köklü yapısal değişimlere neden olmaktadır. Sonuç olarak, bir ürünün üretiminden teslim edilmesine kadar tüm süreçte bütünlük entegre teknoloji sayesinde müşteriden gelen anlık talep ve değişikliklere zaman kaybı yaşamadan müdahale edilebilmektedir (Şahin ve Turan, 2018:112).

1.1.9. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin interneti kavramı Xerox Palo Alto Araştırma Merkezi uzmanlarından olan Mark Weiser tarafından yazıldığı makale ile dikkat çekmiştir. Fakat bu kavram İngiliz girişimci Kevin Ashton tarafından 1999 yılında geliştirilip harekete geçirilmiştir. Ağ iletişimi teknolojisinin gelişmesiyle Nesnelerin İnterneti (IoT) olarak ortaya çıkan sanal dünya ile fiziksel dünyayı bütünleştirerek ve nesnelerin birbirleriyle “iletişim kurabilecekleri” görüşü yer almaktadır. Nesnelerin interneti, Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) cihazları, kızılötesi sensörler, global konumlandırma sistemleri, lazer tarayıcılar ve diğer bilgi algılama cihazlarını kapsamaktadır (Zhou vd., 2015: 2149).

Nesnelerin interneti, nesnelerin internete bağlanması sayesinde fiziksel dünyayı dijital dünya ile birleştirmektedir. Nesnelerde bulunan sensörler ve veri toplama cihazları, çevrelerindeki değişkenleri (sıcaklık, nem, ışık, hareket vb.) algılamakta ve bu verileri internet üzerinden iletebilmektedir. Bu sayede gerçek zamanlı veri toplama, analiz etme ve işleme imkânı

sağlamaktadır. Nesnelerin internetinin sağladığı veriler, farklı sektörlerde çeşitli uygulamalara olanak tanımaktadır. Örneğin, akıllı ev sistemleri, evdeki aydınlatma, ısıtma, güvenlik gibi bileşenleri kontrol etmek için nesnelerin interneti teknolojisinden faydalanabilmektedir. Endüstriyel alanlarda, üretim ekipmanları ve tedarik zinciri üzerindeki sensörlerin kullanımı, verimliliği artırabilmekte ve daha etkili bir üretim süreci sağlayabilmektedir. Nesnelerin İnterneti, büyük miktarda veri toplanmasını ve analiz edilmesini gerektiren bir teknolojidir. Bu veriler, yapay zekâ ve veri analitiği gibi ileri tekniklerle işlenebilmekte ve değerli bilgiler elde edilebilmektedir. Bu da yeni iş modelleri, hizmetler ve yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Banger, 2017).

Üretim açısından bakıldığında, yönetici istediği zaman üretim ortamındaki istediği bilgiye ulaşabilmekte ve akışı kontrol edebilmektedir. Makinaların gerçek zamanlı olarak izlenmesi, fabrikalarda mal hareketlerinin daha iyi kontrol edilebilmesini ve ani, acil durumlarda harekete geçilerek veya sorunların ortaya çıkması durumunda bu sorunlara anlık müdahalede bulunarak aksaklıkların giderilebilmesini sağlamaktadır (McKinsey Global Institute, 2013: 51).

Nesnelerin interneti, bağlantılı ağ yapılarına ve veri akışına olanak veren temel etmen olmasından dolayı, organizasyonların Endüstri 4.0 seviyesine çıkmasında önemli rol üstlenmektedir. Endüstri 4.0'da var olan tüm teknolojilerin çalışabilmesine imkân sağladığından nesnelerin interneti, bu yeni sanayi devriminin temel etmenidir. Nesnelerin interneti, tüm cihazları internet aracılığıyla başka bir cihaza bağlayan ve internetten sonraki yeni nesil olarak kabul edilen bir kavram olmaktadır (Özgen, 2019: 13).

Nesnelerin internetinin uygulama alanları çok fazladır. Bunlardan bazıları; web tabanlı sağlık yönetim sistemleri, akıllı ev sistemleri, akıllı kentler ve akıllı enerji, tarım, hayvancılık, ölçüm, sulama, endüstriyel kontrol sistemleri, ulaşım, taşımacılık ve alışveriş gibi alanlar olmaktadır.

Belirtilen tüm bu alanlarda hizmetin kalitesini, verimliliğini ve çalışma durumunun etkinliği için veriler toplanmaktadır. Daha sonra nesnelerin interneti katkısı ile birlikte iyileştirmeler yapabilmek için veriler bulut bilişim sistemine aktarılarak büyük veri oluşmakta ve verilerin analizi gerçekleştirilmektedir (Görkem ve Bozuklu, 2016: 49)

1.1.10. Siber Güvenlik

Siber güvenlik, bilgisayarların, bilgisayar donanımı, yazılım ve ağlarını, yetkisiz erişimlerden, siber suçlardan ve bilgisayar korsanlarından korumak için geliştirilen teknolojiler ve süreçlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Siber güvenlik, internete erişim sağlayan tüm cihazların yetkisiz erişimlerden ve değişikliklerden korunması amacıyla önemli olmaktadır.

Siber güvenlik, kişisel bilgilerin ve hassas verilerin korunmasını sağlamak, siber saldırılardan kaynaklanabilecek zararları en aza indirmek ve bilişim altyapılarının güvenliğini sağlamak için sürekli olarak gelişen bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Güvenlik açıklarının önlenmesi ve siber saldırılara karşı savunma mekanizmalarının oluşturulması, siber güvenliğin temel hedefleri olmaktadır (Rajesh, 2015: 14).

Endüstri 4.0 ve iletişim protokollerinin yaygın kullanımıyla birlikte, endüstriyel sistemler ve üretim hatları siber güvenlik tehditlerine karşı koruma büyük önem taşımaktadır. Endüstri 4.0, otomatik, veri aktarımı ve dijital bağlantıların yoğun olduğu bir dönüşüm süreci olmaktadır. Üretim hatlarındaki cihazlar ve bağlantı, parçalar ve geniş bir ağla bağlantı kurarak veri alışverişi yapılmaktadır. Bu, üretim sisteminin daha verimli, esnek ve akıllı hale gelmesini sağlamaktadır. Ancak, bu bağlantılar ve veri aktarımı, siber güvenlik risklerini de beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak, gelişmişlikle makine ve kullanıcıların erişim yönetimi sağlayabilmeleri önemli olmaktadır (Vaidya vd., 2018: 236).

Endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesi ve potansiyelinin tam olarak ortaya çıkması için güvenlik konusunun öncelikli bir durum olduğunu vurgulamak önemlidir. Endüstriyel üretimin sürekliliğini ve verimliliğini sağlamak için siber güvenlik tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Kaspersky Lab ICS CERT tarafından yapılan çalışmada 2016 yılının ikinci yarısında, endüstrilerde teknolojik altyapının bir parçası olan korunan bilgisayarların %39,2'sine yönelik minimum bir siber saldırı olduğu görülmektedir. Böyle bir siber saldırı ile savaşmak için tedbirlere ihtiyaç duyulmaktadır. Üretim tesislerinin dijital güvenilirliğini sağlamak firmalar açısından öncelikli bir durumdur. Fakat bu şekilde endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesi ve onun tam potansiyeline ulaşması mümkündür (Kaspersky Lab ICS CERT, 2017: 50).

İnternetin gelişimiyle birlikte iş dünyası da büyük ölçüde dijitalleşmiş ve çevrimiçi platformlarda faaliyet göstermeye başlamıştır. Bu durum, işletmelerin daha verimli, hızlı ve küresel bir şekilde faaliyet göstermesini sağlarken, siber güvenlik risklerini de beraberinde getirmiştir. Endüstri 4.0 ile fabrikalar, üretim hatları, otomasyon sistemleri ve tüm endüstriyel süreçler birbirine bağlanarak dijital ağlar üzerinden kontrol edilebilir hale gelmektedir. Bu durum, işletmelerin verimliliğini artırırken, aynı zamanda siber saldırılara maruz kalma riskini de artırmaktadır. Siber teröristler, bu dijital altyapı üzerinden hassas verilere, üretim süreçlerine ve hatta kritik altyapılara saldırarak büyük zararlar verebilir. Bu nedenle, Endüstri 4.0 uygulamalarıyla birlikte siber güvenlik büyük önem kazanmaktadır. İşletmeler, siber güvenlik önlemlerini alarak dijital altyapılarını korumalı, güvenlik açıklarını tespit etmeli ve siber saldırılara karşı sürekli olarak güncellenen bir savunma stratejisi izlemelidir (Rajesh, 2015: 14).

Bu dönüşüm ile birlikte işletmelerde üretim altyapısı, üretim yönetimi gibi alanlarda hızlı bir değişim yaşamaktadır ve yeni iş alanları ortaya çıkması ile dışa kapalı geleneksel yönetim şeklinin de değişmesi gerekmektedir. İşletmelerin geleneksel yöntemden çıkması siber güvenlik ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Bu sebeple işletmenin ilerleyebilmesi ve tehlikelerden korunması için siber güvenlik ağını oluşturması gerekmektedir (Rüßmann vd., 2015: 6).

1.1.11. Bulut Teknolojisi

Bulut Tabanlı İmalat (Cloud-Based Manufacturing - CBM) veya bulut bilişim, müşteri talebine uygun üretim sağlamak için verimliliği artıran, ürün maliyetlerini düşüren ve optimum kaynak erişimine izin veren, çeşitlendirilmiş ve dağıtılmış üretim kaynaklarının bir paylaşım kümesine talep üzerine erişimden yararlanan bir ağa bağlı üretim modelidir (Yıldız, 2018: 550).

Bulut teknolojisi, Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan sistemler arası iletişim ve bilgi paylaşımını desteklemek için yaygın olarak kullanılan bir teknoloji olmaktadır. Büyük veri analizi, süreç otomasyonu ve yapay zekâ gibi alanlarda kullanılan verilerin saklanması, işlenmesi ve paylaşılması için bulut tabanlı çözümler tercih edilmektedir (BCG, 2016:4).

İşletmeler, müşterilerinin taleplerini karşılayacak yeterlilikte ürünler üretmek için çeşitli stratejiler, yollar aramaktadırlar. İşletmelerin bu yeterlilik için akıllı üretim yapacak seviyeye gelmiş işletmeler olması gerekmektedir. Akıllı üretim, işletmedeki nesnelerin verilerini toplamayı, bu verileri büyük veri sistemlerinde depolamayı ve makineler arasında iletişimi sağlamaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletmelere uygulanmasıyla birlikte bulut bilişim, veri depolama ve yönetiminde yaşanan sorunları çözebilir ve birçok fayda sağlayabilir ve böylece yeterlilik ve müşteri talebini karşılama, verimlilik, esneklik, nesne takibi, rekabet gücü anlamında işletmeleri bir adım öne taşıyacaktır (Sayılğan ve İşler, 2017: 3).

Bulut bilişim teknolojisi, küçük şirketler için maliyetleri azaltma ve kaynakları daha verimli kullanma konusunda önemli avantajlar sunabilmektedir. İşletmelerin kendi bilişim altyapılarını kurmak, donanım ve yazılım satın almak, güncelleştirmek ve bakımını yapmak gibi maliyetli faaliyetlerle uğraşmaları gerekmemektedir. Bunun yerine, bulut bilişim ile ihtiyaç duydukları bilişim kaynaklarına erişebilmekte ve bu şekilde maliyetlerini azaltabilmektedirler. Bulut bilişim teknolojisinin hızlı bir şekilde tüm dünyaya yayılması ile birlikte bulut bilişimi entegre eden bölgeler, devlet kurumlarının bilgi güvenliği, kişisel verilerin korunması ve verilerin kaybolmaması için yeni önlemler almasına gerek kalmamaktadır (Mishraa vd., 2016: 7115).

Bulut bilişim teknolojisi ile bilgiye anlık ulaşma ve kullanma, donanımda minimum maliyet, azaltılmış işgücü, hız ve esneklik gibi faydalar sunan uygulanması kolay bir yöntem olmaktadır. Türkiye’de internet ve internet teknolojilerinin kullanımının dünya ortalamalarında olduğu görülmektedir. Forrester Araştırma Şirketi’nin verilerine göre, ülkemizdeki işletmelerin % 31’i buluta geçmiş durumdadır ve % 40’ı ise buluta geçmeyi düşündüğünü belirtmektedir. En fazla üretim şirketlerinin başta geldiği görülürken kamu sektörünün de yüzde 25’inin bulut bilişimi kullandığı görülmektedir (Öz, 2016: 74).

Aşağıdaki tabloda bulut teknolojisine örnek olarak bazı şirketler ve bu şirketlerin yaşadığı sorunlar ile bulut bilişimin getirdiği çözümlere yer verilmektedir;

Bulut teknolojisine örnekler:

Şekil 10. Bulut Teknolojisinin Kullanımına Örnekler

İhtiyaçlar	Bulut Bilişim Çözüm
Masaya veya dizüstü bilgisayara sahip olmayan çalışanlar. Uzaktan çalışanlar.	Örnek: Aviva, küresel sigorta sağlayıcısı (28 ülke ve 54 bin çalışan): - Zorluk: Küresel iletişim ve işbirliği; - Çözüm: SharePoint Online - Yararlan: Küresel iletişim imkânlarıyla şirketi bir araya getirdi. Tüm çalışanlara erişim imkânı sağladı.
Maliyetleri azaltma ihtiyacı.	Örnek: Godiva Chocolatier, perakende mağazaları - Zorluk: Mesajlaşma yazılımının yüksek terfi ve sürdürme masrafları - Çözüm: İş Üretkenliği Çevrimiçi Paketi - Yararlan: Yıllık masraflarını 250 bin USD azalttı ve BT çalışanlarını işi büyütmeye odaklanma için daha fazla zaman kazandırdı. Artan çalışan memnuniyeti sağladı.
Daha fazla verimlilik ihtiyacı. Merkezileşme ihtiyacı.	Örnek: Coca-Cola Enterprises Inc. - Zorluk: Tüm dünyada 431 işletmede 72 bin çalışan ve mobil olarak çalışan personel. Tüm çalışanlarla ve hareketli çalışanlarla iletişim kuramama - Çözüm: Microsoft SharePoint Online - Yararlan: Daha yüksek üretkenlik ve işbirliği; standartlaşma sayesinde daha fazla verimlilik; azalan maliyetler.
Güncel kalma ve terfi etme ihtiyacı. Daha yüksek standartlaşma ihtiyacı.	Örnek: Energizer Holdings, Inc. - Zorluk: BT, işletmenin en son yazılımları kullanarak güncel kalma görevleri için aslı olan konular dışındaki konulara odaklanıyordu - Çözüm: Microsoft Exchange, SharePoint ve Office Communications Online - Yararlan: Daha yüksek maliyet etkinliği ve daha iyi toplam sahip olma maliyeti; son yazılımlarla çalışan personel ve kullanıcılarda artan tatmin. Tekrar temel işletme projelerine odaklanan BT.
Mobil çözümler sağlama ve mobil kullanıcıları destekleme ihtiyacı.	Örnek: Blockbuster, Inc. - Zorluk: Mobil çalışanlar için uzak bağlantı ve üçüncü taraflarla daha hızlı işbirliğine ihtiyaç duyuyordu. - Çözüm: BlackBerry desteğine sahip Microsoft Exchange Online - Yararlan: Bilgiye herhangi bir yerden herhangi bir zamanda erişim imkânları sayesinde daha yüksek üretkenlik.
Birleşmeler ve satın almalar.	Örnek: Ingersoll Rand - Zorluk: Sık satın almalarından kaynaklanan yeni çalışanların yeterince hızlı dahil edilememesi, birbirleriyle tutarlı olmayan iş süreçleri, birden fazla platform. - Çözüm: Microsoft Exchange Online ve diğer ürünler. - Yararlan: Birden çok platform yerine tek bir platform desteği, daha hızlı işe dahil olma süreci, daha yüksek yatırım dönüşü, birleşik masaüstü yönetimi.

Kaynak: Yüksel, 2012: 2.

Bulut teknolojisi turizm, eğlence, sağlık, endüstri sektörleri ve günlük yaşam gibi birçok alanda kullanımı mevcut olmaktadır.

1.1.12. Eklemeli Üretim

Eklemeli üretim (AM) veya hızlı prototipleme adıyla da bilinen üç boyutlu baskı (3D baskı) eskiye dayanmaktadır. Charles W. Hull tarafından ilk çalışan 3-D yazıcı 1984 yılında tasarlanmıştır ve 1986 yılında 3D Systems adlı ilk 3D yazıcı firmasının kurulması ile farklı bir sektör ortaya çıkmıştır (Bogue, 2013: 310).

Geleneksel üretim süreçlerinde, kesme, oyma ve şekil verme gibi işlemler genellikle ayrı aşamalarda gerçekleştirilmekte ve ürünün nihai formunu alması için birden fazla adım gerekmektedir. Bu süreçlerde, ham madde genellikle belirli bir form veya şekle getirilene kadar birçok işlem-den geçmektedir. Ancak, eklemeli üretim veya 3D baskı teknolojisi kullanılarak üretimde durum farklı olmaktadır. Bu yöntemde, bir dijital modelin katmanlar halinde kesintisiz olarak bir malzeme üzerine eklenmesiyle ürün oluşturulmaktadır. İlk olarak, bir 3D model bilgisayar ortamında tasarlanmakta ve sonra bu model, bir 3D yazıcıya aktarılmakta ve yazıcı, malzemenin katmanlar halinde üst üste eklenmesiyle ürün oluşmaktadır (Öcal ve Altıntaş, 2018: 2075).

Bu teknolojinin daha da yaygınlaşmasıyla gelecekte, özellikle karmaşık ve hafif tasarımlar gibi alanlarda minimum sayıda özel ürün üretimi artışına olanak sağlayacaktır. Böylece üretim sistemlerinin performans seviyesinin yükselmesini, zaman tasarrufu, tasarım hatalarının erken aşamalarda tespit edilmesini ve düzeltilmesini sağlamaktadır (TÜSİAD, 2016: 29).

Üç boyutlu yazıcılar (3D yazıcılar) günümüzde birçok farklı endüstride kullanılmakta ve diğer teknolojik yeniliklerden farklılık göstermektedir. Bu teknoloji, araştırmacı kişiler tarafından gelişimini tamamlamış ve kullanılabilir hale gelmiştir. Birçok endüstride geniş bir kullanım alanına sahip olan 3D yazıcılar; ürünlerin prototiplerinin üretilmesinde, belirlenen yüzeylerin fiziksel ve görsel veri haline gelmesinde, müşteri için kişiye özel ürünlerin üretiminde, cerrahi ve dental alanlarda ve sanayide kullanılacak parçaların yedeklerinin üretilmesinde kullanılmaktadır. Bu örnekler, 3D yazıcıların kullanımının sadece sınırlı olmadığını göstermektedir. Bu teknoloji, yenilikçi düşünce ve yaratıcılık ile birleştiğinde, birçok sektörde yeni fırsatlar ve çözümler sunmaktadır (Şahin ve Turan, 2018:99).

3D boyutlu yazıcıların kullanım alanlarına örnek olarak, havacılık alanında uçak motoru üreten GE Aviation şirketinin 2012 yılında katmanlı imalat alanında uzman olan Morris Technologies firmasını satın alması ve Morris Technologies firması CFM şirketi tarafından geliştirilmiş olan Leap motorunun bazı parçalarının 3D boyutlu yazıcılarda üretilmesi ile

üretilen parçaların özelliklerinin daha iyi olduğu, enerji tasarrufu sağladığı ve çevreye daha az zarar verdiği görülmüştür (Kara, 2013: 72). Nike, 3 boyutlu yazıcılar ile prototip oluşturma ve nihai üretim süresini iki ile üç yıldan altı aya indirmiş ve zamandan tasarruf sağlamıştır (Vanderploeg, Lee ve Mamp, 2016:171). Shanghai WinSun gibi şirketler 3 boyutlu yazıcılar ile az katlı binalar inşa etmek için kullanmışlardır. Bu teknoloji sayesinde inşaat malzemelerinin geleneksel yöneme göre %60 ve sürenin %30 azaldığı görülmüş, işgücünün beş kat azaldığı ve iş kazalarının azaldığı görülmüştür (Shatornaya, Chislova, Drozdetskaya ve Ptuhina, 2017:2).

