



**T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**SANAYİDE ENDÜSTRİ 4.0 SÜREÇLERİ: ÇORUM
SANAYİSİNDE BİR UYGULAMA**

Yüksek Lisans Tezi

Emre Berksun

Çorum 2018

SANAYİDE ENDÜSTRİ 4.0 SÜREÇLERİ: ÇORUM SANAYİSİNDE BİR UYGULAMA

Emre BERKSUN

**Sosyal Bilimleri Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

**TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi HÜLYA ÇAĞIRAN KENDİRLİ**

ÇORUM-2018

KABUL VE ONAY

Emre BERKSUN tarafından hazırlanan "SANAYİDE ENDÜSTRİ 4.0 SÜREÇLERİ: ÇORUM SANAYİSİNDE BİR UYGULAMA" başlıklı bu çalışma, 21/12/2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak yüksek lisans/ doktora/ sanatta yeterlilik tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Selahattin KENBİZELİ

(Unvan, Adı ve Soyadı) (Başkan)

İmza

Doç. Dr. Polge ULUSOY

(Unvan, Adı ve Soyadı) (Başkan)

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Nilay ÇAYIRAN KAYALI

(Unvan, Adı ve Soyadı) (Başkan)

İmza

(Unvan, Adı ve Soyadı) (Başkan)

İmza

(Unvan, Adı ve Soyadı) (Başkan)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

İmza
(Unvan, Adı Soyadı)

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Mehmet EVKURAN
Soyut Bilimler Enstitüsü Müdürü

T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim. (21/12/2018)



Emre Berksun

ÖZET

BERKSUN, Emre. *Sanayide Endüstri 4.0 Süreçleri: Çorum Sanayisinde Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), Çorum, 2018.

Endüstri 4.0'ı günümüz yaşam şartlarını iyileştirmek için biyoloji, teknoloji ve endüstriyel otomasyon alanlarındaki ileri araştırmaları bir araya getirerek insan hayatına değer katmak olarak özetleyebiliriz.

Otonom arabalardan, nano robotların hastalıkların teşhisi ve tedavisinde kullanılmasına ve önceleri hayal dahi edilmeyen çözümlerle yeni bir hayatı yaşıyoruz.

Endüstri 4.0 terimi, dijital teknoloji, biyoloji ve donanım otomasyonlarındaki önemli yeniliklerin birleşiminden gelmektedir.

Ortaya çıkan siber-fiziksel sistemler kendi basit kararlarını alabilmekte, cihazların, makinelerin, sensörlerin Nesnelerin İnterneti (IoT) aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurabilmeleri sağlanmakta, rahat yönetilebilen, takip edilebilen verimli sistemler süreçlerin dizaynında rol almaktadır.

Ani sorunları kısa sürede çözüme yeteneği önemlidir. Siber fiziksel sistemler, insanlar için mümkün olmayan ya da bir anda mümkün olmayacak bir dizi iş yürütmekte aynı zamanda da insanları fiziksel olarak destekleyebilmektedirler. İnsan işgücü için tehlikeli ve zor olan bazı görevler, farklı otonom sistemlerle insanların yerini alabilmektedir.

Sürecin önemli figürlerinde Nanoteknoloji, Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim, Veri Analitiği gibi kavramlarla hayatımıza göre donanım ve yazılımlar; sağlık alanından çevre hizmetlerine, hava tahminlerine ve tarım alanındaki faaliyetlere kadar ve artık sıklıkla karşılaşıldığı üzere her tür üretim alanında tahminleme, analiz etme ve iyileştirmelerimizde bize destek vermektedir Malzemelerin özelliklerini geliştirmekte daha fazla güç, daha hafif ağırlık vb. gibi hedeflenen iyileştirmelerde önemli rol oynamaktadır.

Anahtar Kavramlar: Endüstri 4.0, Sanayi Devrimleri, Büyük Veri, Robotik Sistemler, Sanal Gerçeklik ...

ABSTRACT

BERKSUN, Emre. *Industry 4.0 Processes in Industry: An Application in Çorum Industry* (Master Thesis), Çorum, 2018.

Industry 4.0 can be summarized as adding value to human life by combining advanced research in the fields of biology, technology and industrial automation to improve the living conditions of today.

Now calls a new life as the self-driving cars, the nanorobots are used in the diagnosis and treatment of diseases and the whole world is communicating with the virtual environment.

The term Industry 4.0 takes its meaning from the combination of significant innovations in digital technology, biology and hardware automation.

Today the resulting cyber-physical systems are able to make their own simple decisions, and because they can communicate and follow each other through devices, machines, sensors, and the Internet of Things (IoT), efficient systems that are more easily managed are involved in the design of processes.

The ability to solve urgent problems in a short time is important. Cyber physical systems are able to make their own decision or physically support people in a number of jobs that are not possible for people. On the other hand some duties are dangerous and difficult for human beings, such autonomous systems will be able to replace people in this regard.

Nanotechnology supports humans in forecasting, analyzing and improving etc... From health to environmental services, from agriculture to weather forecasting area and in all other manufacturing plants. Gets more power, lighter weight, quicker interventions etc. to improve the properties of materials and the processes.

Keywords: Industry 4.0, IoT, Cloud Computing, Robotics, Autonomous...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLOLAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR.....	vii
ÖN SÖZ.....	viii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM SANAYİ DEVRİMLERİ

1.1. SANAYİ DEVRİMİNİN BAŞLAMA NEDENLERİ	2
1.2. SANAYİ DEVRİMLERİNİN SÜREÇLERİ	3
1.2.1. Tarihsel Süreç Bazından Sanayi Devrimi	3
1.2.2. Sanayi Devrimlerinin İzleri ve Temel Taşları	5
1.3. SANAYİ DEVRİMLERİNİN TOPLUMSAL ETKİSİ ve GELİŞEN TEKNOLOJİNİN TOPLUM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	7
1.3.1. Sanayi Devrimlerinin Toplumsal Etkisi	7
1.3.2. Gelişen Teknolojinin Toplum Üzerindeki Etkisi.....	9
1.3.3. Teknolojinin Olumsuz Etkileri	11

İKİNCİ BÖLÜM SANAYİ DEVRİM SÜREÇLERİ VE ETKİLERİ

2.1. SANAYİLEŞME VE TEKNOLOJİ ETKİSİ.....	13
2.2. TEKNOLOJİ TEMELLİ SANAYİLEŞME ETKİSİ	14
2.2.1. Endüstri Döngüsünün Temelleri	15
2.2.2. Tarihsel Süreç İçerisinde Endüstri Döngüleri.....	16
2.2.2.1. Endüstri 1.0	16
2.2.2.2. Endüstri 2.0	17
2.2.2.3. Endüstri 3.0	18
2.2.2.4. Endüstri 4.0	20

2.2.2.4.1. Endüstri 4.0 ve Tarihçe	21
2.3. BİLGİ SİSTEMLERİNİN MÜHENDİSLİK AÇISINDAN ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE UYGULAMA ALANLARI	23
2.3.1. Siber-Fiziksel Dünyalar	23
2.3.2. Yatay ve Dikey Entegrasyon	24
2.3.3. Nesnelerin İnterneti	25
2.3.4. Öğrenen Robotlar	26
2.3.5. Büyük Veri ve Veri Analitiği	26
2.3.6. Bulut Bilişim	27
2.3.7. Sanal Gerçeklik	28
2.3.8. Siber Güvenlik	29
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE ETKEN PARAMETRELER .	
3.1. ROBOT VE MAKİNELERİN 4.0'DAKİ YERİ.....	30
3.2. ENDÜSTRİ –BİLİŞİM ORTAKLIĞI	31
3.3. VERİMLİLİK ARTIŞI	32
3.4. AR-GE'NİN YERİ VE ÖNEMİ	33
3.5. HIZLI, ESNEK VE ADAPTİF ÜRETİM	35
3.6. ÖRGÜTSEL İNOVASYON	36
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ENDÜSTRİ 4.0'ın VİTRİFİYE SANAYİNDE UYGULAMA ÖRNEĞİ	
4.1. METODOLOJİ	39
4.2. SİMÜLASYON	40
4.3. ÜRÜNÜN ENDÜSTRİYEL İNTERNETİ VE KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLAN ÜRETİM DESTEK SİSTEMİ.....	45
4.4. SİMÜLASYON SONUCU	47
4.5. BULGULAR	47
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	53
KAYNAKÇA	53

TABLolar DİZİNİ

Tablo	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Manuel Sırlama Sistemleri Ve Otomatik Robotlu Sırlama Sistemleri...	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Manuel Sırlama Sistemleri	44
Şekil 1.2. Tam Otomatik Robotlu Sırlama Sistemleri.....	46

KISALTMALAR

Kısaltmalar

yy.	Yüzyıl
GSMH	Gayri Sarfi Milli Hasıla
GPS	Global Positioning System - Küresel Konumlama Sistemi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
PLC	Programmable Logic Controller - Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
IoT	Internet of Thing – Nesnelerin İnterneti
VDMA	Der Verband Deutscher Maschinen un Anlagenbau
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien
ZVEI	Zentralverband und Elektronikindustrie
AR-GE	Araştırma Geliştirme
IaaS	Infrastructure as a Service - Hizmet olarak Altyapı
PaaS	Platform as a Service – Hizmet olarak Platform
SaaS	Software as a Service – Hizmet olarak Yazılım
ERP	Enterprise Resource Planning - Kurumsal Kaynak Planlama
MRP	Material Requirement Planning - Malzeme İhtiyaç Planlaması
MRP II	Manufacturing Resource Planning – Üretim Kaynak Planlaması

ÖN SÖZ

Üretimin giderek dijitalleşmesi ile mamül üretme yöntem ve metodlarımızla ilgili önemli bir dönüşümün ortasındayız. Bu dönüşümün güncel aşaması olan imalat süreçlerinde meydana gelen dördüncü devrimi temsil etmek için Endüstri 4.0 ismi kullanılmaktadır. İkinci Sanayi Devriminde kullanılan su ve buhar gücüyle mekanizasyon, Üçüncü Sanayi Devriminde, elektrik kullanımının getirdiği imkanlar ile seri bir şekilde ve montaj hatları dahilinde üretim yapabilme kabiliyetlerinin kazanılması. Dördüncü Sanayi Devrimi ile birlikte de bilgisayarların ve otomasyon sistemlerin süreçlere dahil edilerek, anlık veri aktarımı ve öğrenen makineler tarafından yapılan analizler ve gerekli bazı müdahaleleri yapabilmesi, takip edilebilir bu süreçlerle güncel dönüşüm ile birlikte otonom sistemler ortaya çıkmıştır.

Endüstri 3.0'da bilgisayarlar üretim, planlama ve takip sürecinde önemli roller aldılar. Bilgisayarlar nihayet bugün insan katılımı olmaksızın bazı kararları alabilmekte, alınan kararları uygulamak için birbirleriyle bağlantılı ve iletişim halinde olabilmektedirler. Siber-fiziksel sistemler, Nesnelerin İnterneti ve Sistemlerin İnterneti'nin bir araya gelmesi Endüstri 4.0'ı mümkün kılarak, akıllı fabrikaların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Ne kadar veriye ulaşırlarsa o derece akıllı olmaya devam eden akıllı makinelerin desteğiyle, günümüz fabrikaları daha verimli daha üretken hale gelecekler.

Üretim kontrol ve takibi doğrultusunda fırsatları belirleyerek; bağlı makineler bakım, performans ve diğer konuları bilgilendirebilecek aynı zamanda bir insanın makul bir süre içinde yapması imkansız olan modellemeleri ve analizleri tanımlamak için bu verileri analiz eden büyük miktarda veri toplayabilecektir. Endüstri 4.0'ın en mühim gerçeklerinden bu durum, üreticilerin, neye dikkat edilmesi gerektiğini bildirerek, operasyonlarını hızlı ve verimli bir şekilde optimize etme fırsatını sunabilecektir.

Lojistik ve tedarik zincirlerinde yeni bilgiler sunulduğunda ayarlanabilir ve uyum sağlayabilir. Örneğin hava şartları bir gönderinin nakliyesini etkileyeceği bilgisi alınırsa, bağlı bir sistem bu gerçekliğe proaktif olarak uyum sağlayabilir ve üretim önceliklerini değiştirebilir.

Otonom ekipman ve araçlar: Gemilerden konteynırları verilen yönergeler ve belirleyeciler doğrultusunda otonom çalışan vinçlerle birlikte yüklenebilir sevke hazır hale getirilebilmektedir.

Robotlar artık her bütçeden işletmeye uyum sağlayabilecek kabiliyete ve maliyetlere ulaşmış durumda, sevk ya da tedarik deposundaki bir ürün robotlar vasıtasıyla üretime geçirilebilmekte, gönderime hazır olan bir ürün ise otonom araç ve ekipman vasıstaları ile sevk edilebilmektedir.

3D baskı teknolojisi, başlangıçta prototiplerin üretilmesi maksadıyla üretim süreçlerine dahil edilmekteydi, bugün metal sektöründen, plastik sektörüne, seramik sektöründen inşaat sektörüne kadar bir çok alanda farklı roller alabilmektedir.

Endüstri 4.0'ın çok önemli bileşenleri, Nesnelerin İnterneti ve Bulut Bilişim:, bağlı cihazlarla karakterize edilerek yalnızca içsel operasyonlara yardımcı olmakla kalmaz, bunun yanında verilerin depolandığı bulut ortamının kullanılması yoluyla, ortak kullanılan makine ve ekipmanların etüd planlamalarında etkin analizler ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır.

Dünyada gelişmiş ülkelerin ticari stratejik planlamalarında baş rolü alan, gelişmekte olan ülkelerin ise, süreçleri kendileri açısından tanımlamaları ve ivedilikle eylem planına dökmelerinin ehemniyetini ortaya koymak açısından bu tezin yazılmasında, benden destek ve yönlendirmelerini esirgemeyen tez danışmanım Sn. Dr. Öğretim Üyesi Hülya Çağırın Kendirli'ye ve bu konuya farklı açılardan da bakma noktasındaki tavsiye, teşvik ve yönlendirmeleri dolayısıyla Prof. Dr. Selçuk Kendirli'ye teşekkürlerimi borç bilmekteyim.

GİRİŞ

Sanayide Endüstri 4.0 Süreçleri: Çorum Sanayisinde Bir Uygulama konusundaki tez ile amaçlanan güncel sanayi koşullarındaki stratejik planlarda önemli rol alan Endüstri 4.0'ı öncesiyle birlikte gelişimini anlatmak bunun yanında günümüzdeki ticari faaliyetler açısından verimlilik, rekabet, hizmet ve sürdürülebilirlik konusundaki yerini ortaya koymaktır.

Endüstri 4.0'ın sadece bir endüstriyel dönüşüm olmayıp, yeni makine, ekipman ve yazılımların tedarikten üretime, planlamadan satış sonrası hizmetlere kadar tüm konularda görevlerini ve bu görevlerin günümüzde ve gelecekte maliyetler, sağlık, kalifikasyon yönetimi, anlık pazar tepkileri gibi bir çok hususta ne denli ehemmiyete sahip olduğunu vurgulamaktır.

Çorum Organize Sanayi Bölgesinde vitrifiye üretiminde faaliyet gösteren bir firmanın ürünlerini sırlarken kullandığı ful otomatik sırlama sistemlerinin üretimde verimliliği nasıl etkilediği, işgören rolünü nasıl değiştirdiği, yatırım maliyetlerinin ne olduğu gibi noktalarda, bu tip yenilikçi çözümlerin oluşturduğu fark ve önem aktarılmaya çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM SANAYİ DEVRİMLERİ

İnsan ve hayvan gücüne dayalı üretim tekniklerinden makine gücünün kullanıldığı üretim yöntemlerine geçişe Sanayi Devrimi (Industrial Revolution) denmiştir.

Avrupa'da 18. ve 19. Yüzyıllarda, İngiltere'de başlayan, demir ve kömürün asıl enerji kaynağı ve hammaddeyi oluşturduğu, sanayi alanında, yeni buluşların etkisi ve buhar gücüyle çalışan makinelerin de etkisiyle üretimde gerçekleşen büyük aşamayla birlikte Avrupa'daki sermaye birikiminin artmasına da yol açmış bu sürece Sanayi Devrimi adı verilmiştir. (Özdoğan, 2017, s. 13)

Kömür, buhar ve makinenin birleşiminin ortaya çıkardığı bu gelişmeler sadece sürecin başladığı İngiltere'de değil, ardından Batı Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya'ya sıçramış ve en nihayetinde bütün Dünya'ya yayılmış, önemli ekonomik, siyasal ve toplumsal dönüşümlere neden olmuştur.

Teknolojide kömür, elektrik, petrol, içten yanmalı motor, buhar makinesi gibi yeni enerji üretim kaynak ve araçlarının devreye girmesi ile insan gücüne olan gereksinim azalmış, sürecin getirisi olan yeni makinelerle üretim kapasitelerinde büyük artışlar meydana gelmiştir.

Diğer yandan, özellikle buhar gücünün kullanılmasıyla sadece üretim alanlarında değil aynı zamanda üretim alanlarının, hammadde kaynakları ve tabii ki pazara bağlanmasında, bu teknoloji ile çalışan tren ve gemiler önemli roller oynamışlardır. (tandfonline, 2017)

Endüstriye üretim, fabrika sistemi de denilen yeni yapılanma, iş bölümünün artmasını ve işlevlerde uzmanlaşmayı da beraberinde getiren yeni tip iş örgütlenmesine yol açmıştır.

1.1. SANAYİ DEVRİMLERİNİN BAŞLAMA NEDENLERİ

16. Yüzyıl'dan itibaren Avrupa'da nüfus artmış, bunun yanında Orta Çağ sonrası Avrupa'da yaşanan Rönesans ve Reform hareketleri, 16. ve 17. yüzyıldaki dinsel, siyasal, bilimsel ve felsefi düşünceler Avrupa halkını özgür düşünceye teşvik etmiştir.

Aydınlanma Çağı filozofları 17. yüzyılda bilimsel yöntemi ve rasyonel düşünme ilkelerini biraz daha geliştirmişler böylece bilimde ve teknik alanda gelişmelere olan

yönelimin artmasına neden olmuş, seri üretime geçilerek daha verimli ve kârlı bir ticaret oluşturma gayesi hasıl olmuştur.

Bu gelişmelerle birlikte demir ve çelik endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Buharlı motorlar, ulaştırma, iletişim altyapısının kurulması, yeni enerji kaynaklarının bulunması, talebin de artmasıyla birlikte üretimin biçimini değiştiren büyük makineler icat edilmiş, sistemli üretim sahaları olan fabrikalar kurulmuştur.

Günün getirdiği tarım alanındaki gelişmeler bu sektördeki nüfus ihtiyacını azaltmıştır. O zamana kadar tarımla uğraşan nüfusun kentlere göç etmesine neden olmuştur. Kentlerde gelişmeler üzerine ortaya çıkan farklı sanayi kollarına hazır iş gücü oluşturmuştur. Geçmişte alım gücü açısından ulaşılmaması zor olan şeker, kahve, çay gibi mallar artık orta sınıf ve alt sınıflar için doğal bir gereksinim olmuştur. (Schwab, 2017, s. 15).

Özgür düşünce temelinde yatan araştırma gereksinimi; Coğrafi Keşiflere yol açarken, bu keşiflerin başlattığı sömürgecilik hareketleri de Avrupa'yı zenginleştirmiştir.

Bu gelişmelerin finansmanında ise İngiltere'nin yüzyıllar boyunca sömürgelerinden elde ettiği kaynaklar belirleyici rol oynamıştır. Kıta Avrupa'sına yağmalanarak taşınan, Afrika, Uzak Doğu ve Orta Amerika hazine ve zenginlikleri bu gelişmenin altyapısını oluşturmuştur. Yine bu ülkelerden getirilen hammaddeler Avrupa'da işlenmiş başka ülkelere satılarak mevcut sistemin döngüsü içerisine sokulmuştur (Özdoğan, 2017, s. 27).

