İZMİR BAKIRÇAY ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ A.B.D.

ENDÜSTRİ 4.0 ÇAĞINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDAKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kaya Bulut SOYDAN

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tarkan AKDERYA

Haziran 2022

ENDÜSTRİ 4.0 ÇAĞINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDAKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER

Yüksek Lisans Tezi

Kaya Bulut SOYDAN

İzmir 2022

ENDÜSTRİ 4.0 ÇAĞINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDAKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER

Kaya Bulut SOYDAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tarkan AKDERYA

İzmir

İzmir Bakırçay Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Haziran 2022

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim dalında öğrenim görmekte olan Kaya Bulut SOYDAN'ın "Endüstri 4.0 Çağında İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarındaki Teknolojik Gelişmeler" başlıklı tezi 12/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, Anabilim dalında Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**Unvanı Adı Soyadı**	**İmza**
Üye (Tez Danışmanı)	Dr. Öğr. Üyesi Tarkan AKDERYA	
Üye	Doç. Dr. Haşim Özgür TABAKOĞLU	
Üye	Prof. Dr. Mehmet ÇEVİK	
Üye		
Üye		

Prof. Dr. Serkan ÇINARLI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0 ÇAĞINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDAKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER

Kaya Bulut SOYDAN

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Haziran 2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tarkan AKDERYA

Bu araştırmanın amacı tüm dünyayı etkisi altına alan dijital dönüşüm çağının iş sağlığı ve güvenliği alanında ortaya çıkaracağı yenilikleri ele alarak kullanım alanlarına göre bu yeniliklerin getirilerini sunmak ve Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmeleri belirlemektir. Yazılım ve programlama, simülasyon ve artırılmış gerçeklik (AR), nesnelerin interneti ve Endüstri 4.0 akıllı üretim, Endüstri 4.0 tasarım prensibi, Endüstri 4.0'ın temel kavram ve terimleri, büyük veride bulut hesaplama, simülasyon, siber fiziksel sistemler, Endüstri 4.0 iş profili ve yeterlikleri, giyilebilir sensörler, giyilebilir yeni nesil sensörler, Endüstri 4.0 ve İSG uygulamalarında makine bağlantılı iletişim sistemi ve yeni nesil kobot ile yapay zeka tasarımlar, süreçler, operasyonlar ve hizmetlerle ilgili ürünler ve üretim sistemleri temel bileşenlerdir. Dünyada artan iş kazalarının altında yatan ilk ve en büyük neden çalışanların elverişsiz koşullarıdır. Bu koşullar arasına işçi, makine ve iş yerinden kaynaklanan faktörler girmektedir. Endüstri 4.0 çağında ortaya çıkan akıllı fabrikalar ile üretimde insan faktörünün en aza indirileceği, bu nedenle de gelişen teknolojilerin iş kazalarını azaltacağı öngörülmektedir. Bu öngörüden hareketle bu çalışmada, daha önce yapılan araştırmalardan yararlanılmış, iş sağlığı ve güvenliği alanına entegre edilen, iş kazalarını önlemek amacıyla kullanılan en güncel teknolojilerin tanıtılması, bu teknolojik gelişmelerin avantajları ve dezavantajları ele alınarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Endüstri 4.0, İş Sağlığı ve Güvenliği, Bulut Hesaplama, Giyilebilir Sensörler, Yazılım ve Programlama, Nesnelerin İnterneti

ABSTRACT

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY APPLICATIONS IN THE AGE OF INDUSTRY 4.0

Kaya Bulut SOYDAN

Department of Occupational Health and Safety

İzmir Bakırçay University, Graduate Education Institute, June 2022

Supervisor: Assistant Professor Tarkan AKDERYA

The purpose of this study the age of digital transformation, which affects the whole world of innovation which have emerged in the field of Occupational Health and safety according to use and deliver this innovation by taking the benefits of technological developments in occupational health and safety practices in the age of Industry 4.0 is to identify. Software and programming, simulation and augmented reality (AR), Internet of things "the Internet of Things, (IoT), Industry 4.0 and Smart Manufacturing, Industry 4.0 design principles, basic terms and concepts of Industry 4.0, Big Data, Cloud Computing, simulation, cyber physical systems, Industry 4.0 business profile and competencies, wearable sensors, a new generation of wearable sensors, Industry 4.0 and OHS applications, the new generation of artificial intelligence and machine is connected with the communication system Kobot designs, processes, operations and production systems are the basic components of related products and services. The first and biggest reason underlying the increasing number of occupational accidents in the world is the unfavorable conditions of employees. Among these conditions, factors arising from the worker, machine and workplace are included Dec It is envisaged that the human factor will be minimized in production with intelligent factories that have emerged in the era of Industry 4.0, and therefore developing technologies will reduce occupational accidents. Based on this prediction, previous research was used in the research, the introduction of the latest technologies integrated into the field of occupational health and safety and used to prevent occupational accidents was evaluated by considering the advantages and disadvantages of these technological developments

Key Words: Industry 4.0, Occupational Health and Safety, Cloud Computing, Wearable Sensors, Software and Programming, Internet of Things

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince samimi desteğini her zaman hissettiren, sabırla yol göstericilik yaparak ihtiyaç duyduğum her an ulaşılabilir olan, akademik anlamda bundan sonraki hayatıma yön verecek çok önemli katkılar sağlayan, değerli tez danışmanım Sn. Doç. Dr. Tarkan AKDERYA' ya en kalbi duygular ile teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince tecrübe aktarımı yaparak bu çalışmayı ortaya koymamda yardım ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Meral DOĞANAY hocama teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca hep arkamda olan aileme tez çalışmam boyunca ihmal ettiğim dostlarıma ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak, varlığı ile bana güç veren, hep yanımda ve destekçim olan kıymetli hayat arkadaşım Menekşe SOYDAN' a ve yolunu gözlediğimiz oğlumuza teşekkür ederim.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın İzmir Bakırçay Üniversitesi tarafından kullanılan Turnitin bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde "intihal içermediğini" beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Kaya Bulut SOYDAN

12/08/2022

STATEMENT OF COMPLIANCE

WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES

I hereby truthfully declare that this thesis is an original work prepared by me; that I have behaved in accordance with the scientific ethical principles and rules throughout the stages of preparation, data collection, analysis and presentation of my work; that I have cited the sources of all the data and information that could be obtained within the scope of this study, and included these sources in the references section; and that this study has been scanned for plagiarism with Turnitin scientific plagiarism detection program used by İzmir Bakırçay University, and that "it does not have any plagiarism" whatsoever. I also declare that, if a case contrary to my declaration is detected in my work at any time, I hereby express my consent to all the ethical and legal consequences that are involved.