3D baskı teknolojisinin Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden biri olarak kabul edilmesinin sebebi, bulut bilişim teknolojisi ile birlikte kullanıldığında, herhangi bir üç boyutlu tasarımın dünyanın herhangi bir yerine üç boyutlu yazıcı hizmet noktasına gönderilerek uzaktan erişim ile üretilmesinin mümkün kılınmasıdır. Bulut bilişim, tasarım dosyalarının çevrimiçi bulut tabanlı bir platformda depolanmasını ve paylaşılmasını sağlamaktadır. Bu sayede tasarım dosyalarına herhangi bir yerden ve herhangi bir cihazdan erişilebilmekte ve tasarım dosyası, yerel üç boyutlu yazıcıya gönderilerek yerinde üretim yapılabilmektedir (Banger, 2017).

1.1.13. Artırılmış Gerçeklik (AR)

Artırılmış gerçeklik (AR), gerçek dünyayı bilgisayar tarafından üretilen grafikler, sesler, videolar veya GPS verileri gibi sanal bileşenlerle birleştirerek, zenginleştiren bir teknolojidir. Artırılmış gerçeklik, bir cihaz aracılığıyla gerçek zamanlı olarak görüntülenmekte ve kullanıcının gerçek dünya ile etkileşimde bulunmasını sağlamaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, genellikle akıllı telefonlar, tabletler veya özel AR gözlükleri gibi cihazlar üzerinden deneyimlenmektedir (Scwhab, 2016: 84).

Artırılmış gerçekliğin sanayi sektöründeki kullanımına bakarsak; montaj sürecinde kullanılarak çalışanların işini kolaylaştırmak için tüm bileşenleri ayırmak ve onlar hakkında kilit bilgiler sağlamak mümkündür. Örneğin, bir montaj hattında çalışan bir işçi, AR gözlükleri veya tabletler aracılığıyla bileşenleri daha kolay tanımlayabilmekte, montaj talimatlarını görüntüleyebilmekte ve montaj sürecini adım adım takip edebilmektedir. Bu, hataları azaltmakta, verimliliği artırmakta ve işçilerin daha doğru ve hızlı bir şekilde montaj işlemlerini gerçekleştirmelerine yardımcı olmaktadır. Karmaşık yapılardaki makinelerin bakımı gibi bazı görevlerde de artırılmış gerçeklik kullanımı yaygın olmaktadır. Bakım ekipleri, artırılmış gerçeklik araçlarını kullanarak karmaşık makinelerin içerisini gözlemleyebilmekte, bakım talimatlarını görüntüleyebilmekte ve gerekli onarımları gerçekleştirebilmektedir. Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyayı sanal objelerle zenginleştirerek kullanıcılara daha fazla bilgi, içerik ve deneyim sunmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, fiziksel nesneleri görüntülerken,

bu nesnelere dijital içerik eklemektedir ve kullanıcının gerçek dünyayı daha kapsamlı bir şekilde deneyimlemesini sağlamaktadır (Peddie, 2017: 20).

Artırılmış gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) terimleri sıklıkla karıştırılmaktadır, ancak farklı teknolojileri ifade etmektedir. Sanal gerçeklik, kullanıcıyı tamamen sanal bir ortama taşımaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisi, kullanıcının gözlük veya başlık gibi cihazlar aracılığıyla gerçek dünyayı tamamen engeller ve tamamen sanal bir dünyada bulunmasını sağlamaktadır. Kullanıcı tamamen sanal ortama odaklanır ve gerçek dünyadan tamamen ayrılır, bu sanal dünya, bilgisayar tarafından oluşturulur ve kullanıcının etkileşimde bulunabileceği bir ortam sunmaktadır. Artırılmış gerçeklik ise gerçek dünyayı sanal bilgilerle zenginleştiren bir teknoloji olmaktadır. Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyayı algılama ve işleme teknolojileri kullanarak kullanıcının gerçek dünyadaki ortamını algılamakta ve üzerine sanal bilgiler eklemektedir. Bu sanal bilgiler, metinler, resimler, videolar, 3D modeller olmaktadır. Kullanıcı, Artırılmış gerçeklik cihazları aracılığıyla gerçek dünyayı görmeye devam ederken, sanal bilgileri de görüntülerin üzerine eklenmiş olarak deneyimlemektedir. Sonuç olarak, artırılmış gerçeklik gerçek dünyayı sanal bilgilerle zenginleştirirken, sanal gerçeklik kullanıcıyı tamamen sanal bir ortama taşımaktadır. Her iki teknoloji de farklı kullanım alanlarına sahip olabilmekte ve farklı deneyimler sunabilmektedir (Somyürek, 2014: 51).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, mühendislik alanında zamandan ve yerden tasarruf etmeyi sağlamaktadır. Geleneksel olarak, mühendisler, planları, çizimleri ve görselleri incelemek ve anlamak için kâğıt tabanlı veya dijital dokümanlara başvurmaktadırlar. Ancak bu teknoloji, süreci daha etkileşimli ve verimli hale getirebilmektedir (Özgen, 2019: 13).

Artırılmış gerçeklik eğitim, bilim, eğlence, mühendislik, sanat, üretim ve sağlık alanları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bazı artırılmış gerçeklik ile ilgili örnekler:

Alman Şirketi Siemens, artırılmış gerçeklik üzerine geliştirdiği yazılım ile makine üretmiştir. Siemens'in geliştirdiği yazılım ile makine, üretim sürecinin başından, parçaların işlenmesi aşamasına kadar olan sürecin simülasyonunu gerçekleştirmeye yardımcı olmuştur. Bu, üretim sürecinin sanal bir ortamda simüle edilerek, gerçek dünyadaki olası sorunları ve optimize edilecek alanları önceden belirlemeyi sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlara dayanarak bu uygulama, Siemens'in hazırlık sürecindeki zaman kullanımını % 80 oranında azaltmıştır (Rüßmann vd., 2015: 5).

Lojistik şirketi olan Knapp, artırılmış gerçeklik teknolojilerini kullanarak karışıklığı ve insan hatalarını önlemesi, lojistik operasyonlarının daha verimli ve güvenilir bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunmuştur. Artırılmış gerçeklik teknolojisi sayesinde %40 oranında kazanç sağlamıştır. Bu,

Knapp şirketinin operasyonel verimliliği artırarak iş süreçlerinde önemli bir iyileştirme gerçekleştirdiğini göstermiştir (Carmigniani vd; 2011).

DHL, 2017 yılında depo operasyonlarına AR akıllı gözlük tabanlı görsel toplama özelliği getiren Vision Picking pilot projesini başlatarak, artırılmış gerçeklik teknolojisini uygulamıştır. Bu tür artırılmış gerçeklik teknolojileri, gerçek dünyanın üzerine sanal bilgiler ve görüntüler ekleyerek iş süreçlerini daha verimli hale getirmeyi amaçlamaktadır. DHL'nin Vision Picking projesi, depo çalışanlarının ürünleri doğru bir şekilde toplarken akıllı gözlükleri kullanmalarını içermektedir. Gözlükler, çalışanlara ürün yerleştirme ve toplama konusunda gerçek zamanlı talimatlar ve işaretler sağlamıştır. DHL'nin bu artırılmış gerçeklik tabanlı projesi toplamda %25 verimlilik artışı sağlamıştır (Özdemir ve Aksu, 2021: 1109).

İKİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİLERİ

2.1. Üretim Kavramı ve Önemi

Üretim, ülkelerin refahı için en önemli faaliyetlerden bir tanesi olmaktadır. Üretim kavramını çeşitli bilim dalları farklı şekillerde tanımlamaktadır. Ekonomistler üretimi fayda yaratmak şeklinde tanımlamaktadır. Yani ekonomistler, yapılan faaliyet sonucu ortaya çıkan iş, önceye kıyasla değer arttırıcı ise bunu üretim olarak düşünmektedir. Mühendisler ise üretimi, fiziksel varlığın değerini artıracak bir değişiklik yapmayı ya da hammadde ve yarı mamulleri faydalı, işe yarar bir mamule dönüştürmek olarak tanımlamaktadırlar (Kobu, 2006: 3).

Üretim işlemi fiziksel bir malın üretimi olduğu kadar hizmet üretimi ile de yakından ilgidir. Ayakkabı, televizyon, koltuk vs. fiziksel bir üretim ise bankacılık, sigortacılık, turizm vs. hizmet üretimi olmaktadır. Özet olarak, üretim, müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için belirli girdilerin bir takım işlemlerden geçirilerek bir mal veya hizmet halinde çıktıya dönüştürülmesine denmektedir (Tekin, 2013: 5).

Bir ülke ekonomisi ve bir canlının yaşamını sürdürebilmesi için üretim çok önemli olmaktadır. Fakat üretimin yeterli düzeyde olabilmesi için kaynakların yararlı hale dönüştürülmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Beşerî gücün, doğal kaynakları faydalı hale dönüştürmesi ve geliştirmesi ile birlikte üretilen mallar ülke içine ve dışına aktarılmaktadır. Böylece hammadde, sermaye, teknoloji ve tüketim mallarının bir ülkeye geri dönmesi, ülke ekonomisine katkıda bulunmakta ve geliştirmektedir. Aynı zamanda dikkat edilecek bir konuda üretimi yapılan ürün için piyasa araştırması yaparak talebe uygun miktar, kalite, zaman ve yerde mal ve hizmet üretimi yapılması gerekmektedir (Söz, 2007: 4).

2.2. Üretim Yönetimi Kavramı

İşletmelerin fiyat rekabeti, sosyal yaşantımızda meydana gelen değişiklikler, artan işletme maliyetleri, sürekli gelişen teknoloji, ekonomik kaygılar, pazar taleplerine zamanında cevap verebilmek ve işletmelerin pazardaki konumlarını sürdürebilmeleri için yaptıkları değişimler için üretim kısmını etkilemiştir. Bütün bu ihtiyaçlara cevap verebilmek için üretim yönetiminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Üretim yönetiminin etkin şekilde kullanılması, hammadde ve yarı mamulün tedarikinin zama-

nında ve uygun maliyetlerde yapılması, bu hammadde ve yarı mamullerin mamule dönüştürülebilmesi için uygun imalatların gerçekleştirilebilmesi, iş görenlerin ve makinelerin verimli şekilde kullanılabilmesiyle sağlanabilmektedir (Tezcan, 2008: 4).

Üretim yönetimini tanımlarsak; bir işletmede bulunan malzeme, makine ve işgücü kaynaklarının belirli miktarlardaki mamulün istenen kalitede, istenilen zamanda ve en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir. Yukarıda yapılan tanımda yer alan kalite, zaman, maliyet, fiyat kavramlarının hepsinin aynı zamanda uygun hale getirebilmek yani en optimize şekilde ayarlanması büyük önem taşımaktadır (Kobu, 2006: 9).

Bu tanım ile üretim yönetiminin çok kapsamlı ve önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bir örnek ile bakılacak olunursa; bir otomobil ortalama 13.000 parçadan, bir uçak ise vidalar hariç 250.000 parçadan oluşmaktadır. Böyle bir mamulün üretilebilmesi için bütün hammadde ve yarı mamullerin uygun fiyatla ve zamanında teslimi gerekmektedir. Aynı zamanda makine ve işgücünden en iyi sürede ve en iyi şekilde yararlanmak önemli olmaktadır. İşte tüm bunlar üretim yönetimini kapsamaktadır (Ertuğ, 2001: 3).

2.3. Üretim Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

Üretim kavramının ortaya çıkışı çok eskidir fakat üretim yönetimi son iki yüzyılda bir ülke ekonomisinin gelişmesiyle ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni, teknoloji ile birlikte makinanın beşerî gücün yerini alması olmaktadır (Ertuğ, 2001: 4).

İki yüzyılı aşkın bir süredir üretim yönetimi, bir ülkenin ekonomik büyümesinde, gelişmesinde önemli bir etken olarak kabul edilmiştir. Üretim yönetimine ilişkin geleneksel yaklaşım, on sekizinci yüzyılda Adam Smith, işlerin alt görevlere bölünmesini tavsiye etmiştir ve işçilerin, yüksek beceri ve verimli olacakları işlerde uzmanlaşmalarının önemini vurgulamıştır. Yirminci yüzyılın başlarında F.W. Taylor, Adam Smith'in teorilerini uygulamıştır ve bilimsel yönetim yaklaşımını geliştirmiştir. O zamandan 1930'a kadar, geleneksel yaklaşıma hâkim olan birçok teknik geliştirilmiştir (Kumar ve Suresh, 2006: 2).

Tablo 1. Üretim Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

Tarih	Olay	Geliştiren
1776	Üretimde emeğin uzmanlaşması	Adam Smith
1799	Üretimde değişebilen parçalar	Eli Whitney ve Diğerleri
1832	İşin ve emeğin yeteneğe göre bölümlendirilmesi	Charles Babbage
1911	Bilimsel Yönetim	Frederick W. Taylor
1911	Hareket Etüdü; Optimum iş verimliliği ile ilgili çalışmalar	Frank Gilberth
1913	İlk hareketli üretim bantları	Henry Ford
1913	Faaliyetin programlandırılması	Henry Gantt
1927	Stokların denetimi; Ekonomik Sipariş Miktarı	Elton Mayo
1931	Kalite kontrol denetimi	Walter Shewhart
1934	İş Örneklemesi	F.W. Tippet
1946	Dijital Bilgisayar	John Mauchly ve J.P. Eckert
1950	Tesis genelinde kalite kontrol çalışmaları	Edwards Deming
1951	Stok analizleri	Ford Dickey
1951	Ticari dijital bilgisayar	Sperry Univac
1954	İşletmecilik alanında bilgisayar kullanımı	General Electrics
1957	Kalite yönetimin sorumluluk alanına girer yaklaşımı	Juran
1950-1960	Sayısal denetimli tezgâhlar; Matematiksel programlamalar, yazılımlar, simülasyonlar kullanılmaya başlanmıştır	ABD ve Birleşik Krallık Araştırmacıları
1960	Envanter İhtiyaç Planlaması geliştirilmiştir	Joseph Orlicky ve Oliver Wight
1961	Yönetimde sistem yaklaşımı	Jay Foster
1970	Atölye, üretim, envanter planlaması, proje yönetimi için yazılımlar	Bilgisayar üreticileri ve Araştırmacılar
1970	Just in Time Modeli	Toyota
1970	Üretim Yönetiminin İşletme Stratejisi açısından önemi vurgulanmış, Üretim rekabette bir koz olarak göz önünde bulundurulmaya başlanmıştır.	Wickham Skinner ve Harvard Business School Araştırmaları
1980	Toplam Kalite Yönetimi ve verimlilik iyileştirme kavramları Japonya'dan dünyaya yayılmıştır	Edward Deming
1980'ler	Robotlar, Bilgisayar Destekli üretim, Esnek Üretim sistemleri gibi otomasyon unsurları yaygınlaşmıştır	Genel
1980	Benchmarking yaklaşımı ortaya çıkmıştır.	Xerox Şirketi

1990	ISO 9000 uygulamaları ile kalitenin sertifikalanması	ISO
1990	İnternet, Web ve Elektronikleşme	Netscape, Microsoft ve ABD Devleti
1990'lar	Yalın Üretim ve Çevik Üretim Sistemleri	Genel
2000'ler	Üretimde uzaktan kontrol ve İnternet'in etkisi	-
2010'lar	Yeni teknolojik gelişmeler; Nesnelerin İnterneti, Siber Fiziksel Sistemler, Robotlar, Akıllı Fabrikalar	Almanya (Öncü), ABD ve Avrupa Ülkeleri

Kaynak: Barutçu, 2019: 42.

Üretimde teknolojik değişim ve gelişim ile birlikte üretim yönetimi alanında da birçok değişiklikler meydana gelmiştir. Bilgisayarların yaygın olarak kullanılması, matematik modellerinin üretime daha çok dahil olmasına sebep olmuştur bu da üretim ve üretim yönetiminde meydana gelen sorunların çözümünde kolaylıklar sağlamıştır. Mesela, bir teknoloji uygulaması olan Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) ile üretim daha kaliteli hale getirilmektedir. Kısacası teknoloji geliştikçe üretimde hız, güvenilirlik ve kalite artmakta maliyet düşmektedir (Tekin, 2013: 10).

2.4. Üretim Yönetiminin Bir Organizasyondaki Yeri ve Diğer Birimler İle İlişkisi

İşletmelerdeki farklı fonksiyonlar arasında etkileşim ve koordinasyon önemli olmaktadır. İşletme sisteminin hedeflerine ulaşabilmesi ve nihai başarıya ulaşması için bu fonksiyonların birbirleriyle entegre bir şekilde çalışması gerekmektedir. Tüm işletme fonksiyonları, birbirinden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Bazı fonksiyonların girdileri bazılarının çıktısı durumundadır. İşletme fonksiyonları altında yer alan fonksiyonların iş birliği içerisinde çalışması, verimliliğin artışı olumlu yönde etkilemektedir. İşletmede üretim yönetimi, finansman ve muhasebe, araştırma geliştirme, insan kaynakları ve pazarlama gibi diğer alt sistemlerle kaçınılmaz olarak etkileşimde bulunur (Barutcu, 2019: 43). Bunlar ana hatlarıyla şu şekilde özetlenebilir:

Finansman: İşletmenin bu alt sistemleri arasında üretim bütçelerinin hazırlanması, maliyet ve ücret analizleri açısından işlem sürelerinin saptanması, makine-teçhizat yenileme ve süreç geliştirme kararlarının alınması ve üretim tahminleme alanlarında yoğun etkileşim bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak üretim, finansman bölümüne üretim hacmi ve kaynakların kullanım düzeyi, hammadde ve mamul stok miktarı ve üretim sürecine ilişkin bilgiler sağlamaktadır. Buna karşılık, parasal kaynaklar ve üretime ilişkin kararlarda yararlanılabilecek finansal bilgiler, üretim bölümüne, finansman bölümünden aktarılmaktadır. Diğer taraftan muhasebe bölümü de standart ve

fiili maliyetlere, bunlar arasındaki sapmalar, genel giderlerin ürün açısından dağılımına ve kar marjlarına ilişkin bilgileri üretim bölümüne sağlamaktadır (Akbaş ve Dönmez, 2022).

Araştırma-Geliştirme: Üretim ve araştırma-geliştirme bölümü ilişkisinde, yeni ürünlerin tasarımı, prototiplerin geliştirilmesi, mevcut ürünlerin değiştirilmesi, imalat standartlarının ve kalitesinin belirlenmesi, makine-teçhizatın tasarımı ve iyileştirilmesi, temel etkileşim alanları olmaktadır. Bu iki bölüm arasında yeni bilgilerin geliştirilmesi ve bunları uygulamaya aktarılması konularında yoğun bir bilgi ve haber akışı bulunmaktadır (Ventura, ve Soyuer, 2016).

İnsan Kaynakları Yönetimi: Bu bölümler arasındaki etkileşimin temelini, üretim bölümünün iş gören gereksinimini miktar, nitelik ve zaman açısından belirleyerek personel sistemine iletmesi ve bu gereksinimin personel sistemi tarafından iç ve dış kaynaklardan karşılanması oluşturmaktadır. İş gören alımı, seçimi ve yerleştirmenin yanı sıra, eğitim, endüstriyel ilişkiler, özendirici ücret sistemleri, uygun çalışma koşulları, iş güvenliği ve iş görenin refahı gibi etkileşim alanları da söz konusu bölümleri bir araya getirmektedir (Acuner, 2002).

Pazarlama: Üretim yönetimi, pazar araştırmaları ile gelen müşteri istek ve ihtiyaçları ile ilgili toplanan veri ile üretimi yönlendirmektedir. Fakat toplanan bu veriler ışığında dikkate alınması gereken konu, talepten az üretim ile müşteri talebinin karşılanamaması veya üretim miktarının talepten fazla olması sebebi ile stokların artması durumu ile karşı karşıya kalmamaktır. Pazarlama bölümünün önceliği müşteri talebinin fazlalığı iken üretim yönetiminin önceliği, üretim faaliyetlerinin maliyetleri arttırmaması olmaktadır. Bu gibi durumlarda orta nokta bulunmaya çalışılmalıdır (Barutcu, 2019: 43).