1.2. SANAYİ DEVRİMLERİNİN SÜREÇLERİ

1.2.1. Tarihsel Süreç Bazında Sanayi Devrimi

Sanayi Devrimi'nin ilk aşamasında temel enerji kaynağı taş kömürü olarak göze çarpmaktadır. 1878'de içten patlamalı motorların icadıyla birlikte petrol ön plana çıkmıştır. Sanayi Devrimi, XVIII. yüzyılda İngiltere'de ilk defa dokuma alanında görülmüştür.

17. Yüzyıl ilk çeyreğinin sonlarından başlamıştır. Thomas Newcomen tarafından icat edilen ancak özellikle madencilik alanı dışında kullanımı olmayan buhar makinesinin James Watt tarafından geliştirilerek, sanayide enerji kaynağı olarak, kok kömürü ile birlikte kullanılmaya başlanması, üretim, ulaşım ve teknikte gelişmelerin seyrinde önemli rol almışlardır. Demiryollarının icadı, kurulması ve geliştirilmesiyle 19.

Yüzyılın ilk çeyreğinde zirveye ulaşmıştır. 19. Yüzyıl ortalarında birinci Sanayi Devriminin sona erdiği kabul edilmiştir. Birinci Sanayi Devrimiyle birlikte; sanayileşme, daha kalabalık şehirler, işçi sınıfı gibi kavramlar ortaya çıkmış, öncesinde lüks ürün olarak addedilen çoğu ürün, kent yaşantısının sürekli bir parçası olmaya başlayan gelir düzeyi düşük halkın da ulaşabileceği standart ürünler haline gelmiştir. Toplam sürecin bir diğer getirisi ise yeni ve sanayiye dayalı kentlerin kurulması olmuştur. (Görçün, 2016, s. 18)

Fabrika sistemli üretim tipinde, 20. Yüzyılın başlarında Henry Ford'un yürüyen bant montaj tekniğini (Fordist Üretim Tekniği) geliştirmesi ile birlikte üretim metotlarının çağ atlamasıyla İkinci Sanayi Devrimi ortaya çıktığı kabul edilmiş, transistorun icadı ile devrim doruk noktasına çıkmıştır.

Yürüyen Bant Montaj hatları sayesinde herhangi bir sanayi ürününün üretime alınması, üretimi çok daha hızlandırmış ve genel sürecin, takip - kontrolünü çok daha kolaylaştırmıştır. Bu hatlar işçilerin uzmanlaşmasını da beraberinde getirmiştir (Görçün, 2016, s. 35).

Üretimdeki artan hız, maliyetleri düşürmüş, kaliteyi artırmıştır. Fabrikalardan çıkan ürünler çok daha hızlı piyasaya ulaşırken, maliyetlerin düşmesinden kaynaklı olarak artan ürün sayısı nedeniyle fiyatlar düşmüştür. Bu durum, ürün çeşitliliği de maliyetlerdeki farklılaşma neticesinde artmıştır. Öyle ki günlük hayatımızda sıradanlaşan, radyo, otomobil, naylon çorap gibi birçok ürünün ortaya çıkabilmesi veya yaygınlaşması bu sayede olmuştur.

1980'lerde, Mikroçip teknolojisinin ortaya çıkması, bu teknolojinin sanayide pek çok alanda kendine kullanım alanı bulmuş ve hatta yeni kullanım alanlarının doğmasına neden olmuştur. Bu dönem Uydu Çanağı Devrimi (Satellite Dish Revolution) olarak da adlandırılır. Üçüncü Sanayi Devrimi ile birlikte mevcut etkin sistem kendini yeniden tanımlamak zorunda kalmıştır. Bu devrimin temel taşları olarak telekomünikasyon endüstrisi ve diğer elektronik bazlı sanayi dalları sayılmaktadır.

Zira Üçüncü Sanayi Devrimi ile birlikte İkinci Sanayi Devriminin omurgası olan ağır sanayiye daha az endüstrileşmiş ülkelere aktarmak amaçlanmıştır. Birinci dünya ülkelerinde çevreye daha az zarar veren, katma değeri yüksek az üretilerek çok kar edilebilen ürünlerin üretiminin yapılması planlanmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimine kadar üretim teknolojilerinin transferi ya da know-how da denilen bilgi – birikim ve beceri

paylaşımı söz konusu olamazken bu yeni devrim ile birlikte stratejik önem arz edebilecek ileri teknoloji ürünlerin, üretim teknik, teknoloji ve bilgi-birikim transferleri, pazar genişletip, gelir ve kar artırmak düşüncesiyle, gerçekleşmiştir. Örneğin yüksek teknoloji ürünü bilgisayarların internete bağlanma amaçlı herhangi bir 3. Dünya ülkesine satışı planlanıyorsa, altyapısını uygun hale getirmek mecburiyeti doğmuş dolayısıyla bu bilgi-birikim ve teknoloji transferi gerçekleşmiştir. Günümüzde cep telefonları, dijital televizyon yayınları, mini disk sistemleri, diz üstü bilgisayarlar ve daha birçok şey bu devrin sonucu olarak hayatımıza girmiştir (Schwab, 2017, s. 36).

1.2.2. Sanayi Devrimlerinin İzleri ve Temel Taşları

Sanayi Devriminin temelinde enerji kaynakları bulunmaktadır. Bu enerji tipleri ile çalışabilen makinelerle birlikte, yeni üretim metotlarının gereksinimi olan daha güçlü enerji kaynaklarına cevap vermek için geliştirilen yeni makinelerin bölümlere dahil edilmesiyle; bir çeşit enerji kaynaklarına bağlı devrimin ortaya çıktığı söylenebilir.

Sanayi Devrimi öncesinde üretim için gereken hareket enerjisi için ancak insan gücü ya da çeşitli hayvanların güçleri kullanılmaktaydı. Aynı zamanda bir miktar su değirmeni ile hidro enerji, yel değirmeni ile rüzgâr enerjisi elde edilmekte ve bu iki enerji türünün kullanım alanları, kullanım zorluğundan kaynaklı olarak çok kısıtlıydı, henüz odun gibi yakıtlardan elde edilen ısı enerjisini hareket enerjisine çevirebilecek bir yöntem de bilinmiyordu. Durumun bir sonucu olarak üretim adedi düşüktü. Sanayi Devrimine kadar dünyanın genelinde üretim hacimleri neredeyse birbirinin aynı olarak görülmekteydi. (Görçün, 2016, s. 47)

Sanayi Devriminin ortaya çıkışında önemli etkenlerden ikisi olarak, Cottage Endüstri denilen evden üretim tekniklerinin gelişimi ve İngiltere'deki toprak reformu çerçevesinde çıkarılan Çitleme Kanunu gösterilse de Sanayi Devrimini asıl tetikleyen unsurun buhar makinesinin icadı olarak kabul edilmiştir. Buhar makinesinin icadı ile ilk defa ısı enerjisi hareket enerjisine dönüştürülebilmiştir. Buhar makinesinin üretim süreçlerine entegrasyonu sırasında kullanımı yaygınlaşan fosil yakıt türü enerji kaynağı olan kömür ürününün süreçlere dahil edilmesiyle, büyük bir üretim gücü ortaya çıkmıştır. Bunun yanında gerek hammadde gerekse yarı mamul/mamullerin nakliyesinde buharlı

lokomotif ve buharlı geminin yoğun şekilde kullanılmasıyla hem ulaşılan mesafe hem de taşınan ürün miktarı noktasında çok önemli devrimler olmuştur.

Yakıt olarak kömür kullanan buhar makineleri 18.yy'in son yarısında İngiltere'de, Manchester'da, önce tekstil sektöründe çalıştırılmış, ardından da demir-çelik sanayisindeki gelişime katkı sağlamıştır. 19.yy'da diğer batı Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerine yayılmıştır (Banger, 2018, s. 56).

Buldukları coğrafyada ülke içi ulaşımı kolaylaştırmak maksadıyla yapılan kanallar birleştirilerek, iç bölgelerde faaliyetteki sanayi kollarına ve tarım ürünlerini nakliye etmeleri ve etki ettiği bölgelerini (hinterland) genişletmeleri için çok önemli bir imkân ortaya çıkarmıştır.

On dokuzuncu Yüzyıl ikinci çeyreği başından itibaren yaygınlaşmaya başlayan demiryolları ve telgraf teknolojisinin gelişmesi ile iletişim ve ulaşım konusunda yine büyük bir atılımın meydana gelmesine aracılık etmiştir. At arabalarıyla yapılan taşımada bir günde gidilecek mesafe 30 km iken, trenlerle bir günde gidilebilecek mesafe başta 500 km, henüz birinci dünya savaşı başlamamışken 20. Yüzyıl başlarında 1000 km dolaylarına ulaşmıştır.

Raylı nakliyenin bir diğer avantajı da belirli bir düzen ve plan dahilinde takvime uyarak taşımacılık yapan bir nakliye aracı olmasından ötürü sanayi üretimi için çok önemli hale gelmişlerdir. Telgraf teknolojisi de iletişimi öncesine göre çok hızlı hale getirerek diyalogları kolaylaştırmış, 1866'da Atlantik'i geçen telgraf hattının kurulmasıyla dünyanın bir ucundan diğerine anında haber göndermek mümkün olmuştur.

Petrol ve elektrik enerjisinin 19.yy'in ikinci yarısından itibaren üretim ve ilgili süreçlerde rol alması ile birlikte, gelişimde ikinci bir dalga başlamıştır. Sanayi üretimindeki oluşan yüksek kapasite artışı hammadde ve pazar arayışlarını, yani sömürgeciliği de, beraberinde getirmiştir. Bu sürecin doğal bir sonucu olarak, ülke gelirlerindeki farklar ortaya çıkmıştır. Ülkeler arasındaki gelir farkları, GSMH'lardaki dengesizlik, dünyadaki zengin-yoksul gelir farkını dolayısıyla ayırımı büyük ölçüde artmıştır (Görçün, 2016, s. 47).

Tarım devriminden sonra Sanayi Devrimi; sosyokültürel varlık, insan hayatını önemli ölçüde değiştirmiş, şehirleşmenin hızlanmasına neden olmuştur. Tarım ekonomisi terk edilerek, şehirler yaşam alanları olarak seçilmiş, gelir düzeyi düşük halk da şehirde yaşamaya başlamıştır. Bir diğer değişim ise işçi sınıfının ortaya çıkışıyla feodal sınıf sistemi yok olmuş, feodal toplumlardaki geniş aile yerini modern hayatın gerçeği olan

çekirdek aileye bırakmıştır. Bu gelişmeler; bireyselleşme, sınıf bilinci, bireysel özgürlükler gibi kavramlar, işçi hareketleri, sosyalizm gibi yeni kavramları doğurmuştur. Modern bankacılık sistemi de yoğun sanayileşmenin tanıttığı bir diğer konu olmuştur. Doğa, bu dönemde, endüstriyel atıklar nedeniyle ciddi bir yıkıma uğratılmıştır. Sanayi üretimine katılan kadının toplumdaki yerinin önemi artmış, kadın hareketlerinin doğması için şartları da beraberinde getirmiştir. Londra, Paris, New York gibi şehirler sanayileşen ülkelerde nüfus patlaması sonucu metropollere dönüşmüşlerdir. Üretimi ve hayatı sistemleştiren Sanayi Devrimi, öğretimin de sistemleşerek örgün hale gelmesini sağlamıştır

Sanayi Devrimi ve etkileri günümüzde sürmektedir, postfordizm ile birlikte üretim yoğunluklu olarak emeğin daha ucuz olduğu ülkelere kaymış, sanayileşmiş ülkeler sanayileşme süreçlerini yavaşlatma dönemine girmişlerdir. İnternet ve dijital sahanın hayatın her alanına etkin biçimde girişiyle birlikte, yeni bir Sanayi Devrimi şartları uygun olan ülke ve üretim alanlarında aktif olmaya başlamıştır (Görçün, 2016, s. 62).

1.3. SANAYİ DEVRİMLERİNİN TOPLUMSAL ETKİSİ VE GELİŞEN TEKNOLOJİNİN TOPLUM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

1.3.1 Sanayi Devriminin Toplumsal Etkisi

İnsan ve hayvan gücüne dayalı üretim tekniklerinden makine gücünün kullanıldığı üretim yöntemlerine geçişe Sanayi Devrimi (Industrial Revolution) denmiştir. Fiziksel güce dayalı üretim tarzından, makine gücünün hakim olduğu üretim tarzına geçiştir. 18. yüzyılda İngiltere’de, özellikle dokuma sektörüne adapte edilen uygulamalar daha sonra diğer sektörler de yayılmış, bundan kaynaklı olarak üretimin şekli değişmiş ve üretim miktarı da artmıştır.

Asıl anlamının astronomide gök cisimlerinin dönüş hareketleri olan Revolution sözcüğü Kopernikus ile birlikte bilim dallarında farklı alanlarda kullanılır olmuştur. Dilimizde ise “devrim” terimi ile karşılık bulmuştur. Industrial kelimesi ise dilimize “endüstriyel” olarak devşirilmiş ya da bir diğer yabancı dil kökenli sözcük olan “sanayi” kelimesi ile anlamı karşılanmıştır.

Tarım dönemine geçişten sonra Sanayi Devrimi insanlık tarihinin ikinci büyük değişim/dönüşüm dönemi olarak kabul edilmiştir. Bu dönemde nüfus artışı yaşanırken diğer yandan hayat standartlarındaki iyileşme ve yükselme de ilk defa birbirine paralel hareket etmiştir. Avrupa’da doğan Sanayi Devrimi, Avrupalı insanın hayatını köklü şekilde değiştirmiştir.

Sanayi Devrimi’nin bir diğer belirgin özelliği üretim kapasitelerinde görülen büyük artış olmuştur. Mekanik güç daha fazla kullanılmış, daha fazla hammadde tüketilmiş, daha fazla mal üretilmiş, daha fazla artık ortaya çıkmış, daha fazla ulaştırma gereksinimi doğmuş ve bu gibi süreçlerin altyapısına daha fazla ihtiyaç duyulmuştur.

Genel olarak bir işletmenin tedarik süreçlerinden, üretim ve satış sürecine kadar farklı planlama ve takip gerektiren diğer tüm süreçlerde, bu süreçleri planlayacak ve sorumluluk alanındaki görevlerini ifa edecek farklı yetenek ve becerilerde insan kaynağına gereksinim doğmuştur. Kısaca daha eski, daha basit üretim teknik ve becerilerinden daha komplike mekanik figürlere ve insan figürlerine ihtiyaç duyulan sistemli üretim metotları olan fabrika sistemi üretim tipine geçiş yapılmıştır.

Sosyokültürel açıdan Sanayi Devrimi’yle birlikte Burjuva sınıfı ekonomik olarak büyük bir ilerleme kat etmiş ve makineleşme ile de bir işçi sınıfı ortaya çıkmıştır. Sanayi Devriminden önce de var olan bir işçi sınıfı birtakım haklardan habersiz ve mahrum edilmişti, Sanayi Devrimi ile birlikte bilinçli bir işçi sınıfının gelişmesine de katkı sağlamıştır (Schwab, 2017, s. 63).

Teknolojinin geçmişten günümüze kadar insan yaşamına birçok olumlu etkisi olmuştur. Bilimsel araştırmalar, insanların doğası gereği merak edilip sorgulanmaları sonucu ortaya çıkarlar.’Technoslogos’ teknolojinin Latince karşılığıdır. ’Techne’ yapmak, ‘logos’ bilmek anlamına gelmektedir, alet ve edevatın yapılması için gerekli olan bilgi ve yetenektir.

Sanayinin en belirgin ögesi teknoloji üretebilmektir. Uluslar teknoloji üretip, bilgiyi ürün tasarlamada kullanabildiği ölçüde ticarete rekabet üstünlüğünü, savunmada da caydırıcılığı sağlamıştır. Bu yüzden ülkelerin teknoloji üretmesi gelişmişlikleriyle doğrudan ilgilidir (techradar.pro, 2018).

Günümüz dünyasında bir ülkenin diğer ülkeler üzerindeki saygınlığı ve dünya ülkeleri arasındaki konumu teknolojisinin gelişimiyle yakından ilgilidir. Teknolojik gelişmelerin sağlığa, eğitime, haberleşme ve insana ait her alana olumlu katkısı bilinen

bir gerçektir. Teknolojik gelişmelerin eğitim üzerine etkisinin 19.yy'a kadar pek fazla değiştiği söylenemez.19.yy'a kadar eğitimde hep klasik uygulamalar kullanılmıştır. Tahta; sıra, tebeşir vb gibi uygulamalar varken 19.yüzyılda bu durum değişime uğramıştır.

Günümüzde bir kütüphane dolusu kitabın içinde bulunan bilgi bir diskin içine sığabilmektedir. Uydu ve internet teknolojisi sayesinde dünyanın bir ucundaki kütüphanede bulunan bilgilere ulaşılabilmektedir.

Teknolojinin olmadığı bir alan artık yok denecek kadar azdır. İletişimden, evlerimizde kullandığımız ev aletleri, internet, iş yerlerinde kullanılan birçok makine, ekipman, araç ve gereçler teknolojinin ürünüdür. Bunların birçoğu aslında insan hayatını hem kolaylaştırmakta, zamanından tasarruf etmesini sağlamak gibi avantajlarının yanında; bireyi tembelleğe itmek gibi dezavantajları vardır.

1.3.2. Gelişen Teknolojinin Toplum Üzerindeki Etkisi

Teknolojinin, üretim süreçlerine etkileri soyut ve somut faydalar sağlamaktadır. Stok miktarının azalması, stokların daha az yer kaplaması, yatırımların hızlı geri dönüşü ve düşük birim maliyet ileri imalat teknolojilerinin somut faydaları arasında sayılabilmektedir. Rekabet üstünlüğü, esneklik, gelişmiş ürün kalitesi ve müşteri isteklerini daha hızlı karşılama da aynı şekilde ileri imalat teknolojilerinin bir diğer artısı olarak söylenebilir.

Kütle üretimde ileri imalat teknolojileri kullanımı ile rekabet üstünlüğü sağlanabilmektedir, bu yaklaşımla işletmelerdeki pek çok sorunun çözüme kavuşturulması mümkün olmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin kullanımı ile ürün tasarım süreci ve yeni ürün üretim süresi kısalmaktadır. İleri imalat teknolojilerinin işletmelere en önemli katkısı rekabet güçlerini artırmalarıdır.

İleri imalat teknolojileri, genellikle üretim işlemlerine daha düşük maliyetle daha etkili ve uygun kaliteyi sağlayarak direkt faydası olan işlemler olarak düşünülmektedir. Bu türlü üretim metotları içerisinde bulunan uygulamalardan beklenen faydalar şu şekildedir;

- Tasarım ve analiz yeteneğinin geliştirilmesi,
- Proje maliyetlerinin ve mühendislik zamanının düşürülmesi,

- Parça programlama zamanının azaltılması, müşteri taleplerinin daha hızlı karşılanması,
- Malzeme/sabit maliyetler, stok ve işgücü maliyetlerinin azaltılması,
- Ürünün kalitesinin geliştirilmesi, bakım maliyetlerinde azalmalar,
- Fabrika kullanım yerinde azalmalar,
- Pazar payında artış,
- Daha etkin üretim süreci planlaması ve kontrolünün daha etkin yapılabilmesi,
- Müşteri hizmetlerinin geliştirilmesi,
- İşgücünün daha yoğun katılımının sağlanması,
- Alt sistemlerin daha etkin entegrasyonunun yapılması,
- Daha hızlı ve doğru bilgi akışının gerçekleştirilmesi,
- Rekabet gücünde artış sağlanmasıdır

Teknolojinin çağımızda geldiği nokta her alanda etkisini gösterdiği gibi insan ilişkilerinde de etkisini göstermektedir. Önceden insanlar sosyalleşmek için dış mekanlar kullanırdı, şimdi ise, cep telefonu aracılığıyla veya bilgisayara girip facebook, twitter üzerinden kamera açıp birbirlerini görebiliyor ve yazışabiliyorlar. Böylelikle insanlar artık daha kolay iletişim kurabilmektedir. Ancak bir bakıma da iyi değildir. Çünkü insanlar sosyal medya aracılığıyla veya telefonla sıkıntılarını karşı tarafa iletebildiği için yüz yüze konuşmalar azalmakta, yan yana olabilmenin verdiği samimiyet azalmaktadır. Bunun insani ilişkilere de zarar verdiği düşünülebilir. (Schwab, 2017, s. 75)

Teknolojinin yaralarının yanında zararları da göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Teknoloji araçları yüzünden doğaya salınan radyasyon, çeşitli gazlar insan sağlığını olumsuz yönden etkilemekte ve doğayı da kirletmektedir. Ayrıca teknoloji kötü amaçlarla kullanıldığında savaşımlara ve savaşlarda kullanılan yine teknolojinin ürünü olan çeşitli silahlar insanların yaşamını kaybetmesine yol açmaktadır.