Kaya Bulut SOYDAN

12/08/2022

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ii
ÖZET iii
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ vi
TABLOLAR DİZİNİ x
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xii
1. GİRİŞ 1
1.1. Kavramlar Üzerine Yapılan Araştırmalar 2
2. 4.0 ENDÜSTRİYEL DEVRİMİ 5
2.1. Endüstri Devrimine ve Endüstriyel 4.0 Devriminin Tarihsel Gelişimine Genel Bir Bakış 6
2.1.1. I. Endüstriyel Devrim (Endüstri 1.0) 9
2.1.2. II. Endüstriyel Devrim (Endüstri 2.0) 15
2.1.3. III. Endüstriyel Devrim (Endüstri 3.0) 20
2.2. Endüstri 4.0 İlgili Kavramlar ve Terimler 27
2.3. Endüstri 4.0 SWOT Analizi (Güçlü-Zayıf Yönleri/ Fırsat ve Tehditleri) 34
2.4. İş Sağlığı ve Güvenliği ve 4.0 Endüstri Kavramsal İlişki 38
2.4.1. İş Sağlığı ve Güvenliği 38
2.4.2. İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı ve Önemi 38
2.4.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Tarihsel Gelişim Süreci 40
2.4.4. İş Sağlığı ve Güvenliği Teknolojik Yapılandırma 42
2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Boyutları ve İlgili Faktörler 47
2.6. İş Sağlığı ve Güvenliği ve 4.0 Endüstri Çağı Kavramsal ve Yapısal Boyutta İnceleme 50
3. ENDÜSTRİ 4.0 ÇAĞINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDAKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER 54
3.1. Araştırmanın Amacı 54
3.2. Araştırmanın Önemi 54

3.3. Araştırma Planı, Kapsamı ve Sınırlıkları.....54
4. GENEL DEĞERLENDİRME.....55
c. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....72
4.1. Sonuç.....**Error! Bookmark not defined.**
4.2 Tartışma.....**Error! Bookmark not defined.**
4.3 Öneriler.....**Error! Bookmark not defined.**
KAYNAKÇA.....80
EKLER.....90
ÖZGEÇMİŞ.....90

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Endüstri 4.0 Teknolojik Özellikleri (Pereira ve Romero, 2017) 28

Tablo 2.2 Endüstri 4.0'ın SWOT Analizi (Ötleş, 2016: 56).....36

Tablo 2.3 İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Boyutları (Inal, 2015) 49

Tablo 4.1 Endüstri 4.0 ile İlgili Teknolojik Kategoriler (Badria, vd., 2018).....58

Tablo 4.2 Sağlık Sunucularının ve Acil Müdahale Ekiplerinin Karşılaştığı Tehlikeler (Rajendrana, vd., 2021). 59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a (Öztuna, 2017: 52). 7
Şekil 2.2. Endüstri Devrimlerinin Tarihsel Gelişimi (Dombrowski ve Wagner, 2014: 101).....8
Şekil 2.3. Endüstri 1.0 Kadın İşçiler (www.educationscotland.gov.uk, 2022) 11
Şekil 2.4. Endüstri 1.0 Çocuk İşçiler (Serenti,2013) 11
Şekil 2.5. James Watt (1781) "Güneş ve Gezegen" Buhar Motoru (Bettmann/CORBIS,2001).....12
Şekil 2.6. Endüstri Devrimi'nin Yayılması (Britannica, Inc.,Jenny Chmielewski, Wallace,1998) 13
Şekil 2.7. Endüstri 1.0 Önemli Çıkarımlar (MÜSİAD, 2017: 30).....14
Şekil 2.8. Osmanlı ve Avrupa'da Kişi Başı Yıllık Gelir (1500-1789) (Karaman ve Pamuk, 2010:29) 15
Şekil 2.9. Endüstri Toplumu "Proletarya Sınıfı, Marksist Teoremde" (1914-1918) (Singer,2018) 16
Şekil 2.10. Endüstri 2.0 Montaj Hattı (Kara, 2018).....17
Şekil 2.11. Ford Montaj Hattı, Model T Üretimi. (https://www.otoboom.com,E.T.10.05.2022).....19
Şekil 2.12. Altair 8800 Üretimi (https://stringfixer.com/,E.T.09.05.2022).....21
Şekil 2.13. 1976 Apple İlk Üretim (https://www.iamgadgetguy.com/E.T09.05.2022)..21
Şekil 2.14. Endüstri 3.0 Otomasyon Dönemi (Kara, 2018) 22
Şekil 2.15. Nesnelerin İnterneti "Internet of Things" (IoT) (Sert, Yılmazer ve Ertunç, 2019: 14).....23
Şekil 2.16. IoT ve Endüstri 4.0 Akıllı Üretim (Sert, Yılmazer ve Ertunç, 2019: 19).....24
Şekil 2.17. Endüstri 4.0 Tasarım Prensibi (Hermann vd., 2016: 232).....25
Şekil 2.18. Endüstri 4.0'ın Temel Kavram ve Terimleri (Rübmann, 2015).....28
Şekil 2.19. Büyük Veride Bulut Hesaplama (Hashem vd., 2015: 103) 30
Şekil 2.20 Simülasyon Kavramı Gelişim Süreci (Weyer, 2016: 99) 34
Şekil 2.21. PUKÖ Döngüsü (Özkılıç, 2005) 52
Şekil 4.1. Endüstri 4.0 İş Profili ve Yeterlikler (Dombrowski ve Wagner,2014) 56
Şekil 4.2. Giyilebilir Sensörler (Mamun ve Yuce, 2019).....63
Şekil 4.3 Giyilebilir Yeni Nesil Sensörler(Mamun ve Yuce, 2019) 63
Şekil 4.4. Endüstri 4.0 ve İSG Uygulamaları (Badri,vd., 2018:409).....66
Şekil 4.5. Makineler Bağlantılı İletişim Sistemi (Açıkgöz, 2018).....69
Şekil 4.6 Yeni Nesil Kobot(Felknor ve Streit, 2020).....70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