Özetlersek, pazarlama bölümünden müşteri talepleri geldiğinde var olan iş göre planlaması yapılmakta ve üretilecek ürünün üretimi için hammadde temin edilmekte, bu üretimde kaç kişiye ihtiyaç olduğu belirlenmektedir. Bu şekilde üretim planı yapıldıktan sonra üretim yapılmaktadır. Bu planlamada üretimde kullanılacak üretim kaynaklarından finansman sorumluyken üretim maliyetinden muhasebe bölümü sorumludur ve üretimde kullanılacak iş gücü nitelikleriyle ilgili insan kaynakları bölümü sorumlu olmaktadır. Yukarıda bahsedilen departmanlar arası etkileşim ve iş bölümünde üretim yönetiminin yeri, işletmenin çeşitli bölümlerinden kendisi ile ilgili gelen bilgileri temel üretim politikaların uygulanmasına bağlı olarak hedeflerini belirlemektedir (Scwhab, 2016: 84).

2.5. Üretim Yönetimi Fonksiyonları Ve Amaçları

Bir işletmede üretim yönetimi fonksiyonları, işletme büyüklüğü, yönetim politikası, organizasyon yapısı, üretim tipi, endüstri dalı, üretim miktarı vb. çeşitli faktörlere bağlı olarak belirlenir.

2.5.1. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları

Üretim yönetimi fonksiyonları üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar (Yüksel, 2002):

- Planlama
- Organizasyon
- Kontrol

Planlama aşamasında, işletmenin üretim yönetimi amaçlarını göz ardı etmeden, üretim alt sistemlerinin organizasyonu, üretim politikaları, üretim programları ve üretimle ilgili faaliyetler ile yapılması gereken planlamalar yapılmaktadır.

Ayrıca talep araştırmalarından çıkan tahminlere bakılarak;

- Üretim planlaması
- İşgücü planlaması
- Malzeme ihtiyaç planlaması,
- Ödeme planı
- Finansal planlama
- Gelişim planlaması
- İşlem planlaması
- Üretim metotları
- Personel planlaması
- Nakit akışı
- Bilgisayar destekli üretim
- Üretim sistemleri planlaması gibi daha birçok işlem yer almaktadır.

Planlama işleminin temeli üretim planlamasıdır. Üretim planlaması, organizasyonun üretim faaliyetlerini etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirmek için kullanılan stratejik bir süreçtir. Üretim araştırması, üretim geliştirmesi ve üretim tasarımı, üretim planlamasının üç önemli fonksiyonunu olmaktadır. Üretim planlaması ayrıca malzeme, yöntem, makine ve insan gücü ile ilgili planlamaları içermektedir. Tüm bu faktörlerin bir bütün olarak ele alınmasıyla, organizasyonun amaçlarıyla ve üretim yönetiminin amaçları arasında uyum sağlanmaktadır. Mevcut üretim imkanlarına dayalı olarak, yönetici üretim planlamasını yapmakta ve üretim süreçlerini yönlendirmektedir.

Organizasyon aşamasında, üretim alt sistemleri içerisindeki bilgi akışı ve görev dağılımı yapılmaktadır. İlaveten üretim alt sistemlerinin planlı ve başarılı şekilde çalışabilmesi için şartlar belirlenmekte ve alt sistemlerin amaçları görev ve sorumlulukları da belirlenmektedir. Bu görev ve sorumlulukların zamanında yürütülebilmesi ve diğer bölümlerle iletişimini sağlanmaktadır.

Kontrol aşaması ise son aşama olmaktadır. Kontrol sisteminde üretim denetimi sonuçları sorumlu kişi tarafından hazırlanarak üst yönetime sunulmakta ve sunulan üretim denetimi sonuçları üst denetim tarafından kontrol aşamasında üretim planlamasıyla üretim alt sistemlerinin etkinliğinin planlama ve gerçekleşme dereceleri karşılaştırılarak değerlendirilmektedir. Karşılaştırma sonucunda planlanan ile elde edilen üretim arasındaki farkın nedenleri araştırılmaktadır. Eğer elde edilen sonuç ile planlanan arasındaki fark negatif olarak büyük ise, mevcut girdilerle elde edilmesi gereken üretimin sağlanabilmesi için düzeltmeler yapılmaktadır (Tekin, 2013: 10).

2.5.2. Üretim Yönetiminin Amaçları

Üretim yönetiminin amacı, üretimdeki miktar, zaman, kalite ve maliyet olan dört faktör için en uygun değerleri bulmaktır. Başka bir deyişle, hangi malların, ne miktarlarda, hangi özelliklerde, nerede, kim tarafından üretileceği sorularına minimum maliyeti veya maksimum karı sağlayan cevabı bulmaktır (Kobu, 2006:11).

Bu amaçlar;

- Tüketici taleplerinin fiyat, zaman, miktar ve kalite açısından en iyi şekilde karşılanması,
- Stok düzeyinin minimum seviyede tutulması veya stok devrinin artırılması,
- İşletmenin işgücü ve makine kaynaklarından kaliteli bir şekilde yararlanma derecesinin yükseltilmesi amaçlarını gerçekleştirmektir.

Üretim yönetiminin bu amaçlara ulaşması için üretim yöneticilerinin bazı görevleri yapması gerekmektedir. Bu görevler: (Tekin, 2013: 13).

- En etkin metodu tespit edebilmeleri için diğer metotları analiz etmek,
- Üretimde kullanılan materyallerin taşıma maliyetlerini en düşüğe tutmak,
- Bölüm ve iş istasyonlarını verimlilik için en etkin şekilde düzenlemek,

- İmalat sürecine dahil olan tüm kalemler için stok kontrolü yapmak,
- İşletmenin geleceğe ilişkin konular için tespitle bulunarak üretim planlaması yapmak ve bu konuların uygulanıp uygulanmayacağını belirlemek amacı ile üretim kontrolü yapmak,
- İstenilen kalitede üretim için üretim kontrolü yapmak,
- İşçilik maliyetleri için hareket ve zaman analizleri yapmak,
- Çalışan personele etkin, adil ücret ödeyebilmek için ücret politikaları tespit etmektir.

2.6. Endüstri 4.0'ın Üretim Yönetimi Amaçlarına Etkisi

Önceki bölümlerde bahsedilen teknolojik gelişmeleri, günümüzde işletmeler organizasyonlarına entegre etmeye çalışmaktadırlar. İşletmeler, organizasyonlarına teknolojik yenilikleri entegre etmeye çalışarak rekabet avantajı elde etmeyi hedeflemektedirler. Bu gelişmeler ekonomik, sosyal ve siyasi açılardan önemli etkilere sahip olmaktadır. İşletmelerin konumlarını belirlemeleri, ekonomilerini geliştirmeleri ve ürün/hizmet kalitelerini artırmaları için teknolojik gelişmeleri yakından takip etmeleri gerekmektedir. Bu nedenle üretim ve teknoloji birbirinden ayrı düşünülemeyen kavramlardır. Günümüzde işletmelerin üretim yönetimi amaçlarını ne kadar gerçekleştirdiğine baktığımızda, her zaman Endüstri 4.0 uygulamalarının daha fazla entegre edilmesine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu nedenle bilgisayarların, daha hassas hesap yapması, hatayı minimum seviyeye indirmesi ve daha güvenilir olması gibi sebepler ile işletmelere dahil edilmektedir. Endüstri 4.0 bileşenleri ile üretimde bizzat yer almadan uzaktan müdahale ile üretimi sağlayabilmekte ve kontrol edebilmektedir. Bu olanaklarla üretim yönetimi amaçlarına olumlu etkiler sağlanmaktadır (Barutcu, 2019: 43).

2.6.1. Endüstri 4.0'ın Kaliteye Etkisi

Endüstri 4.0 bileşenleri, üretimde süreç kontrolü ve izleme sağlamaktadır. Sensörler, veri toplama cihazları ve analitik araçlar sayesinde üretimde hataları hızlıca tespit edilmekte ve önlemler alabilmektedir. Bu da istenilen kalitede ürün üretmeyi sağlamaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0 bileşenleri, üretimde kullanılan makinelerdeki tahmini arızaları önceden görebilme, müdahale edebilme ve bu sayede üretimin sürekliliğinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Bu, hatalı üretimin azaltılmasını ve kalitenin artmasını sağlamaktadır. Endüstri 4.0, müşteri geri bildirimlerini toplama ve analiz etme seçeneklerini zenginleştirmektedir. Nesnelerin interneti ile verilerin toplanması ve değerlendirilmesi, ürün tasarımında ve kalite tasarruflarında kullanılabilir. Ayrıca, Endüstri 4.0 ile birlikte gelen özelleştirme becerileri, yapıya özel üretim imkânı sağlamaktadır. Müşteri taleplerine uy-

gun denetimi sağlamak, müşteri beğenisini ve algısını yükseltmektir (Bolatlan, 2019: 437-454).

2.6.2. Endüstri 4.0'ın Miktar Etkisi

Endüstri 4.0, üretimde üretilen verilerin miktarı üzerinde önemli bir yere sahip olmaktadır. Endüstri 4.0 bileşenleri ile birlikte otomasyon ve robotik sistemler sayesinde, insan hataları azaltılır ve süreçler daha verimli hale getirilir. Buda üretim hızını artırmakta, gereksiz bekleme sürelerini azaltmakta ve daha fazla ürünün daha kısa sürede üretilmesini sağlamaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0 bileşenleri sayesinde üretimde optimum düzeyde kontrol edilebilirlik ile esnek üretim mümkün kılınır. Aynı zamanda Endüstri 4.0 bileşenleri sayesinde üretim yapabilmek ve müşteri taleplerini karşılamak için üretim miktarı esnek bir şekilde ayarlanabilmektedir (Belbağ ve diğerleri, 2020: 125-143).

2.6.3. Endüstri 4.0'ın Zamana Etkisi

Endüstri 4.0, üretimi daha hızlı hale getirme açısından önemli olmaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte otomasyon ve robotik sistemler, insanların yaptığı işleri daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirmektedir. Üretim hatlarında otomatik olarak çalışan robotlar, üretimi daha hızlı hale getirmekte ve üretim süresini kısaltmaktadır. Büyük veri analitiği ve yapay zekâ gibi teknolojiler, üretim sürecindeki verimlilik açıklarını tespit edebilmektedir. Bu da üretim sisteminin daha hızlı ve optimize edilmiş bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0, üretimi gerçek zamanlı izleme ve kontrolünü sağlama, verileri anlık olarak takip edebilme, arızaları ve hataları hızlı bir şekilde çözebilme ile zamandan tasarrufu sağlamaktadır (Doğru ve Meçik, 2018: 1558).

2.6.4. Endüstri 4.0'ın Maliyete Etkisi

Endüstri 4.0'a geçişte, işletmeler Endüstri 4.0 teknolojilerini benimsemesi ve üretime entegre etmesi için önemli yatırımlar ve yeni harcamalar yapması gerekmektedir. Akıllı fabrikaların, otomatik cihazların, sensörlerin ve diğer dijital altyapının kurulumları için başlangıç yüksek maliyetli olmaktadır. Fakat Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletmelere entegre edilmesinden sonraki süreçte, sistemlerin daha verimli hale gelmesi ile depolama alanlarında tasarruf, makinelerin bakım sürelerinin optimize edilmesi gibi iyileştirmeler sağlamaktadır. Bu da maliyetlerin azalmasını mümkün kılmaktadır (Tutar, 2018: 8).

2.7. Dünyada Endüstri 4.0'ın Etkileri

Dördüncü Sanayi Devrimi'ne bakıldığında Almanya'nın devrimin mimarı olduğu görülmektedir. Daha önce değinildiği gibi Almanya Endüst-

ri 4.0'ı eylem planı çerçevesinde uygulamaya başlamış ilk ülke olmuştur (Derya, 2018, s.3). Bunun yanı sıra tüm dünyada yaşanan bu devrimsel sanayi hareketliliği birçok ülkenin özellikle üretim süreçlerinde adımlar atmasına neden olmuştur. Bunun sebeplerinden biri ise ülkelerin hem siyasi hem de ekonomik açıdan dünya sahnesinde konumlarını güçlendirmek ve yapacakları yenilikler ile daha ileri basamaklara tırmanmak istemelerinden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda endüstri 4.0 olarak adlandırılan teknolojik devrimin işgücü piyasasında işgücü talebini azaltacağına dair haklı korkular mevcuttur. Temelde kurumsal organizasyonların yapısındaki değişimler, küreselleşme ve teknolojik gelişmeler merak ve korku uyandırmıştır. Olası tehditleri fırsata çevirmek ve risklere karşı gerekli önlemleri almak büyük fayda sağlayacaktır. Endüstri 4.0 üretim sürecinde robotların kullanılması sayesinde ana hedef, minimum maliyetle maksimum verimin elde edildiği daha hızlı, daha esnek ve daha verimli bir üretim sürecidir (Kozan, vd., 2014). Bu süreç insanların, nesnelerin ve sistemlerin birbirine bağımlı olacağını göstermektedir.

Endüstri 4.0 ile birlikte teknolojik ilerlemenin de etkisiyle artık rekabet avantajının yeniden gelişmiş ülkelere kaydığı görülmektedir. Kavramın ilk kez kullanıldığı Hannover Fuarı'nda Endüstri 4.0'ın tek bir yeniliğe dayanmadığı, sonuçlarının evrimsel bir sürece dayandığı fikri benimsendi. Endüstri 4.0, kendi kendini yönetme gücüne sahip akıllı fabrikaların ağ bağlantılı sistemleri aracılığıyla işleyen bir süreç olarak tanımlanmıştır (Derya, 2018: 3).

Endüstri 4.0, temel bileşenlerinin etkisiyle farklı sektörlerde farklı etkilere sahiptir. Bunlar şu şekilde sıralanmıştır (Tavukçuoğlu, 2019: 39):

- Değişen müşteri beklentileri,
- Kullanılan verilerin ürünleri hem iyileştirmesi hem de üretkenliği artırması,
- Şirketlerin yeni üretim yöntemlerini öğrenmesi ve uygulamasıyla yeni ortaklıkların ortaya çıkması,
- İş modellerinin yeni bir dijital modele dönüşmesi.

Dünya da yeni teknoloji trendlerinin giderek arttığı ve bu trendlerin özellikle üretim prosesleri ve son kullanıcılar bakımından pek çok alanda kendini hissettirdiği görülmektedir. Endüstri 4.0 uygulamaları içerisinde var olan ya da yeni ortaya çıkan teknolojik gelişmeleri, etkinliklerini arttırmak, maliyetlerini düşürmek, üretimde stratejik adımlar atmak adına kullanılan birçok şirket bulunmaktadır. Bu uygulamalar şirketlerin piyasadaki saygınlıklarını arttırdığı gibi daha verimli bir çalışma imkânı sunmaktadır. Günümüz vizyonu olarak ifade edilen Dördüncü Sanayi Devriminin büyük değişimler yaratarak, gelecek yüzyılın çağı olarak ifade edilen Beşinci

Sanayi Devrimi yani Siber Çağı yaratmada öncülük edeceği aşikârdır (Davutoğlu, 2021:806). Geleceğin vizyonu sanayileşmiş toplumlar için artık Beşinci Sanayi Devrimi yani Siber Çağ, yavaş yavaş da olsa ifade edilmeye başlanmıştır. Başta bireyler olmak üzere ülkelerin, toplumların ve toplumun üreten lokomotifleri olarak bilinen işletmelerin bu kavrama şimdiden hazır olmaları gerekmektedir (Davutoğlu, 2021:807). Bu da ancak Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesi ile mümkündür.

2.8. Endüstri 4.0 Türkiye’ye Etkileri

Türkiye jeopolitik konumu itibarıyla oldukça öneme sahip bir ülke olarak tanınmaktadır. Bu durum ülkemizin tüm dünyayı etkileyen değişim süreçlerine ortak olmasını sağlamış ve aktif bir yapı getirmiştir. Türkiye için Endüstri 4.0 sürecine ayak uydurabilmek önemli bir konu olmaktadır. Bu aşamada seçilecek iki yol bulunmaktadır; gelişmiş ülkeler içerisine girip devrime ayak uydurmak veya önemli konumu ile elde ettiği avantajı Endüstri 4.0 sürecinin gerisinde kalarak kaybetmek (Bulut, 2019: 93). Türkiye, konumu ile büyük lojistik önemi olan bir bölgededir ve her alanda dördüncü sanayi devrimine adaptasyon sürecine girmektedir. Dördüncü Endüstri devriminin diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de birçok etkisi bulunmaktadır. Asya ve Avrupa arasında bulunan coğrafi konumuyla bu devrimin aktarılması aşamasında bir geçiş yolu görevi de görmektedir. Gerçekleşen bu devrimde lider konumunda olan dünya markası olmuş firmalar Türkiye’de konumlandıkları fabrikalarında Ar & Ge çalışmalarına önem vermektedirler. Böylece bu yabancı firmalar ile rekabet içerisinde olan yerli Türk firmalarının stratejilerinin de bu yönde gelişmesi sağlanmıştır (Bulut ve Akçacı, 2017:61).

Endüstri 4.0 kavramı dünya çapında etkileriyle birlikte Türkiye için de bir gereklilik halini almıştır. Tüm sanayi devrimlerinde ülkeler açısından etkiler yaşanmış ve sonucunda bu devrimlerden parlayarak çıkan ülkeler geleceğe yön vermeye başlamışlardır. Bu devrimlere uyum sağlayamayan ülkelerde ekonomik olarak gerileme görülmektedir. Bu nedenle Türkiye’de yeni gelişen bu kavramla ilgili devlet kurumları ve özel kurumlarda çalışmalar yerini almış ve Endüstri 4.0’ın gerekliliklerini yerine getirme konusunda politikalar hayata geçirilmeye başlanmıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte imalat sanayinde yaşanan gelişmeler, çoğu zaman üretim süreçlerinin dijitalleşme açısından yeniden tasarlanmasına yol açmaktadır. Üretim bundan böyle “dijital üretim” olarak adlandırılacaktır (Kabaklarlı, 2016). Dijital üretimden sonra birçok yenilik olacaktır. Bunlardan bazıları, sensörler, endüstriyel kontrol sistemleri ve yüksek frekans teknolojileri olmaktadır. Tekstil sektöründe, Endüstri 4.0 ile hızlı ve esnek bir yapıya geçerek daha fazla ürün üretilebilir. Nesnelerin İnterneti sayesinde bilgi tekstil makine-leri arasında dolaşır. Nesnelerin İnterneti ve siber fiziksel sistemlere en-

tegre edilen yeni bir kumaş türü “Akıllı Tekstil” olarak adlandırılmaktadır (EBSO, 2015: 27).

Endüstri 4.0’ın ülkemizdeki işgücü piyasası üzerindeki potansiyel etkileri şunlardır: İş piyasası olarak da bilinen işgücü piyasası, iş arayanlar ile iş sağlayıcıları bir araya getiren ve amaçlanan, gerekli olan iş hacmini belirleyen bir pazar tipolojisi olarak ortaya çıkmaktadır. Mevcut ücret seviyelerinin üzerinde olmak. Bu bağlamda işgücü piyasası bir dizi dinamik mekanizma olmaktadır (Cerev ve Yenihan, 2017: 78). Endüstri 4.0, iş piyasasına önemli değişiklikler getirmiştir. Dönüşüm süreci, üretim sürecinin özelliklerini, iş gücünün özelliklerini ve iş organizasyonunun yapısını etkilemiştir (Çakır, 2018: 100). Üretimin organizasyonu, iş bölümü, makine, robot ve teknolojik aletlerin dizilişi ve bu süreçlerin işçilerin üretkenliğini etkileme şekli üretimi belirleyen unsurlar olmaktadır (Buyruk, 2018: 603). Türkiye, Endüstri 3.0’a uyum sürecini henüz tam olarak tamamlamamış ve dolayısıyla Endüstri 4.0’a geçişte teknik sorunlar olması beklenmektedir (Kabaklarlı, 2016).

Endüstri 4.0 sayesinde, en son teknolojilerin üretimde ön planda olduğu açıkça görülmektedir. Bu durum Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için olumsuz olarak değerlendirilebilmektedir (Bulut, 2016:76). Küreselleşme ve teknolojinin çok daha işlevsel kullanımı sürecinde Endüstri 4.0 özelleştirme işlemini tamamlanması gerekmektedir. Ülkelerin bu süreçte ön saflarda yer alabilmesi için bilim ve sanayinin toplumla kapsayıcı bir şekilde çalışması ve imalatla yenilikler geliştirmesi büyük önem taşımaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİNİN ÜRETİME ETKİLERİ ÜZERİNE BİR NİTEL ARAŞTIRMA

3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Küreselleşmenin artmasıyla rekabet ortamında hayatta kalabilmek için, değişen pazar taleplerini karşılayabilmek için, işletmelerin üretim süreçlerini sürekli iyileştirebilmesi için ve müşterilerin hızla değişen taleplerine karşılık verebilmek için işletmelerin Endüstri 4.0 bileşenlerinin üzerinde durması ve üretim süreçlerine entegre etmesi gerekmektedir (Petersen vd., 2016: 282).