Sonuç olarak, teknolojinin özellikle son yy. da gösterdiği gelişmeler neticesinde insan hayatı hem daha kolay bir hale gelmekte hem de insani vasıflar bir o kadar da anlamını yitirmektedir. Tam da bu noktada önemli olan teknolojiyi doğru bir biçimde kullanabilmek, teknolojinin insanlığımızı köreltmesine izin vermeden aksine hem insanlığı hem de insan yaşamını kolaylaştırabilme yönünde bir araç olarak görüp faydalanabilmektir. (Özdoğan, 2017, s. 66)

1.3.3. Teknolojinin Olumsuz Etkileri

Teknolojik cihaz ve uygulamaların hayatımıza girmesiyle, günlük yaşantımızdaki çoğu aktivite bu teknolojiler üzerinden yürütülmeye başlandı.

Hayatımızı kolaylaştıran bu teknolojilerin insan ve toplum hayatı üzerinde olumlu olumsuz birçok etkileri sayılabilir. Bu olumsuz etkiler için; uyku düzeni bozukluğu, sabırsızlık, hızlı yaşlanma, obezite, dikkatsizlik, farklı görüşlere kapalılık gibi sorunların artmasına ve artan bu sorunların da niteliklerinin değişmesine neden olmaktadır.

İnternete ve bağlı bulunduğu teknolojilere günün her saatinde yakın olma isteği gün be gün her yaştan insanda artmaktadır. İnsanlar geceleri bu teknolojik cihazlarla daha fazla zaman geçirmeyi göze alarak uyuma düzenlerinden ödün vermektedirler, uykularından feragat etmektedirler. Bağımlılıkla birlikte teknolojinin uyku düzeni üzerine fiziksel etkilerine örnek olarak, bilgisayar, telefon, tablet gibi cihazların ekran ışığının uyku açtığına, söylenebilir. Silikon Vadisi üst düzey yöneticileri bu durumdan kaynaklı olarak, çocuklarının yetiştirilmelerinde bu türlü teknolojileri, eğitim sistemlerinin gerekli yerleri haricinde kullanmayan okulları tercih etmektedirler.

Bir diğer sorun ise, her tarafımızı saran bu cihaz ve yaydıkları sinyaller; örneğin GPS sinyalleri beyni tembelleştiriyor. Hatta beynin hipokampus adı verilen – beynin hafıza ve yer – yön kavramlarını kontrol etmesini sağlayan bölümü, maruz kaldığı GPS sinyalleri nedeniyle beynin daha erken yaşlanmasına neden olmaktadır.

Tabi bu cihazlara yakın olma isteği sonucunda ortaya çıkan onlarla vakit geçirirken fiziksel aktivitelerden uzak kalma durumu kişileri aşırı kilo almaya doğru götürmektedir. Öyle ki bu cihazlardan uzaklaşmadan yenilen, geçirilen hızlı öğünler hem sağlıksız olmakta hem de bu cihazlara odaklanıldığından dolayı yenilen miktar da takip edilememektedir.

Önemli yazılım firmalarından Amerikan Şirketi Microsoft tarafından da desteklenen, Kanada'da gerçekleştirilmiş bir araştırmaya göre 2000 yılından 2015 yılına kadar ki geçen 15 yılda insanların dikkat süresi 3'te 1 oranında düşerek 12 saniyeden 8 saniyeye gerilemiş durumdadır. (donanimgunlugu, 2015)

Birey ve toplumlar açısından en dikkat çekici etkilerinden biri olarak da insanların farklı görüş ve düşüncelere saygı duymamasını hatta tahammül edememesini söylenebilir. Yankı Odası Etkisi adı verilen bu etkide, insanların günlük hayatlarının önemli bir kısmını geçirdikleri sosyal paylaşım sitelerindeki profillerinde yalnız kendi görüşlerine yer vermekte, herhangi bir ahlaki ya da kültürel normdan bağımsız olarak sadece olmayı istediği kişi gibi davranmaktadırlar. Yukarıda bahsedilen tahammülsüzlük ile birlikte hoşgörü ve anlayıştan uzak sınırlı – sığ bireylerin yetişmesine sebep olmaktadır. (Schwab, 2017, s. 87).

Yine Microsoft şirketinin internet üzerinde bilinen sosyal bir ağda oluşturduğu robotik hesap, ağdaki eğilimlerin algoritmalarını çıkararak, ortaya çıkardığı dil, içerik ve üslupla çok kısa sürede, yayınladığı kısa mesajlarla ilgili sanal mecrada gerçek hesap sahiplerini istediği noktaya doğru manipüle etmiştir. (Schwab, 2017, s. 93).

Özetle göz ve beden sağlığımız bozulmakta, aile ve sosyal çevre içi iletişim bozulmakta, el işleri ile yapılan çeşitli meslekler kaybolmakta, bununla birlikte işsizlik artmaktadır. Doğal ortamlar tahrip edilip, kirletilmekte, canlı türlerinin hayatı tehlikeye atılmakta, yeni hastalık türlerinin ortaya çıkmasına sebep olmakta, var olan ölümcül nitelikli hastalıklara bağışıklık sisteminin cevap verememesine neden olmakta, saniyeler içerisinde yüz binlerce insanı yok edebilen silahların ortaya çıkmasına imkan sağlamaktadır. Bütün bunlara rağmen insanoğlunun bu teknolojilerden vaz geçmesi de düşünülememektedir.

İKİNCİ BÖLÜM SANAYİ DEVRİM SÜREÇLERİ VE ETKİLERİ

2.1. SANAYİLEŞME VE TEKNOLOJİ İLİŞKİSİ

Sanayi Devrimi, toplumların gözünde her ne kadar iktisadi bir terim olarak görünse de, gerek sosyolojik gerekse psikolojik olarak insan hayatını derinden etkilemiştir. Üretimin daha hızlı ve kalifikasyon gerektiren işlere dönüşmesi beraberinde eğitim sistemlerinin buna göre revize edilmesini getirmiş, ihtiyaca yönelik eleman yetiştirilmesi gözetilmiştir. Yetenekleri farklı yönlerde artan insan gücü beraberinde hayatın farklı alanlarında yaşamı kolaylaştıracak teknolojilerin adapte edilme sürecini de hızlandırmıştır.

Hem ülke hem de sanayi ve işletmeler bazında, sanayileşme birkaç kategoride ele alınabilir. Çalışma konusu gereği Endüstri bağlamında değerlendirilecek olursa şu çıkarımlar yapılabilir. Önemli ölçüde toplum hayatını etkileyen bu yapısal dönüşüm, ilk anda düşük teknoloji ve emek-yoğun üretim metotlarıyla yarı mamul, mamul ve hammaddelerin işlenmesini kapsamaktadır. Günümüzde ise sanayileşmedeki üstünlük eldeki mevcut statik kaynakların (zengin doğal kaynaklar ve ucuz emek gibi) önem arz etmesidir.

Sanayileşmede önemini artıran nitelikli ürün – nitelikli çalışan ve sermayedeki gelişme ve artış teknolojik olarak yetkinliğini de beraberinde getirmektedir. İlkel üretimden daha yüksek teknoloji imalat düzeyine doğru geçerken emek ve sermayenin yeniden dağılımı gerçekleşmektedir. Çalışma ortamlarında, yarı mamul – mamullerin üretim sürecinde iş bölümünün daha yoğun kullanılmasıyla uzmanlıklar ortaya çıkmak zorunda kalmıştır.

Gelişmeye devam eden ürünler ve süreçler ortamdaki hem fizyolojik hem de iş gücünün zihinsel düzeyinin değişmesine neden olur. İkincil aşamada ise sanayileşme bir önceki dönemle ya da ülkeler ve işletmeler üzerinden değerlendirilecek olursa, sürdürülebilir yatırım ve teknolojinin elde edilmesi, asimilasyonu, uyarlanması yani öğrenme yetenekleri gibi dinamik kavramların göz önüne alınması gerekmektedir. Ulaşılan ancak gelişimine devam eden noktada, yüksek teknolojiye yatırım yapabilme kabiliyeti, bahsi geçen teknolojinin ilgili departmana ve hatta üretim tesislerinin tamamına uygulanabilir şekilde entegre edebilme becerisi gibi doğru analiz, analizlere bağlı olarak doğru teknoloji, yetişmiş iş gücü, şeklinde özetleyebileceğimiz ana hatların

gelişmeye açık şekilde planlanıp, organize edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada karşılaştırmalı üstünlüğün kaynağı geliştirme ve yenilenme yeteneğine dayanmaktadır (Sclötzer, 2015, s. 38).

2.2.TEKNOLOJİ TEMELLİ SANAYİ GELİŞİMİ

Teknoloji, gelişim süresince oluşan yapısal değişiklikler, fiziki ve beşeri sermayenin birikimi boyunca oluşan yeni bölgeler kadar yeni sanayi sektörlerinin kurulması, üretim teknolojisi, istihdam, ithalat, ihracat ve talebin hacmindeki değişikliklerde kendisini gösterir.

Sanayileşmeyi teknolojik temelli olarak tanımladığımızda, teknolojinin ne anlama geldiğini de ortaya koymak gerekmektedir, Teknoloji, makine gibi fiziksel varlıkların yanı sıra marka ve patentleri de içine alan, teknik ve ticari anlamdaki organizasyonel bilgi ve yüksek düzeyde nitelikli emeği de içeren bir kavram durumundadır. (marmarasosyaldergi, 2017)

Teknolojik gelişme tüm bu unsurların gelişmesi, ilerlemesi anlamına gelir. Buradan teknoloji-yoğun üretim faaliyetleriyle emek-yoğun üretim faaliyetlerinin sürekli yer değiştirdiği bir süreç olarak sanayileşmenin dönüşüm süreci izlenebilir. Teknolojinin gelişimi hem ortaya çıkan son ürünlerde hem de üretim tesislerinde katma değeri yüksek daha sofistike ürünlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu türlü bir yaşam döngüsü, süreklilik arz edeceğinden ve nedensellikten bağımsız düşünülemez olduğundan analiz edilmesi, takip edilmesi hatta mevcudun önüne geçilmesi, işletmeler ve tabi ki ülkeler nezdinde bir mecburiyete dönüşmüştür.

Bu bağlamda teknolojik değişme faaliyetlerinin yaygınlaşması isteniyorsa, sanayinin yapısının da değişmesi istenmek zorundadır. Teknoloji politikası, sanayi politikasının bir parçasıdır, sanayi politikası olmadan teknoloji politikası düşünülmemelidir. Sanayileşme hedefi yoksa teknolojik değişimi sağlamak pek mümkün değildir

Tüm bu değerlendirmeler de göz önüne alındığında mevcut yapı ve şartların çok iyi analiz edilerek, ilgili teknolojilerin sadece mevcuda entegrasyonu değil, aynı zamanda katma değeri yüksek – sofistike ürünlerin üretimi için gerekli altyapının hazırlanarak, dönüşümün gerçekleştirilmesi, işletmeler ve ülkeler açısından stratejik önem arz edecektir. Bu dönüşüm esnasında oluşacak sektörel çatışma ve gerilimlerin öngörülebilir

hale getirilmesi ve disiplinli bir program dahilinde açıkça ortaya konulması, süreci yönetilebilir kılacak ve de sürdürülebilirlik vizyonunun yönetim tarafına da empoze edilmesi sağlayacaktır. Teknoloji teriminin altını dolduran tüm dinamiklere ancak böylesi bir bakış açısıyla yaklaşılmasıyla Endüstri 4.0 çağını yakalayabilecek kabiliyete, vizyona sahip olunabilecektir (Industry4Magazine, 2017).

2.2.1.Endüstri Döngüsünün Temelleri

Endüstriyel dönüşüm ve gelişimlerin temelinde; üretim ve ihtiyaç denkleminin içerisindeki sermaye, enerji, hammadde, ulaşım, pazarlama, iş gücü ve teknik eleman mevcudiyeti, bunların yeterlilikleriyle, kalifikasyonları gibi başlıklar en önemli faktörler olarak göze çarpmaktadır.

Üretim tesislerinin hayata getirilmesi, devam ettirilmesi ilk anda tamamen sermayeye bağlı olduğu kabul edilen bir gerçektir. Üretim tesislerinin inşası, makine ve teçhizat alımı, bunların kurulumu, işlenecek hammaddenin tedarigi ve bu ürünleri işleyecek olan iş görenlerin ücretleri gibi ana başlıklarda sermayeye ihtiyaç duyulmaktadır.

İşlenecek hammaddenin işlenmesi enerji ile mümkün olmaktadır. Bu enerji kömür, petrol, doğalgaz, hidroelektrik, rüzgâr ve güneş elektrik santralleri vasıtasıyla elde edilmektedir.

Oluşturulacak tesisin işleyeceği ürüne göre hammaddeler değişiklik göstermektedir. Genel olarak ülkelerdeki ilk üretim tesisleri bulunduğu coğrafyanın doğal kaynakları ve tarımsal ürünlerine göre şekil almaktaydı. Ulaşım ağlarının gelişmesi ve teknoloji değişimlerinin gerçekleşmesi ile bu bağımlılık görece azalmıştır. Belirtmek gerekir ki bu hammaddeler doğrudan ülke içi ya da dışı üretim tesislerine işlenmeden gönderildiği gibi, işlenerek yarı mamul niteliğinde de farklı sanayi dallarında kullanılmak üzere ihracı ya da yarı mamul haline gelmesi ekonomide önemli rol oynamaktadır zira sanayi mallarının sağlayacağı kazanç, hammaddelere ödenen giderlere kıyasla çok fazladır. Sanayileşmiş ülkeler; Japonya, Almanya, İngiltere, Hollanda, Belçika gibi ülkeler ham madde ihtiyaçlarının büyük çoğunluğunu, başka ülkelerden karşılar.

Üretimi gerçekleştirilen mallar, kullanıcı ya da tüketicilere ulaşmak için nakliye edilmeleri gerekmektedir. Bu ürünlerin, iç ve dış pazarlara sadece ulaşması değil aynı zamanda sürdürülebilir bir şekilde müşteri ihtiyaçlarını zamanında karşılaması gerekir.

Nakliye yollarının seçiminde ekonomik, hızlı ve güvenli olmaları tercih noktasında önem arz etmektedir.

Bu anlamda en uygun ulaşım kanalları denizyolu ve demiryoludur. Buradan hareketle özellikle sanayileşmiş ülkelerde bu iki tür taşıma modellerinin daha baskın olduğunu görebilir. Lojistik Köyü olarak da adlandırılan, her iki nakliye yönteminin; demiryollarını ülke içi bölgeler arası taşımacılıkta, deniz yollarını ise liman kentlerle demiryolunun ülke içerisinde getirdiği malların uluslararası pazarlara ulaşımında kullanması için oluşturulan bölgeler yürütülmektedir (boschrexroth, 2017).

Sanayisi gelişmiş ABD, Fransa, İngiltere, Belçika, Hollanda ve Almanya'nın kıyı bölgelerinde liman kentler bu işlerin yürütülmesinde etkindir. Türkiye'de de İstanbul, İzmit, Adana, İzmir, Bursa gibi şehirler buna örnek gösterilebilir.

Üretilen her mal satılmak zorundadır, bu sürecin doğru şekilde yürütülmesi ise doğru analiz ve pazarlama stratejisi sayesinde devamlılık ve karlılık getirir. Bu gelişen Pazar ve değişen pazar ihtiyaçlarının takibi, zamanında beklentilere cevap verilmesi ile devamlılık sağlanabilmekte, tanıtıcı faaliyetler, satış sonrası hizmetler vb. karlılıkları artırmaktadır.

2.2.2. Tarihsel Süreç İçerisinde Endüstri Döngüleri

2.2.2.1.Endüstri 1.0

Sanayi Devrimi İngiltere'de başlamış olup, ilk sanayi devrimi bu şekilde Endüstri 1.0 olarak isimlendirilmiştir. Daha çok buhar, su, rüzgar gibi doğal çevre unsurlarından elde edilen tork gücü-dönüş gücünü bir sisteme aktarma işlemine endüstriyel güç oluşturma adı verilebilir.

O dönemki en önemli enerji edinim aracı buhar gücüdür. Buhar gücü ile elde edilen tork, buharlı lokomotiflerde kullanılır olmuştur. Bu teknoloji ulaşım ve taşımacılık alanında önemli ilerlemeler kat edilmesini sağlamıştır. Ardından buharla çalışan makinelerden kurulu üretim tesisleri açılmıştır. Beden gücünün yerini o dönem için kısmi de olsa buharla çalışan makinelere bırakması birçok gelişmeye neden olmuştur. Konunun daha da detayına inildiğinde 1760-1830 arasındaki dönemi etkileyen Endüstri Devrimi (Endüstri 1.0), İngiltere'deki dokuma tezgâhlarının mekanikleşmesinde kendisini göstermeye başlamıştır. Kömür gibi oduna göre daha çok verim alınan kaynakların kullanılması, buhar gücünün üretim tekniklerine adapte edilmesi, bu gelişmelerin hareket

gücünü artırması, makineleşmeyi ve üretimin fabrikalara taşınması sonucunu getirmiştir. Beden gücüne dayalı üretim modellerinden – atölye tipi üretim şeklinden daha büyük kapasiteli üretim tesislerine geçişi doğurmuştur, aile şirketleri de bu süreçte gereksinim halinde yönetsel ihtiyaçlara kendini açmak zorunda kaldı (Özdoğan, 2017, s.53).

Endüstri 1.0 olarak adlandırılan dönemin, İngiltere ile sınırlı kaldığı söylenebilir. Daha az sermaye ile üretimi gerçekleştirilen tekstil sanayi gibi hafif sanayilerden sonra, üst üste yaşanan teknolojik gelişmeler ve üretim metotları konusundaki bilgi birikiminin artması ağır sanayiye geçişi kolaylaştırmıştır. 18. ve 19. yüzyılın diğer bir adı da “Makineleşme Çağı”dır. Bu dönemde, kömür ve buharın kullanımı ile birlikte yeni icatlar makine çeşitlerinin artmasını ve makineleşmenin yaygınlaşmasını da bir sonuç olarak ortaya çıkarmıştır.

Sadece üretim alanında değil, kömür ve buharın enerji kaynağı olarak demirin ise hammadde olarak aynı dönemde kullanılıyor oluşu, raylı sistem taşımacılıkta önemli gelişmelere neden olmuştur. Taşımacılıktaki bu türlü gelişmeler, seri, çok sayı ve çeşitte üretilen ürünlerin daha büyük miktarlarda daha uzak yerlere taşınmasına imkan vermiştir. Ürünlerin ulaşmasına vesile olan bu taşımacılık ağları Avrupa’daki ülkelerin birbirinden etkilenmesine ve teknolojinin yayılmasına neden olmuştur. Sosyoekonomik yapı, tezgah işçiliğinden makineleşmeye geçilmesiyle dönüşüme mecbur olmuş, aynı zamanda buhar teknolojisinin basım işlerinde de kullanılmasıyla kültürel etkileşim ve alışveriş artmıştır. Dünyanın giderek daha entegre bir yer olmasının ilk adımı da böylece Endüstri 1.0 ile atılmıştır (Görçün, 2016, s. 67).

2.2.2.2. Endüstri 2.0

Elektrik gücünün bu dönemde süreçlere dahil olması çok önemli gelişmelerde üretim tesislerinde kendini göstermeye başladı. Henry Ford tarafından otomotiv sanayinde seri üretimi hızlandırmak amacıyla geliştirilen, endüstrileşmedeki hızlanmanın ivme kazanmasındaki önemli etkenlerden biri bant sistemi diğeri ise üretim tesislerinin elektrikle çalışmaya başlamasıdır. Elektrikle çalışan üretim bantları tesislerin uyarlanabilir departmanlarına entegre edilmiş dolayısıyla tesis içerisinde ürünlerin gidip gelebildiği bir akış ortaya çıkmıştır. Bu düzenli akış, üretimin daha hızlı ve farklı adımlarda farklı kontrol teknikleri ile daha az hatalı ürünlerin elde edilmesini sağlamıştır. Bu makinelerin gerek çalıştırılması gerek bakımı gerekse bantlar üzerinde gördüğü

işlemlerdeki operasyonlardan ötürü insan gücüne ihtiyaç Endüstri 2.0 döneminde de devam etmiştir.