ASTM : American Society for Testing and Materials

APA : American Psychological Association (Amerikan Psikoloji Birliği)

AR-GE : Araştırma Geliştirme

BT :Bilişim Teknolojileri

CPS : Cyber-Physical System (Siber-Fiziksel Sistem)

ILO : Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)

IoT : Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)

MKS : Metre–Kilogram–Santimetre

OHS : İş Sağlığı ve Güvenliği (Occupational Healt and Safety)

OSHA : İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi (Occupational Safety and Healt Administration

PC : Kişisel Bilgisayar (Personal Computer)

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

Tg : Camsı Geçiş Sıcaklığı

VERA : Doğrulama, Duygu, Güvence ve Aktivite (verification, emotion, reassurance, activity)

YÖK : Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı

1. GİRİŞ

Son yıllarda, dünya çapında tüketim talebindeki artış ve sürdürülebilir bir üretim türüne duyulan ihtiyaç, “dördüncü sanayi devrimi” veya "Endüstri 4.0" olarak adlandırılan bu sürecin ortaya çıkmasına yol açmıştır. 4. Sanayi devrimi olarak da tanımlanan Endüstri 4.0 çağı, şirketlerin ürünlerini üretme, geliştirme ve dağıtma yöntemlerinde devrim yaratmış, üretici boyutuyla, bilişim ve analitik düzlemde yapay zekâ ve makine öğrenimi dahil olmak üzere yeni teknolojileri üretim tesislerine ve operasyonlarına entegre edebilmiştir. (Soylu, 2018)

Endüstri 4.0 teknolojileri, üretimin yanı sıra petrol ve gaz, madencilik ve diğer endüstriyel alanlar dahil olmak üzere hemen her tür endüstriyel şirketlerde uygulanabilirliği ile dikkat çekmektedir. (Çapan,2019)

Endüstri 4.0 döneminin bir üretim yansıması olarak yeni yüzyılda daha hızlı ve daha kesin karar verme odaklı, üretime tamamen yeni bir yaklaşım sunan, iş ve yönetim organizasyonu tarzı ile iş görev performansını artıran, çalışan sağlığı ve güvenliği üzerinde önemli bir etki sağlayacak teknoloji tabanlı bir devrim olduğu belirtilebilir. Bu bağlamda endüstriyel üretimi daha verimli, daha esnek ve daha kaliteli hale getirmek için tasarlanan bu teknolojik devrim, daha fazla otomasyon ve bilgisayarlaşma ile karakterize olabilmiştir. Bu eğilim kaçınılmaz olarak işin organize edilme ve yürütülme şeklini etkileyebilecek ve dolayısıyla çalışanların iş sağlığı ve güvenliğini teori ve pratikte etkileyebilecek iş görevlerini yerine getirme döngüsünde farklı bir yol açacaktır (Mutlu, 2019).

Endüstri 4.0'ın sürdürülebilir bir endüstriyel değer yaratmaya giden yolda, sadece ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği değil, aynı zamanda iş gücüyle ilgili iş sağlığı ve güvenliği konusundaki etkileri de hesaba katılmalıdır. Endüstri 4.0’ın iş ortamında meydana gelmesi muhtemel kazaların ve meslek hastalıklarının önüne geçilmesi hususunda sağladığı avantajlar ile halk sağlığı alanında önemli bir etki yaratarak uzun vadede toplumların refah artışına sağlayacağı katkılar önem arz etmektedir.

Endüstri 4.0'ın yenilikçi değişimleri sayesinde, örneğin; çalışma ortamında düşme, çarpma gibi olayların önlenmesinin kolaylaşabileceği, yetkisiz erişimlerin engellenebileceği ya da sorumlu olmayan personel tarafından donanımların kullanılmasının önlenebileceği, giyilebilir koruyucu ekipmanlar sayesinde çalışanların fizyolojik değerlerinin kolaylıkla takip edilebileceği, öte yandan nesnelerin interneti teknolojisi ile yapay zeka destekli sistemlerin iş sağlığı ve güvenliği alanında iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi hususunda sunabileceği kolaylıklar dikkat çekmektedir.

Bu kapsamda "Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmeler" başlığı altında yapılan araştırmanın, yurt içi ve yurt dışı literatür taraması, bulgu, sonuç, tartışma ve önerileri ile bir disiplin olarak iş sağlığı ve güvenliği alanına katkı sunması amaçlanmıştır.

Araştırma üç bölümden oluşmaktadır. Endüstri 4.0 Devrimi başlığı altında devrim, tarihi süreçlerle ilgili kavram ve terimler, İş Sağlığı ve Güvenliği ve Endüstri 4.0 başlığında; kavramsal tanım, önemi, tarihsel gelişim süreci, teknolojik yapılandırma, temel boyut ve faktörleri ile İş Sağlığı ve Güvenliği ve Endüstri 4.0 kavramsal ve yapısal ilişkisi ele alınmıştır. Araştırma, yöntem ve metodolojisi, bulguları, sonuç, tartışma ve önerileri ile kaynakça, ekler ve özgeçmiş başlıklarıyla tamamlanmıştır. Literatüre katkı sunması umut edilmektedir.