Akademik literatür incelendiğinde, Endüstri 4.0 bileşenlerinin etkileri üzerine yapılan çalışmalara rastlanmasına karşın, spesifik olarak üretim yönetiminin dört amacı olan kalite, miktar, zaman ve maliyet faktörlerinin hepsi üzerinde etkilerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. İncelenen çalışmalarda üretim yönetimi amaçlarından bir tanesi üzerine etki ve/veya Endüstri 4.0 bileşenlerinden bir ya da birkaçının etkisinin araştırıldığı görülmüştür. Bu literatürdeki boşluk ise araştırmanın amacını oluşturmuştur.

Bu araştırmanın amacı, büyük ölçekli bir tekstil firmasında Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetimi amaçlarından; miktar, kalite, zaman ve maliyete etkisi ne derece ve nerelerde uygulandığını, uygulama süreçlerini nasıl etkilediğini, ne gibi değişikliklere ve etkilere sebep olduğunu detaylı olarak inceleyip değerlendirmektir. Bu kapsamda ortaya konulan sonuçların alana ve araştırmacılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir yönüyle araştırmanın önemli olacağı ifade edilebilir.

Buna göre başlıklar halinde aşağıdaki alt amaçlar belirlenmiştir:

- 1- Kurumda Endüstri 4.0 bileşenlerinin yeri nedir?
- 2- Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetimi amaçlarına (kalite, miktar, zaman, maliyet) etkisi nasıldır?
- 3-Endüstri 4.0 bileşenlerinin avantajlar ve dezavantajları nelerdir?
- 4- Endüstri 4.0 bileşenlerinin kurumdaki geleceği nasıldır?

3.2. Araştırmanın sınırlılıkları

Bu araştırma tek bir firma üzerinde gerçekleşmiştir. Araştırmanın tek bir firma ile sınırlı kalmasının sebebi, Endüstri 4.0 bileşenlerinin her birinin ayrıntılı bir şekilde tek bir firma açısından incelenmesi gereken spesifik bir konu olması ve Türkiye’de, Endüstri 4.0 bileşenlerinin hepsini uygulayan üst düzey şirketler dışında firma olmamasıdır. Bu çalışmada uygulamalarla ilgili fotoğraf alınamaması firmanın bazı bilgi paylaşımları konusunda prosedürlerinin katı olması başka bir sınırlılığı oluşturmaktadır. Ayrıca görüşme sorularının tüm şirket personeline değil, konu ile ilgili yeterli bilgi ve bilince sahip olan personellere yöneltilmesi diğer bir sınırlılık olmaktadır. Bu araştırma; büyük ölçekli bir tekstil firması, 5 katılımcı, 18 görüşme sorusu ile sınırlıdır. Araştırma 2022-2023 yılı ile sınırlıdır.

3.3. İlgili Araştırmalar

Endüstri 4.0 ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların genel olarak üretim süreçlerine etkisi başlığı altında; tek bir departmana etkisi, günlük yaşama etkisi, üretim yaklaşımlarına etkisi gibi farklı alanlarda Endüstri 4.0 bileşenlerinin etkilerinin ayrıntılı değil genel bir çerçevede incelendiği görülmektedir. Çalışma endüstri 4.0 bileşenlerinin etkilerini kalite, miktar, zaman ve maliyet (üretim yönetimi amaçları) açısından incelediğinden dolayı bu bölümde genel olarak bu faktörleri kapsayan çalışmalar incelenmiştir.

Barutçu’nun 2019 yılında yaptığı çalışma da, Bosch Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketinde Endüstri 4.0 uygulamaları ve üretim süreçlerine etkisi incelenmiştir. Üretim süreçleri içerisinde belirlenen konuları, işletme fonksiyonları üzerine etkileri derinlemesine görüşme tekniği ile incelenmiştir. Çalışmada, Endüstri 4.0 uygulamalarının iş geliştirme, verimliliğin artırılması, kaynak kullanımının optimum seviyede tutulmasını, süreç akışlarının hızlandırılması, maliyetlerin düşürülmesi konularında olumlu yönde etkileri olduğu görülmüştür (Barutçu, 2019).

İnan’ın (2019) yaptığı çalışmada Avrupa’da bulunan üç fabrika üzerine yapılmıştır ve Endüstri 4.0 yaklaşımının öncesi ve sonrası üretim hatlarının toplam verimliliği, üretim süreçlerindeki verimliliği, toplam ve kısmi verimlilik analizi oluşturulmuştur. Bu üç fabrika değerlendirildiğinde Endüstri 4.0 yaklaşımının üretim süreçlerinde verimliliği arttırdığını sayısal sonuçlarla tespit etmektedir (İnan, 2019).

Mutlu 2019’ un yaptığı çalışmada, otomotiv ve tekstil sektöründe faaliyet gösteren örgütlerin Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin algısı incelenmektedir. İki sektörde ayrıntılı olarak nitel araştırma yöntemlerinden mülakat tekniğinden yararlanılmıştır. Endüstri 4.0 üretim işletmesinde baştan aşağıya bir etki ederek, üretim alanından insan kaynağına, kadrolama, iş

ilişkileri vd. olmak üzere çeşitli etkileri incelemiştir. Üretim alanında etkileri, Endüstri 4.0'ın örgüte entegre edilmesiyle öncelikle üretim alanında kalite, verimlilik ve daha az hata oranları, maliyette düşüş olması belirtilmiş (Mutlu, 2019).

Akkuşcu 2019'un yaptığı çalışmada, Endüstri 4.0'ın çalışma hayatında oluşturacağı etkiler incelenmiş ve Türkiye sanayii üzerindeki etkisi ve Türkiye sanayisinin bu dönüşümdeki konumu ortaya konulmuştur. Ayrıca Endüstri 4.0'ı oluşturan teknolojik bileşenlerin Bursa ilindeki yerel şirketlerde ne düzeyde kullanıldığı ve etkileri üzerine nitel bir araştırma yapılmıştır. Nitel araştırma sonucunda Bursa ilinde Endüstri 4.0 farkındalığının yüksek olduğu buna karşın; yeni teknoloji kullanımının yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür (Akkuşcu, 2019).

Ayan 2020' nin yaptığı çalışmada, Endüstri 4.0 teknolojilerinin günümüzü ve geleceği şekillendiren, sosyo-mekânsal değişikliklerin olumlu ve olumsuz sonuçlarını incelemektedir. Görüşme tekniği ile yapılan bu çalışma ek olarak medya üzerinde öne çıkan sektör liderlerinin de medya okuması yapılarak genel söylemleri ortaya konmuştur. Sonuç olarak katılımcılara göre, Endüstri 4.0'a geçişi gerekli görmüş, fakat yeni teknolojileri işletmelere entegre etmede mevcut bilgi, bilişim, iletişim altyapılarının yeterli olmadığını belirtmişlerdir (Ayan, 2020).

3.4. Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada; İzmir'de üretim yapan büyük ölçekli bir tekstil firmasındaki Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetimi amaçlarına etkisi ayrı ayrı incelenmiş ve üretim sürecine hâkim olan, üretim projelerinde görev alan ve yapan operatörlerden yönetim kademesine kadar belirlenen kişilere, araştırmanın amacına uygun şekilde hazırlanan 18 tane yarı yapılandırılmış soru, derinlemesine görüşme tekniğiyle yöneltilmiş ve veriler toplanmıştır.

Yarı yapılandırılmış görüşme tekniği; olayların gerçekçi, derinlemesine, doğruluğu kabul edilebilir ve bütünsel bir biçimde ortaya konulmasını sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2021: 413).

Araştırmada, nitel bir araştırma yöntemi olan “örnek olay” tercih edilmiştir. Örnek olay yöntemi “vaka çalışması” olarak da ifade edilebilmektedir. Örnek olay yöntemi; açıklayıcı, keşifsel veya tanımlayıcı olarak üç farklı şekilde sınıflandırmıştır. Diğer bir ifadeyle, olayları ve durumları gözlemlemeyi, veri toplamayı, verileri sınıflandırmayı, bilgileri analiz etmeyi, sonuçlar çıkarmayı ve sonuçları raporlamayı sağlayan sistematik ve kapsamlı bir yol olmaktadır. Araştırmacının, bir olgunun içinde bulunduğu bağlamdan nasıl etkilendiğini göz önünde bulundurarak, “nasıl” ve “neden” türü soruları yanıtlamasını sağlamaktadır (Yin, 2017; 114).

Bu yöntemde araştırmacı çok çeşitli kaynaklardan veriler toplamakta ve durumu tanımlamak ve aydınlatmak için verileri birleştirmektedir. Yöntemin genel amacı ise okuyucuların araştırmanın aktif bir katılımcıymış gibi düşünmesini sağlayarak ve çalışmanın bulgularının okuyucunun durumuna uygulanıp uygulanamayacağını belirleyerek daha kapsamlı bir şekilde tanımlama yapmak ve belirli bir örneklem üzerinden o konuyla ilgili yargıya varmaktır (Baxter & Jack, 2008: 550). Buna göre araştırmada örnek olay yöntemine uygun olarak süreç tamamlanmıştır.

3.4.1. Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubunu İzmir ilinde bulunan büyük ölçekli bir tekstil firması ve bu firmada çalışanlardan toplam 5 kişi oluşturmuştur. Bu katılımcılar, 2 kişi yazılım takım lideri, 1 kişi kalite departmanı sorumlusu, 1 kişi üretim mühendisi, 1 kişi ise insan kaynakları sorumlusu olarak belirlenmiştir. Bu kişileri belirlerken, Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı ve etkileri üzerine çalışan ve bilgi sahibi olan kişiler olmasına dikkat edilmiştir.

3.4.2. Firma Geneli Bilgiler

İlk olarak araştırmanın incelediği büyük ölçekli tekstil firması, 1923 yılında gömlek, ceket, spor giyim ve yağmurluk üreten ve 30 kişinin çalıştığı küçük bir giyim firması olarak kurulmuştur. Daha sonra askeri üniforma üreterek resmi tedarikçi olmuştur. 1960'lı yıllarda takım elbise üretim ile küresel pazarda yerini alan firma 1977 yılında marka olarak tescil edilmiştir. Firma, Almanya'da erkek ve kadın giyim konusunda uzmanlaşmış hazır giyim üreticisidir. Firmanın 110 ülkede en az 6100 satış noktası bulunmakta ve firma 1000'den fazla mağaza ve franchise dükkânı ile yaklaşık 330 perakende mağazasına sahip olduğu görülmektedir. 1999 yılında firma, İzmir'de takım elbise fabrikasını kurmuştur. Gömlek ve kadın giyim fabrikaları da 2005 yılında kurulmuştur ve günümüzde firmanın ürettiği takım elbiselerin % 80'i Türkiye'de üretilmektedir.

Araştırmaya konu olan büyük ölçekli tekstil firması, İzmir serbest bölgede takım elbise, kadın giyim, gömlek ve tişört penye olmak üzere 4 fabrikadan oluşmaktadır. Takım elbise fabrikasında yapılan saha gezintisinden edilen bilgi ve gözlem ile yılda 1milyon civarı ceket, 800 bin civarı pantolon ve 250 bin civarı da yelek üretimi yapıldığı öğrenilmiştir. Takım elbise fabrikasında toplamda 7 tane ceket hattı, iki tane yelek hattı ve 7 tanede pantolon hattı bulunmaktadır. Fabrika üretime hammadde deposu ile başlamakta ve malzemeler üretimdeki hatlara, kumaşlarda kesimhaneye teslim edilerek kesimhane süreciyle devam etmektedir. Kesimhane kısmı serim ve kesim kısmından oluşmaktadır. Katırlarda kumaşlar kesilmekte, ceket kesim sonrasında ceket parçalarını dizilim, iğneleme için üretim hatlarına

verilmektedir. Daha sonra ürün, pres, astar, beden ve hazırlık kısmından geçmektedir. Hazırlık çıkışından sonra montaj hattında ürünün tüm parçaları birleştirilerek hazır hale getirilmektedir. Pantolon hattı, hazırlık ve montaj olarak iki gruptan oluşmaktadır. Taşıma sistemi ile beraber kontrol daha sonra pantolon presi ve pantolon sonrası pres yapılmaktadır. Kalite noktasından geçen tüm ürünler gönderilmek üzere mamul depoya gitmektedir.

3.4.3. Firmanın Endüstri 4.0 Uygulamaları

Araştırmaya konu olan büyük ölçekli tekstil firması Endüstri 4.0 yolculuğuna 2016-2017 yılında başlamıştır. Sektörde uluslararası lider teknoloji firması olan bu firmanın strateji ve hedefleri, QCD (kalite- maliyet- teslimat) üzerine kurulmuştur. Firmanın Endüstri 4.0 uygulamaları aşağıda incelenmektedir:

Hata Önleyici Sensörler: Katırlardan bir sürü sensörle yoğun büyük veri toplanmakta ve toplanan veriler analiz edilip aksiyon alınmaktadır. Bu sensörler katırların devre dışı kalmaması için önleyici faaliyet olmaktadır. Aşağıdaki örnek görselde görüldüğü üzere kesim sürecinde hata önleyici sensörleri ile hatayı en aza indirmektedir.

Şekil 11. Kumaş Kesim Makinesi



Kaynak: Datatec, 2023.

Dojo Odası: Bu uygulama, ilk işe başlayan operatörlere üretim hatlarını artırılmış gerçeklik gözlüğüyle sanal olarak gezdirip, operasyonu daha iyi tanımasını anlamasını ve fabrika turunu sanal olarak aşağıdaki görselde görüldüğü üzere dojo odasında yapmalarını sağlayan bir uygulama olmaktadır. Ayrıca kurum bu uygulama ile ilgili Amerika'dan da bir ödül almıştır.

Şekil 12. Dojo Alanı



Kaynak: Kaizenmarket, 2023.

Pivot 88: Uygulama tamamen üretim bandının içinde belirli noktalara yerleştirilmektedir. Ürün ütüye girmeden önce ve sonra kalite kontrolü bu uygulama ile sağlanmaktadır. Mesela, 1000 adet siparişten sadece iki yüzünü örneklem olarak ayrılmakta ve Pivot 88 uygulaması ile kalite kontrol sağlanmaktadır. Eğer örneklemin tamamında sorun çıkmazsa 1000 adet siparişte sorun yok demektir. Örneklem setinin parametrik olması ve doğru sayıda örneklem ayrılması siparişin tamamındaki hatanın önceden öngörülmesini sağlamaktadır. Bu da kaliteyi artırır ve zamandan tasarruf sağlamaktadır.

Şekil 13. Pivot88



Kaynak: Pivot88, 2023.

SDM(Smart Data Management) Tabletleri: Aşağıdaki görselde örneği verilen bu tabletler, üretimde veri toplama alanlarında kullanılmakta, çift yönlü etkileşimi, farklı noktalardan verileri toplayıp analiz edilmesini,

operatörlerin bireysel verimliliklerini, operasyonun videolarını, akış içeriğinde bulunan operasyonların kodlarını ve isimlerini, e-kanban sürecini, depodan malzeme talep sürecini ve fabrika içinde genel bildirimler hakkında bilgi alınmasını sağlamaktadır.

Şekil 14. SDM Tableti



Kaynak: Endüstri 4.0, 2023.

My point: Uygulama tüm operatörlerin etkileşimini sağlayan bir uygulama olmaktadır. Firma bu uygulamayı geliştirmeye devam etmektedir. Mesela, firmada önceden kullanılan iletişim bilgilendirme araçları 50 iken, My Point' in belirli noktalara 10 tane konulması ile hem yerden tasarruf hem de bu uygulama ile daha fazla erişim mümkün hale gelmektedir. Firma, bir sonraki adımda dışarıdan da insanların kullanıcı adı şifre ile mobil uygulamasında buraya erişimini sağlar hale getireceğini belirtmektedir.

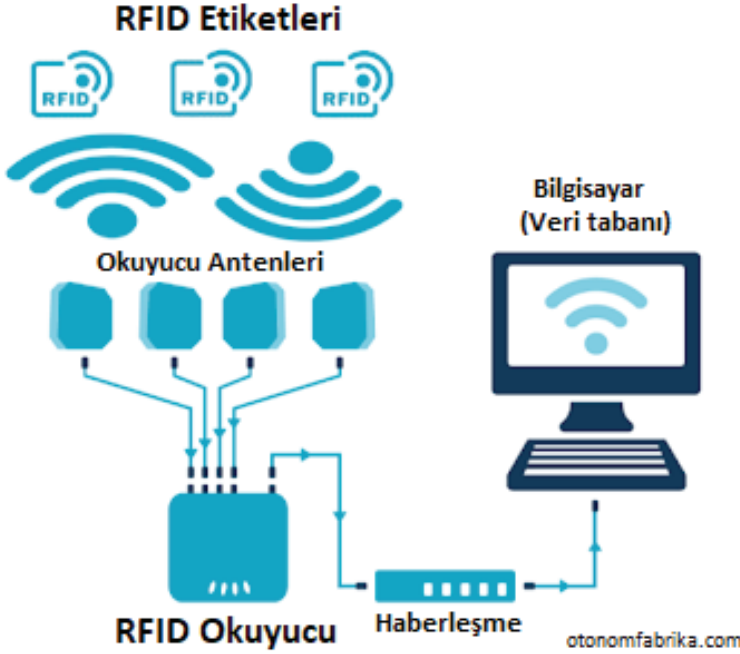
Şekil 15: My Point Uygulama Genişliği



Kaynak: Pompa, 2021.

RFID: Hammaddede de ruloların içinde RFID bulunmaktadır. Ruloya yaklaştığında hangi rulonun raftan çekileceğini bilmekte ve daha hızlı almaktadır. Önceden işlem manüeldi ve eldeki listeden rulonun içindeki etiketi kontrol ederek teker teker göz kontrolü yapılırdı ama Endüstri 4.0 ile buradaki operasyon zamanını kısaltıp katma değer yaratmaktadır. Zaman anlamında iş kısaltma, ürünü bulma, anında konumlandırma gibi şeylerde hız belirli bir şekilde artmıştır. Bu uygulama ile operasyonun birim zamanını düşürecek RFID işlemleri gibi önleyici faaliyetler bulunmaktadır. Aynı zamanda RFID uygulaması ile operasyon süresinin kısaltılması, ürünün hammaddesinden ve çalışan ücretinden kazanç artışı ve kalitenin artması sağlanmaktadır.

Şekil 16. RFID Etiketinin Yapısı

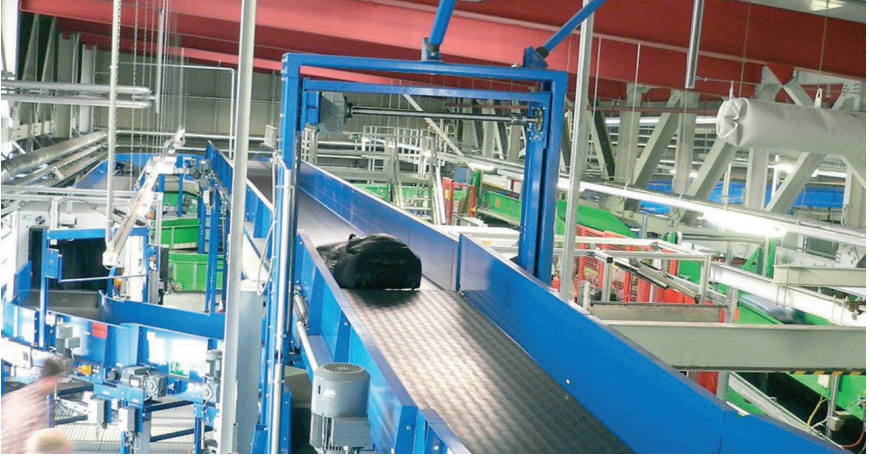


Kaynak: Otonomfabrika, 2020.

SLM (Smart Line Management): Bu uygulama hat dengelemeyi sağlamaktadır. Hat dengeleme de üretim yapılacak ürün akışının belli sırada yapılması gerekmektedir. Bunu en hızlı, en yüksek kalitede, en düşük maliyette en optimum akışta yapmayı sunmaktadır. En optimum planı oluşturmaktadır.