Bu dönemde, fabrikalarda enerji ihtiyacını karşılamak maksadıyla kömür ve buhar kullanılıyorken bir yandan üretim süreçlerinin farklı aşamalarında elektrikli uygulamalar kullanılmaya başlanmış, bu tesislerde işlenen ürünler ekipman, yarı mamul ya da hammaddeler, çelik ve petrol de farklı roller almaya başlamıştır. Kimyasal maddelerin de üretim sürecinde kullanım alanı artmıştır. Endüstriyel gelişimdeki hız önemli ölçüde artmıştır. Petrol tabanlı içten yanmalı motorların da yine bu dönemde oyuna dahil olmasıyla, 20. yüzyılın başlarına denk gelen Endüstri 2.0'ı tetiklemiştir. (Özdoğan, 2017, s. 45)

Endüstri 1.0'da endüstriyel dönüşümde önemli ana figürlerden demir ile birlikte çelik imalatının kalite ve miktar olarak artışı, raylı ulaşım araçlarını daha güvenilir ve hızlı hale getirirken, ticaretteki alışveriş ölçeğinin de hızını da artırmıştır.

Şehirler hızla büyürken, bu ülkelerdeki ailelerin iş ve konaklama alışkanlıkları da değişim göstermeye başlamıştır. Haberleşme ve iletişimdeki gelişmelere daktilo, telefon, radyo ve ulaşılabilir gazete kağıdının kullanımı hız kazandırmıştır. Yukarıdaki gelişmeler iktisadi ve siyasi olarak kuvvetli merkezi devletler kurulmasını da birlikte getirmiştir. Endüstri 1.0 olarak adlandırılan Birinci Sanayi Devrimi İngiltere'den başlayarak, Avrupa ülkelerinde de bugünün temelini atan değişimlere sebep teşkil ederken, Endüstri 2.0 ABD, Japonya gibi ülkelerde de hızla yaygınlaşmaya başlamıştır, bu etki dünyanın farklı bölgelerine de sirayet etmiştir. (Banger, 2018, s. 39).

2.2.2.3. Endüstri 3.0

1970'lerden itibaren bugüne kadar süren dönem, Endüstri 3.0 dönemi olarak adlandırılır. Üçüncü Endüstri Devriminin hâkim olduğu bu dönemde İkinci Dünya Savaşı sonrasında hızla gelişen elektronik bilgi ve iletişim teknolojileri, makineleşmeyi farklı bir hale getirmiş, böylece otomasyon sistemleri ortaya çıkmıştır.

Bu dönemde bilgisayarlar ve bu makineleri çalıştıran yazılımlar, süreçlerin yürütülmesi, yönetilmesi ve takip edilmesi noktasında roller almaya başlamıştır. PLC (Programmable Logic Controller/Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) sistemler gelişip, üretim kademelerinde etkin rol almaya başlayınca otomasyon sistemler de kendine hızlı bir şekilde üretim tesislerinde yer bulmuştur.

Endüstri 1.0 üretimin makineleşmesi, Endüstri 2.0 üretimin serileşmesi olarak tanımlanırsa, Endüstri 3.0 ise üretim süreçlerinin otomasyonu ve sayısallaşması olarak tanımlanabilir. Süreçlerin otomasyonunda, daha verimli ve daha hızlı üretime geçilmesinde bilgisayarlı devrelerin kullanılması kilit rol oynamıştır. Her bir dönüşümde insan gücüne olan ihtiyacın azalması bu dönemde de devam etmiştir. Makineler bir adım daha durumu ilerleterek insanları ikame etmeye ya da kalifikasyonlarını yükseltmeye mecbur bırakmıştır.

Endüstri 3.0'da geliştirilen makine ve anlayış birçok alanı da derinlemesine etkilemiştir. Teknoloji ve bilim arasındaki bu karşılıklı mecburi alışveriş her iki tarafın da gelişmesini zorunlu hale getirmiştir. Bilgisayar, lazer, mikro elektronik, nano çip, fiber optik gibi teknolojiler telekomünikasyon, nükleer fizik, biyotarımlar ve biyogenetik gibi bilimlerin ilerlemesinde, üretim metotlarının şeklini almasında önemli roller oynamıştır. (Görçün, 2016, s. 78)

Ulaşım ve iletişim hayatın her noktasına etkisini artırarak rolünü büyüttü. Dünyanın globalleşmesinde, ticaretin ve endüstrinin daha entegre olmasında bu gelişmelerin payı oldukça yüksektir.

Diğer taraftan bu dönemin önemli konu başlıklarından bir tanesi de dünya kaynaklarının hızla tükenmesidir. Sürdürülebilirlik kavramı gündemin diğer önemli başlığı haline gelmiştir. Endüstri 1.0 olarak adlandırılan dönemde enerji ihtiyacı olarak su, buhar gücü ve kömür kullanılmakta iken, Endüstri 2.0 döneminde elektrik ve petrol bu ihtiyacı karşılayan figürler haline gelmiştir. Endüstri 3.0 dönemi diye isimlendirilen dönemde ise çevresel hassasiyetlerin artması nedeniyle rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi gibi yeşil dostu yenilenebilir kaynaklara yönelim artmıştır. Son dönem, Endüstri 4.0 dönüşümünün başlangıcına sebep teşkil eden, daha öncesinde imkan dahilinde görünmeyen; her hangi bir sürecin ya da tüm süreçlerin takip edilebildiği programlar, nesnelerin ve hizmetlerin interneti, robotik cihaz ve makineler, siber-fiziksel sistemler gibi uygulama ve araçlar ortaya çıkmıştır. (Özdoğan, 2017, s. 66)

2.2.2.4. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0; şimdilik endüstriyel dönüşümdeki son aşamadır. İnsan faktörünün rolünü üretimde en aza indirdiği dönem olarak nitelenebilir ancak kesinlikle bununla sınırlanamaz. Bu dönemde programlanabilir devrelerin ebatları önemli ölçüde

küçülmüştür, izleyen trend göstermektedir ki daha da küçülmeye devam edecektir. Robot teknolojilerinde kullanılan çip ve yazılım uygulamalarının artmasıyla, robotların üretim hatlarındaki rolü hem artmış hem de büyümüştür. Dolayısıyla bazı sektörlerde tam otomasyonun önü açılmış, bu da robotik uygulamaların birçok insanın işini gerek tanımsal gerekse fiziksel olarak etkilemiştir. Bazı mesleklerin ise yok olmasına yol açmıştır. Yeni kavramlar olan “Dijital Platform Operatörleri” gibi yeni mesleklerin de doğmasına sebep olmuştur. (Schwab, 2017:1)

Günümüzde üretim daha verimli ve hızlı hale gelmiştir. Birçok süreçte bu küçülen programlanabilir devreler makinelerin, cihazların, robot kolların içine yerleştirilip yönetiliyorken şu an üzerinde farklı çalışmalar ve tartışmaların olduğu bulut sistemleri ile senkronize edildiğinde sürecin geleceği ile ilgili farklı öngörüler vardır. (mckinsey. 2017).

Neredeyse insanlık ile makineleri bir platformda birleştirecek olan bu tip uygulamaların özellikleri önce işletmelerde kullanılacağı düşünülürse ciddi bir dijital dönüşümün kapıda olduğu söylenebilir. İçlerine yerleştirilen mikro ve/veya nano çiplerle onları internete bağlayarak nesnelerin interneti olarak adlandırılan ağ oluşturulmuş olacaktır. Bu ağ üretim tesisindeki tüm cihazların kademeli ve ilgili oldukları noktalarda insanlardan bağımsız olarak birbiriyle haberleşmesini sağlayacaktır. Bulut sistemlerle robotlar, cihazlar ve nesnelere online veri depolamaya ve iletişim akışı olan kablosuz sistemler aracılığıyla veri akışına başlamıştır. Sistem yöneticileri bu ve yardımcı uygulamalar ile kolayca kontrol ve takip edilebileceklerdir. Üretim süreci açısından tam bir akışı ihtiva eden bu sistemler daha küçük – kompakt denilebilecek üretim tesislerini ortaya çıkaracak, enerji maliyetlerinde, bakım, işçilik maliyetlerinde düşmeye neden olacaktır (Da Silva Correia, 2014, s. 36).

2.2.2.4.1. Endüstri 4.0 ve Tarihçe

Günün koşulları neyi gereksinim haline getirdiyse aslında endüstriyel devrimler bu gereksinimleri karşılamak maksadıyla yapılan icat, buluş, geliştirmelerden oluşmaktadır.

Endüstri 4.0 da bu üçüncü dönüşümün akabinde sabit kalmayan ihtiyaçların ve farklı alandaki gelişmelerin birbirini etkilemesi sonucu yeni bir yapılanma süreci olarak ele alınabilir. Bu yeni ihtiyaçlar, otomasyon sistemleri, IoT (Internet of Things) olarak

adlandırılan cihazlar arası haberleşme sistemi endüstri 4.0'ın vazgeçilmez bileşenleri haline gelmiştir.

Endüstri 4.0 teriminin ortaya çıkış sürecini anlamak için, makine sanayinin Avrupa'daki lokomotifi Almanya'da gerçekleşen endüstriyel değişim sürecinin aşamalarına daha yakından bakılması gerekmektedir. Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı, günümüz şartları dikkate alınarak, üzerinde öngörüler yapılabilen gelecekte ilerlemenin kuvvetlendirilerek, sürdürülebilir hale gelmesi için yürütülen ve yürütülecek olan çalışmaları bir araya getirerek, 2011 yılında konuyla ilgili 10 ana proje olarak eylem planı olarak tanıtım yapmıştır. "Gelecek-Projesi" olarak isimlendirilen bu programlar, "Yüksek-Teknoloji Stratejisi 2020'nin Gelecek Projeleri" ismiyle yayınlanmıştır. (Özdoğan, 2017, s.54)

Karbon emisyon değerlerinin düşürülmesi, çevreci – akıllı şehirlere geçilmesi, mevcut yakıtların yerine çevre dostu yenilenebilir ikame enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, akıllı şebekelerin yaygınlaştırılması gibi olup, tanıtımı yapılan diğer önemli proje ise, 2011 Hannover Fuarı'nda ilk olarak dile getirilen, Alman dilinde "Industrie 4.0" olarak lansmanı yapılan Endüstri 4.0'dır. Almanya hükümetinin bu projeye güveninin tam olduğu belirtilmiştir. Bu da sürecin anlaşılabilir olması açısından yapılan çalışmalara zemin hazırlamıştır. Hükümet, başlangıç adımı olarak projeye 200 milyon Euro ayırmıştır. Akabinde, yine 2013'te Hannover Fuarı'nda duyurulan belge "Endüstri 4.0 Strateji Belgesi" Federal Almanya Ulusal Bilim ve Araştırma Akademisi öncülüğünde hazırlanmıştır. Bu belge her ne kadar Almanya'yı daha çok dikkate alarak hazırlanmış olsa da yeni dönüşümün nitelikleri ile ilgili önemli hatlar çizmektedir. Bu yanı sıra tüm dünyaya yeni endüstriyel çağın perdelerini aralamıştır. Temel olarak Endüstri 4.0, üretim tesislerinde bulunan bölümlerin birbirileri ile iletişim kurmasına, iletişimin başladığı ilk andan son ana kadar bu dataların gerçek zamanlı edinilmesine dolayısıyla da edinilen bu datalar vasıtasıyla ulaşılabilecek en yüksek katma değere varılması hedefini amaçlamaktadır. (tandfonline, 2017).

Endüstri 4.0'ın teoride kalmaması adına 2013 yılında, VDMA (Der Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau), BITKOM (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien) ve ZVEI (Zentralverband und Elektronikindustrie) adlı üç kuruluş "Endüstri 4.0 Platformu"nu (www.plattform-i40.de) kurdu. Bu kurum; yeni teknolojilerin gelişimini desteklemeyi, dönüşümdeki temel

standartları belirlemeyi, ortaya çıkan yeni kabul edilebilecek iş modellerini tanımlamayı ve bu süreçte toplumun bu dönüşüme olan adaptasyonunu sağlamak amacıyla çalışmalar yapmayı hedeflemiştir (cdn.endüstri40, 2017).

Gerek Akademik çevrelerin gerekse iş dünyasının konuya ilgisi ve katkısı bu kavramın yayılımın sürecini hızlandırdığı gibi genişletmiştir. Bu dönüşümü ülkeleri için planlayan ülkelerin önemli gündem maddelerinden biri haline çoktan gelmiştir. Yasal figürler de gözetilerek bu dönüşüm sürecinin ürün ve süreçler üzerinde daha etkili fırsatların oluşması için zemin hazırlanmaya çalışılmaktadır.

2.3. BİLGİ SİSTEMLERİNİN MÜHENDİSLİK AÇISINDAN ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE UYGULAMA ALANLARI

2.3.1. Siber-Fiziksel Dünyalar

Endüstri 4.0'ın kurulacağı mecra olan Siber Dünya ve Fiziksel Dünyalar uzun süredir birbirinden ayrı ele alınmaktadır. Mevcut koşulları ihtiva eden fiziksel dünyamız, siber dünyanın temelini oluştururken, siber dünya ise fiziksel dünyanın elverdiği imkanların genişlemesi sonucunu beraberinde getirmektedir. Bu mecraların yan yana gelmesi ile ortaya çıkan Siber-Fiziksel Sistemler iki mühim ögeden meydana gelmektedir: bu ögelerden birincisi, belirlenen bir internet adresi vasıtasıyla iletişim sağlayan sistem ve nesnelere meydana getirmiş olduğu ağ, ikincisi ise fiziksel dünyadaki nesne ve bu nesnelere davranımının sanal dünya için simule edilmesidir.

Endüstri 4.0'a güç veren önemli unsurlardan biri olabildiğince geniş bir ağ ortaya çıkmasına da imkan veren "Nesnelerin İnterneti" fonksiyonunun, sanal ortam ve fiziksel dünya arasında bulunan sınırları azaltmayı hatta yok etmeyi mümkün kılmasıdır.

Endüstri 4.0 temelli imalat adımları, sistemin ihtiyaca yönelik arayüzlerle değişen ağlara bağlanarak diğer adım veya aşamalarla haberleşmesini hedeflemektedir. Bir sebep – sonuç ilişkisinden bahsedilirse "Akıllı Fabrikalar" bu ilişkinin sonuçlarından biri olarak kabul edilebilir. (Görçün, 2016, s. 65)

Bu tip fabrikalarda makinelerin, cihazların ve ekipmanların aralarında haberleşerek imalat süreçlerini anlaşılarak düzenlemesine imkan veren otomasyon ağları fabrikaları akıllı hale getirmektedir. İmalat aşamalarından birinde sorun olması halinde, ihtiyaç duyulan ilgili siparişin bilgisi otomatik olarak ilgili bölüme geçirilmektedir.

Ortaya çıkan problemler hemen, yerinde belirlenerek gerekli düzeltme yapılabilir. Bu şekilde, imalatın her kademesi kapasite sorunu yaşamadan, problemsiz görevini ifa edebilmektedir.

Siber-Fiziksel Sistemlerin yalnız imalat süreçlerini ilgilendiren bir faktör değildir, aynı zamanda Ar-Ge, pazarlama ve tasarım gibi birimlerde de günden güne kullanım alanını genişletmekte ve kullanım yoğunluğunu da artırmaktadır. Günümüzde bir üretim tesisi henüz yatırım süreci fiziksel aşamaya ulaşmadan simüle edilebilmekte, yatırım maliyeti hesaplamasında ana unsurlardan olan fizibilite bu simülasyon vasıtasıyla ortaya çıkarılabilmektedir. (Görçün, 2016, s. 85)

Satış sonrası hizmetler, ürünleri takip edebilen metotlarla müşteri memnuniyeti artırılırken, üretici için de sorunların arşivlenerek, tekrarının önüne geçilmesi için gerekli verileri de kendiliğinden sağlamış olmaktadır. Endüstri 4.0 verimlilik artırımının olmazsa olmazı, kaynak kullanımı verimliliği gibi ana başlıkları ölçme, değerlendirme, hızlı müdahale etme ve geliştirme imkanı sağlayan verileri gerçek zamanlı elde edebilme imkanı sağlamaktadır. Bu anlamda rekabet ortamlarının sertleştiği günümüzde, üretim sürecinde yakaladığı avantajlarla, pazarda hareket kabiliyetini artırmaktadır. Endüstri 4.0'ın genel süreçlere olan entegrasyonu, Yatay ve Dikey Entegrasyon olarak tanımlanırsa, üretim açısından kritik bir nokta olan sürekli akış ilkesindeki sürdürülebilirliği sağlamak adına yalnız belirlenmiş noktalarda değil, ilgili tüm noktalarda yatay ve dikey entegrasyonu sağlamak gerekmektedir. (haber.tobb. 2016).

2.3.2. Yatay ve Dikey Entegrasyon

Yatay Entegrasyon için imalattaki tüm aşamaların birbiriyle olan iletişimi, bunun yanında işletmelerin üretim aşamalarında ve planlama aşamalarında, aralarındaki haberleşmenin duraksamadan gerçekleşmesine denilmektedir. Kesintiye uğramadan gerçekleşecek akış için, ham madde ve yarı mamul ihtiyacının bir plan dahilinde ilerlemesinden, ürün tasarımına, üretilmesine, satılacak ürünlerin pazarlamasına, satışı gerçekleşen ürünlerin transferini de içeren tüm süreci içermektedir. Birbirinden farklı işler yapan firmaların aralarında tesis edilen Yatay Entegrasyon bütünlük ve uçtan uca sistemler, günümüz ihtiyacına yön veren ve günümüz ihtiyaçlarına ulaşmada kolaylıklar

sağlayan iş modellerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Yatay Entegrasyon için bütünlük ve uçtan-uca sistemler olduğu söylenebilir.

Dikey Entegrasyon ise işletmelerdeki her bir süreç içerisinde kullanılan teknolojik altyapıda güvenli ve devamlı yani kesintisiz bir akışın tesis edilmesi olarak adlandırılabilir. İmalat süreçlerindeki kurumsal kaynak planlama yazılımları, iş zekası uygulamaları, kumanda panelleri, sensörler, vanalar, aktüatörler, motorlar, üretim yönetimi sistemleri gibi teknik ekipmanların birbirleri ile entegre edilmesi, bu kapsamda değerlendirilmektedir.

Bu iki entegrasyon; dikey ve yatay entegrasyonun, işletme içindeki süreçlerin değişimlerine, oluşabilecek sorunlara etkin ve hızlı cevap verebilmeyi sağlamaktadır. Kişiyi özel üretimi kolaylaştırmakta, kaynak verimliliğini artırmakta ve bu esneklik ihtiyaç duyulduğu takdirde ara yüz güncellemeleri ile karşılanabilmektedir.

İnternet günümüzde dünya nüfusunun önemli bir kısmının artık her an ulaşabildiği, üzerinden haberleşip, iletişim kurabildiği çeşitli konularda kısmi bilgiler edinebildiği, işlerin yürüdüğü sanal mecradır. Günümüzde insanları birbirine bağlayan bu mecra, cihazlar için, insanlar için ne fonksiyon görüyorsa, benzer fonksiyonları görmesine imkan sağlamaktadır. Bunda, gelişen yapay zekâ teknolojisinin payı da büyüktür. Nesnelerin İnterneti ise; cihazların internet aracılığıyla, fonksiyonlarının birbirine bağlanarak bir ağ oluşturması; cihaz, makine ve ekipmanlardan kurulu işlevsel, fiziksel yapıların meydana getirilmesi olarak tanımlanabilir (boschrexroth, 2017).