1.1. Kavramlar Üzerine Yapılan Araştırmalar

Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği kavramlarının genel anlamda yurt içi ve yurt dışı literatürde incelendiğinde iki farklı kavramda tarihsel gelişim süreçleri, tanım ve önemi boyutuyla çok sayıda araştırmacı tarafından derinlemesine ele alındığı görülmektedir. Ülkemizde 2000'li yıllardan sonra özellikle iş sağlığı ve güvenliği alanında uzmanlaşmaların yoğunlaşması dikkat çekmektedir.

Çiçek ve Öçal (2016) "Dünyada ve Türkiye'de İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi" üzerinde yaptıkları araştırmada kavramsal düzeyde derin bir literatür tarama ile dünyada ve ülkemizde iş sağlığı ve güvenliğinin boyutu Antik Mısır'dan günümüze sanayi devrimi öncesi ve sonrası ile ele alınmış, sanayi koşullarında görülen

ağır çalışma ortamı meslek ve iş hastalıkları ya da iş ve/veya meslek kazaları, hem işletmeler açısından hem de çalışan-işçi sınıfı yönüyle bir mücadele alanı olarak görülmeye başlandığı sonucu ile araştırma tamamlanmıştır. Şen (2005) "İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı, Tarihsel Gelişimi ve Dayanakları", "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğine İlişkin Uygulamaların Tarihi Gelişimi" başlığında, Gençler (2007), Kılkış (2014) "İş Sağlığı ve Güvenliği" araştırmalarında, Yiğit (2011) "İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı" ve Yiğit (2013) "İş Güvenliği" kitapları ile kavramın derinlemesine incelendiği görülmektedir.

"Türkiye'de Yürütülen Endüstri 4.0 Araştırmaları" araştırma başlığı ile Usta (2021), Arslan (2020) "Endüstri 4.0 Emek Piyasaları Üzerindeki Etkileri" ve Yılmaz (2019) "Endüstri 4.0 İş Sağlığı ve Güvenliği Entegrasyonu: İmalat Sektörü Üzerine Bir İnceleme" araştırma başlıkları ile Endüstri 4.0 kavramı üzerinde durmuş, Tepe (2021) "Endüstri 4.0'ın İş Sağlığı ve Üzerindeki Etkisi" araştırması ile kavramsal çerçevede konuyu tanımlanabilir hale getirmek istemiştir.

Baveresco, Arruda, Rocha ve Li (2021), "Endüstri 4.0'da Nesnelerin İnterneti ve Mesleki Refah: Sistematik Bir Haritalama Çalışması ve Taksonomi" araştırmaları ile yalnızca iş yerinde ölümcül yaralanmalar ile değil, aynı zamanda aşırı efor, ekipman ve makinelerle temas yoluyla ölümcül olmayan yaralanmaların iş ya da meslek hastalıkları etkisi üzerinde yüksek düzeyde ilişkisi olduğu tespit edilmiş olup, bu noktada İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) programı, çalışma koşulları ve endüstriyel ortamla ilgili olarak bireylerin sağlığının korunması ve iyileştirilmesine yönelik politika ve düzenlemelerin gerekliliğine Endüstri 4.0 Çağında konunun iş sağlığı ve güvenliği boyutuyla önemine vurgu yapılmıştır.

Leso, Fontana ve Laicoli (2018) "Endüstri 4.0'ın İş Sağlığı ve Güvenliği Boyutu" araştırmaları ile işçilerin sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak Endüstri 4.0'ın fırsatlarına ve sorunlu yönlerine kapsamlı bir genel bakış sunmuş, araştırma yöntemi olarak mevcut olan literatürün eleştirel bir incelemesi yapılarak, otomatik makinelerin ve robotların, çalışanların yerini alabileceğini veya görevlerini daha esnek, daha güvenli yapabileceklerini belirtmiş, öte yandan, işçilerin karar verme, sorumluluk ve yönetimin yanı sıra insan-makine etkileşimi gerektiren görevlerle meşgul olacağını ve bunun da

onları hem otomatikleştirilmiş araçlarla ilgili sağlık ve güvenlik risklerine hem de daha fazla psikososyal strese maruz bırakacağını sonuç olarak ifade etmiştir.

Goetz, Baversco, Kunst ve Barbosa isimli araştırmacıların (2022) "İşçilerin Ruh Sağlığının Korunmasında Endüstriyel Zekâ: Statü ve Zorluklara İlişkin Bir İnceleme" başlıklı araştırmaları incelendiğinde teknolojik gelişmelerin, endüstriyi dijitalleşme ve otomasyon alanlarında yeni bir gerçeklik sağladığına ve yeni bir aşamaya taşıdığına değinilmektedir. Dolayısıyla, bu endüstriyel dönüşüm, iş yerinde ruh sağlığına odaklanarak insanlara yardımcı olmaya katkıda bulunabilir. Bu araştırma, işçinin ruh sağlığının korunmasında kullanılan teknolojilere ve bu senaryodaki endüstriyel role ilişkin çalışmaları araştırmak için sistematik bir literatür taraması sunmaktadır. Üç genel, üç odaklı ve üç tanımlayıcı soru, endüstriyel kaygı, zihinsel sağlık, uygulanan sistemler ve vakalar ile araştırma zorlukları vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, incelemede Ocak 2010 ile Kasım 2020 arasında derlemelerden çıkarılan 31 çalışma tartışılmıştır. Biyo-belirteçlerin bu temayla başa çıkabilmesi için birincil veri çıkarıcıların sunduğu bir makine öğrenme algoritması tasarlanmıştır. Ayrıca, bilgi birleştirme yöntemlerinin belirli durumların doğruluğunu artırdığı tespit edilmiştir.