Eaton Taşıma Sistemi: Eaton denilen taşıma sistemi uygulaması, alandan, zamandan tasarruf ve kişi kazancı sağlıyor. Bu tarz uygulamalar hız ve zaman açısından yaşanan aksaklıklara çözümler getirmektedir.

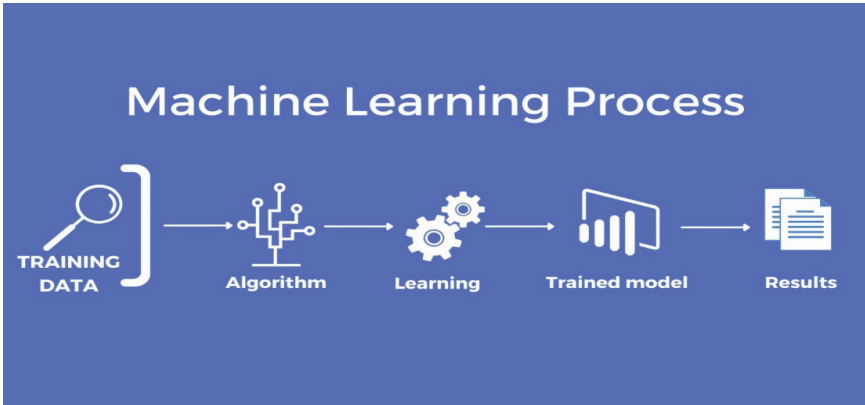
Şekil 17. Eaton Taşıma Sistemi



Kaynak: Eaton, 2023.

Machine Learning: Diğer bir uygulama, veri toplayıp anlamlandırma ve önleyici bakım sağlayan Machine Learning uygulaması olmaktadır. Makine öğrenimi, makinelere bir dizi veriye dayalı olarak sonuçları nasıl öğreneceğini, yorumlayacağını ve tahmin edeceğini öğreten bir yapay zekâ türüdür. Üretimde kesicilerin durmaması, herhangi bir aksama yaşanmaması ve işlerin birikmemesi yani üretimin kesintisiz akması için ve bu şekilde zamandan tasarruf edebilmek için bu uygulamalar kullanılmaktadır.

Şekil 18. Machine Learning Process

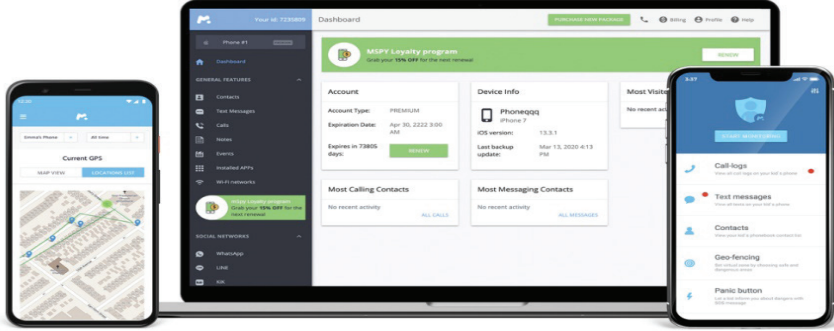


Kaynak: Mapendo, 2022.

BMS XL: K1 Katılımcısının bahsettiği diğer bir uygulama, BMS uygulamasıdır. Bu uygulama bir buçuk yıl önce BMS XL olarak geliştirilmiş ve değiştirilmiştir. Üretim alanında kurum kendi verilerini bu uygulama üzerinden takip etmektedir. Ürün verimliliği, takibi ve diğer destek de-

partmanlara iletişim kurma gibi, satın alma gibi birçok alanda kullanılan bir sistemdir. Örneğin 100 Numaralı makinenin hangi hattan hangi ruta gideceğini, bakım ekibinin işlerinin oluşturulması, operasyonların yetkinliği gibi çalışanlara birçok bilgi veren bir sistem olmuştur ve bu sistemle büyük veri teknolojisini kullanmışlardır ve K1' in belirttiğine göre bu uygulama üretimin can damarıdır.

Şekil 19. BMS XL Uygulamasının Kullanımı



Kaynak: Yılmaz, 2023.

Teknolab: Akıllı robotlara verilen örnekte, kurumda bulunan Teknolab (teknoloji laboratuvarı) departmanı yarı otomasyonlu oluşturulmuştur. Bu yarı otomasyonlu sistemler sayesinde birçok uygulama geliştirilmektedir. Bu teknolojilerden bir tanesi de düğme diken ve ilikleleyen makinedir. Sadece operasyona yerleştirilip daha sonra makine kendisi düğme dikme ve ilikleme yapıyor. Gerçekleştirilmektedir.

Şekil 20. Teknolab



Kaynak: Teknolab, 2021.

Precipise Sensors: Bu uygulamada, kumaşların kesildiği makineler, yani kesicilerin farklı sensörleri bulunmaktadır. Bu farklı sensörler, veri toplama, anlamlandırma, sonuç alma olarak işlevleri sıralanabilir. Bu uygulama ile kesicilerde herhangi bir problem olduğunda, sensörler de toplanan veri sayesinde uyarı vermektedir.

Andon Panoları: Andon panoları her üretim hattında bulunmaktadır. Üretim hatların o günkü hedefini, hedefe göre olan durumunu, o anki verimliliğini görsel olarak göstermektedir.

Şekil 21. Andon Panoları



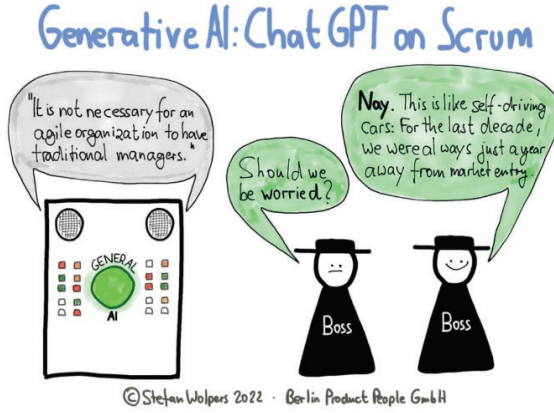
Kaynak: Akes, 2023.

Selboard: Selboard denilen paneller, her ekip için bir tane mevcut olmaktadır. Tüm hat içerisindeki operatörlerin o anki sayıları verimlilikleri, 10 günlük bir aylık trendleri, performansları, kalite planları ile ilgili verileri, yüklemeyi hangi gün hangi araçla hangi ülkeye yaptığını, ID ve order numarası ile ürünün hangi operasyondan geçtiğini göstermektedir.

Generavite AI – ChatGPT: Örneğin, ürünün herhangi bir yerinde ufak bir leke bir dikiş hatası gibi normal bir bakış açısının yakalayamadığı hatayı yapay zeka dediğimiz bu uygulama entegre edilebilmektir ve bu uygulamayı firma üretim süreçlerine entegre etmek için geliştirmektedir.

Generative AI - ChatGPT ile yani akıllı asistanla, verilerin entegre edilmesi ile uygun sonuçların üretilmesi, analizlerin yapılması, raporların çıkartılması sağlanmaktadır. Firmanın bu seneki en önemli uygulamalarından biri olmaktadır. Sesli bir şekilde veri girişleri, parametre girişleri sağlanmaktadır. Mesela bugünün verimliliğini geçen seneye göre analiz edilmesi istendiğinde bu uygulama geçen seneki veri ile bu seneki verileri karşılaştırarak analiz yapacaktır. Bu uygulama Bulut tabanlı çalışmaktadır.

Şekil 22. Generative AI - ChatGPT



Kaynak: Wolpers, 2022.

3.4.4. Veri Toplama Araçları

Çalışmada veri toplamak amacıyla araştırmacı tarafından yapılandırılmış bir görüşme formu oluşturulmuştur. Araştırmacı tarafından yeni bir veri toplama aracının oluşturulmasının temel gerekçesi ise bu çalışmayla birebir paralellik gösteren bir veri toplama aracına ulaşılamamasıdır. Katılımcıların izni dahilinde ses kaydı olarak ve üretim sahasını gezerek veri toplama sağlanmıştır. Veri toplama aracının geliştirilmesi aşamasında literatür taraması yapılmış, uygun sorular bulunduğunda bu sorular uzman görüşlerine başvurularak geçerliği ve güvenilirliği sağlanmaya çalışılmıştır.

Araştırmanın alt amaçlarına karşılık gelen görüşme soruları aşağıda açıklanmıştır:

1. Kurumda Endüstri 4.0 bileşenlerinin yeri nedir?

Size göre Endüstri 4.0 nedir? Nasıl tanımlarsınız?

Size göre Endüstri 4.0 bileşenleri/teknolojileri nelerdir?

Kurumunuzda aşağıda belirtilen Endüstri 4.0 bileşenleri/teknolojilerinden hangilerini kullanıyorsunuz?

- Büyük Veri ve Analizi,
- Akıllı Robotları,
- Simülasyon,
- Yatay/ Dikey Yazılım Entegrasyonu,
- Nesnelerin İnterneti (IoT),
- Siber Güvenlik,

- Bulut Teknolojisi,
- Eklemeli Üretim,
- Artırılmış Gerçeklik.

2. Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetimi amaçlarına etkisi (kalite, miktar, zaman, maliyet) nasıldır?

Size göre üretim yönetimi amaçları nelerdir?

Kalite açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

Miktar açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

Zaman açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

Maliyet açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

3. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin avantajları ve dezavantajları nelerdir?

Kurumunuzun Endüstri 4.0' a gereksinim duyma sebepleri nelerdir?

Kurumunuzda Endüstri 4.0 en çok hangi alanlarda değer yaratmıştır?

Kurum açısından Endüstri 4.0 uygulama sürecine geçişte hangi zorluklarla karşılaştınız?

Tüm üretimle ilgili bölümler göz önünde bulundurduğunuzda Endüstri 4.0 bileşenlerinin/teknolojilerinin en çok etki ettiği üretim bölümü hangisidir?

Üretim yönetimi açısından yaşanan sorunlar, kısıtlamalar ve aksaklıklar göz önünde bulundurulduğunda Endüstri 4.0 uygulamalarının nasıl çözümler getirdiğini düşünüyorsunuz?

Üretimde kullandığınız Endüstri 4.0 bileşenlerinin/teknolojilerinin daha önce kullandıklarınıza göre avantajları ve dezavantajları nelerdir?

4. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin kurumdaki geleceği nasıldır?

Endüstri 4.0'a geçişte başarılı olmak için kurumunuzun ve üretim yönetiminizin başarısı için ne gibi gereksinimlere ihtiyaç duymaktasınız?

Kullanılan bileşenler/teknolojiler itibariyle gelecekte üretim yönetimi süreçlerinizden nasıl sonuçlar almayı planlıyorsunuz?

Endüstri 4.0'a adapte bir üretim süreci için gelecek ve şimdi planladığınız bir çalışma/ proje bulunmakta mıdır? Bu çalışmaları hangi bileşenler/teknolojiler ile entegre edilmesini düşünüyorsunuz?

3.4.5. Verilerin Analizi

Araştırmada veri toplamak amacıyla araştırmacı tarafından yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Görüşme soruları, katılımcıların izni dahilinde, veri toplama aracı olan ses kaydı ve not alarak, her katılımcı ile yaklaşık bir buçuk saatlik süre içerisinde görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar ile firmanın yoğunluğu sebebi ile ayrı günlerde iki kez görüşme yapılmıştır. İlk görüşmede görüşme soruları katılımcılar tarafından yüzeysel olarak cevaplandığı yarım saatlik bir görüşme olmuştur, ikinci görüşmede görüşme soruları katılımcı tarafından detaylı bir şekilde bir saatlik sürede cevaplanmıştır. Ses kaydı, tutulan notlar ve üretim sahasını gezerken elde edilen bilgiler, yerinde görülen teknolojilerden elde edilen ham veriler Word dosyasına aktarılmış ve böylece katılımcıların görüşleri derinlemesine incelenmiştir. Katılımcılara yöneltilen sorulara verdikleri cevaplar aynen işlenmiş ve yorumlara yer verilmiştir.

3.5. Araştırmanın Geçerlilik ve Güvenirliliği

Geçerlilik ve güvenilirlik, her ne kadar doğa bilimlerinde kullanılmaya başlanmış olsa da sosyal bilimlerde nicel araştırmalarla kullanılmıştır. Geçerlilik ve güvenilirliğin kontrolü yoluyla, pozitivist araştırma geleneği, incelenen durum hakkında doğru veya yaklaşık bir bilgiyi yakalamayı veya keşfetmeyi amaçlamaktadır (Baxter & Jack, 2008).

Nitel bir yöntem olan örnek olay araştırmalarının en büyük sınırlılığı istatistiki bilgiler sağlamakta zorluk yaşanmasıdır. Bu nedenle örnek olay araştırmalarında, ölçülebilir, sayıya vurulabilir nitelikte bilgiler elde etmek neredeyse imkansızdır. Yin'e göre örnek olay incelemelerinde veri toplama, çalışmanın yapısını ve iç geçerliliğini, ayrıca dış geçerliği ve güvenilirliğini artıracak bir tasarım konusu olarak ele alındığında çalışmanın geçerliği ve güvenilirliği sağlanabilmektedir (Yin, 2008).

Diğer taraftan, örnek olay çalışmalarında literatür taramasına önem verilmektedir. Mevcut çalışmada birden fazla kanıt kaynağı kullanılmıştır ve bu kaynaklar görüşme, belge ve doküman incelemesi olmaktadır. Her vaka çalışmasında tüm kaynaklar gerekli değildir, ancak çalışmanın güvenilirliği için birden fazla veri kaynağı kullanılmasının önemi büyük olmaktadır (Baxter & Jack, 2008). Çalışmanın iç geçerliğini arttırmak içinse her bir görüşme aynı şekilde yapılmaya çalışılmıştır ancak farklı temel mantıklarını göz önünde bulundurarak katılımcılara sorulan sorular ile ilgili küçük farklılıklar bulunmaktadır.

Çalışmanın güvenilirliğini artırmak için incelenen projelerde yer almış ya da projeyi yönetmiş uzmanlarla görüşmeler yapılmıştır. Son olarak nitel araştırmalarda genellikle önemli bir endişe olan yorumlama kusurlarını en aza indirmek için tüm görüşmeler ses kaydı alınarak yapılmıştır ve dikkatlice yazıya geçirilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

Öncelikle araştırmanın alt amaçlarını oluşturan sorulara göre elde edilen bulgular aşağıda açıklanmıştır;

4.1. Kurumda Endüstri 4.0 bileşenlerinin yeri nedir?

Tablo 3. Kurumda Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Yeri

Tema	Alt tema	Örnek ifade
Endüstri 4.0 tanımı	Hız ve verimlilik	K1: ...Endüstri 4.0, güncel teknolojilerin üretime uyarlanması ve üretimin verimliliğinin etkinliğini arttırmak...
Endüstri 4.0 Bileşenleri	Aktif Kullanımda, Danışmanlık	K2...Bir şekilde katma değer yaratan uygulamalardır. K2: Dijital yolculuğumuz 2016 – 2017’de başlamıştır. K3: Pandemiden önce teknolojinin dijitalleşmesinin danışmanlığı adı altında dünyadaki diğer firmalara danışmanlık yapılması
Endüstri 4.0 Bileşenlerine Örnek	SDM, Machine Learning, Dojo odası, BMS XL, Teknololab, Precipise Sensors	K1: ...Endüstri 4.0 bileşenleri olarak baktığımızda, birçok teknoloji vardır. Burada mobil teknolojiler Cloud, AR, AR VR, yapay zekâ, güvenlik siber ve network gibi birçok altyapı vardır... K2...Kurumumuz tekstil sektörü emek yoğun bir sektördür dolayısıyla insan faktörü illaki var hala da yoğun bir şekilde devam ediyor...
İnsan faktörü	Yoğunluk, İş gücü algısı	K2...Kurumumuz tekstil sektörü emek yoğun bir sektördür dolayısıyla insan faktörü illaki var hala da yoğun bir şekilde devam ediyor... K4: Bizim fabrikada üretim hattında metrekarede bir insan çalışıyor neredeyse, o kadar yoğun insan emeği var.

Tabloda belirtilen temalar kısmına ait görüşme soruları aşağıdadır:

- Size göre Endüstri 4.0 nedir? Nasıl tanımlarsınız?
- Size göre Endüstri 4.0 bileşenleri/teknolojileri nelerdir?
- Kurumunuzda aşağıda belirtilen Endüstri 4.0 bileşenleri/teknolojilerinden hangilerini kullanıyorsunuz?
- Büyük Veri ve Analizi,
- Akıllı Robotları,
- Simülasyon,
- Yatay/ Dikey Yazılım Entegrasyonu,
- Nesnelerin İnterneti (IoT),
- Siber Güvenlik,

- Bulut Teknolojisi,
- Eklemeli Üretim,
- Artırılmış Gerçeklik.

Tablo' da görüldüğü gibi Endüstri 4.0 ve bileşenlerine yönelik yanıtlardan hareketle Endüstri 4.0 tanımı, Endüstri 4.0 bileşenleri, Endüstri 4.0 bileşenlerine örnek ve insan faktörü uygulamalar temaları ve buna bağlı olarak güncel teknoloji, insan faktörünün üretimde yerinin güncel oluşu, kurumdaki uygulama örnekleri, Endüstri 4.0'ın 9 bileşeninin aktif olarak kullanılması ve Endüstri 4.0'ın en çok çağrıştırdığı hız ve verimlilik alt temaları yapılan betimsel analiz sonucu ortaya çıkarılmıştır. Aşağıda katılımcılara ait bazı ifadeler yer verilmiştir:

K1: *Yatay dikey yazılım entegrasyonu burada en çok uyguladığımız teknolojilerden bir tanesidir. Bulut teknolojisinde tüm verilerimizin Bulut'a geçirilmesi ile ilgili yeni başlattığımız bir proje var. AR VR kullanıyoruz yapay zekâ ile ilgili geliştirdiğimiz uygulamalar var, hem kaliteye hizmet eden hem de insan kaynaklarına hizmet eden uygulamalarımız var robot yazılımları yapıyoruz buradan birçok kategoriye uyguluyoruz".*

Endüstri 4.0 ve bileşenlerine yönelik tema ve alt temalara ek olarak katılımcının özellikle bulut teknolojisiyle ilgili yeniliklerden bahsettiği, yapay zeka ile ilgili yeni uygulamalar geliştirdikleri ve robot yazılımlara ayrıca önem verdikleri görülmüştür.

K2: *"Kurumumuzda Endüstri 4.0 bileşenlerinden eklemeli üretim, kurumumuz üretim ağırlıklı olduğu için burada kullanılmıyor. Almanya biraz daha model üzerine çalıştığı için bu teknoloji orada kullanılıyor. Ama eklemeli üretim haricindeki tüm bileşenler burada uygulanıyor. Bu teknolojiler yıllardır var ama adı dijital dönüşüm ile birlikte tam olarak konuldu. Bu ayrım 2017'de başladı. Öncesinde çeşitli web uygulamalarımız vardı. 2017'de komple hem yatay hem dikeyde bütün uygulamaların hizalanıp entegre bir şekilde çalışması sağlandı."*

Endüstri 4.0 ve bileşenleri kapsamında katılımcının son yıllarda güncellemeye gittikleri ve daha çok dijital dönüşüm yaptıklarını vurguladığı ortaya çıkmıştır.

K3: *"Yıllar Boyunca gerçekleşen sanayi devrimi, buharlı sanayi devrimi, teknolojinin kullanılması gibi detaylar farklılıklarla birlikte hayatta her geçen gün değişime ihtiyaç oluyor. Endüstri 4.0 bileşenlerine bakarsak, kullandığımız yönetsel, dijital değişimde bir endüstri 4.0'ın altyapısıdır. Pandemiden önce teknolojinin dijitalleşmesinin danışmanlığı adı altında danışmanlığını yaptığımız, dünyadaki diğer firmalara bunun danışmanlığını yaptığımız bir yapımız da vardı."*

Bir önceki katılımcının vurguladığı son yıllardaki dönüşümleri bu katılımcının da vurguladığı ve pandemi ile daha hızlı gelişme sağlamaya çalıştıkları sonucuna ulaşmıştır.

K4: “Endüstri 4.0, endüstri devrimi ile buhar makinesinin bulunması, hat düzenine geçilmesi, verimlilik hesapları, metot zaman hesapları, insana daha verimli nasıl çalıştırabiliriz ile başlamıştır.”