2.3.3. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti fabrikalardaki adımları birbirine haber veren cihazlar, elektrik kesintisi durumunda cihazları korumaya alan teknolojiler, günlük yaptığımız hareketleri nitelik ve niceliğine göre kişiyi yönlendiren giyilebilir ürünler ve bu ürünlerin diğer tamamlayıcı ürünlerle sizden bağımsız şekilde iletişime geçiyor olmasıdır. (Özdoğan, 2017, s. 57)

Nesnelerin İnterneti, endüstriyel hayatta da çok önemlidir. Bu cihazların arasındaki iletişimden doğan veri yükü daha rahat analiz edilebilir ve kontrol edilebilir olacaktır. Daha hızlı ve etkin kararlar alabilmenin önü açılacağı gibi “Endüstriyel Nesnelerin İnterneti” diye de isimlendirilen bu yeni platform sayesinde akıllanan üretim

tesisleri çok daha akıllı, gözetlenebilir ve karmaşık ürün yapıları daha kolay üretilebilir ve süreç de daha kolay yönetilebilir olacaktır (engineering, 2016).

2.3.4. Öğrenen Robotlar

Öğrenen robotlar otomasyon sistemlerinin olmazsa olmazı konumdadırlar ve bu tip teknolojiler analiz kabiliyetlerinden dolayı insan kaynaklı hataları daha aza indirebilmektedir.

Endüstri 4.0'ın tesislerdeki ve hatta günlük hayattaki servis hizmetleri için daha fazla rol alacağını öngörmek çok da zor değildir. Otomotiv sektöründe şimdiden görebileceğimiz gibi departman içi ve departmanlar arası robotlar birbirleriyle haberleşir, analiz yapar buna göre sonraki adımı atabilir hale gelmişlerdir. Buradaki gerçek tesislerde üretim ancak Endüstri 4.0'ın vizyonu ve prensipleri dahilinde bütüncül bir robotik yaklaşım elde edilebilecektir. Kaynak işlerinde kullanılmakta olan bir robot, oluşan iletişim ağına göre ihtiyaç doğrultusunda farklı alanda kendini görevlendirebilecektir. (matematiksel, 2017).

2.3.5. Büyük Veri ve Veri Analitiği

Büyük Veri ve Veri Analitiği teknolojik iletişim haberleşme, süreç takibi ve yönetimi esnasında ortaya çıkan veriler, gerek hacimsel büyüklükleri gerek işlenmesi gerekse verilerin analiz edilmesi veri analitiği uygulamaları gibi yeni ihtiyaçları da birlikte getirmiştir. 2013'te Cisco firmasının yapmış olduğu araştırmaya göre, "The Internet of Everything", 20 milyarın üzerinde elektronik cihazın, 2016 yılıyla birlikte sistemdeki cihazlarda işlem göreceği veri, zetabayt cinsinden (1 zetabayt=1 milyar terabayt) miktarlarını görmüştür. Güvenli sistemlerde tutulup, analiz edilerek anlamlı bilgilere dönüştürülmesi endüstriyel açıdan çok değerli olacak. Öyle ki öngörülebilir sorun ve hatalar için erken teşhis üzerine çözümler bulunurken, ortaya çıkması muhtemel fırsatlar tahmin edilerek erken reaksiyon göstererek artı avantajlar edilebilir. Servis ve bakım müdahaleleri kolaylaşıp, imalat maliyetleri düşürülebilecektir. (Görçün, 2016, s. 68)

Müşteri talepleri gibi pazar dinamiklerinin kolaylaşan analizleri firmalar için öngörülebilir adım sayısını artırmaktadır. Değer zinciri içerisinde ve bağlı süreçlerde karar mekanizmasını kolaylaştırmaktadır; ancak bu aşamada bu denli verinin güvenli ortamda tutulabilmesi, işlenmesi, farklı ölçeklerdeki işletmelere de hizmet verebilir olması önemli bir handikap olarak ortaya çıkmaktadır. (Özdoğan, 2017, s. 84)

2.3.6. Bulut Bilişim

Endüstri 4.0'ın önemli destek alacağı bir araç da Bulut Bilişim Bilgi teknolojileri olarak söylenebilir. Verilerin artması, tesislerdeki alan ihtiyacı, süreç, yer, zaman gibi kavramlarda verimlilik gereksinimi üst sınırlara dayanmaktadır. Bilişim Teknolojileri yeni sanal yapıları da gerektirir hale getirmiştir. Farklı servis sağlayıcıları vasıtasıyla işletmeler – kurumlar, onlara hizmet veren Bulut Sistemlere bağlanarak ihtiyaç duydukları bilgi ve/veya uygulamalara istedikleri anda istedikleri miktarda internet marifetiyle ulaşmalarını sağlamaktadır. Uygulamanın mevcut sistemden ayrılan bir diğer tarafı ise bahsi geçen uygulama ve verileri Veri Merkezleri yerine bu aşda kullanıcıya özel alanda tutarak operasyonel maliyetleri düşürmesidir. (Schwab, 2017, s. 97)

Bulut Bilişim bu şekilde daha iktisadi hızlı ve istenildiği kadar ulaşılabilecek bir veri kullanım ve yönetim biçimi sunmuş olmaktadır.

İşletmelerin faaliyetlerini sürdürmesi için farklı alanlarda kapsamlı hizmet sağlayıcısı olarak hizmet verilmesi imkanını sunan Bulut Bilişim, donanım hizmeti amaçlı **IaaS** (Infrastructure as a Service), değişen ve gelişen süreçlerle ilgili iyileştirmelerin, düzeltmelerin yapılabileceği ortamı sağlayan **PaaS** (Platform as a Service) ve sunucular tarafından yazılım hizmetlerinin anlık olarak kullanılma imkanı sunan **SaaS** (Software as a Service) gibi üç model içeren bir hizmet ağını firmalara sunmuş olmaktadır. Halihazırda işletmeler için önemli altyapı yatırım maliyetlerine neden olan bu hizmetler, çok daha az zaman, ekonomik ve operasyonel maliyetleriyle süreçlerin ifasına imkan vermektedir. Bu vesileyle işletme stratejilerine ayrılacak mesai hem daha verimli hale gelir hem de odaklanılması kolay hale getirilmektedir. (endüstri40, 2018)

Bu hizmet ve avantajları bize sağlayan Bulut Bilişim'de tartışılan ana konu ise; güvenlik; ancak Blockchain gibi sistemlerle Endüstri 4.0'ın beraber çalışması yeni

şifreleme sistemleri ortaya çıkarmakta, bu sistemlerdeki güvenlik sorununa çözüm alternatifleri sunmaktadır. Bu tip güvenliği artırılmış sistemlerin gerek firmalarda gerekse kamu kuruluşlarında güvenle kullanılması sağlanmaktadır. Buradan, Endüstri 4.0 ile Bulut Bilişim'in yakın çalıştığı anlamını çıkarmak ve birbirlerinden faydalandıklarını söylemek mümkündür. (Özdoğan, 2017, s. 73)

Bulut Bilişimin amacı, bulut bilişime hizmet eden argümanların başında gelen büyük depolama alanlarını ve ileri düzey hesaplama olanağı sunan uygulamaları içeriyor olması, analiz edilebilmesi, güvenle saklanabilmesi gibi noktalarda çok önemli altyapı ihtiyacına cevap vermektedir. Tüm bu verilerin Nesnelerin İnterneti vasıtasıyla Akıllı Makine ve Ekipmanların birbirlerine bağlanıp, Bulut Bilişim hizmetiyle birlikte çalışması yeni bir devrimin tablosunu çizmektedir. (Schwab, 2017, s. 93)

2.3.7. Sanal Gerçeklik

Sanal Gerçeklik, Endüstri 4.0'ın en çok yararlandığı konu başlıklarından biri de Sanal Gerçeklik'tir. Günümüzde ulaştığı noktaya örneklene adına Google Glass ya da Oculus Rift gelmektedir. Sanal Gerçeklik kavramı eğitimden sağlık hizmetlerine, turizmden askeri alandaki hizmetlere kadar ve tabii ki işletme içi ve dışı muhataplarla ilgili süreçlerde, yatırım kararlarının simüle edilmesi, satış – pazarlama faaliyetlerinin cazibesinin artırılmasında kullanılmaktadır. Sensorama adlı cihaz Morton Heilig tarafından 1962'de geliştirilmiş, bugünkü çalışmaların temeli olarak bu cihaz baz alınmıştır. (Schwab, 2017, s. 75)

Bu uygulama ile bir üretim tesisinin henüz devreye alınmadan ne kadar verimli çalışacağını anlamak için sanal ortamda yapılacak simülasyonu Endüstri 4.0 prensiplerine göre çalıştırılabilmekte ve analiz edilebilmektedir.

Simülasyon sözcüğü sanal gerçeklik literatürünün önemli terimlerindedir. Simülasyonlar vasıtasıyla sadece üretim tesislerinin tamamı değil, adım adım farklı süreçler ve cihazlar incelenebilmekte, duruma göre detaylı uygulamalar yapılabilmektedir. Cihazlarda, gözle ilk anda görülemeyen, parçalara kadar inilebilmekte, bu şekilde sorunların önüne geçilebilmektedir. (Sclötzer, 2015, s. 86).

2.3.8. Siber Güvenlik

Siber Güvenlik Sanal Gerçeklik üzerinden tanımlanırsa; Sanal Gerçekliğin en aktif kullanıldığı sektör için otomotiv sanayini verebiliriz, burada sadece üretim tesisleri ile sınırlı kalmayan faydalanma, satış pazarlama aktivitelerine kadar kullanılabilir, örneğin araç satışlarında alıcının henüz araca sahip olmadan sürüş tecrübesi edinmesini sağlayan simülasyonlar geliştirilmiştir. Aracın rengi, opsiyonel donanımlar vs. bu ortamlarda simüle edilebilmektedir. Müşteri ihtiyaç ve seçimleri doğrultusunda siparişler üretim birimlerine bildirilmekte, üretim ve nakliye/teslimat aşaması da takip edilebilmektedir. Önemli hususlardan biri de fiziksel ortamlarda olduğu gibi güvenlidir, bu tip yazılımsal platformlarda ise güvenlik unsurlarına Siber Güvenlik adı verilmektedir.

Her işletme ya da kuruluş için bazı noktalarda hayati değer taşıyan bu bilgiler bulut ortamında saklamak, uzaktan erişim yöntem ve kanalları bir hayli önem kazanmaktadır. Bu imkanlardan sürdürülebilir fayda için güvenliğin üst noktada dikkate alınması gerekmektedir. (proente, 2018)

Üretim tesisindeki günlük akış için cihazlar arası iletişimin güvenli şekilde kurulması ve devam ettirilmesi hayati önem taşır, aynı zamanda işletmeler arasındaki veri akışı da bu süreçlerden faydalanmak için temel faktörlerden biri haline gelmektedir.

Sert rekabetlerin söz konusu olduğu günümüzde, Endüstri 4.0 hem Siber Güvenlik ortamları sağlama hem de Siber Güvenlikten yararlanma anlamında çok önemli bir noktada bulunmaktadır.

Nesneler arası haberleşmede yeni cihazlarla eski cihazların birbirlerine sorunsuz ve güvenli bir şekilde bağlama konusu önemli bir faktör olup, yaşanacak olası sorunlar bilgi güvenliği ihlallerinin yanı sıra tüm üretimi tehdit eder hale gelebilmektedir.

Endüstri 4.0'da veriler sadece yetkili kişilere açılmakta, bu da veri kaynaklarının ve bütünlüğünün doğrulamasını önemli hale getirmektedir. Üretim tesislerindeki tüm cihazların erişim kaynaklarını ve kanallarının kati güvenlik önlemleri ile korunmasına mecburiyet kazandırmaktadır. Buradan çıkışla Endüstri 4.0 kendisini güvenlik alanında da geliştirmeye devam ettiği söylenebilir. (proente, 2018)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE ETKEN PARAMETRELER

3.1. ROBOT VE AKILLI MAKİNELERİN 4.0'DAKİ YERİ

Robotlar günümüzde sağlıktan üretim sektörüne kadar çok geniş bir spektruma hitap etmektedir. Ekonominin bel kemiğini oluşturan sanayi çok uzun yıllardır bir değişim ve gelişim döngüsü içerisinde. Endüstriyel amaçlı tasarlanmış ve hemen hemen her sektörde yaygınlaşan robotların kullanımı ve insanlarla olan etkileşimi yine yerini endüstri 4.0'da da korumaya devam etmektedir.

Sanayi devrimlerinin her biri göz önüne alındığında başlangıcı olarak nitelendirilecek süreçte insan gücü ve dolayısıyla buna bağlı öngörülen verimlilik ön planda görünmektedir. Gelişen ve ilerleyen teknoloji ile birlikte insan gücünün yerini makinelerin ve makineleşmenin alması kaçınılmaz hale gelmiştir. Makineleşmeye bağlı olarak üretim kapasite artışı, esnek ve seri üretim gibi parametrelerdeki artış da en önemli getiriler arasındadır. (Görçün, 2016:1)

Dördüncü Sanayi Devrimi; Sanayi Devriminin başlamasından bugüne kadar gelen ve özellikle üçüncü Sanayi Devriminde temelleri atılan dijital çağın başlaması esasında oluşturulan yapay zeka, robotlar, nano teknoloji, robot ve akıllı makinelerin kalp atışları olarak nitelendirilmektedir.

Modern bilim ile birlikte gelişen ve ilerleyen teknoloji seri üretim sistemlerinde bir takım adaptasyon süreçlerini de beraberinde getirmiştir. Üretim sektöründe, adaptif üretim teknolojileri ve otomasyon tabanlı mekanizmaların esastaki uygulamalar da bu anlamda büyük önem arz etmektedir. Üretim sektöründe dördüncü Sanayi Devriminin getirileri ile birlikte üretim sahasında otomasyonun artması ve bunun sensör ve uyarıcı teknolojilerle desteklenmesi insan gücü yerinin robotik sistemlere devretmesi ile daha etkin iş potansiyelinin ve verimliliğinin ortaya çıkacağı izlenimi vermektedir. (Özdoğan, 2017, s. 76)

Stabilitesi sağlanmış otomasyon tabanlı bir üretim ağı da seri üretim sistemlerinde var olmak adına oldukça önemlidir. Dolayısıyla artan üretim ağının verimlilik artışı esastaki kaliteden ödün verilmeden yapılması ekonominin büyümesi adına en temel taşlardan biri olarak gözükmektedir. Robot ve akıllı makinelerin hakim olduğu bir üretim

ağı, ağın optimizasyonu, bu ağ boyunca esnek üretim mantığı ile sağlanabilecek adaptif üretim teknolojileri endüstrinin geleceği olarak görülmektedir. Dolayısıyla artan üretim ağının verimlilik artışı esasında kaliteden ödün verilmeden yapılması, ekonominin büyümesi adına en temel taşlardan biridir (proente, 2018).

3.2. ENDÜSTRİ-BİLİŞİM ORTAKLIĞI

Sanayi 4.0 devrimi; bilgi-iletişim teknolojileri ile makinelerin ve üretim prosesindeki tüm zincirlerin birbiri ile entegre olduğu bir üretim modeli vizyonu olarak tanımlanmaktadır. Dünya çapındaki ilk endüstriyel devrim, buhar makineleri alanında tecrübe edilmiştir. İkinci endüstriyel devrim ise seri üretim ya da diğer bir ifade ile makineleşme ve elektrik alanında gerçekleşmiştir. Üçüncü endüstriyel devrim ise seri üretim optimizasyonunun bir parçası olarak da tanımlanabilen elektronik ve dijital teknolojiler alanında yaşanmaktadır. Bugün ise dünya 4.0 endüstri devrimini konuşmaktadır; makinelerin birbiri ile iletişiminin üretimin her evresinden duyulduğu diğer bir ifade ile makinelerin kalp atışıdır. Endüstri 4.0, robotların ve akıllı makinelerin yılı ve robotların radyo dalgaları ile idareyi ele aldığı günlere doğru giden teknolojik gelişmelerin ayak izleri olarak tanımlanmaktadır. (Schwab, 2017, s. 92)

Bunu endüstride var olan üretim konseptinin gelişen teknoloji ile tekrar şekillenmesi olarak tanımlanabilmektedir. Söz konusu devrimin yeni bir üretim modeli ya da tavrı kapsamında açıklanması mümkün değildir, bu yalnızca teknolojinin kendisi ile ilgilidir. Kahl cümlesinde ‘Bilgisayar devrimi dünya tarihinde yaşanan en sesli devrimdir, komik olan onun etkilerini hala küçümsememiz.’ demektedir. Herman KAHL. (The Turkish Perspective, 2017).

1.2. ve 3. Sanayi devrimleri; ülkelerin Pazar paylarını arttırma ve lider konuma gelme isteği ile sanayilerine önem verme yatırım yapma ve desteklemeleri ile gerçekleşmiş bir süreçtir. Fakat 3. Sanayi Devriminin son bölümlerinde bilişim dünyasında önlenemez gelişmeler dünyadaki ekonomik boyut, pazar payları, sektörel dağılım arasındaki uçurum gittikçe büyüyen bir hal almıştır. Üretmeden tüketimin bu denli yoğun olduğu bir dönemde üretim ucuz işgücü nedeniyle büyük oranla Çin’e kaymıştır.

Bütün bu durumlar ve bu durumların beraberinde getirebileceği olumsuzluklar göz önüne alındığında Almanya'daki ekonomist, akademisyen ve sanayiciler 4.0 Sanayi Devrimi terimini ilk kez kullanmışlardır. İş süreçlerini gerçekleştirebilmek, takip edebilmek, yönlendirebilmek için daha az insana ve dolayısıyla daha az insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Daha akıllı bir yapıya dönüşen sistemde maliyet payındaki azalma kar ve ekonomik artış gibi parametreleri dahilinde hesapların yeniden yapılmasını beraberinde getirmektedir.

Günümüzde dünya; teknoloji, endüstri, ekonomi ve diğer birçok alanda bu kadar entegre ve yoğun bir şekilde iletişim içinde olmamıştır. Artan dijital iletişim ve bu iletişimin entegre sistemlere uygulanabilirliği daha önceden hayal edilemeyen bir potansiyele neden olmaktadır. Sanayi devrimlerinin birbirini takip eden günümüzde 4. Sanayi Devrimi ya da "2. Makine Çağı'nın" en temel özelliği bilgisayarlar tarafından kontrol edilen makinelerin ana bilgisayar kontrolü altına girerek, otomasyon tabanlı entegre bir sistemin mümkün olabilmesidir. Bütün bu kapsam; bütün makinelerin, süreçlerinin ve üretime bağlı olan bütün tümleşik sistemlerin 'akıllanması' olarak tariflenmektedir. Endüstri 4.0 beraberinde getirdiği yenilikleri kullanıp, bilişim teknolojisini üretimin her alanı ile buluşturarak ekonomik hedefleri arttırmayı planlamaktadır. (clickon, 2017).

3.3. VERİMLİLİK ARTIŞI

Uluslararası rekabetin arttığı, pazar ihtiyaçlarının her geçen gün artarak değiştiği ve farklılaştığı talep ile doğru orantılı kalitede cevap verilebilmesi, global pazar anlayışına uyum sağlanabilmesi için firmalar için verimlilik büyük önem arz etmektedir. İşletme üretim fonksiyonlarından birisi de işletmenin asıl amacı olan karlılığı direkt olarak etkileyen verimliliği kaliteden ödün vermeden sağlayabilmek ve stabil hale getirebilmektir.

Verimlilik parametresi işletmeler için genel işleyişi ve başarı derecesini ölçütleyen en önemli olgular arasında görünmektedir. Bu nedenle verimlilik işletmenin geleceği, düzeni hakkında ölçüt olarak kullanılan bir denetim aracı olarak düşünülebilmektedir.