Çelik ve Öztürk (2017) "The Upcoming Issues of Industry 4.0 on Occupational Health and Safety Specialized on Turkey Example" araştırma başlığı ile insanların ihtiyaçlarını karşılamak için bir şeyin üretilmesiyle başlayan üretimin, ürünlerin başkalarına satılması ile kademeli olarak arttırılmış, verimli ve daha kaliteli üretimin daha hızlı, daha fazlası hedeflenmiş olduğuna değinilmiş, el tezgâhı olarak başlayan üretimin, artık tarih boyunca gerçekleşen devrimlerin bir sonucu olarak dijitalleşme ve tam otomasyon üretim yönteminin aşamaları ile insanın sadece arzu ve tasarım rolünde olduğu ifade edilmiştir. Üreticilerin birçok fonksiyona sahip akıllı makineleri tercih ettiği ve Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu yeni sanayi devrimi ile insanların ihtiyaç duydukları ürünleri daha ucuz, daha kaliteli ve en önemlisi daha hızlı ulaşacak şekilde tasarlanmakta olduğu bir geleceğin kapıları açılmıştır. Endüstri 4.0 ile kurulan akıllı fabrikaların çevreye de fayda sağlayacak biçimde enerji tasarrufu ve hammadde tasarrufu gibi diğer birçok faydaları yanında akıllı üretim fabrikalarının, üretim için gerekli bilgilerin veriler aracılığıyla elde edilmesini esas alacak bulut sisteminde madencilik ve fiziksel üretim sürecinin sistemden alınan verilerle gerçekleştirilmesi, birbirleriyle

kablolu veya kablosuz iletişim ve senkronizasyonu olan ağlar aracılığıyla süreçlerin işleyeceği, neticede sektörde yaşanan bu devrimin, geçiş dönemi olarak işçilerin eğitimleri, nitelikli iş gücünün sağlanması, işsizlik sorunu, siber güvenlik gibi tehditleri de sunacağı belirtilmektedir. Araştırmada Endüstri 4.0 ile iş sağlığı ve güvenliği arasındaki ilişki ve bir dizi potansiyel sorun detaylıca ele alınmaktadır.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde Endüstri 4.0 kavramı ile iş sağlığı ve güvenliği kavramları üzerine teori ve pratikte uygulamalardaki teknolojik gelişmelerin rolü ve öneminin gerek günümüzde gerekse sonraki yüzyıllarda üzerinde önemle durulmasının gerektiği belirtilebilir.

2. 4.0 ENDÜSTRİYEL DEVRİMİ

Endüstri 4.0 terimi, üretim ve ilgili endüstrilerin ve değer yaratma süreçlerinin dijital dönüşümü olarak bilinmekle birlikte, bu teriminin dördüncü sanayi devrimi ile birbirinin yerine kullanıldığı ve endüstriyel değer zincirinin organizasyonu ve kontrolünde yeni bir aşamayı temsil ettiği ifade edilebilir.

Endüstri 4.0'ın arkasındaki itici güçlerin ve teknolojilerin etkisi, konsept ortaya çıktıktan sonra çeşitli sektörler açısından incelenmiştir. Özünde Endüstri 4.0'ı ortaya çıkartan teknolojiler ile çok fazla düzeyde verimlilik sağlamak, mevcut üretim süreçlerini dönüştürmek, değer zinciri boyunca uçtan uca bilgi akışları oluşturmak ve yenilerini gerçekleştirmek için bağlantılı varlıklardan gelen veriler dahil olmak üzere mevcut verilerden ve bol miktarda ek veri kaynaklarından, hizmetler ve iş modelleri boyutuyla fayda sağlanmaktadır (Bolat 2019).

Son yıllarda üretimin dijitalleşmesi sayesinde ürün üretme şeklinde önemli bir dönüşümün yaşandığı bilinmekle birlikte bu zorlayıcı geçiş, imalatta meydana gelen dördüncü devrimin bir temsili olan Endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır.

Bu bağlamda araştırmanın bu bölümünde Endüstri 4.0, tarihi süreç ve evrime genel bakış başlığı altında detaylı bir şekilde incelenmiştir.

2.1. Endüstri Devrimine ve Endüstriyel 4.0 Devriminin Tarihsel Gelişimine Genel Bir Bakış

Endüstri Devrimi, Allen (2007: 409) tarafından, modern tarihte, tarım ve zanaat ekonomisinden sanayi ve otonom imalatının egemen olduğu bir ekonomiye geçiş süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu teknolojik gelişmeler, topluma yeni çalışma ve yaşama şekilleri getirmiş ve toplumu temelden dönüştürmüştür.

Bu süreç 18. yüzyılda İngiltere'de başlamış ve İngiltere'den dünyanın diğer bölgelerine yayılmıştır. Daha önce Fransız yazarlar tarafından kullanılmasına rağmen, Endüstri Devrimi terimi ilk olarak İngiliz ekonomi tarihçisi tarafından yaygın hale getirilmiştir. Arnold Toynbee (1852-1883), bu terimi Britanya'nın 1760'tan 1840'a kadar olan ekonomik gelişimini tanımlamak için kullanmış ve Toynbee'nin döneminden bugüne bu terim, belirli bir ortamda bir zaman periyodundan daha geniş bir ekonomik dönüşüm süreci olarak tanımlanmıştır.