K5: “Endüstri 4.0 bileşenleri olarak robot, veri analizi gibi konulardır. Kurumumuzda teknoloji yatırımları yıllardır yapılıyor fakat Endüstri 4.0’ la ilgili çalışmaları 5 yıl önce başladık.”

Katılımcıların bu soruya verdiği yanıtlara bakıldığında Endüstri 4.0 ve Endüstri 4.0 bileşenleri hakkında genel bilgiye sahip oldukları görülmektedir. Ayrıca K1, K2, K3 ve K5 katılımcıları, kuruma Endüstri 4.0 teknolojilerinin ne zaman entegre edilmeye başladığı konusunda bilgi sahibi olduklarını ve o dönemlerde kurumda çalıştıkları için şahit olduklarını belirtmektedirler. Fakat K4 katılımcısı 1 senedir kurumda çalıştığını ve bu sebeple kurumda kullanılan teknolojiler hakkında detaylı bilgiye sahip olmadığını belirtmiştir. Katılımcılar, Endüstri 4.0 bileşenlerinin kurumda kullanımına örnek vermişlerdir. Bu örneklerden bir tanesi üretimde veri toplama alanlarında kullanılan, çift yönlü etkileşim sağlayan, SDM (Smart Data Management) adını verdikleri tabletlerdir ve bu büyük veri ve analizi bileşenine örnektir. Bu uygulama farklı noktalardan verileri toplayıp analiz edilmesini sağlamaktadır (K1, K2, K3, K4). Aynı zamanda Precipice Sensors uygulamaları mevcuttur. Bu uygulamada, kumaşların kesildiği makineler, yani kesicilerin farklı sensörleri bulunmaktadır. Bu farklı sensörlerin, veri toplama, anlamlandırma, sonuç alma olarak işlevleri sıralanabilir. Bu uygulama kesicilerde herhangi bir problem varsa uygulama, sensörler de toplanan veri sayesinde uyarı vermektedir. Diğer bir uygulama, veri toplayıp anlamlandırma ve önleyici bakım sağlayan Machine Learning uygulaması olmaktadır. Üretimde kesicilerin durmaması, herhangi bir aksama yaşanmaması ve işlerin birikmemesi yani üretimin kesintisiz akması için ve bu şekilde zamandan tasarruf edebilmek için bu uygulamalar kullanılmaktadır. Katılımcılar verilen bu örneklerde birçok uygulamanın kullanıldığını belirtmektedir (K1, K2).

Bir katılımcının belirttiğine göre üretimde planlama yaparken ve üretim hatlarına kendileri atama yapmak yerine kullandıkları yapay zeka tarafından önerilenleri yapmaktadırlar. Akıllı robotlara verilen örnekte, kurumda bulunan Teknolab (teknoloji laboratuvarı) departmanı yarı otomasyonlu oluşturmuşlardır. Bu yarı otomasyonlu sistemler, sadece operasyona yerleştirilip daha sonra makine kendisi düğme dikme ve ilikleme yapılmaktadır.

Katılımcı K1, K2, K3, K5'in bahsettiği artırılmış gerçeklik teknolojisi olan dojo odaları uygulaması mevcuttur. Bu odada artırılmış gerçeklik gözlüğü ile ilk işe başlayan operatörlere o operasyonu gözlükle beraber izletip, operasyonu daha iyi tanımasını ve anlamasını sağlamakta, fabrika turunu bu arttırılmış gerçeklikle beraber tamamladıkları bir uygulamadır. Ayrıca kurum bu uygulama ile ilgili Amerika'dan da bir ödül almıştır.

K1 katılımcısının bahsettiği diğer bir uygulama, BMS uygulamasıdır. Bu uygulama bir buçuk yıl önce BMS XL olarak geliştirilmiş ve değiştirilmiştir. Üretim alanında kurum kendi verilerini bu uygulama üzerinden takip etmektedir. Ürün verimliliği, takibi ve diğer destek departmanlara iletişim kurma gibi, satın alma gibi birçok alanda kullanılan bir sistemdir. Örneğin 100 numaralı makinenin hangi hattan hangi ruta gideceğini, bakım ekibinin işlerinin oluşturulması, operasyonların yetkinliği gibi çalışanlara birçok bilgi veren bu sistemle büyük veri teknolojisini kullanmışlardır ve K1'in belirttiğine göre bu uygulama üretimin can damarıdır.

4.2. Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetimi amaçlarına etkisi (kalite, miktar, zaman, maliyet) nasıldır?

Tablo 4. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Üretim Yönetimi Amaçlarına Etkisi

Tema	Alt tema	Örnek İfade
Kalite	Hata Önleyici	K1... Bir uygulama geliştirdik bu operatörün önceki yaptığı hatalardan gelecekte hangi modelde hangi tip hatayı yapabileceğini süpervizöre söylemesini sağladı...
Maliyet	Sensörler, Dojo odası, Pivot 88,	K2... Kalite miktarını koruyoruz ve kalite kurumumuz için ön planda...
Miktar	Andon panoları	K3... Her üretim hattının başına Andon panolarının yerleşmesi, 50 cihaz yerine 10 cihaz kullanmamızı sağlayarak maliyeti azaltmıştır...
Zaman	SDM, Pivot 88	K2... Yine görülmeyen, arada katma değersiz yapılan işlerin zamanı kısaltılarak, eleman sayısı eksilerek mesela bahsettiğimiz SDM tabletlerinin gelişi ile üretimin daha farklı özelliklerini ölçmeye ve bir operatörün performansını daha net ölçmeye başladık...
	SLM, RFID, My point	K3... RFID uygulaması ile operasyon süresini kısaltırız, ürünün hammaddesinden ve çalışan ücretinden kazanç sağlamış oluruz. Bu da maliyeti düşürür ve zaman tasarrufu yapmamızı sağlar.
		K5. ... Bu uygulamalar sayede kaliteli bir üretim ile birlikte zamandan tasarruf, miktar artışı ve düşük maliyet sağlıyoruz

Tabloda belirtilen temalar kısmına ait görüşme soruları aşağıdadır:

- Kalite açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

- Miktar açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?
- Zaman açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?
- Maliyet açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

Tablo da görüldüğü gibi Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetimi amaçlarına etkisine bağlı temalar olarak kalite, maliyet, miktar ve zaman yer almaktadır. Bu temalarda yer alan kavramlarla ilgili kurumda alt tema olarak hangi uygulamaların etki ettiği belirtilmiştir. Mesela, Endüstri 4.0 bileşenlerinin kalite açısından etkisine baktığımızda hata önleyici sensörler, Dojo odası, Pivot 88 uygulamalarının kullanılması ile kaliteye olumlu etkiler olmaktadır.

K1: “...faaliyetlerimiz genelde bu operasyonun birim zamanını düşürecek RFID işlemleri gibi önleyici faaliyetlerimiz bulunmaktadır. Biz veri toplama analiz etme ve rapor oluşturma uygulamaları geliştirerek iyileştirerek kalite departmanının daha iyi aksiyon almasını sağlayan uygulamalar oluşturduk. Aslında bununla ilgili yeni bir uygulama yani pivot 88 kalite entegrasyon uygulaması vardır. My Point uygulaması bir tablet uygulamasıdır. Self servis HR yapıyor. Bu uygulamayla aslında 1.700 tablete entegre 1700 nokta var erişebilirlik ölçümlerine göre, 291 kat HR erişimi arttı.”

Katılımcılar genel olarak üretim yönetimi amaçlarına ekstra verimlilik ve hızı eklemişlerdir. Ayrıca katılımcılar kurum açısından kaliteyi bir vizyon olarak gördüklerini ve ön planda tuttuklarını belirtmiştir.

K2: “Üretim yönetiminin amaçları, minimum maliyette maksimum ürünü üretmektir. Ruloya yaklaştığında hangi rulonun raftan çekileceğini bilir, daha hızlı alır. Önceden bu manuelydi ve eldeki listeden rulonun içindeki etiketi kontrol ederek teker teker göz kontrolü yapıldı ama endüstri 4.0 ile buradaki operasyon zamanını kısaltıp katma değer yaratıyor. Zaman anlamında iş kısaltma, ürünü bulma, anında konumlandırma gibi şeylerde hız belirli bir şekilde artmıştır. ...Bu uygulama bize kalite, miktar, zaman ve maliyet açısından olumlu etkiler getirmiştir. SLM (Smart Line Managment) diye geçen uygulamadır. Bunu en hızlı en Yüksek kalitede, en düşük maliyetle yapmanın size en optimum akışı sunar.”

K3: “Üretim yönetimi amaçları; kalite, verimlilik, performans, zaman, ulaşım süresi diyebiliriz. ...hem kalite hem de zamanı etkileyen, kalite noktalarında barkod okuyucuları kullanıyoruz. Bu ekranlar sürecin hızlandırılması ve operatörlerin görsel olarak daha rahat hareket etmesini sağladı. Ayrıca yalın bir sistem uygularsanız otomasyonlaşmaya başlarsanız, süre kazancı olur ve adet artar. Mesela günde 1000 tane üretirken belki 1.100 tane üretmeye başlarsınız...”

K1, K2 ve K3 katılımcılarının verdiği örneğe göre, RFID uygulamasının öncesine göre zaman tasarrufu, düşük maliyet, iş kısaltma, ürünün anında bulma ve konumlandırma ve kalitedeki artış gibi etkilerin görüldüğünü belirtmiştir.

K4: “Üretim yönetiminin amacı, istenen maliyette, istenen kalitede, istenen zamanda, istenen miktarda üretimi sağlayıp müşterinin gereksinimine cevap vermektir. Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim yönetiminin amaçlarına etkisine bakarsak, kurumumuz konfeksiyon sektörü, giyim sektörü emek yoğun bir sektördür. ...Artık bunu biz üretmeden arkadaşlar bilgisayar üzerinde modelliyorlar 3 boyutlu, hatta mankene girdiriyorlar nasıl durduğunu kontrol ediyorlar ve müşteriye gönderiyorlar zaman kazanmış oluyoruz. ...dijitalleşme sayesinde oturup bilgisayardan modelleyip bir haftada yapıyorlar. Zaman ve hız kazandınız, yani siz insan kaynağını daha verimli kullanmaya başladınız. ... Dijitalleşmezseniz zamanın dışında kalırsınız daha yavaş olursunuz.”

K4 katılımcısı dijitalleşmenin kalite ve hızı arttırdığı konusuna değinmiştir. Özet olarak katılımcılar değerlendirme yaparken yüzdelik dilim vermenin mümkün olmadığını çünkü en küçük iyileştirmenin bile az da olsa tüm departmanlara etki ettiğini ve bir uygulamanın tüm üretim amaçlarına aynı anda etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

K5: “Üretim yönetiminin amaçları, kaliteli, performanslı ve zamanında üretim yapmaktır. Her üretim şirketinin başarı göstergeleri vardır. ...uygulama üretimde yapılabilecek hataları azaltıyor, çalışanın performansını artırıyor.”

Sonuç olarak; K1 katılımcısı, hat dengelemenin kaliteye direkt etkisi olduğunu belirtmiştir. K1 ve K2 simülasyon uygulamasının üretimde hız ile birlikte verimlilik ve miktarın doğru orantılı olarak arttığını belirtmiştir. K2 ve K3 ise SDM tabletlerinin operatörün performansını ölçmede ve çıkabilecek hatalara önceden müdahale etmede etkili olduğunu ve bunlarla birlikte hız ve verimliliği sağladığını belirtmiştir.

4.3. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Avantajlar ve Dezavantajları nelerdir?

Tablo 5. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Avantajlar ve Dezavantajları

Tema	Alt tema	Örnek ifadeler
Uygulama sebebi	QCD(kalite, maliyet, hızlı teslimat)	K1...QCD(Ouality, Cost, Delivery) kalite, maliyet ve teslimat kavramlarına hizmet etmiş oluyoruz.
Değer yaratan alan	Üretim	K3. ...Endüstri 4.0 kurumumuz üretim üzerine olduğu için en çok üretimde ve üretimim içinde kesimhane ve dikim pres etkilemiştir.
Üretim alanında en çok etkilenen Avantajları	Tasarım, kesimhane	K4. ...Müşterinin istediği kaliteyi hem ürün yapılırken hem de ürün haline geldikten sonra denetlemek ve bu denetlemenin hızı çok önemlidir.
Dezavantajları	Basitleşme, sürdürülebilirlik, esneklik, hız, tasarruf, minimum maliyet, kalite miktar, kolaylık, kağıt tasarrufu, Eaton uygulaması (hız ve verimlilik)	K4. ...Endüstri 4.0 bileşenlerinin sağladığı avantajlar, kağıttan, zamandan, çalışandan ve maliyetten tasarruf etmemizi sağladı. Dezavantaj olarak insanların bu sistemlere adaptasyonun hemen sağlanamamasıdır.
	Kabul görmeme, maliyet, uygun olmayan koşullar, kurum kuralları, adaptasyon, belirsizlik, örnek olmaması, dar boğazlar	K5. ...Endüstri 4.0 uygulamalarının kuruma getirdiği çözümler, çalışan kişinin o günkü motivasyonundan bile bir performans ya da kalite sonucu alamayabiliyorsunuz ama bu sistemlerle standart bir uygulama ve sonuç elde ediyorsunuz.
		K1...Süreçlerin alışkanlıklardan koparılıp sadeleştirilmesinde insanların adaptasyonu diyebilirim. Bu konuda çalışanlara eğitim veriyoruz.

Tabloda belirtilen temalar kısmına ait görüşme soruları aşağıdadır:

- Kurumunuzun Endüstri 4.0' a gereksinim duyma sebepleri nelerdir?
- Kurumunuzda Endüstri 4.0 en çok hangi alanlarda değer yaratmıştır?
- Kurum açısından Endüstri 4.0 uygulama sürecine geçişte hangi zorluklarla karşılaştınız?
- Tüm üretimle ilgili bölümler göz önünde bulundurduğunuzda Endüstri 4.0 bileşenlerinin/teknolojilerinin en çok etki ettiği üretim bölümü hangisidir?
- Üretim yönetimi açısından yaşanan sorunlar, kısıtlamalar ve aksaklıklar göz önünde bulundurulduğunda Endüstri 4.0 uygulamalarının nasıl çözümler getirdiğini düşünüyorsunuz?
- Üretimde kullandığınız Endüstri 4.0 bileşenlerinin/teknolojilerinin daha önce kullandıklarınıza göre avantajları ve dezavantajları nelerdir?

Tablo da Endüstri 4.0 bileşenlerinin avantajları ve dezavantajları olarak temalar ve buna bağlı olarak alt temalar bulunmaktadır. Temalarda Endüstri 4.0'a gereksinim duyma sebepleri, sürece geçişte yaşanan zorluklar,

değer yaratan bölümler, getirdiği çözümler, avantajları ve dezavantajları yer almaktadır. Alt temalar ve örnek ifadeler ile kurum içerisinde temalarla ilgili ayrıntılara yer verilmiştir.

K1: “Birçok neden var bence üretim yönetiminin amacı kaliteye, maliyete ve hızlı teslimata hizmet etmektir. Uygulama sürecine geçişte bazı zorluklar yaşanmıştır. Bunlar, yarattığımız uygulamaların anahtar niteliğinde olmadığı sürece hangi teknolojiyi kullanırsanız kullanın çok bir önemi yoktur. SDM dediğimiz tabletlerin etkin bir şekilde kullanılması için düzgün veriyi toplayabilmemiz için orada kullanan operatörün de eğitilmiş olması gerekir teknolojiye yakın olması lazım dolayısıyla sürece analitik yaklaşabilen kişiler olması gerekiyor. Eğitim kanalı daha farklı olabiliyor bazı eğitimleri online olarak da düzenleyebilirsiniz bazı eğitimleri de gidip yerinde vermek anlatmak yaptırmak zorundasınız... Öncesine göre avantaj olarak bu teknolojiler bize sürdürülebilirlik, esneklik ve hız kazandırdı. Dezavantaj olarak yaptığımız bir uygulamayı sahaya yerleştirmek istediğimizde koşulların uygun olmaması, kurumun kurallarına uygun olmaması, sahada çalışanların adapte olamaması gibi nedenlerdir.”

K2: “Kurumumuzun Endüstri 4.0’ ihtiyaç duyma sebepleri, iyileşme, daha iyiye ulaşma, kaliteyi artırma, maliyeti düşürme, hızı ve verimliliği arttırmadır. ... Her departmanı kendi içinde yaşadığı kısımlarda iyileştirmeler yapıldı. Endüstri 4.0 bileşenlerinin kuruma avantajları, her uygulama burada fark yarattı. Mesela bu sene mini tabletler astık 50 lokasyona koyduk maliyeti düşürdük yaygınlaştırdık hızı artırdık. Dezavantaj olarak da, boşu boşuna efor sarf ettiğimiz uygulamalar oldu.”

K3: “Bence tekstil sektöründe endüstri 4.0 kısıtlayıcıdır. ...Dijitalleşme ile beraber yönetsel şeklinizi kolaylaştırırsınız bu gibi noktalarda endüstri 4.0’a ihtiyaç duyuyoruz. Endüstri 4.0 kurumumuz üretim üzerine olduğu için en çok üretimde ve üretimin içinde kesimhane ve dikim pres etkilemiştir. Örneğin dikimdeki hazırlık kısmında daha küçük parça ve operasyonların olduğu kısımda insan gücü daha fazladır. ... Dezavantaj olarak insan gücü ile çalışma yaptığımız bir sektör olduğumuz için biraz tecrübe işidir. Bu tecrübenin alışılmışın dışına çıkmak bize uyumda problem yaratmıştır.”

K1, K2, K3 katılımcıları Endüstri 4.0’ın her alana etki ettiğini, dokunmadıkları alan kalmadığını belirtmiştir. K3 katılımcısı üretim alanı içerisinde makineleşmenin fazla olması sebebi ile en çok üretim alanında değer yarattığını kesimhaneye fazla etki ettiğini belirtmiştir.

K4: “...Bilgi işlem, programcı arkadaşlarımızın yazmış olduğu bir takım programları kullanıyorlar ve parmağının ucuyla bir şeylere basmak, hatanın nereden çıktığını kaç kere çıktığını tuşa basarak hallediyorlar. O yüzden aslında bu basitleşmede getiriyor bize. İnsanlar bu anlamda zorluk yaşamıyorlar ama toplam düşündüğümüz zaman en önemli zorluk farklı alanlarda farklı yazılımlar, programlar, farklı platformlar söz konusu oluyor. Zaman

içerisinde bu farklı platformların kullanılacağı kullanıcılara komplike gelmesi söz konusu olabiliyor. Yani basitleşme konusunda daha da ilerlememiz gerekiyor. Yazılımlar birden basitleştirilebileceğiniz şeyler olmayabiliyor bir amaçla yönelik farklı platformlar yapıldığı zaman bunları bütünsel olarak kullanıcı için kolay hale getirmek aslında bu da bir aşılması gereken değişimdir.”

K4 katılımcısı, kurumun bir üretim fabrikası olduğu için en çok üretim alanında değer yarattığını ve üretim alanı içinde daha çok tasarım bölümünü etkilediğini belirtmiştir. Katılımcılar genel olarak, Endüstri 4.0 uygulamalarının manüelden dijital dönüş ile hız, esneklik, verimlilik, şeffaflık kazandırdığı ve dar boğazlardan kurtulduklarını belirtmiştir.

K5: “...Üretim alanında uygulanan uygulamalar üretimde tüm kısımları etkilemektedir. Avantajları olarak, üretim akışında kalite, verimlilik, bilgi akışında ki standardizasyon gibi konulara pozitif etkiliyor. Dezavantajı olduğunu sanmıyorum en azından ben insan kaynakları bakış açısıyla bir dezavantaj göremiyorum.”

Katılımcıların genel cevaplarına göre kurumun Endüstri 4.0'a ihtiyaç duyma sebepleri, kalite, maliyet ve hızlı teslimat, hatayı ve fiyatlandırmayı minimize etmek, rekabet, verimlilik ve üretim performansındaki yüksek düzeyde iyileşmeler içindir. Katılımcılar, kurumun endüstri 4.0 uygulamalarına geçiş sürecinde çalışanların adaptasyonda zorluk yaşaması ve endüstri 4.0 uygulamalarında öncü kurum olduğu için örnek alabilecekleri bir yerin olmaması bu nedenle belirsizlik ve riskin olmasıdır. Ayrıca çalışanların adaptasyonu için kurum eğitim verdiğini belirtmektedir. Katılımcıların verdiği genel cevaplara göre Endüstri 4.0 uygulamalarının avantajları; sürdürülebilirlik, hız, verimlilik, kalite gibi birçok yarar sağlamıştır. Dezavantajları; yapılacak uygulama için uygun koşulların, kurumun kurallarına uygun olmaması ve sahadaki çalışanların uygulamayı kabul etmemesi uygulamanın çöp olmasına neden olmaktadır. Bu da boşa yapılan maliyet harcaması demektir.