Verimlilik diğer bir ifadeyle; ürün üretimi için çıktı/girdi olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4. 0 kapsamında verimlilik parametresi esas alındığında ise üretimin her safhasında kullanılacak adaptif ve otomasyon tabanlı üretim teknolojileri sayesinde gerçek üretim maliyetlerinin düşürülmesi esnek üretime bağlı kapasite artışı şeklinde açıklanabilmektedir. (Görçün, 2016, s. 67)

Endüstri 4.0 devriminin en önemli kilit noktalarından biri makineleşme ve buna bağlı olarak ortaya çıkacak seri ve esnek üretim adaptasyonu denilebilmektedir. İnsan gücünün minimize edileceği Endüstri 4.0 da makineleşmeye bağlı otomasyon tabanlı seri üretim sistemi sayesinde büyük ekonomik paylar hedeflenmektedir. Bu kapsamda Endüstri 4.0'da öne çıkan ve gelecek vaad eden örnek teknolojilerden biri üç boyutlu yazıcılardır. Bilgisayar ortamında sanal olarak tasarlanan ve 3 boyutlu ürün haline getirilen sistem bir nevi modern CNC makinaları olarak tanımlanmaktadır. Fakat inovasyon ve gelecek vaad eden yönü ile Endüstri 4.0'daki yeri şimdiden tahmin edilebilir boyutlardadır. Üç boyutlu yazıcılar ile üretimin her alanında karşılaşılan ve uzun proseslere sahip kompleks yapıdaki ürünlerin üretimi dahi seri bir şekilde ve sıfır hata toleransı ile yapılabilecektir. Ayrıca bu kapsamda belki de daha önce kompleks ve yapısal olarak mümkün olmayan ürünlerin üretimi sanal ortam aracılığı ile üç boyutlu yazıcılarda mümkün kılınacaktır. En küçük boyuttan en büyük boyuta kadar ürün yapmayı sağlayabilen bu yazıcılar sayesinde üretim spektrumu da var olduğu sektörde genişleyebilecektir. Günümüzde üç boyutlu yazıcılar sağlık, otomotiv, havacılık, savunma, mimari-yapı sektörü gibi çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. (Görçün, 2016, s. 49)

3.4. AR-GE'NİN YERİ VE ÖNEMİ

Araştırma-Geliştirme diğer adı ile Ar-Ge mevcut bilgi birikim dağarcığının yeni teknik, teknolojilerle geliştirilmesi ya da inovasyon mantığı esasında daha yeni sistem ve uygulamalar tasarlamak, yapılabilirliği, kullanılabilirliği gibi etken olguların göz önüne alındığı sistematik çalışmalar düzeninde yürütölen çalışmaların bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Ar-Ge esneklik, disiplinli ve sistematik çalışma ve süreklilik isteyen özellikle disiplinler arası çalışmanın esas alındığı ekip işi olarak da isimlendirilebilir.

Amaca yönelik ve var olan problemi çözme hedefli Ar-Ge çalışmaları bu anlamda seri ve esnek üretim için büyük önem arz etmektedir. Ar-Ge çalışmaları belirli bir amaca ve/veya probleme yönelik olarak öncelikli öngörü, gözlemlenebilir olguların temelleri kapsamındaki teorik ve deneysel çalışmaları kapsamaktadır. Mevcut çıktılarının da esas alındığı hedeflenen amaca yönelik pratik ve özgün uygulamalı araştırmalar da bunu destekler niteliktedir. Söz konusu kriterler göz önüne alındığında teorik araştırma ve deneysel prototip bazdaki çalışmalardan teknik bilgi ve tecrübelerden elde edilen çıktılar ışığında yola çıkılarak; yeni malzemeler, süreçler ve/veya teknik teknolojik uygulamalar ya da sistemdeki hali hazırdaki mevcut prosesin geliştirilmesi konusunda büyük ışık tutmaktadır. Ar-Ge çalışmalarının özü genel anlamda temel araştırma, uygulamalı araştırma, deneysel geliştirme olarak tanımlanabilir. Temel araştırma bir Ar-Ge sürecinde amaca yönelik hedefler doğrultusunda çözülmesi planlanan herhangi bir problemin ve/veya geliştirilecek herhangi bir yöntem, süreç, malzeme kapsamında mevcut bilgi birikiminin kullanıldığı teorik ve/veya deneysel çalışmaların ya da çıktılarının bütünüdür. Temel araştırma sürecini takip eden uygulamalı araştırma ise, pratik bir uygulamaya yönelik temel araştırmalar ışığında yapılan çalışmalara denilmektedir. Temel ve uygulamalı araştırmaların çıktılarının kapsamlı olarak ele alındığı özellikle çıktılarının kullanılarak hedeflenen ürün, sistem, teknik-teknoloji, malzeme veya hizmetleri yeni bir yaklaşım ile sunmaya yönelik iyileştirme ve geliştirme süreci olarak da nitelendirilmektedir. (Schwab, 2017, s. 73)

Bilim ve teknolojinin esas alındığı bir sistemde, üretim teknik ve yönteminin ve buna bağlı proseslerin geliştirilmesi, teknolojinin kaynağını oluşturan bilimi üretip geliştirebilme Ar-Ge kapsamında büyük önem arz etmektedir.

Dünya genelinde değişim ve gelişim üretime, üretim ise yenilikçi teknolojilere bağlıdır. Ekonomik değişim ve gelişiminin en itici gücü teknolojik yenilikler olmuştur. Yenilikçi teknoloji ise, yenilikçi düşünceye ve problem çözme gibi niteliklere gereksinim duymaktadır. Ülkemizde Ar-Ge çalışmalarının bir kısmı üniversite, bir kısmı kamu kuruluşları bir kısmı da özel sektör tarafından yürütülmektedir. Ayrıca ülkemizde Ar-Ge çalışmalarını teşvik eden birçok yasal düzenlemeler mevcuttur.

Bu düzenlemeler şunlardır:

1) Üniversite Ar-Ge çalışmalarına ayrılan bütçe ve üniversite sanayi işbirliğini destekleyen teşvik ve düzenlemeler.

2) Ar-Ge çalışmalarını teşvik etmek ve desteklemek, denetlemek amacı ile kurulan kamusal kuruluşlar.

3) Vergisel teşvikler.

4) Teknopark Desteği.

Dünya genelinde Ar-Ge ele alınacak olursa, kalkınmış ülkeler ve bu ülkelerin Ar-Ge ayırdıkları payın doğru orantılı olduğu bariz bir şekilde görülmektedir. Gelecekte küresel rekabette var olmak isteyen tüm şirketler için üretim sahasında çalışacak akıllı robotlar, makineler, Ar-Ge, otomasyon tabanlı sistemlerle stabil bir düzen oluşturabilmenin önemi oldukça büyüktür. (endustri40, 2018)

3.5. HIZLI, ESNEK VE ADAPTİF ÜRETİM

Teknolojide çağın gerektirdiklerine bağlı olarak meydana gelen değişim ve gelişimlerde üretim, üretim sistemleri, metot ve metot geliştirme gibi değişmesi ve paralelinde geliştirilmesi gereken parametreleri de beraberinde getirmektedir. Söz konusu durumlar da göz önüne alındığında üretim pazarı, arz-talep ve pazarın genel görünümü–geleceğini de tüketici oluşturmaktadır. Bu kapsamda tüketici tarafından talep edilen mamullerin çeşitliliğinde esneklik ve dalgalanma meydana getirmektedir. İhtiyaç doğrultusunda arzın karşılanması ve firmanın sektörel açıdan devamlılığı konusunda hız ön plana çıkmaktadır. Firmaların söz konusu durumlar karşısında devamlılığını sağlayıp ihtiyaçlara cevap verebilmesi ancak yeni ve gelişen üretim teknolojilerine uyum sağlaması ile mümkün olacaktır. Esnek üretim ağı otomasyon tabanlı ve yoğun teknolojinin kullanıldığı entegre bir sistem olarak tanımlanabilir.

Gelecek yakın zamanda akıllı üretim sistemlerinin, akıllı şehir, ev, lojistik, şebeke, cihaz unsurlarının sosyal ağlar ve e-ticaret ağlarıyla birleşmesi sonucu veriler, hizmetler, nesnelere ve bireylerin internet ortamını kullanarak kuracağı ekosistemdeki ağın önümüzdeki çeyrek asırda küresel ticaret hacminin çok büyük bir kısmını temsil edeceği öngörülmektedir. 2018 yılında sanayide 2 milyondan fazla entegre robot kullanılması planlanmaktadır. Özellikle robotik alanındaki gelişmelerin üretim sektöründe akıllı üretim sistemlerinin oluşumunu tetiklediği belirtilmektedir. Akıllı üretim sistemleri ile müşteri tercihlerine ve ihtiyaçlarına daha fazla ve hızlı cevap veren özelleşmiş, akıllı üretim, iyileştirilmiş üretim kalitesi, daha az hata ile üretim, daha az israf, yerleşen

imalat süreçleri, yenilik süreçlerinin hızlanması ve daha az kaynak kullanımı hedeflenmektedir. Başta akıllı fabrikalar olmak üzere üretim sanayindeki değer zincirlerinin duruma özel çözümler, esneklik, verimlilik ve maliyet açısından optimize edilmesini ifade eden Dördüncü Sanayi Devrimi olarak tanımlanan Endüstri 4.0'ın da temelini oluşturmaktadır. (fortuneturkey, 2017).

Esnek üretim ile gelişen ve değişen teknolojinin gerisinde kalmamak ve artan ürün yelpazesi ile orantılı talebe karşılık vermek firmanın var olduğu sektörde devamlılığını sağlamak açısından oldukça büyük önem arz etmektedir. Esnek üretim ile orantılı olarak sağlanan verimlilik hız ve kapasite artışı da en önemli sağlanabilecek ve öngörülen çıktılar arasındadır. Esnek üretimin getirisi olarak, artan ve değişen ürün/üretim yelpazesine ve bunun yanı sıra değişen teknik ve teknolojilere sağlanabilecek hızlı adaptasyonda kayda değer çıktılar arasındadır.

Otomasyon tabanlı adaptif üretim teknolojileri, insan gücü ve insan gücüne bağımlılık ve bu söz konusu durumlar kaynaklı oluşan ve oluşabilecek hataların minimize edilmesi açısından önemli durmaktadır. Seri ve karmaşık sistemlerin üretim sahasında verimli olarak kullanılması ancak bunların tek bir merkezden kontrol edilebilmesi ile mümkün gözükmektedir. Klasik üretim sistemlerinde, üretim sahasındaki herhangi bir sistem ve/veya makinanın bozulması üretimin diğer proseslerini direkt etkileyerek sektöre uğramasına neden olurken, adaptif ve birbiri ile iletişim halindeki merkez kontrolü altındaki sistemlerde söz konusu durumun onarılması ve devreden çıkarılarak iptal edilmesi ile proses sektöre uğramadan devam ettirilebilmektedir.

3.6. Örgütsel İnovasyon

Küreselleşen pazar koşullarında artan rekabet şartları altında firmalar verimliliklerini yükselterek kar oranlarını arttırmak amacıyla yeni süreçler yeni metodlar arama ve geliştirme yolunu izlemektedir. İnovasyon (yenilik-yenilikçi) da bunların başında gelen en önemli olgular arasındadır. İnovasyon teknik olarak hem bir süreci hem de bir sonucu olarak ifade edilmektedir. Başka bir deyişle sürecin ticari bir yarara dönüşme döngüsü olarak da tanımlanabilmektedir.

İnovasyonun önemi ve yerini işletme açısından ele alınırsa; bilim ve teknolojik gelişmelerin önemli yer tuttuğu bu kavramda, bilginin ekonomik, ticari bir faydaya verimliliğe ve/veya çıktıya dönüştürülmesi öncelikli konulardan kabul edilmektedir.

İşletmelerin başarısı açısından yeni yaklaşımlar, metotlar düşünmek ve üretmek, üretilen çıktıkların adaptasyonu ve olgunlaşması inovasyonun temelini oluşturmaktadır.

Birçok teorisyen inovasyonu farklı şekilde temellendirmiştir ancak yaygın olarak kabul edilen görüş Joseph A. Schumpeter'in terorisidir. Bu teoriye göre inovasyonun 5 temel şekli vardır:

- 1- Yeni ürünlerin geliştirilmesi
- 2- Yeni üretim metotları
- 3- Yeni pazarlar
- 4- Yeni hammadde kaynakları
- 5- Yeni endüstriyel örgütlenme metodları

Yeni ürünlerin geliştirilmesi temelinde farklı benzersiz veya benzeri olan fakat farklı özellikli geliştirilmiş bir ürünün ortaya çıkarılması temeli de denilmektedir. Yeni üretim metotları, farklı teknikler içerebilen verimliliği arttırıcı esasında kar oranını arttırıcı çevreye duyarlı ve sosyal yarar gözeten süreçlerdir denilebilir. Yeni pazarlar, mevcuttan farklı Pazar araştırmaları sonucunda değişen ve değişebilecek koşullar altında verimliliği arttırma esasında yapılan ve yürütülen çalışmaların bütünü şeklinde görülebilmektedir. Yeni hammadde kaynakları, değişen pazar sonuçları yeni açılan pazarlar doğrultusunda daha ucuz ve daha verimli hammadde teminini ifade etmektedir. Yeni endüstriyel örgütlenme metotları ise var olan şirketin yapısal olarak yenilikçi çalışmalarını içerir.

Sonuç olarak genel kapsamda inovasyon türleri ele alındığında bunlar; Ürün inovasyonu: Farklı bir ürün ortaya koyulması, ürüne farklı bir özellik kazandırarak geliştirilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir.

Süreç inovasyonu; üretim, sevkiyat, teslimat gibi işletmeye mal olmuş her bir proses dahilinde gerçekleşen yenilikçi çalışmalardır denilmektedir.

Pazarlama inovasyonu; ürün tasarımı, pazarlanma, tanıtım ve fiyatlandırma olgularında gerçekleşen değişimler olarak tanımlanmaktadır.

Örgütsel inovasyon; insan kaynakları stratejisinde, performans yönetimi ve dış ilişkilerinde yenilikçi süreç olarak tanımlanmaktadır.

Toplumsal inovasyon; sosyo-ekonomik çıktıkların elde edileceği yarar sağlayabilecek gelişmelerin bütününe verilen isimdir.

Bulduğumuz yüzyılın gereksinimleri, ilerleyen ve sürekli gelişen teknoloji altyapısı ile güçlü ekonomiler için inovasyon büyük önem arz etmektedir. Piyasalardaki

değişim ve dalgalanmalar, hızlı tüketim ağı, arz-talep doğrultusunda gelişen ve büyüyen ürün ağı, hızlı değişim ve küreselleşme unsurları göz önüne alındığında firmaların var olduğu sektörde devamlılıklarını sürdürebilmeleri açısından yenilikçi olmaları kaçınılmazdır.

Örgütsel düzeyde inovasyonun gerçekleşmesi ve olgunlaşması içinde inovatif bir örgüt kültürünün temel alınması, sahip olunması gerekmektedir. Söz konusu durumdaki en önemli faktör liderler ve liderlerin sahip olduğu inovatif bakış açısı olarak gösterilmektedir.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ENDÜSTRİ 4.0'ın VİTRİFİYE SANAYİNDE UYGULAMA

Uygulama, Çorum Organize Sanayi Bölgesinde bir vitrifiye üretim tesisinde, Endüstri 4.0 açısından, manuel sırlama sistemleri ile robotlu sırlama sistemleri arasındaki farkların değerlendirilerek, robotlu otomasyon sırlama sistemlerinin Endüstri 4.0 üretim sistemleri açısından değerlendirilmesidir. Firma ismi, firmanın ismini kullanılmasını izin vermediği için belirtilmemiştir.

4.1. METODOLOJİ

Seramik üretiminde ana hammaddeleri kil, kaolin, feldspat ve kuvars oluşturmaktadır. Seramik sağlık gereçleri üretiminde geleneksel üretim yöntemi döküm sistemidir. Bu sistemde sulu çamur alçı kalıplar içine dökülür, belirli bir süre içinde sulu çamurun suyu alçı tarafından emilerek çamur dış cidardan içe doğru kalınlık alır. Sürenin bitiminde emilmemiş sulu çamur geri boşaltılarak şekillendirme gerçekleştirilir.

Üretim süreci; masse hazırlama, sır hazırlama, kalıp hazırlama, kalıplama, kurutma, sırlama ve pişirme gibi aşamalardan oluşmaktadır.

Masse Hazırlama: Kil, kaolen, feldspat gibi seramik ana hammaddeleri belirli bir reçeteye göre karıştırılıp, sulu bir şekilde değirmende öğütülerek seramik çamuru elde edilir.

Sır hazırlama: Kaplama seramiğini oluşturacak kaolen, kuvars, zirkonyum gibi seramik mineralleri yine belli bir reçeteye göre kırılıp öğütüldükten sonra seramik sırı elde edilir. Renkli ürünler için sıra boya ilave edilerek sır renklendirilir.

Kalıp hazırlama: Alçı kalıpların kullanıldığı tesislerde alçı ve diğer sağlamlaştırıcı, dondurucu malzemeler karıştırılarak ürüne şekil verecek kalıp parçalarının oluşturulması işlemidir.

Kalıplama: Masse hazırlama aşamasında istenilen kıvama getirilen çamurun, farklı döküm teknolojileri kullanılarak alçı veya sentetik reçine kalıplara dökülmek suretiyle şekilli gövdenin oluşturulması işlemidir. Kalıplarda yeterli et kalınlığına ulaşan gövdenin kalıbı sökülür ve kurumaya bırakılır.

Sırlama: Kalıpta şekillendirilerek kurutulan yarı mamül gövde, sırlama

bölümünde robot veya el ile sırlanır ve tekrar kurumaya bırakılır.

Piştirme: Kuruyan sırlı yarı mamüller yaklaşık 1250 C civarında pişirilir. Fırınlardan pişmiş olarak çıkarılan ürünler kontrol edilir ve tamir edilebilir hatası olan ürünler tamir edilerek yaklaşık 1200 C sıcaklıkta ikinci kez pişirilir. Daha sonra isteğe bağlı olarak dekorlanması gereken ürünler dekorlama işleminden geçirilir ve kalite kontrole gönderilir. Kalite kontrol bölümünde sınıflandırılan ürünler mamül stok ambarlarında stoklanır. Döküm prosesinde alçı kalıplardan kademeli olarak daha hızlı ve verimli döküm olanağı sağlayan, sentetik reçine kalıplar ile döküm günden güne artmakta olup, her ürün ve modele uygulanamaması bu tip üretim için önemli bir handikaptır.

Manuel sırlama yerine simülasyonumuzda da inceleyeceğimiz üzere robotlu sırlama sistemleri günümüzde daha fazla rol almaya başlamıştır. Son aşama olan pişirim, sırlama sonrası kontrol edilen ürünlerin fırın kapasitesi çerçevesinde ortaya çıkan hesaplar neticesinde bir dizilim dahilinde fırına pişirim için yükleme gerçekleştirilir. Pişirimde de diğer seramik sanayi üretim süreçlerinde olduğu gibi gelişmeler yaşanmış buna mukabil indirekt yanma yerine direk yanma olan fırınlar tesislerde yerini alarak enerji, kapasite ve zaman tasarrufu sağlamıştır.

Kalite kontrol ardından tamire giderek yeniden kazanılan ürünler de II. Pişirim ile pazara sunulmaya hazır hale gelmektedir.

4.2. SİMÜLASYON

Seramik sağlık gereçleri yüzeylerine, ham ya da fritli sır çamurlarının, son ürüne bezeme, pürüzsüzlük, saydamlık, opaklık, matlık, mekanik mukavemet ve çizilme dayanımı gibi özellikler kazandırmak amacıyla, püskürtme, daldırma, akıtma yoluyla uygulanması işlemine denmektedir.

Püskürtme yöntemi ile sırlama, döküm sonrası kurutmaya giren ürünler %1-1,5 nem ile yarımamul haline gelmekte, yüzeyine sulu sır karışımının püskürtülerek, yüzeyde ince sır tabakası oluşturmaz. Sır, mamul üzerine pistole adı verilen özel püskürtme tabancaları ile atılır. Pistole vasıtasıyla atılan sırnın stabil kalitede yüzeyde sonuç vermesi için; pistolenin püskürtme ağız açıklığı, püskürtme basıncı, sırnın yoğunluğu, püskürtme mesafesi parametrelerine çok dikkat edilmelidir.

Püskürtme yöntemi ile sırlama manuel yada otomatik olarak gerçekleştirilebilir.

Mamullerin girintili yüzeyleri genelde el ile sırlanır.