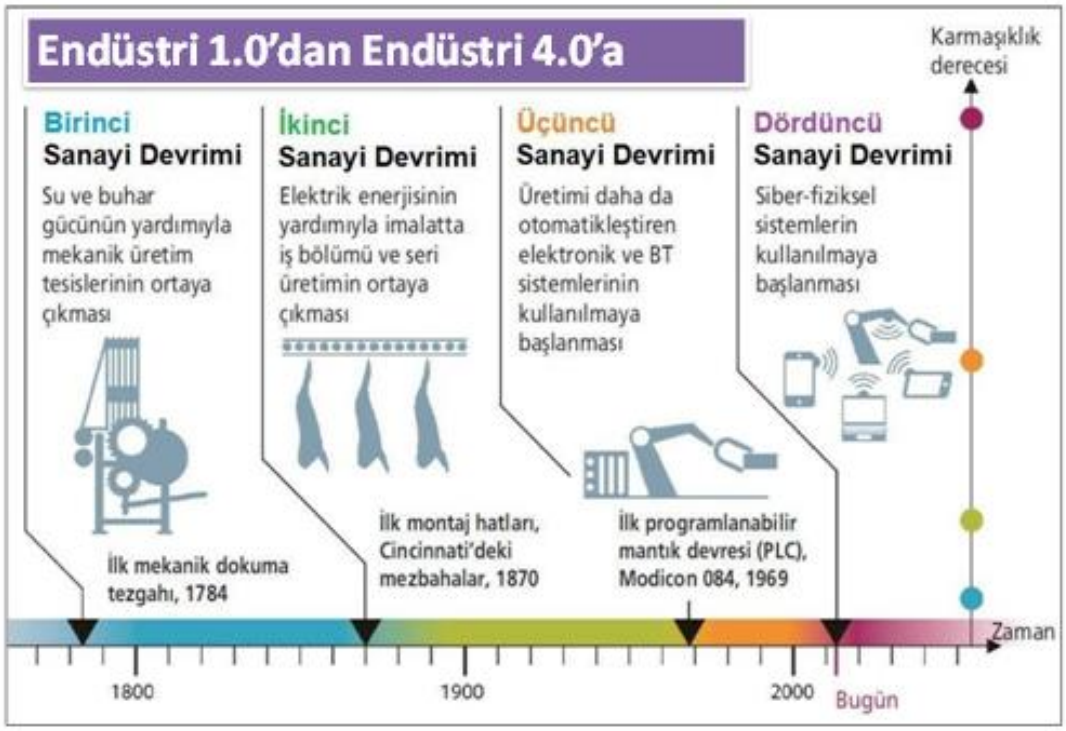
Endüstri Devrimi, 18. yüzyılın ikinci yarısında, Avrupa ve Amerika'daki büyük ölçekli kırsal, tarım toplumlarını sanayileşmiş, kentsel olanlara dönüştüren bir gelişme dönemine işaret etmektedir. Tekstil, demircilik ve diğer endüstrilerde gelişmiş makine ve üretim tekniklerinin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, bir zamanlar el işçiliği ile özenle üretilen ürünler yeni teknoloji makinelerde hızlı ve büyük miktarlarda üretilmeye başlanmıştır (Hopley, 2006: 356).

Endüstri Devriminin bir simgesi olarak, 1700'lerin başında, Thomas Newcomen'in ilk modern buhar makinesinin prototipini tasarlamasıyla sahneye çıkan "Atmosferik buhar motoru" olarak adlandırılan Newcomen'in icadı buhar gücünün etkisi başlangıçta maden kuyularından su pompalamak için kullanılmasına rağmen endüstri devriminde önemli bir yer edinmiştir (Rosen,2010: 39).

1760'larda, İskoç mühendis James Watt, Newcomen'in modellerinden birini incelemiş ve onu çok daha verimli hale getiren ayrı bir su kondansatörü eklemiştir. Watt daha sonra Matthew Boulton ile döner hareketli bir buhar motoru icat etmek için iş birliği yapmış; bu iş birliği sonucu icat edilen buhar makinası buhar gücünün un, kağıt ve pamuk fabrikaları, demir fabrikaları, içki fabrikaları, su işleri ve kanallar dahil olmak üzere

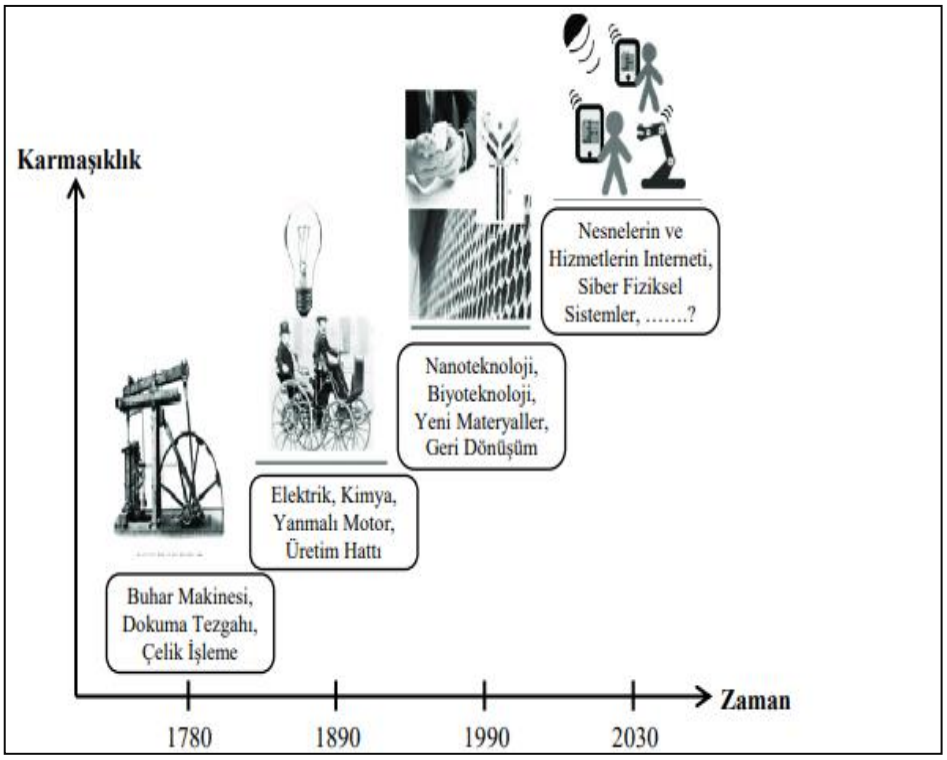
İngiliz endüstrilerine yayılmasını sağlayacak önemli bir yenilik olarak endüstri tarihsel gelişim sürecinde yer almıştır (Weightman, 2007: 209).