4.4. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Kurumdaki Geleceği nasıldır?

Tablo 6. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Kurumdaki Geleceği

Tema	Alt tema	Örnek İfade
Uygulamada ihtiyaç duyulan	Bütçe, planlama, üst yönetim desteği, kurum kültürü	K1: “Böyle bir teknolojiyi getirelim dediğimizde ihtiyaç duyulan bütçe ve planlamadır. K2. ...Dönüşüm için strateji oluşturmanız gerekir, buna uygun taktikler geliştirmeniz gerekir.
Hedef	Kalite, iyileştirme	K3. ...Optik planı kaldıracak yeni bir uygulama yazıyoruz. Bu uygulama sayesinde 125.000 Euro kadar sadece bu sene bir kar elde edeceğiz.
Çalışma/Proje	ChatGPT, Kiosk Tabletler, My point	K5. ...İnsan kaynakları departmanı olarak Endüstri 4.0 bileşenlerine entegre edilecek yeni projeler ile ilgili detaylı bilgiye sahip değilim.

Tabloda belirtilen temalar kısmına ait görüşme soruları aşağıdadır:

- Endüstri 4.0'a geçişte başarılı olmak için kurumunuzun ve üretim yönetiminizin başarısı için ne gibi gereksinimlere ihtiyaç duymaktasınız?
- Kullanılan bileşenler/teknolojiler itibariyle gelecekte üretim yönetimi süreçlerinizden nasıl sonuçlar almayı planlıyorsunuz?
- Endüstri 4.0'a adapte bir üretim süreci için gelecek ve şimdi planladığınız bir çalışma/ proje bulunmakta mıdır? Bu çalışmalarını hangi bileşenler/teknolojiler ile entegre edilmesini düşünüyorsunuz?

Tablo da temalar kısmında teknolojiyi uygulamak istediklerinde ihtiyaç duyduğu etmenlere, kurumun hedefine ve gelecek ve şuan geliştirilen çalışma ve projeler yer almaktadır. Bu temalara baktığımızda alt temalar ile kurumda yaşananları görmekteyiz.

K1: *"Teknoloji sürekli gelişen bir şeydir ve kurumumuz kaliteden asla taviz vermeyen bir kurumdur. Kaliteyi daha da artırabileceğimiz uygulamalar geliştiriyoruz. Mesela, ürünün herhangi bir yerinde ufak bir leke bir dikiş hatası gibi bizim göremediğimiz normal bir bakış açısının yakalayamadığı hatayı yapay zeka dediğimiz uygulamayı entegre edebiliriz ve bu uygulama geliştiriliyor ve üretim süreçlerine Entegre olacaktır. Bu uygulamanın adı Generative AI – Chat GPT" dir. Gelecek projelerimize bakıldığında, Bulut'ta çalışan bir analiz uygulaması vardır ve buraya verilerimizi taşıyoruz. ...My point HR da normal tüm operatörlerin etkileşimini sağlayan bir uygulamadır. Bunu geliştirmeye devam ediyoruz. Bulut mobil uygulamasının artması, bulut teknolojisine entegrasyon, artı AI projelerine yönelmek bu sene koyduğumuz 2027 vizyonlarından. Generative AI da chatgpt ile yani akıllı asistanla bizim verilerin entegre edilmesi ile çalışarak bize uygun sonuçlar üretmesi, analizler yapması, raporlar çıkartmasını sağlayacak bir uygulamadır...."*

Endüstri 4.0' geçişte kurumun ve üretim yönetiminin başarısı için ihtiyaç duyulanlar; Bütçe, planlama, üst yönetimin desteği, kurum kültürünün oluşturulması, süreç için zaman ve kabulleniş olmaktadır.

K2: *"Başarı için ihtiyaçlarımızın karşılanması en tepeden başlar. Şirketin genel müdürü bu vizyonu korumaz, sürdürmez ve kabul görmezse uygulamaya geçemeyiz burada kurum kültürünün oluşturulması önemlidir. Biz sunumlarımızda 4 tane ana faktörden bahsediyoruz. İnsan faktörü de bu 4 faktörün içindedir. Kurum ve kurumun en tepedeki insandan başlayıp en alt birime kadar bu kültürün yaygınlaştırılması gerekiyor. Bu sene hayata geçireceğimiz 12 proje var. Bunlardan biri bulut teknolojisi uygulamasıdır. Her yerden her an erişilebilir yönetim tablosu oluşturacağız. Kesimhanede kullandığımız bir dış uygulamamız var. Planlama uygulaması.4 fabrikamız var burada. İkisinde optik plan kullanılıyor. Diğer ikisinde kendi yazdığımız*

uygulamamız var. Bu kesimhanede yapacağımız hem maliyet düşürme, hem de daha hızlı plan yapabilmelerini sağlayacak bir uygulamadır. Diğer sistemleri entegredir. Uygulamanın adı Kiosk Tablet uygulamasıdır.”

K3: “Bazı sistemleri devreye almak için ve uygulamak için bir zamana ihtiyacınız var ve deneme yanılma yöntemi ile de yapmanız gerekiyor. Yaptığınız her sistemin bir deneme kısmı olması gerekiyor bir pilot uygulaması olması gerekiyor ve bu uygulamanın noktasında bizim bir saniyemiz bile burada önemli iken durdurma noktasına gelmek işlere aksatması gibi sorunlar bize problem yaratıyor. Üretim açısından şu an bir çalışma yok ama IT ekibi açısından olabilir ve bu üretimi etkileyecektir. Üretim fabrikası olduğu için yapılan her iş üretimi etkiliyor.”

Kullanılan bileşenler itibariyle gelecekte üretim yönetim süreçlerinden, kaliteyi daha çok artırması, büyüme, çalışan memnuniyeti, hızlı üretim ve teslimat, düşük maliyet, kolaylık, esneklik beklenmektedir.

K4: “...Üretimin öncesinde de tasarım kısmında bize zaman kazandıracak, müşterilerle olan ilişkide işin pazarlamasında bize hız ve esneklik kazandıracak bu sistemler. Biz işi alacağız ki iş üretelim. Esneklik çok önemlidir bu üretim sektöründe farklı ürünler ürettiğinizde buna ne kadar adapte olabiliyorsunuz bu çok kritiktir. Mesela uzak Asya’da üretimler var aynı üründen bize göre çok çok yüksek üretimler yapıyorlar ve bu üretim daha kolaydır.Önümüzdeki dönemlerde bir odaya toplanıp mankene giydirmektense bir tuşa basarak müşterinin üstünde görebilmek böyle bir uygulama proje olabilir. Ama şu anda bir çalışma proje yoktur gelecek için kalitede departmanında.”

K5: “Aslında bu bir geçiş süreci ise bunu zaten üst yönetim tarafından full destek görmesi gerekiyor her yeni çalışma da olduğu gibi dolayısıyla bu full destekle bu tür projelerin uygulanabilir. Gelecekte kaliteli ve verimliliği artıracak projeler planlanmaktadır.”

Katılımcıların genel cevaplarına göre genel olarak Endüstri 4.0 bileşenleri ile ilgili projelerinin olduğu ve dijitalleşmeye önem verdikleri görülmüştür. Katılımcılar, bu sene 12 tane projeleri olduğunu belirtmektedir. Bunlardan bazıları; Bulut teknolojisi üzerine çalışmalar, var olan My Point uygulamasının nesnelerin internetine entegre bir şekilde geliştirilmesi, kesimhanede Kiosk tabletlerinin kullanılması ve bu uygulama ile 125 000 Euro kazanç sağlayacakları ve 2027 yılının vizyonu olarak bulut tabanlı Generative AI Chatgpt uygulamasının oluşturulması olmaktadır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde Endüstri 4.0 ilk olarak tekstil sektöründe değişimler meydana getirdiği gibi devamında diğer tüm sektörlerde etki etmiştir. Bu çalışmada büyük ölçekli tekstil işletmesinde yapılan derinlemesine mülakat sonucunda firmanın dijital dönüşüm hikayesi 2017 yılında başladığı görülmektedir.

Katılımcıların genel cevaplarına göre bir değerlendirme yapıldığında; Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine hâkim oldukları görülmektedir. Bu bileşenleri kurumun kullanımı açısından yazılım takım liderleri ve üretim sistem mühendislerinin bu uygulamaların içinde daha çok yer aldığı daha detaylı bilgiye sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca Endüstri 4.0 bileşenlerinden Türkiye’de Eklemeli Üretimin kurumda kullanılmadığını ama kuruma dahil edileceğine dair çalışmaların olduğu görülmektedir.

Kurum kaliteyi bir vizyon olarak görmektedir. Kalite, miktar, zaman ve maliyetin herhangi birinde oluşan iyileşme bu dört faktörün hepsine etki etmektedir. Başka bir ifade ile kurumun en ufak iyileştirme adına uyguladığı çalışmalar tüm departmanlara ve üretimin her yerine kalite, miktar, zaman ve maliyet açısından etkilemektedir. Kalite, miktar, zaman ve maliyetin maksimum düzeyde iyileştirmesi için Endüstri 4.0 bileşenlerinin entegre edildiği birçok teknolojik uygulama mevcuttur.

Kurumunun dikkate aldığı, hedeflediği ve eğitimlerinde belirttiği QCD (kalite, maliyet, hızlı teslimat)’dir. Bunları gerçekleştirdiklerinde miktar, hız, verimlilik gibi faktörlere de ulaşmaktadırlar. Kurumun Endüstri 4.0’a geçişte çalışanların teknolojiyi kabullenmesi, adaptasyonu ve uygulama için gerekli maliyet gibi zorluklar yaşamışlardır. Kurumda bakıldığında, Endüstri 4.0 en çok üretim alanında değer yaratmakta ve katılımcıların cevabına göre üretimin tüm alanlarına etki etmektedir. Fakat en çok etki ettiği alan kesimhane ve tasarımıdır. Kesimhanede detaylı iş daha fazla olduğu için hata yapma sıklığı daha çoktur ve bunu engellemek, zamandan tasarruf sağlamak için hata önleyici sensörler çok gibi Endüstri 4.0 uygulamaları daha fazla kullanılmaktadır. Tasarım kısmında ise eklemeli üretimin kullanılması ile maliyet azalmış ve zamandan tasarruf sağlanmıştır. Endüstri 4.0 bileşenlerinin hız ve verimlilik getirdiği, kâğıttan, insandan tasarruf yapıldığı ifade edilmektedir.

Kurumda Endüstri 4.0 bileşenlerinin avantajları; iş basitleşmesi, esneklik, hız, minimum maliyet, kalite, zaman, miktar gibi birçok olumlu iyileştirme getirmiştir. Dezavantaj olarak, kabul görmeyip çöpe giden uygulama

malar ve bunlara yapılan harcamalar mevcuttur. Kurumun, Endüstri 4.0'ın olumsuzlukları olarak, bazı uygulamalar için gerekli teknolojik koşulları oluşturamadıkları, çalışanların uygulamayı kullanamaması olmaktadır.

Kurumun Endüstri 4.0'a geçişte başarılı olmak için bütçe, planlama, kurum kültürünün oluşturulmasına ve üst yönetimin desteğine ihtiyacı vardır. Kurum Endüstri 4.0 bileşenleri itibariyle gelecekte üretim yönetimi süreçlerinden maksimum kalite iyileştirmesi ile başarı elde etmeyi planlamaktadır. Kurumun bu sene üzerinde çalıştıkları ve var olan uygulamaları geliştirdikleri 12 projesi bulunmaktadır. Üzerine çalıştıkları ve geliştikleri en önemli olan üç proje; Generative AI-ChatGPT, Kiosk Tabletler ve My Point uygulamasıdır.

Son olarak; Endüstri 4.0'a geçişte kurumun ve üretim yönetiminin başarısı için ihtiyaç duyulanların; bütçe, planlama, üst yönetimin desteği, kurum kültürünün oluşturulması, süreç için zaman olduğu görülmüştür. Buna göre kullanılan bileşenler ile gelecekte üretim yönetim süreçlerinden, kaliteyi daha çok artırması, büyüme, çalışan memnuniyeti, hızlı üretim ve teslimat, düşük maliyet, kolaylık, esneklik beklendiği sonucu ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan katılımcıların, Endüstri 4.0 ve Endüstri 4.0 bileşenleri hakkında genel bilgiye sahip oldukları üretimde planlama yaparken yapay zekaya önem verdikleri, kurum açısından ise kaliteyi bir vizyon olarak gördüklerini ve ön planda tuttuklarını belirtilmiştir. Katılımcılara göre, işletmenin endüstri 4.0 uygulamalarına geçiş sürecinde çalışanların uyum sağlama konusunda zorluk yaşadıkları ve buna yönelik eğitim verdikleri sonucu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma İzmir' de faaliyet gösteren büyük ölçekli bir tekstil firmasında yapılmıştır. Bundan sonraki bu alanda yapılacak olan çalışmalara, firmalara ve araştırmacılara katkı sağlayacaktır. Benzer çalışmalar, daha farklı sektörlerde yapılarak Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecinin hangi seviyede olduğu tespit edilerek literatüre katkı sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Abmarket, Endüstri 4.0'da Yatay ve Dikey Entegrasyon. <https://abmarketotomasyon.com/endustri-4-0da-yatay-ve-dikey-entegrasyon/>, (8.04.2020).
- Acuner, T., İlhan, T. (2002). *21. yüzyılda yönetim anlayışı ve Türk yöneticilerinin bakış açısı*. Antalya: Akdeniz Üniversitesi İİBF Yayınları.
- Agarwal, H., & Agarwal, R. (2017). First Industrial Revolution And Second Industrial Revolution: Technological Differences And The Differences İn Banking And Financing Of The Firms. *Saudi Journal Of Humanities And Social Sciences*, 2(11), 1062-1066.
- Akbaş, Ö. F. , Taşkın, T. & Dönmez, N. (2022). İşletmelerde Muhasebe, Finans ve İç Denetim Birimleri Performansının İşletme Yönetimi Başarısına Etkileri . *Topkapı Sosyal Bilimler Dergisi* , 1 (1) , 131-158 .
- Akes, (13.09.2023). Andon Ekran Yönetim Sistemi Çözümleri. <https://www.akesltd.com/andon-ekran-yonetim-sistemleri/>. (14.09.2023).
- Akkuşcu, H. İ. (2019). *Endüstri 4.0'ın Çalışma Hayatına Etkisi: Bursa Örneği*. Bursa: Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aksoy, S. (2017). Değişen Teknolojiler Ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair Bir Giriş. *Sosyal Araştırmalar Vakfı Katkı*. (4): 34-44.
- Alomaliye.com. (29.05.2017). Sanayi Devrimlerinin Süreci ve Endüstri 4.0. <https://www.alomaliye.com/2017/05/29/sanayi-devrimlerinin-sureci-4-sanayi-devrimi/>, (03.04.2023).
- Amy, Trappey, Charles U. H. Govindarajan, A. C. Chuang And J. J. Sun, (2017). “A Review Of Essential Standards And Patent Landscapes For The İnternet Of Things: A Key Enabler For İndustry 4.0”, *Advanced Engineering Informatics*.
- Ansal, H. (2016). İtü, Bilim Teknoloji Ve Toplum. *İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını, Ekim-Aralık*, 74, 12-17.
- Arslan, O. (2023). <http://www.onurarslan.org/buyuk-veri-big-data-hadoop-nedir/>, (05.04.2023).
- Ashton, T.S. (1997). “Some Statistics Of The Industrial Revolution İn Britain”, *The Manchester School*, 16, 29.
- Ayan, B. (2020). *Teknolojik Ve Sosyo-Mekansal Dönüşüm: Türkiye’de Akıllı Fabrikalar*. Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aydın, N. (01.02.2018). Almanya’nın Endüstri 4.0 Vizyonu. [Http://Www.Endustri40.Com/Almanyanin-Endustri-4-0-Vizyonu/](http://Www.Endustri40.Com/Almanyanin-Endustri-4-0-Vizyonu/), (18.03.2020).

- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Barutçu, H. C. (2019). *Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi Örneği*. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Baxter, P. and Jack, S. (2008). "Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers". *The Qualitative Report*, 13(4), pp. 544-559.
- Bcg (Boston Consultinggroup), (2016). Winningtheindustry 4.0 Race. <https://Innovationsfonden.Dk/Sites/Default/Files/2018-07/Bcg-Winning-The-Industry40-Race-Dec-2016.Pdf>, (Erişim Tarihi: 22.05.2019).
- Belbağ, S., Çimen, M., & Soysal, M. (2020). Üretim sistemlerinde endüstri 4.0'in envanter maliyetlerine etkisi üzerine bir senaryo incelemesi. *Verimlilik Dergisi*, (2), 125-143.
- Bogue, R. (2013). 3-D Printing: The Dawn Of A New Era In Manufacturing? *Assembly Automation*. 33(4): 307-311.
- Bolatan, G. İ. S. (2019). Kalite 4.0. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (21), 437-454.
- Bulut, E. & Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi . *Assam Uluslararası Hakemli Dergi* , 4 (7) , 55-77 .
- Bulut, E. (2019). *Endüstri 4.0'ın Gelişimi, Türkiye Ve Dünya Üzerindeki Olası Etkileri*, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Buyruk, H. (2018). "Gelişen Teknolojiler, Değişen İşgücü Nitelikleri ve Eğitim", *OPUS - Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 8(14): 599-632
- Carmigniami, (2011). *Augmented Reality: An Overview*. In: Carmigniami; Furth (eds.): Handbook of Augmented Reality, Springer: New York.
- Cerev, G. & Yenihan, B. (2017). İşgücü Piyasası Temel Kavramları Doğrultusunda Elazığ İli İşgücü Piyasasının Mevcut Durumu Ve Analizi. *Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi* , 4 (1) , 77-90 .
- Çetiner, G. (2016). "Endüstri 4.0: Fırsatlar Ve Tehditler", Marmara Üniversitesi Endüstri 4.0 Vizyonunun Üretim Süreçlerinde Getireceği Verimlilik.
- Datatec, (2023). Tek Kat Kumaş Kesim Makinesi. <http://www.datatec.com.tr/kumas-kesim.html>, (13.09.2023).
- Davutoğlu, N. A. (2021). Sanayi 4.0 ve Yönetim Paradoksu . *Management and Political Sciences Review* , 3 (1) , 53-67 .
- Defenceturk.net. (21.04.2018). Kontrul Simülasyon Sistemi. <https://www.defenceturk.net/konrul-simulasyon-sistemi>, (05.04.2023).
- Derya, H. (2018). Endüstri Devrimleri Ve Endüstri 4.0. *Gü İslahiye İibf Uluslararası E-Dergi*, 2(2), 1-20.

- Doğru, B., ve Meçik, O. (2018). Türkiye’de Endüstri 4.0’in İşgücü Piyasasına Etkileri: Firma Beklentileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1581-1606.
- Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit Or Hype?[Industry Forum]. *Ieee Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58.
- Eaton, (2023). Modüler Malzeme Taşıma Sistemleri. <https://www.eaton.com/tr/tr-tr/markets/machine-building/material-handling.html>, (13.09.2023).
- Ege Bölgesi Sanayi Odası (EBSO). (2015). Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek. İzmir.
- Endustrisanayi.Com. (18.02.2018). Sanayi Devrimi’nin İngiltere’de Başlamasının Nedenleri. <https://www.endustrisanayi.com/1-0/Sanayi-Devriminin-İngilterede-Baslamasinin-Nedenleri/>, (05.03.2020).
- Endüstri 4.0, (2023). Endüstri 4.0 & Retmes Çözümleri. <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-retmes-cozumleri/>, (13.09.2023).
- Engelman, R. (2015). The Second Industrial Revolution, 1870-1914. *Us History Scene*, 10.
- Ertuğ, B. (2001). *Türkiye İmalat Sanayi İşletmelerinde Üretim Yönetimi Uygulamaları Ve Kullanılan Teknikler*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Fırat, O.Z. Ve Fırat, S.Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler Ve Robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 46(2): 211-223.
- Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017, October). Iv. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 Ve Otomotiv Sektörü. In *Icpess (International Congress On Politic, Economic And Social Studies)* (No. 3).
- Goutam, R. K. (2015). Importance of cyber security. *International Journal of Computer Applications*, 111(7).
- Görçün, Ö. F. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta.
- Görkem, L. Ve Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar Ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. 13: 47-68.
- Greenwald, S. W., Kulik, A., Kunert, A., Beck, S., Fröhlich, B., Cobb, S., Maes, P. (2017). Technology And Applications For Collaborative Learning İn Virtual Reality. Philadelphia, Pa: *International Society Of The Learning Sciences*.
- Hugo Boss. (2023). [Hugo Boss Biyografi.info](https://www.hugoboss.com/en/brand-story), (27.08.2023).
- İlhan, İ. (2018). Tekstil Üretim Süreçleri Açısından Endüstri 4.0 Kavramı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 25(7): 810.
- İlhan, İ. (2019). Tekstil üretim süreçleri açısından endüstri 4.0 kavramı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 810-823.