Manuel sırlama tekniği önemli ölçüde tecrübeye dayanmaktadır. Pistole ile sırlayan kişi sırlama mamul yüzeyinin her noktasına eşit şekilde püskürtmek önemli bir beceri, pratik ve motivasyon işidir. Bu türlü hassas bir yaklaşımla sırlanmayıp, ürün yüzeyinde eşit dağılım oluşmazsa, pişirim sonrası renk tonu farklılıkları ve pinol gibi çeşitli hatalar oluşur. Başarılı sırlama için kullanılan araçlar; Boumetre: Sırlama yoğunluğunu ölçmek için kullanılır. 1litrelik dereceli silindir veya balon joje: Sırlama yoğunluğunu terazide bulmak için kullanılır. Elekler: Sırlama elemek için kullanılır. Kompresör: Basıncı hava oluşturmak için kullanılır. Pistole: Sulu sırlama, belirli bir hava basıncında püskürtülen tabancadır. Sırlama kabini: Pistole ile sırlama işleminin yapıldığı, fazla sırlama emildiği ve çekildiği kabindir. Sırlama turneti: Sırlanacak ürünün konulduğu, kendi ekseninde dönen tabladır. Karıştırıcı: Sırlama dibe çökmesini önlemek, karıştırmak için kullanılır. Samur fırça: Sırlama alanlarının sırlama tamamlamak için kullanılır. Sünger: Fırın plakasına gelen yüzeylerdeki sırlama silmek için kullanılır. Bıçak: Fazla sırlama kazımak için kullanılır. Sırlama kovası: Sırlama karıştırmak için sırlama konulan hazne.

Kullanılacak bu araç ve aparatlar mütemediyen kontrol edilmelidir.

Pistolenin kontrolü: Pistolenin ağız açıklığının kontrolü ve sırlama mesafesinin kontrolü yapılır. Kompresörün Kontrolü: Kompresörde olması gereken hava basıncı kontrolü yapılır. Turnetin Kontrolü: Turnetin dönme hızı kontrolü yapılır. Sırlama Kabinin Kontrolü: Emici fanın çalışması kontrol edilir. Püskürtme yöntemi ile sırlama adımları şu şekildedir; bu adımlar robotlu otomatik sırlama sistemlerinde de aynı şekildedir. Yarı mamulün tozu alınır. Gerekirse hafif nemlendirilir. Sırlama yoğunluğu, boumetre ile ölçülür veya litre ağırlığına bakılarak ayarlanır. Sırlama yoğunluğu, 60–65 boumetre, litre ağırlığı, 1650g/l civarında olmalıdır. Kompresörün hava basıncına bakılır. Hava basıncı, 7–8 bar olmalıdır. Pistolenin ağız açıklığı ayarlanır.

Bisküvi ürün, sırlama kabinindeki turnetin üzerine konur. Pistolenin haznesine sırlama doldurulur. Sırlama mesafesi ayarlanır. Sırlama işlemi gerçekleştirilir. Sırlama yaparken turnet belirli bir hızda döndürülür. Pistolenin püsküren sırlama, ürün yüzeyinin her yerine eşit olacak şekilde dağılması sağlanır. Sırlanan ürün masa üzerine alınır. Sırlama rötuşu yapılır. Pistolenin püsküren sırlama, ürün yüzeyinin her yerine eşit olacak şekilde dağılması sağlanır. Fırın plakasına gelen alt yüzeylerin sırlama sulu sünger ile silinir.

Manuel sırlama sistemlerinde; pistolenin ağız açıklığı iyi ayarlanmalıdır.

Pistolenin ağız açıklığı çok açık olursa, sır mamul yüzeyine sıvı hâlde ulaşacağından yüzeyde sır akmaları gözlenebilir. Pistolenin ağız açıklığı az olursa sır ürüne ulaşmaz.

Sırlama yaparken pistoleden püsküren sırnın, ürün yüzeyinin her yerine eşit olacak şekilde dağılması sağlanmalıdır. Dağılım eşit olmazsa pişirim sonrası renk tonu farklılıkları gözlenir veya sır toplanmaları oluşur.

Sırın kıvamı iyi ayarlanmalıdır. Sır çok akışkan olursa mamul üzerinde sır akmaları oluşabilir. Sır viskoz olursa, pistle ile püskürtme sırasında tıkanmalar ortaya çıkabilir. Sırlama sonrası fırın plakasına gelen alt yüzeylerin sırsız sulu sünger ile silinir. Silinmezse pişirim sonrası buradaki sır pişirim plakasına yapışır. Ürünleri sırlama işlemine hazırlayarak tekniğine uygun püskürtme yöntemi ile hatasız olarak sırlamak gerekir.

Tüm bu parametrelere her noktada hassas yaklaşılarak her adım ilgili sırlamacı ve departman sorumlusu ve hatta tesiste mevcutsa laboratuvar tarafından kontrol edilmeli buna göre arşivlenerek hammadde planlamasına göre düzenlemeler yapılması gerekmektedir.

Robotlu sırlama sistemlerinde ise yukarıda bahsedilen tüm bu aşamalar otomatik olarak yapılmakta, sırnın henüz pistoleden çıkmadan önce yoğunluğu kontrol edilebilmekte, püskürtme mesafesi ve açıklığı ürüne göre tavır alabilmektedir.

Manuel sırlama sistemlerinde kalifiye bir sırlamacının yetişmesi neredeyse altı ay gibi bir süre alırken robotlu sırlama sistemlerinde bu sistem bir kez öğretilme ile hedefe ulaşılmaktadır.

İşçi sağlığı için de önemli bir sorun teşkil eden seramik sağlık gereçlerine ait bu adım robotlu sırlama sistemleri aracılığı ile sorunların minimize edilmesini sağlamaktadır. İnsan gücüne bağlı sırlamanın diğer bir zorluğu yaklaşık sekiz saat boyunca pistle tutma işlemi nedeniyle yorulmalara neden olmakta, bu da ürün yüzeyinde zaman zaman renk farkı hatalarının oluşmasına neden olmaktadır. Bazı noktalarda erken teşhis konulamayıp devam edilen sırlamalarda önemli maddi ve zaman kayıplarına yol açmaktadır.

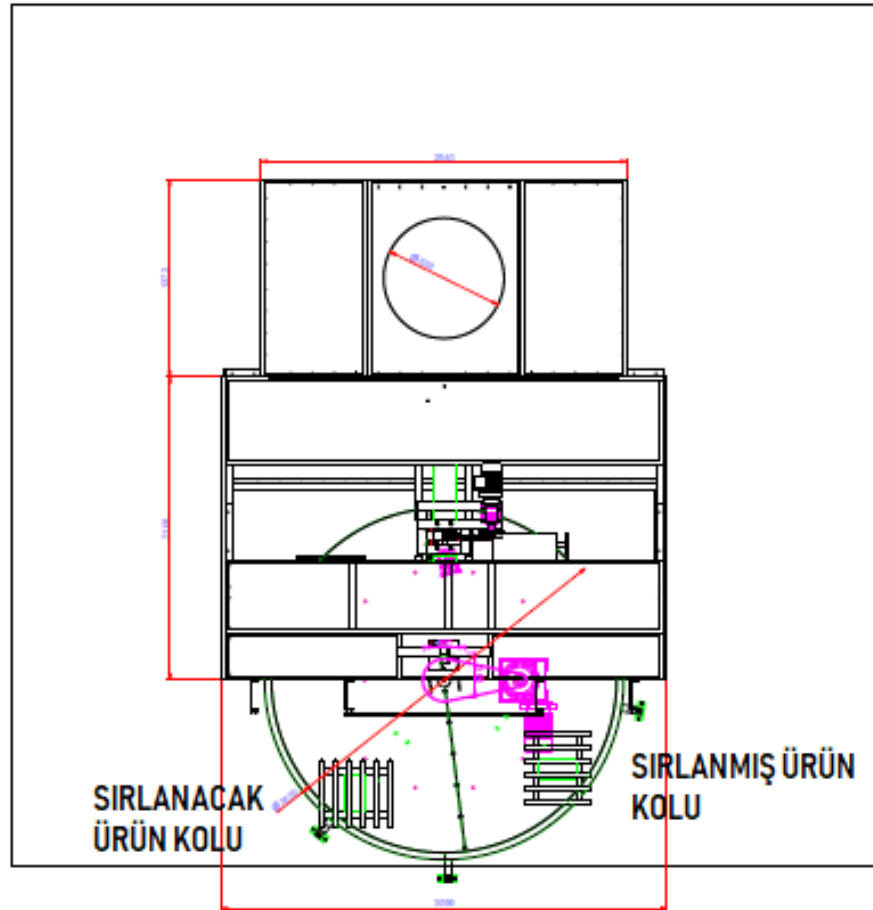
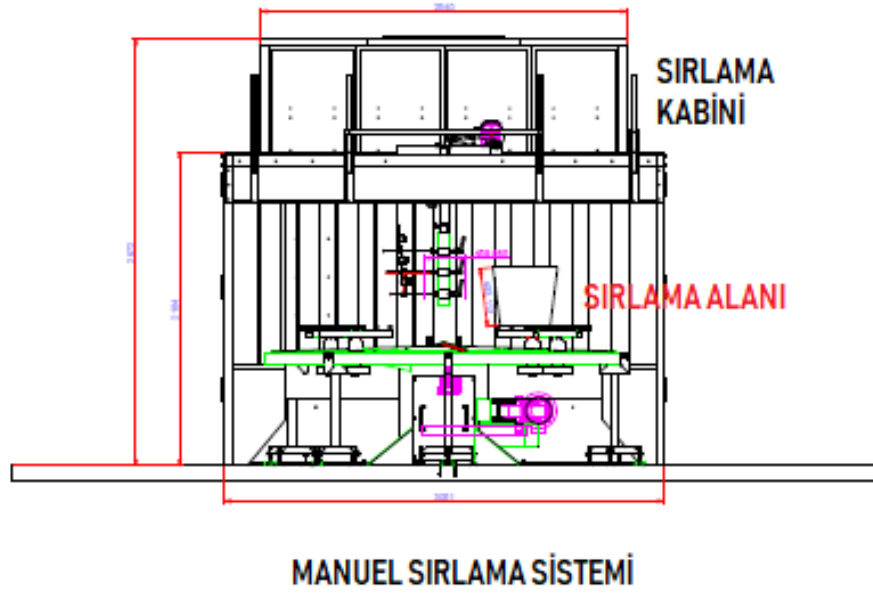
Püskürtme yöntemi ile sırlamada, sırnın ürün yüzeyi üzerinde, homojen bir dağılım göstermesi amacıyla dik ve yatay yüzeylerde sırlama hareketleriyle yapılması gerekmektedir, manuel yapılan bu hareketlerde sabit çizgi veya eğri devamlılığı motivasyon ve güç kayıplarına bağlı olduğu için hatalar artmaktadır.

Robotlu otomatik sırlama sistemlerinde ise otomatik çalışan robot kolları ile bu

işlem yapılmakta, yazılım vasıtasıyla verilen emirler harfiyen yerine getirilmektedir.

Rötuştan önce 3D programları üzerinde modelleme işlemi ya da elle tarama yöntemi ile 3D haritası çıkarılan ürün yine tamamlayıcı programlar aracılığı ile sırlama işlemi simüle edilir. Bu işleme Ürün Öğretme işlemi de denir.

Ürün çeşit ya da modelinden bağımsız olarak; yarı mamul rötuş işleminden sonra yükleyici işgörenin ürünü robotlu sırlama sistemine ulaşması amacıyla konveyör banta yüklemesi ile sırlama süreci başlar. Konveyör bant kapasitesine bağlı olarak yüklenen lavabo, klozet, hela taşı yükleyici işgörenin elektronik bir panelde ilgili kodu işaretlemesi ile adım adım sırlama kabini üzerinde bulunan turnetlere ilerlemesini sürdürür. Kabin üzerinde bulunan iki elden bir tanesinde sırlama devam ederken diğer elde sırlama sırasını bekleyen ürün yada ürünler bulunmaktadır. Bu ellere ürün manipülatör vasıtasıyla yüklenmektedir. Aynı zamanda sırlanan ürünler de yine aynı manipülatörün ters yönlü hareketi sonrası fırın arabalarına doğru uzanan konveyöre yüklenir. Kabin üzerinde 180 derecelik hareketlerle sırlama robot kolunun önüne gelen ürünler sırlama sürelerinin bitimiyle yine yapacağı 180 derecelik hareketle fırın arabası öncesi konveyöre yüklenmek üzere taşınmaya devam eder. Bu aşamada insan eli değmemekte ancak fırın arabalarına yüklenecek ürünün dip silmesi fırın arabası yükleyicisinin hafif bir hareketliyle tamamlanıp, fırın arabasına yüklenmekte pişirim için aracın dolması ile hazır hale gelmektedir.

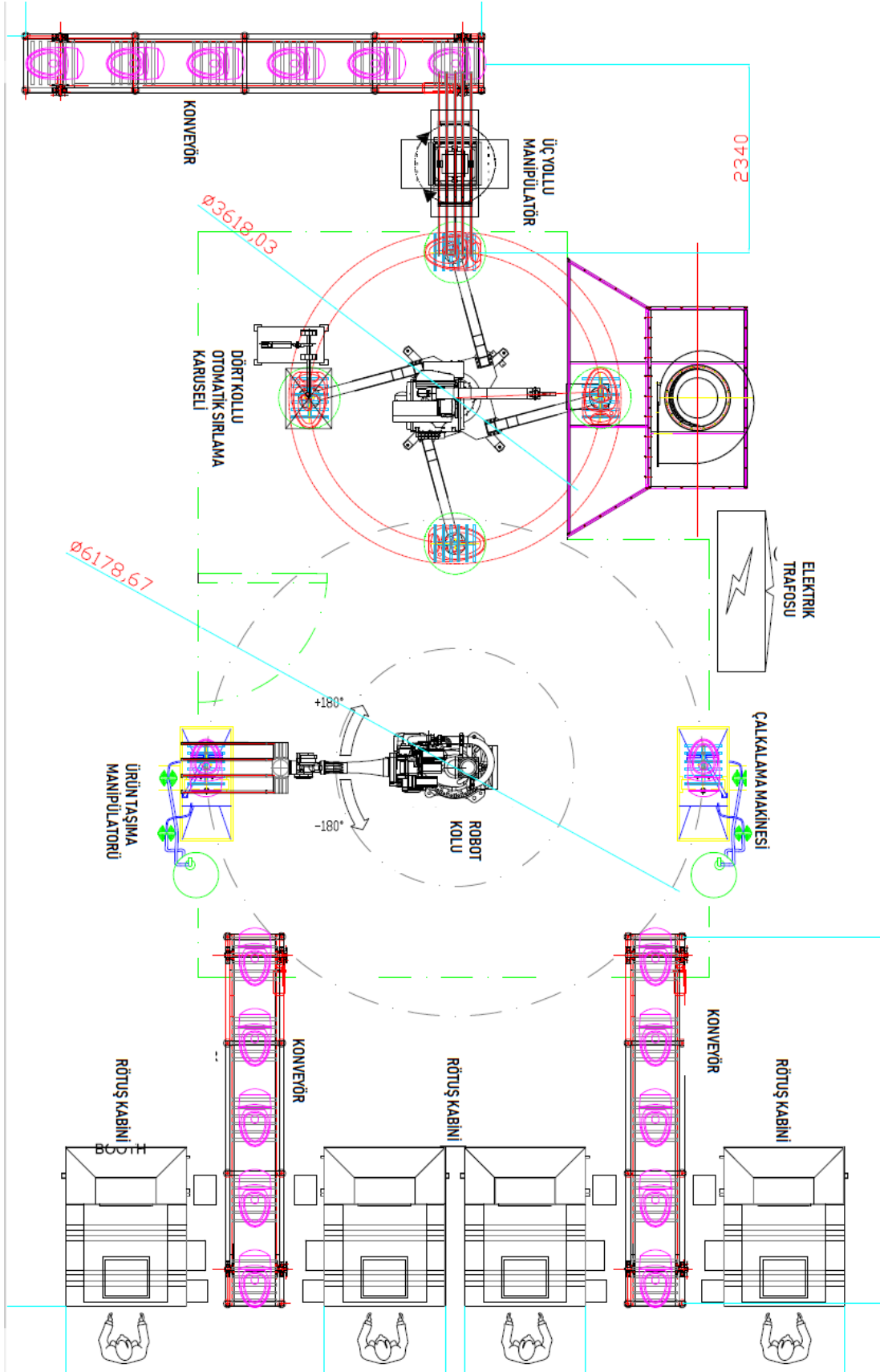


Şekil 1.1. Manuel Sırlama Sistemleri

4.3. ÜRÜNÜN ENDÜSTRİYEL İNTERNETİ VE KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLAN ÜRETİM DESTEK SİSTEMİ

İki konveyör bant, bir manipülâtör, üç kollu turnet ve robot kolundan oluşan sistem ürünler yüklenirken, yükleyici işgörenin ilgili kodu elektronik panelde işaretlemesi ile insandan bağımsız sırlama noktasına ve ardından fırın arabasına ilerleyen ürün. Yükleme sırasına göre manipülâtöre doğru ilerler, sırası gelen ürün diğer eldeki ürün sırlanırken manipülâtör marifetiyle sırlama öncesi son adım için önündeki ürünlerin sırlamasını beklemektedir.

Robot kolu ölçümleri neticesinde sır yoğunluğunda, hava basıncı sorunsuz olarak ilgili ürünün öğretiler çerçevesinde sırlamasını bitirir ve kendisini geri çekip, iğnesini temizleyerek diğer ürün için hazırlandığı bilgisini turnete vermiş olur. Turnet sırlanan ürünler sırlanmayı bekleyen ürünün yerini değiştirir, robot kolu tüm parametrelerden emin olduğu halde yeni sırlama sürecine başlar. Turnet hareketini bitirdiğinde pozisyonlanma aralık verileri daha önceden belirlenmiş ürün hassas taşıma için servo motorlarla çalışan manipülâtörle alınarak fırın arabasına yükleme işlemini gerçekleştirir. Bu sırada boşalan turnet kolunu sırlama için bekleyen ürünle doldurmak üzere manipülâtör sırlanacak ürün, robot kolu etrafında döndürülerek kabinde sırlanmak için yerini almaktadır. Sırlamanın bittiği bilgisini alan hareketli konveyöre doğru ilerler ve bantların üzerinden sırlanacak ürünü alarak 90 derece yönlü hareket ve yükleme işlemi süreci sonlandırır, sırlama bitene kadar döngüye devam ettirmek üzere pozisyonunu alır bekler.



Şekil 1.2. Tam Otomatik Robotlu Sırlama Sistemleri

4.4. SİMÜLASYON SONUCU

Manuel sistemlerde rötuşçu, sırlamacı, sır sonrası rötuşçu ve araba yükleyici olmak üzere dört işgören gerekirken, otomatik sırlama sistemlerinde bu sayı yarı mamul rötuşçusu ve araba yükleyicisi olarak ikiye düşmektedir. Sır değerleri otomatik olarak devamlı kontrol edilmektedir. Robot kolu ya da konveyör bant sistemlerinde temel bakımları zamanında yapıldığı sürece herhangi bir hata gözlemlenmezken, manuel sırlamada işin fiziksel zorluğu ve ilgili adımların dışarı bağımlı olması nedeniyle hatalarla daha sık karşılaşılmaktadır.

Yapılan işlerin sürekliliği adetlere de yansımakta, robotlu sırlama sisteminde ortalama 220 ürün / mesai (sekiz saat) sırlanırken bu rakam manuel sistemlerde 150 – 160 civarlarında gerçekleşmektedir. Diğer yandan pistole, iğne, manipülatör gibi ekipmanların bakımları sürecin içerisine otomatik dahil edildiğinden, ürün kullanım süreleri – işlem sayıları da artmaktadır.

4.5. BULGULAR

Metodolojisi yerinde incelenen gelişmiş ülkelerde giderek üretimden kalkan ya da tüm adımları otomasyona bağlanan vitrifiye üretimi için ürün kalitesinde sırlama sistemleri çok önemli bir yerde durmaktadır. Diğer bir ifade ile üretim prosesi adımlarındaki her bir geçiş, nihai ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir.