Bu süreçle birlikte endüstri devrimi tarihsel boyutta dört evrimsel gelişim göstermiş, bu gelişim süreçleri Şekil 2.1'de özet biçimde ifade edilmiştir.



Şekil 2.1. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a (Öztuna, 2017: 52).

Dombrowski ve Wagner (2014: 101) endüstriyel devrimi karmaşıklık ve zaman eğrisine göre Şekil 2.2'de gösterildiği gibi ifade etmiştir.



Şekil 2.2. Endüstri Devrimlerinin Tarihsel Gelişimi (Dombrowski ve Wagner, 2014: 101)

Dombrowski ve Wagner (2014:100)'e göre endüstriyel devrimler, anahtar teknolojilerin gelişmesiyle toplumu değiştirmiştir. Endüstri devriminin vizyonu, ölçek ekonomisi ile kapsam ekonomisinin bir kombinasyonunu gerçekleştirmek için teknolojik kavramlar ve çözümler tarafından tetiklenir. Bu amaç aynı zamanda toplu kişiselleştirme olarak da bilinir ve ürünlerin ve üretim süreçlerinin toplam ağ entegrasyonu ile yüksek düzeyde karmaşıklığın ele alınmasıyla karakterize edilir.

Diğer taraftan birinci endüstri devriminde iletişim ve bankacılık özellikle 1776'da modern ekonominin kurucusu olarak kabul edilen İskoç sosyal filozof Adam Smith'in (1723-1790), Ulusların Zenginliği'ni yayınlayarak, serbest girişime, üretim araçlarının özel mülkiyetine ve hükümet müdahalesinin olmamasına dayanan bir ekonomik sistemi teşvik etmesi ile birlikte evrimsel süreçte ekonomiye yön vermiş olduğu görülmektedir (White,2009:164).

Bu bağlamda alt başlıklar halinde endüstri devrimi incelendiğinde:

2.1.1. I. Endüstriyel Devrim (Endüstri 1.0)

Fosil Yakıtlar, buhar gücü ve imalatın yükselişi olarak ortaya çıkan Endüstri 1.0, bol fosil yakıtlar ve güç verdikleri yenilikçi makineler, insan toplumunu dönüştürmeye devam eden hızlandırılmış bir değişim çağını başlatmıştır. 1750 yılı civarında başlayan I. Endüstri Devrimi sırasında her şey değişmiş, insanlar inanılmaz bir çalışma kapasitesine sahip ekstra bir enerji kaynağı bulmuşlardır. Bu kaynak fosil yakıtlar, kömür, petrol ve doğal gaz şeklinde sıralanmaktadır. Eski jeolojik zamanlardan kalma bitki ve hayvan kalıntılarından yeraltında oluşan kömür yakıldığında, aslen Güneş'ten gelen ve yüz milyonlarca yıldır depolanmış olan enerjiyi serbest bırakmaktadır (Wong ve Hernandez, 2012: 11).

Kömür, dev ağaçların devrilip oksijen ve bakterilerin onları çürütememesi için suyla kaplanmasıyla oluşmuştur. Bunun yerine, üzerlerindeki malzemelerin ağırlığının basıncı, onları kararmış, karbonik, tutuşabilir kayaya dönüştürmüştür. Dünya'nın petrol ve gazının çoğu, yüz milyon yıldan fazla bir süre önce, denizlerin dibine düşen veya tortulara gömülen küçük hayvan iskeletlerinden ve bitkilerden oluşmaktadır. Bu organik madde, su ve toprağın ağırlığı ile sıkıştırılmıştır. Kömür, petrol ve gaz, göreceli bolluklarına rağmen dünya üzerinde eşit olarak dağılmamıştır; coğrafi faktörler ve uzun zaman önce var olan çeşitli ekosistemler nedeniyle bazı yerler diğerlerinden çok daha fazlasına sahiptir (Fisher, 2014: 359).

Endüstri 1.0 kömüre yönelimin artması ile başlar ve I. Endüstri Devrimi'nin hikayesi küçük bir ada olan Büyük Britanya'da hayat bulur. 18. yüzyılın başlarında, oradaki insanlar ağaçların çoğunu evler ve gemiler inşa etmek, yemek pişirmek ve ısınmak için kullanmışlardır. Yakacak başka bir şey ararken, yeryüzünün yakınında buldukları kara taş (kömür) yığınlarına yönelmişler, kömür çıkarmak için daha derinleri kazmışlardır (Whitmore, Agarwal ve Da Xu, 2015: 267).

Birinci endüstri devrimi, İngiltere'de 1750-1760 yıllarında başlamış ve 1820 ile 1840 yıllarına kadar sürmüştür. I. Endüstri Devrimi insanlığın tarihsel süreçteki en seçkin dönüm noktalarından biridir. Bu dönem, insan ve hayvan emeğinin gelişen teknoloji ile

buhar makinesi, eğirme makinesi, kok ergitme ya da demir yapımı için su birikintisi ve haddeleme işlemleri gibi işlerde makinelere dönüşümün ilk örneklerinin yaşandığı dönemdir. Birinci endüstri devrimi aynı zamanda küresel ekonomik büyüme, üretim ve tüketimin artması, kanallar, karayolları ve raylar aracılığıyla ulaşım iletişim sisteminin gelişim aşamasıdır. Ayrıca bankacılık ve diğer finansal sistemler, endüstrileri ve ticari firmaları sorunsuz bir şekilde yürütmek için iyileştirilmiştir. Bu dönemde çocuk ve bebek ölüm hızı azalmış, doğurganlık hızı artmıştır. Sonuç olarak, nüfus artışı önemli ölçüde değişmiş, diğer yandan, tehlikeli ve hijyenik olmayan koşullarda kadın ve çocuk işçiliği artmıştır. Fabrika işçileri sadece aileyi açlıktan kurtarmak için günde on altı saat çalışmak zorunda kalmıştır. Birinci Endüstri Devrimi zengin ve fakir arasında geniş bir uçurum yaratmıştır (Mohajan, 2019:377).