- İnan, E. Ç. (2019). *Endüstri 4.0 Vizyonunun Üretim Süreçlerinde Getireceği Verimlilik*. İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Jensen, M. C. (1993). The Modern Industrial Revolution, Exit And The Failure Of Internal Control Systems. *The Journal Of Finance*. 48(3): 831-880.
- Kabaklarlı, E. (2016). Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi Dünyası ve Türkiye Ekonomisi İçin Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler. Nobel Kitap.
- Kaizenmarket, (2023). Görsel Yönetim Araçları. <https://www.kaizenmarket.net/gorsel-yonetim-araclari>, (13.09.2023).
- Kara, N. (2013). Havacılıkta katmanlı imalat teknolojisinin kullanımı. *Mühendis ve Makine*, 54, 70-5.
- KasperskyLab Ics Cert. (2017). Threat Landscape For Industrial Automation Systems, H2 2016. <http://Securelist.Com/Threat-Landscape-For-Industrialautomation-Systems-H2-2016/77842/>. (13.07.2018)
- Kennedy, P. (1991). *Büyük Güçlerin Yükseliş Ve Çöküşleri*. Ankara: İş Bankası Yayınları.
- Kobieför., (01.12.2021). Endüstri 4.0'ın akıllı fabrikalarının yapıtaşları; Robot Teknolojileri ve Robotik Süreç Otomasyonu. <https://www.kobi-efor.com.tr/dosya/endustri-40in-akilli-fabrikalarinin-yapitaslarirobot-teknolojileri-h13306.html>, (06.04.2023).
- Kobu, B. (2006). *Üretim Yönetimi*. İstanbul. Beta Basın Yay. A.Ş.
- Kozan, M., Bozkaplan, M. F. & Özek, M. B. (2014). Eğitimde Bulut Bilişim Uygulamaları. Akademik Bilişim Konferansı, 5-7.
- Krahn, J., And Graham S., *Work, Industry, And Canadian Society*, Second Ed. Scarborough, Ont.: Nelson Canada, 1993. Xii, 430 P. Isbn 0-17-603540-0, 1993.
- Kumar, A., Suresh, N. (2006) Introduction To Production And Operation Management. Production And Operations Managment (Pp.1-3). *New Delhi: New Age Internional (P) Limited*.
- Landes, D. S. (2003). *The Unbound Prometheus. Cambridge Books*.
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service İnnovation And Smart Analytics For İndustry 4.0 And Big Data Environment. *Procedia Cirp*, 16, 3-8.
- M5Dergi. (14.09.2020). Dördüncü Sanayi Devrimi. <https://m5dergi.com/dergi/sayi-350-eylul-2020/4uncu-sanayi-devrimi-ve-karadenizdeki-muhtemel-etkileri/>, (03.04.2023).
- Mckay, I. (1983). Industry, Work And Community İn The Cumberland Coalfields, 1848-1927.
- Mckinsey Global Institute. (2013). Disruptive Technologies: Advances That Will Transform Life, Business, And The Global Economy.

- Mclamb, E. (18.09.2011). Endüstri Devriminin Ekolojik Etkileri. <http://www.Ecology.Com/2011/09/18/Ecological-Impact-Industrial-Revolution/>, (15.03.2020) . Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi
- Meganova. <http://www.meganova.com.tr/?p=25020>, (05.04.2023).
- Millî Eğitim Bakanlığı, MEB. (2011). *Ulaştırma Hizmetleri Alanı Kara Yolu Taşımacılığı*, Ankara: Meb Yayını.
- Mishraa N., Singh A., Kumari S., Govindan K., Ali, S.I. (2016), “Cloud-Based Multiagent Architecture For Effective Planning And Scheduling Of Distributed”, International Journal Of Production Research, 54, 7115-7128, <http://www.Tandfonline.Com/Doi/Abs/10.1080/00207543.2016.1165359>, (Erişim Tarihi: 21.12.2018).
- Mutlu, M. (2019). *Endüstri 4.0 Uygulamalarına İlişkin Algılar: Otomotiv Ve Tekstil Sektörü Üzerinde Bir Araştırma*. Bursa: Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ohlhorst, F. (2013). Big Data Analytics Turning Big Data into Big Money. Hoboken, NJ, U.S.A.: J. Wiley and SAS Business Series, John Wiley & Sons.
- Optimak, (2019). Dünyadaki Endüstriyel Ronot Kullanımı Oranları. [Dünyadaki Endüstriyel Robot Kullanım Oranları Açıklandı - Optimak Optimum STU](https://www.optimak.com.tr/dunyadaki-endustriyel-robot-kullanimi-oranlari), (27.08.2023).
- Othman, F., Bahrin, M. A., & Azli, N. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *J Teknol*, 78(6-13), 137-143.
- Otonomfabrika, (19.10.2020). RFID Teknolojisi Ve RFID Sistemi Bileşenleri. <https://www.otonomfabrika.com/rfid-teknolojisi-ve-rfid-sistemi-bilesenleri/>, (13.09.2023).
- Öcal, F. M. Ve Altıntaş, K. (2018). Dördüncü Sanayi Devriminin Emek Piyasaları Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi Ve Çözüm Önerileri. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*. 8(15): 2066-2092.
- Öz, Y. (2016). Bulut Bilişim (Cloud Computing) ve Muhasebe. *Bartın University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences/Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(13).
- Özdemir, E.G. & Seymen Aksu, N. (2021). “Akıllı Lojistik Alanında Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanımı”, *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, (Issn:2630-631X) 7(45): 1100-1108.
- Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi Ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*. Pusula.
- Özgen, İ. (2019). Endüstri 4.0’da Robotik Ve Eklemeli Üretim Teknolojilerinin Farklı Rekabet Ve Üretim Senaryoları Altında Stratejik Analizi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Özsoylu, A.F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*. 21(1): 41-64.
- Öztürk, Ş. (2019). “Bir işletmecilik tecrübesi çerçevesinde dijital dönüşüm modeli önerisi: Enerji sektöründe uygulama ve danışmanlık hizmeti veren bir KOBİ örneği”. Yüksek Lisans Tezi. Altınbaş Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Peddie, Jon. (2017). *Augmented Reality: Where We Will All Live*. Springer International Publishing Ag 2017. Usa. Üretimde Dijital Dönüşüm Ve Etkileri: Türkiye Ekonomisi Açısından Bir Analiz
- Pedersen, M. R., Nalpantidis, L., Andersen, R. S., Schou, C., Bøgh, S., Krüger, V., & Madsen, O. (2016). Robot skills for manufacturing: From concept to industrial deployment. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 37, 282-291.
- Phaal, R., O’sullivan, E., Routley, M., Ford, S. Ve Probert, D. (2011). A Framework For Mapping Industrial Emergence. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 78 (2): 217–230. Üretimde Dijital Dönüşüm Ve Etkileri: Türkiye Ekonomisi Açısından Bir Analiz
- Pivot88, (2023). Şeffaf Oluşturma Bağlantılı Tüketiciler İçin Tedarik Zincirleri. pivot88.com, (13.09.2023).
- Pompavana, (10.05.2021). IoT İhtiyaçları İçin Yenilikçi SCADA Çözümleri. <https://pompa-vana.com/iot-ihhtiyaclari-icin-yenilikci-scada-cozumleri/>, (13.09.2023).
- Porter, M. E., & Strategy, C. (1980). Techniques For Analyzing Industries And Competitors. *Competitive Strategy*. New York: Free.
- Press, G. (2017, 20 Ocak). 6 Predictions for the \$203 Billion Big Data Analytics Market. 20 Nisan 2018 tarihinde <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2017/01/20/6-predictions-for-the-203-billion-bigdata-analytics-market/#6c45dcb20838> adresinden erişildi.
- Rajesh K.G. (2015). Importance Of Cyber Security. *International Journal Of Computer Applications*. 111(7): 0975-8887
- Razali, Norsam Tasli Mohd. (2018). Industry 4.0: The Enabling Technologies And Its Applications. <http://www.myforesight.my/2018/02/26/industry-4-0-the-enabling-technologies-and-its-applications/>. 12.09.2018 Dijital Dönüşüm Ve Etkileri: Türkiye Ekonomisi Açısından Bir Analiz
- Rençber, S. Ö. (2019). Büyük Veri Kullanımının Teknoloji Kabul Modeli İle İncelenmesi: Lisansüstü Eğitim Örneği. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Rennung, F., Luminosu, C. T., & Draghici, A. (2016). Service Provision In The Framework Of Industry 4.0. *Procedia-Social And Behavioral Sciences*, 221, 372-377.
- Romero, V.S. Ve Theorin, A. (2013). History Of Control History Of Plc And Dcs.

- Rosenberg, M. (28.01.2020). The 5 Sectors Of The Economy. The 5 Sectors Of The Economy (Thoughtco.Com), (05.03.2020).
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston consulting group*, 9(1), 54-89.
- Sampler, J. (1998). Bilgi Çağı İçin Endüstri Yapısının Yeniden Tanımlanması. *Stratejik Yönetim Dergisi*, 19 (4), 343-355 Teknolojik Ve Sosyo-Mekansal Dönüşüm: Türkiye’de Akıllı Fabrikalar
- Sander, O. (2010). Siyasi Tarih 1918-1994 İstanbul: İmge Yayınları.
- Sayilgan, E., & İşler, Y. (2017). Medical devices sector in medical industry 4.0. In *2017 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- Sayilgan, E., & İşler, Y. (2017, October). Medical devices sector in medical industry 4.0. In *2017 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- Schwab, K. (2016). Dördüncü Sanayi Devrimi, (Çev. Zülfü Dicleli), Optimist Yayınları, İstanbul. Endüstri 4.0’ın Çalışma Hayatına Etkisi: Bursa Örneği
- Shatornaya, A. M., Chislova, M. M., Drozdetskaya, M. A., & Ptuhina, I. S. (2017). Efficiency of 3D printers in Civil Engineering. *Stroitel'stvo Unikal'nyh Zdanij i Sooruzenij*, (9), 22-30.
- Siemens Türkiye (2016), Endüstri 4.0 Yolunda, Siemens 4.0. Dergisi, [Http://Siemens.E-Dergi.Com](http://Siemens.E-Dergi.Com), (E.T: 12.02.2017)
- Skwirk Online. The Second Industrial Revolution. [Http://Www.Skwirk.Com/P-C_S56_U-424_T-1100_C-4258/Sa/7/The-Second-Industrial-Revolution/The-Impact-OftheIndustrial-Revolution/Industrial-Revolution/Sose-History/](http://Www.Skwirk.Com/P-C_S56_U-424_T-1100_C-4258/Sa/7/The-Second-Industrial-Revolution/The-Impact-OftheIndustrial-Revolution/Industrial-Revolution/Sose-History/), (16.12.2019 Teknolojik Ve Sosyo-Mekansal Dönüşüm: Türkiye’de Akıllı Fabrikalar
- Somyürek, S. (2014). Öğretim Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram Ve Uygulama*, 4(1), 63-80. Teknolojik Ve Sosyo-Mekansal Dönüşüm: Türkiye’de Akıllı Fabrikalar
- Söz, B. (2007). Üretim Yönetiminin Geliştirilmesi İçin İmalat Sistemlerinde Beceri İhtiyaç Planlaması. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Statista. (2016). Share of Big Data and Business Analytics Revenues Worldwide in, by Industry. <https://www.statista.com/statistics/616225/worldwide-big-databusiness-analytics-revenue/> adresinden erişildi.
- Şahin, K. ve Turan, O. (2018). Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırılmalı Analizi. *Stratejik Ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 2 (2): 97-116.

- Tandoğan, U. (2012). “Üçüncü Sanayi Devrimine Ne Kadar Hazırız?”, Dünya Gazetesi Web Sitesi, [Http://Www.Dunya.Com/Kose-Yazisi/Ucuncu-Sanayi-Devrimine-Nekadarhaziriz/13008](http://www.dunya.com/kose-yazisi/ucuncu-sanayi-devrimine-nekadarhaziriz/13008), Erişim Tarihi: 13.11.201 Endüstri 4.0’ın Çalışma Hayatına Etkisi: Bursa Örneği
- Tavukçuoğlu, C.İ. (2019). *Endüstri 4.0 kapsamında IOT (Nesnelerin İnterneti) uygulamalarının müşteri memnuniyetine etkisi ve bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Ankara.
- Tekin, M. (2013). *Üretim ve Üretim Yönetimi. Üretim Yönetimi*, Konya: Güney Ofset Matbaacılık San. Ve Tic. Lid. Şti.
- Teknolab, (2021). Teknolab. <https://www.teknolab.info/2021/09>, (14.09.2014).
- Tezcan, H. (2008). *Üretim Akışında Darboğaz Teorisi Ve Bir Uygulama*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tozlu mikrofön. (31.01.2018). İkinci Sanayi Devrimi. <https://www.tozlu mikrofön.com/ikinci-sanayi-devrimi-1875-1914-nedir/>, (04.04.2023).
- Troxler, P. (2013). Making The 3rd Industrial Revolution. *Fab Labs: Of Machines, Makers And Inventors*, Transcript Publishers, Bielefeld.
- Tutar, S. (2018). *Endüstri 4.0’ın muhasebeye etkisi* (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Türkcan, E. (2009). *Dünya’da ve Türkiye’de Bilim, Teknoloji Ve Politika* (Vol. 5). İstanbul Bilgi Üniversitesi.
- Türkiye Odalar Ve Borsalar Birliği (TOBB). (2016) “Akıllı Fabrikalar Geliyor”, Endüstri 4.0 Uygulamalarına İlişkin Algılar: Otomotiv Ve Tekstil Sektörü Üzerinde Bir Araştırma. *TOBB Ekonomik Forum Dergisi*, 16-27.
- Türkiye Odalar Ve Borsalar Birliği (TOBB). (2018), 2018 Yılı Sanayi Kapasite Raporu İstatistikleri Haber Bülteni, <https://www.tobb.org.tr/Sayfalar/Detay.php?Rid=8684&Lst=Haberler>, Erişim Tarihi: 26.04.2019
- TÜSİAD. (2016). Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0. 1-64. Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerinin Dijitalleştirilmesine Etkisi: Çanakkale İlinde Yapı Ürünleri Sektöründe Bir Araştırma
- Vaidya, S., Ambad, P. Ve Bhosle, S. (2018). Industry 4.0–A Glimpse. *Procedia Manufacturing*. 20: 233-238.
- Vanderploeg, A., Lee, S. E., & Mamp, M. (2017). The application of 3D printing technology in the fashion industry. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 10(2), 170-179.
- Ventura, K. & Soyuer, H. (2016). İşletmelerde Yenilik Yönetimi ve Araştırma Geliştirme Pazarlama-Üretim Entegrasyonunda Bilgiye Dayalı Yenilik Yaklaşımı. *Ege Akademik Bakış*, Cilt: 16 Özel Sayı , 41-50 .

- Viscanti, L. (03.02.2022). Eğitim Verileri: Makine Öğreniminin Kilometre Taşı. <https://mapendo.co/blog/training-data-the-milestone-of-machine-learning>, (13.09.2023).
- Walsh, G., Möhring, M., Koot, C., & Schaarschmidt, M. (2014, June). *Preventive Product Returns Management Systems-A Review And Model*. In *Ecis*.
- Witkowski, K. (2017). Internet Of Things, Big Data, Industry 4.0. *7th International Conference On Engineering, Project, And Production Management*. (S. 763- 769).
- Wolpers, S. (04.12.2022). OpenAI'nin ChatGPT'sine Göre Çeviklik ve Scrum. <https://age-of-product.com/business-agility-scrum-generative-ai/>, (14.09.2023).
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2021). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, 12. Baskı, Ankara, Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız A. (2018). Endüstri 4.0 Ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 22(2): 546-556.
- Yılmaz, B. (02.03.2023). Hedef Telefona Yüklemeden En İyi 6 Ücretsiz Mesaj Takip Programı. <https://tr.celltrackingapps.com/free-sms-tracker-without-access-to-target-phone/>, (14.09.2014).
- Yılmaz, F. (2018). Robotlar hayatımızda. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, (12), 109-120.
- Yin, R. K. (2017). *Durum Çalışması Araştırması Uygulamaları* (İ. Günbayı, Çev.). Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Yüksel, H. (2002). Üretim Yönetimi Fonksiyonları İle Çevre Yönetim İlkelerinin Bütünleştirilmesi: Çevreye Duyarlı Üretim. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi* , 3 (2).
- Yüksel, H. (2012). Bulut bilişim el kitabı. <https://yukseis.files.wordpress.com/2012/01/bulutbilic59fimekitabc4b1.pdf> , (25.02.2021).
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015, August). Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities And Challenges. In *2015 12th International Conference On Fuzzy Systems And Knowledge Discovery (Fskd)* (Pp. 2147-2152).

Ek -1 GÖRÜŞME SORULARI

Adınız Soyadınız:

Kurumdaki Pozisyonunuz:

1. Size göre Endüstri 4.0 nedir? Nasıl tanımlarsınız?
2. Size göre Endüstri 4.0 bileşenleri/teknolojileri nelerdir?
3. Kurumunuzda aşağıda belirtilen Endüstri 4.0 bileşenleri/teknolojilerinden hangilerini kullanıyorsunuz?
 - o Büyük Veri ve Analizi
 - o Akıllı Robotları
 - o Simülasyon
 - o Yatay/ Dikey Yazılım Entegrasyonu
 - o Nesnelerin İnterneti (IoT)
 - o Siber Güvenlik
 - o Bulut Teknolojisi
 - o Eklemeli Üretim
 - o Artırılmış Gerçeklik
4. Ne zamandan itibaren bu bileşenleri/teknolojileri kullanıyorsunuz?
5. Kurumunuzun Endüstri 4.0' a gereksinim duyma sebepleri nelerdir?
6. Kurumunuzda Endüstri 4.0 en çok hangi alanlarda değer yaratmıştır?
7. Kurum açısından Endüstri 4.0 uygulama sürecine geçişte hangi zorluklarla karşılaştınız?
8. Üretimde kullandığınız Endüstri 4.0 bileşenlerinin/teknolojilerinin daha önce kullandıklarınıza göre avantajları ve dezavantajları nelerdir?
9. Endüstri 4.0'a geçişte başarılı olmak için kurumunuzun ve üretim yönetiminizin başarısı için ne gibi gereksinimlere ihtiyaç duymaktasınız?
10. Size göre üretim yönetimi amaçları nelerdir?
- Endüstri 4.0 bileşenleri/teknolojileri göz önüne alındığında;
11. Kalite açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

12. Miktar açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

13. Zaman açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

14. Maliyet açısından bu bileşenlerin/teknolojilerin üretim süreçlerine nasıl etkileri bulunmaktadır?

15. Tüm üretimle ilgili bölümler göz önünde bulundurduğunuzda Endüstri 4.0 bileşenlerinin/teknolojilerinin en çok etki ettiği üretim bölümü hangisidir?

16. Kullanılan bileşenler/teknolojiler itibariyle gelecekte üretim yönetimi süreçlerinizden nasıl sonuçlar almayı planlıyorsunuz?

17. Üretim yönetimi açısından yaşanan sorunlar, kısıtlamalar ve aksaklıklar göz önünde bulundurulduğunda Endüstri 4.0 uygulamalarının nasıl çözümler getirdiğini düşünüyorsunuz?

18. Endüstri 4.0'a adapte bir üretim süreci için gelecek ve şimdi planladığınız bir çalışma/ proje bulunmakta mıdır? Bu çalışmaları hangi bileşenler/teknolojiler ile entegre edilmesini düşünüyorsunuz?