Üretim süreci esnasında yapılan etüt çalışmalarında tespit edilen hususlardan bazıları şu şekildedir;

Manuel sırlama yapan kabinlerde görev alan bir sırlama işgöreni yaklaşık, farklı ölçü ve ebatlarda karma ürün portföyü (klozet, lavabo, ayak, hela taşı vs.) dikkate alındığında, 150 – 160 civarı ürün sırlamaktadır.

Sekiz saatlik mesai saatleri içerisinde gerçekleştirilen bu adetlerde sırlama başarı oranı %90 civarındadır. Bu verimlilik oranı da genel verimlilik oranı içerisinde ciddi bir önem arz ederken, fabrika verimliliğini %5'lere kadar etkilemektedir. Bir vitrifiye işletmesi için bu türlü bir verimsiz aşama maliyetler açısından çok önemli bir faktör olup, gerek geri dönüşümünün yapılabilme durumu ve yapılamıyorsa bertaraf etme maliyetleri, şirketlerin karlılığını da direkt olarak etkilemektedir.

Buna karşın robotlu sırlama sistemlerinde yine farklı ebat ve ölçülerdeki ürün portföyü dikkate alındığında ortalamanın 200 – 220 civarında olduğu etüt edilmektedir. Bununda yanında sırdaki değerler otomatik kontrole tabi tutulduğundan sırla ilgili hatalar işlem başlamadan tespit edilmektedir. Dolayısıyla erken müdahale imkânı vermekte bu şekilde de verimsizliğin önüne geçilebilmekte, akma, pinol ve renk farkı sorunları ile daha az karşılaşmaktadır. Robotlu sırlama sistemlerinde verimlilik oranı yaklaşık % 98 civarındadır, bu da genel verimliliği çok daha az etkilemektedir. Maliyetler ve karlılık da buna mukabil sırlama etkisi bakımından optimize edilmiş olur.

Diğer bir tarafı olan makine ekipman yatırım maliyetlerini dikkate alacak olursak, manuel sırlama sistemlerinin işleme hazır maliyeti yaklaşık 180.000 TL civarı iken bakım maliyetleri ve işgören maliyeti ile birlikte bu rakamlar daha da artış göstermektedir.

Robotlu sırlama maliyetlerinde ise bu maliyetler bakım maliyeti ve işgören maliyeti daha düşük olup, yaklaşık 1.000.000 TL civarında olmaktadır. İşgören maliyeti, verimlilik, istikrar ve bakım maliyetleri dolayısıyla amortisman süreci manuel sırlama sistemlerindeki işgören ihtiyacını da göz önüne alırsak çok daha erken olduğunu görebiliyoruz.

Süreç izleme aşamasında görüldüğü üzere ağır sanayi kollarından biri olarak addedilen vitrifiye sanayinde önümüzdeki senelerde, özellikle de oluşabilecek sağlık problemleri ve kalifiye işgören bulma ve sürekliliğini sağlama hedeflerinin yakalanması gayesiyle robotlu otomatik sırlama sistemlerinin manuel sırlama sistemlerinin yerini alması beklenmekte sadece ülkemizde değil, vitrifiye üretici ülkelerde de bu eğilimin artacağı görülebilmektedir.

Yukarıda açıklanan durum Tablo 1 de görülebilmektedir.

TABLO 1.1 – MANUEL SIRLAMA SİSTEMLERİ VE OTOMATİK ROBOTLU SIRLAMA SİSTEMLERİ

Manuel Sırlama Sistemi ve Robotlu Otomatik Sırlama Sistemleri Karşılaştırması											
	Yatırım Maliyeti	Ortalama Ürün Adeti/Mesai	Makine ve Ekipman Maliyeti	Personel Sayısı	Sağlık Faktörü	Otomasyona Etkisi	Yıllık Bakım Sayısı	Bakım Maliyeti	Verimlilik Oranı	Sabit Gider	Birim Maliyet
Manuel Sırlama	178.750,00 ₺	155	0,11	1,2962963	5	2	6	0,0074074	90%	0,0296296	14,392593
Robotlu Otomatik Sırlama	965.250,00 ₺	210	0,0635556	0,4166667	1	5	3	0,0333333	98%	0,0222222	2,6788889

* Sağlık Faktörü 1 - 5 arasında 1 en olumsuz 5 en olumlu şeklinde puanlandırılmıştır

*Otomasyona Etkisi 1 - 5 arasında 1 en olumsuz 5 en olumlu şeklinde puanlandırılmıştır

*Yıllık Bakım Sayısı

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Endüstri 4.0 ile birlikte akıllanacak olan fabrikalarda otomasyon süreçlerinin çok önemli katkısı ile tesisteki mevcut makine, ekipman ve/veya cihazlar birbirleriyle haberleşerek üretim işlemlerini kendi içlerinde belirleyip, oluşabilecek aksilikleri ilgili olan cihaza iletebilecek hale gelecekler, bu da üretim planlamasında günlük aktiviteler noktasında düzenleyici ve hatta planlayıcı roller üstlenecekleri anlamına gelmekte öyle ki üretimin herhangi bir aşamasında tedarik ihtiyacı halinde ortaya çıkacak sıkıntıyı gerekli kaynak siparişini otomatik olarak vererek, oluşabilecek dar boğazların önüne geçebilecek tesisler ortaya çıkması yakındır diyebiliriz.

Siber-Fiziksel Sistemler, sadece üretimde değil, Satış - Pazarlama, Araştırma - Geliştirme, Tasarım gibi işletmelerin kritik birimlerinde de önemli farklar çıkmasına imkan verecek. Yatırım yapılacak bir imalat tesisi henüz bina edilmeden simule edilerek gerekli olan tüm hesaplar yapılabilecek, neredeyse tüm süreçlerin kapsam ve maliyetlerini ortaya çıkarabilecek. Siber-Fiziksel Sistemlerin bu bağlamda Endüstri 4.0'ın henüz günümüzde tahayyül dahi edilemeyen çözümlerin ve verimlilik odaklı üretim tesislerinin ortaya çıkmasında, etkili kaynak kullanımının artırılmasında yarının zeminini sunduğunu söyleyebiliriz.

Bu süreçlere profesyonelleşerek kademeli olarak; ERP (Enterprise Resource Planning) ERP'nin açılımı kurumsal kaynak planlaması anlamına gelir. Organizasyonlar tarafından muhasebe, satın alma, proje yönetimi ve üretim gibi günlük iş faaliyetlerini yönetmek üzere kullanılan sistemler ve yazılım paketleridir, MRP (Material Requirement Planning) Malzeme İhtiyaç Planlaması, üretim planlama ve envanter kontrol faaliyetlerini gerçekleştiren bilgisayar destekli uygulama, MRP II Üretim Kaynakları Planlaması (Manufacturing Resource Planning) bir imalat firmasının tüm kaynaklarının etkin olarak planlanması için kullanılan uygulamalar gibi üreticiler için çok önemli yazılımsal araçlar olan bu sistemleri kullanıyor, ekibi ve ekipmanı bu başlıklara aşina ise Endüstri 4.0 sürecine geçişte önemli avantajlar elde etmiş olacaktır.

Bununla birlikte önemli bir ayağı olan, gelecekteki fabrikaların daha ekonomik, esnek ve çevik veri yönetimi elde etmesini sağlayan Bulut Bilişim, donanım hizmeti amaçlı **IaaS** (Infrastructure as a Service), değişen ve gelişen süreçlerle ilgili iyileştirmelerin, düzeltmelerin yapılabileceği ortamı sağlayan **PaaS** (Platform as a Service) ve sunucular tarafından yazılım hizmetlerinin anlık olarak kullanılma imkanı sunan **SaaS** (Software as a Service) gibi üç model içeren bir hizmet ağını firmalara sunmuş olacak. İhtiyaca göre tercih edilebilecek ya da tamamını kullanması için bu araçları işletmelerin hizmetine verecek. Yatırım maliyetlerini ve operasyon maliyetlerini düşürecek olan bu uygulamalar orta ve uzun vadede üretim tesislerinin, direkt ilgili yada indirekt ilgili servislerin dolayısıyla insanların birbirine bağlanmasını beraberinde getirecek. Günümüzdeki önemli faydası ise sorumlulukların hizmet sağlayıcılarına teslim edilerek, firmaların stratejik adımlara daha fazla mesai harcayabilmesinde işletmelere destek oluyor. İlk günden beri tartışıla gelen Bulut Bilişim için güvenlik başlığı, Endüstri 4.0'ın rol aldığı yeni bakış açısı ve geliştirmelerle firmalara ve kamu kuruluşlarına süreçlerinde yardımcı olmakta ve çözümler üretmektedir.

Endüstri 4.0 ile hızla gelişen teknolojiyi yakalamak hemen her sektörde olduğu gibi vitrifiye sanayinde ya da teknik adıyla Seramik Sağlık Gereçleri sektöründe de büyük önem arz etmektedir. Bulunulan şartlar ışığında kalifiye eleman bulmak, yetiştirmek, elde tutmak her geçen gün zorlaşmaktadır. Bunun yanında verimliliği direkt etkileyen faktörlerin en başında insani hatalar gelmektedir. Vitrifiye sektöründe, çamur ve sıra hazırlık sonrasında döküm akabinde yarı mamul kurutma, sırlama ve pişirim süreçlerine kadar insansız takip edilen süreçlerin tasarlanması ve yönetilmesi mümkündür. Ancak bu noktada da bu süreçleri yönetebilecek çift taraflı, vitrifiye ve bilişim teknolojileri, bilgi birikime sahip eleman yetiştirilmemiş olması ülkemiz açısından önemli bir eksik olup, bu sadece vitrifiye sektörü için değil ne yazık ki tüm sektörler için geçerlidir. Neyse ki bu işteki eğitim adımları ile ilgili son dönemde hassas çalışmalar yapılmaya başlanmış olup, Dijital Operasyon Yöneticileri sıfatıyla mezun olunacak, eğitim imkanları günümüz gençlerine sunulacaktır.

Vitrifiye sektöründe şu an için sadece bir aşamasında incelemiş olduğumuz Endüstri 4.0 prensiplerine uygun, Robotlu Sırlama Sistemleri ile üretim tesislerinin maliyetler ve faaliyetlerindeki kontrol edilebilirlik noktasında ne denli önemli avantajlar edinildiğini görebilmekteyiz.

Burada vitrifiye sektörü ve diğer iş kollarındaki üreticilerin çoğu, üretim mentalitesindeki gelişmelerden uzak kaldığı gibi bu konuya uzak ve yabancı kalmamalarını şiddetle tavsiye etmekteyim. Gerek iç piyasa üretim koşulları gerekse dış piyasa da rekabet koşulları akıllı fabrikaları alınabilecek en akıllı önlem olarak önümüze çıkarmaktadır.

Bu noktada hükümetler ve işveren kurumların yakın çalışarak detayları ince ince belirlenmiş bir program dahilinde projeksiyon oluşturmaları sadece şirketler için değil ülke menfaatleri açısından kritik önem arz etmektedir. Oluşturulacak eylem planının bu konuda yetişmiş ve kendini yetiştirmeye devam edecek zihniyette kişi ve kurumlarca yürütülmesi gerekliliği olmazsa olmazdır. Endüstri 4.0 sürecinin bir birikiminin sonucu olarak ortaya çıktığı malumumuzdur ancak sonrası için durağan bir yapıya sahip olmayan bu süreç hem kollektif bir yaklaşımı hem de ilerici bir bakış açısını mecbur kılmaktadır.

Sonuç olarak Firmaların rekabetçi gücünü artırması ve koruması, var olduğu sektörde devamlılığını sürdürebilmesi için de oldukça önemlidir. Geleneksel teknolojilerin yerini adaptif ve otomasyon tabanlı teknolojilerin aldığı günümüzde bu gibi Ar-Ge tabanlı çalışmaların çıktıları da yeni fikirlere olduğu gibi hi-tech (ileri teknoloji) tabanlı sistemlere ışık tutmakta ve gelecek sağlamaktadır.

Bu gibi teknolojilerin tesislere uyarlanması gelişmekte olan ülkeler için önemli teknoloji alışverişi imkanı doğurmakta, gelişen ve verimliliği artan tesislerle pazara daha iyi hizmet vererek pazar payının da artmasında fayda sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Akeson, Linus. 2016, *Industry 4.0 Cyber-Physical Systems and their impact on Business Models*, Karlstad University, Master Thesis.

Alexandre da Silva Correia, Miguel. 2014, *Industrie 4.0 Framework, Challenges and Perspectives*, Faculty of Engineering Hochschule RheinMain, University of Applied Science, Master Thesis.

automationworld. 2016, ‘*Siemens Positions Itself as an Industry 4.0 Example*’
Kaynak: <https://www.automationworld.com/siemens-positions-itself-industry-40-example>, (Erişim Tarihi: 3 Nisan 2018).

Balasingham, Kajanth, 2016, *Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies*, University of Twente, Master Thesis.

Banger, Gürcan. 2017, *Endüstri 4.0 – Ekstra*, Ankara: dorlion Yayıncılık.

boschrexroth, 2017, ‘*Smart Factory - The Next Generation of Manufacturing*’
Kaynak: <https://www.boschrexroth.com/en/gb/trends-and-topics/industry-4-0/homburg-case-study/homburg-case-study-8>, (Erişim Tarihi: 8 Nisan 2018).

cdn.endüstri40, 2017, ‘*Endüstri 4.0 Yolunca*’ Kaynak:
http://cdn.endustri40.com/file/ab05aaa7695b45c5a6477b6fc06f3645/Endüstri_4.0_Yolu_nda.pdf, (Erişim Tarihi: 3 Ocak 2018).

cgi, 2016, ‘*Industry 4.0 Making your business more compotitive*’ Kaynak:
https://www.cgi.com/sites/default/files/white-papers/manufacturing_industry-4_white-paper.pdf, (Erişim Tarihi: 8 Nisan 2018).

clickon 2017, “*Endüstri Bilişim Ortaklığı*”, Kaynak:
<http://clickon.com.tr/endustri-4-0-4-sanayi-devrimi-mi.html>, (Erişim Tarihi: 18 Ekim 2017).

Del Mar Rodriguez Masdefiol, Maria. Stävmo, Fanny. 2016, *Industry 4.0 – Only designed to fit the German automotive industry? A multiple case study on the feasibility of Industry 4.0 to Swedish SMEs*, Jönköping University, Ph.D Thesis.

deloitte, 2017, ‘*Industry 4.0 Challenges and Solutions for the digital transformation and use of exponantial technologies*’ Kaynak:
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>, (Erişim Tarihi: 6 Nisan 2018).

donanimgunlugu.com, 2015, ‘*Teknoloji Dikkat Süresini Düşürdü*’ Kaynak:
<https://donanimgunlugu.com/teknoloji-dikkat-suresini-dusurdu-70440>

marmarasosyaldergi.org, 2017, ‘*Teknolojiye Dayalı Sanayileşme: Sanayi 4.0 ve Türkiye Üzerine Düşünceler*’ Kaynak:

endustri40, 2018 ‘*SaaS, PaaS, IaaS Arasındaki Farklar Nelerdir?*’ Kaynak:
<https://www.endustri40.com/bulut-bilgi-islem-iaas-paas-saas/> (Erişim Tarihi: 26 Haziran 2018)

endustri40, 2018 ‘*Endüstri 4.0 ile Geleceğe Bakış ve Beklentiler*’ Kaynak:
<https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-gelecege-bakis-ve-beklentiler/> (Erişim Tarihi: 22 Mayıs 2018)

engineering. 2016, ‘*5 Examples of How the Industrial Internet of Things is Changing Manufacturing*’ Kaynak:
<https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/13321/5-Examples-of-How-the-Industrial-Internet-of-Things-is-Changing-Manufacturing.aspx>, (Erişim Tarihi: 01 Şubat 2018).

etikzirvesi. 2017, ‘*Sular Çekildikten Sonra*’ Kaynak:
http://www.etikzirvesi.com/wp-content/uploads/2017/06/TEID-Etik-Zirvesi-2017-Murad-Semercioglu_1.01.pdf, (Erişim Tarihi: 03 Mart 2018).

fortuneTurkey 2017, “*Hızlı, Esnek ve Adaptif Yönetim*”, Kaynak:
<http://www.fortuneturkey.com>, (Erişim Tarihi: 19 Ekim 2017).

Görçün Ömer Faruk. 2016, *Dördüncü Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0*, İstanbul: beta Yayınları.

haber.tobb. 2016, ‘*Akıllı Fabrikalar Geliyor*’ Kaynak:
http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf, (Erişim Tarihi: 06 Mart 2018).

Industry4Magazine. 2017 ‘*The Beginners Guide To The Industry 4.0*’, Kaynak:
<https://industry4magazine.com/the-beginners-guide-to-the-industry-4-0-f45b93a95649>, (Erişim Tarihi: 3 Mart 2017) .

inovasyon. 2015, ‘*Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek !*’ Kaynak:
http://www.inovasyon.org/pdf/EBSO.Sanayi-4.0_Raporu.Ekim.2015.pdf, (Erişim Tarihi: 06 Mart 2018).

i-scoop. 2017, '*Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0*' Kaynak: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>, (Erişim Tarihi: 06 Mart 2018).

http://www.marmarasosyaldergi.org/makale/sayi11_haziran_2017_4.pdf

matematiksel. 2017, "Robot ve Akıllı Makinelerin 4,0'daki Yeri", Kaynak: <http://www.matematiksel.org/4-sanayi-devrimi-akilli-fabrika-donemi/>, (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2017).

mckinsey. 2017 '*Manufacturing's next act*', Kaynak: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act> (Erişim Tarihi: 6 Mart 2017) .

Özdoğan Ogan. 2017, *Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları: Endüstri 4.0*, Ankara: pusula Yayıncılık.

pac-online, 2016, '*Patterns in Industry 4.0 Use Cases - Market InBrief – Germany*' Kaynak: <https://www.pac-online.com/patterns-industry-40-use-cases-market-inbrief-germany>, (Erişim Tarihi: 4 Nisan 2018).

proente, 2018, '*Endüstri 4.0'in Gelişiminde Dijital Fabrikalar ve Dijital Üretim*' Kaynak: <http://proente.com/endustri-4-0-ve-dijital-uretim/> , (Erişim Tarihi: 3 Ocak 2018).

proente, 2018 '*Endüstri 4.0 ve Üretim Yönetim Sistemi*' Kaynak: <http://proente.com/uretim-yonetim-sistemi/>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018).

proente, 2018, '*Endüstri 4.0 Sanayi Devrimi ve 2018*' Kaynak: <http://proente.com/uretim-yonetim-sistemi/>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018).

proente, 2018, '*Endüstri 4.0'in Etkileri, Pozitif Yönleri, Zorlukları ve Sonuçları*' Kaynak: <http://proente.com/uretim-yonetim-sistemi/>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018).

proente, 2018, '*Endüstri 4.0 İle Gelen Değişimler ve Genetik Bilimi*' Kaynak: <http://proente.com/uretim-yonetim-sistemi/>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018).

proente, 2018, '*Endüstri 4.0 ve Depo Yönetimi İçin Getirdiği Yenilikler*' Kaynak: <http://proente.com/uretim-yonetim-sistemi/>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2018).

richtopia, 2017, '*Industry 4.0 in Southeast Asia*', Kaynak: <https://richtopia.com/emerging-technologies/industry-4-0-southeast-asia>, (Erişim Tarihi: 3 Nisan 2018).

Schwab, Klaus. 2016, *Dördüncü Sanayi Devrimi*, Çev. Zülfi Dicleli, İstanbul: Optimis Yayınları.

Sclötzer, Fabian. 2015, *The Dynamics of the Digitalization and its implications for companies' future Enterprise Risk Management systems and organizational structures*, Copenhagen Business School, Master Thesis.

tandfonline, 2017, '*Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal*' Kaynak: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2017.1308576>, Erişim Tarihi: 2 Şubat 2018).

techradar.pro, 2018 '*What is the Industry 4.0 ? Everything you need to know*' Kaynak:<https://www.techradar.com/news/what-is-industry-40-everything-you-need-to-know> (Erişim Tarihi: 21 Şubat 2018).

weidmüller, 2017 '*Technological trends and practical examples of Industry 4.0*' Kaynak: <http://www.weidmueller.com/int/corporate/news/technological-trends-and-practical-examples-of-industry-4-0>, (Erişim Tarihi: 4 Nisan 2018) .