Birinci Endüstri Devrimi, çeşitli ekonomik faktörlerden kaynaklanmıştır. Büyük Britanya'yı sanayileşme için ideal bir yer haline getiren birkaç faktör vardır. Birincisi, 18. yüzyılın Tarım Devrimi'nin sanayileşme için uygun bir iklim yaratması, ikincisi İngiltere'nin yeni fabrikaları finanse etmek için merkez bankası gibi finansal kurumlara sahip olmasıdır. İngiltere'nin gelişen pamuk ve ticaret endüstrileri nedeniyle elde ettiği kârlar, yatırımcıların fabrika inşaatlarını desteklemesine izin vermiş, kâr elde etmek için risk almakla ilgilenen İngiliz girişimciler, sanayileşme sorumluluğunu üstlenmiştir. 17. yüzyılın İngiliz devrimleri bir ekonomik refah ruhundan kaynaklanmaktadır. İlk endüstriyel girişimcilerin, daha sonra finansal kazanç elde etme şansına sahip oldukları için risk almaya istekli olmaları da ayrıca önem taşımaktadır. Diğer taraftan gıda üretimini artırarak, İngiliz nüfusunu her zamankinden daha az çabayla daha düşük fiyatlarla besleyebilmek gerekliliği, Britanya'daki nüfus artışı ve ücretli emek arayan çiftçilerin kırsal alanlardan kentsel alanlara göçü, yeni endüstriler için hazır bir işçi havuzu yaratmıştır. Kadın ve çocuk işçiliğinin artması ise Birinci Endüstri Devrimi'nin olumsuz yansımalarından biri olarak kabul edilebilir (Hacker, 1973: 422).

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de kadın ve çocuk işçiliğine örnekler sunulmuştur.



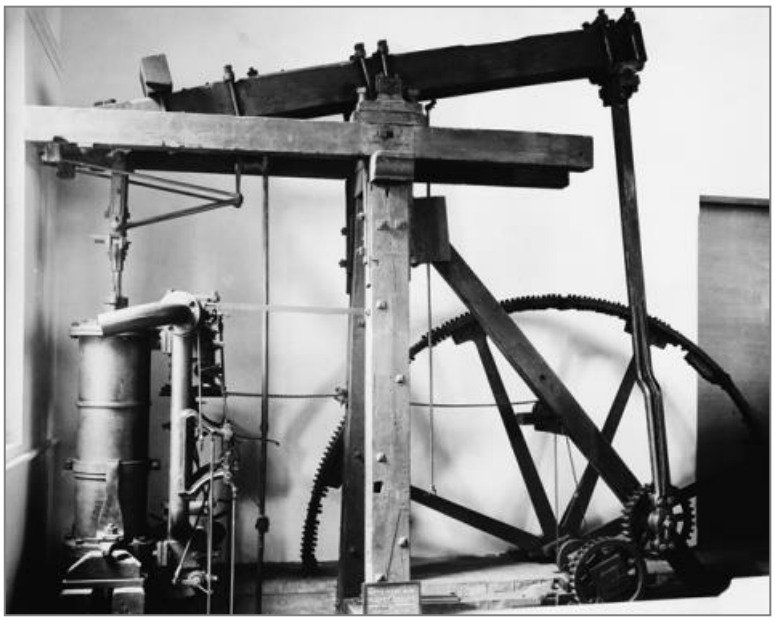
Şekil 2.3. Endüstri 1.0 Kadın İşçiler (www.educationscotland.gov.uk, 2022)



Şekil 2.4. Endüstri 1.0 Çocuk İşçiler (Serenti,2013)

Endüstri 1.0 ile 1760'larda, buhar motoru (James Watt) pamuk endüstrisini daha da dönüştürmüş, 1787'de Edmund Cartwright'ın elektrikli dokuma tezgâhı kumaş dokuma hızında devrim yaratmakla kalmamış, sadece su ile çalışan ilk cihazların aksine, bu buhar motorlarının kömürle çalışması sayesinde fabrikaların artık su kaynaklarının yanında yer almasına gerek olmadığı anlamına da gelmiştir. Demir üretiminde bir değişiklik daha meydana gelmiş, 18. yüzyılın başlarında, kok veya 'courke' kullanarak

yeni bir demir eritme yöntemi tanıtılmıştır. Kok, demiri kömürden daha hızlı ısıtabildiğinden, üretim oranları artmış, demir, endüstriyel makineler ve demiryolu hatları oluşturmada etkili olmuştur. 1760'tan itibaren yeni kanal ve yol ağları inşa edilmiştir. Ancak, demiryolları hızla diğer ulaşım yollarını geride bırakmıştır. 1700 gibi erken bir tarihte, ahşap demiryolu raylarının demir raylarla değiştirilmesine rağmen buhar makinesinin icadından önce vagonlar beygir gücüyle hareket ettiriliyordu. 1781'de James Watt Şekil 2.5'te görülen buhar motorunu tasarlamıştır. 1804'te Richard Trevithick, ilk buharla çalışan lokomotifi geliştirdi. İlk olarak Galler'de test edilen Trevithick'in lokomotifi saatte beş mil hızla hareket etmiş, 1829'da George Stephenson'un Roket lokomotifi saatte 16 mil hıza ulaşmıştır (Usher,1920: 365).

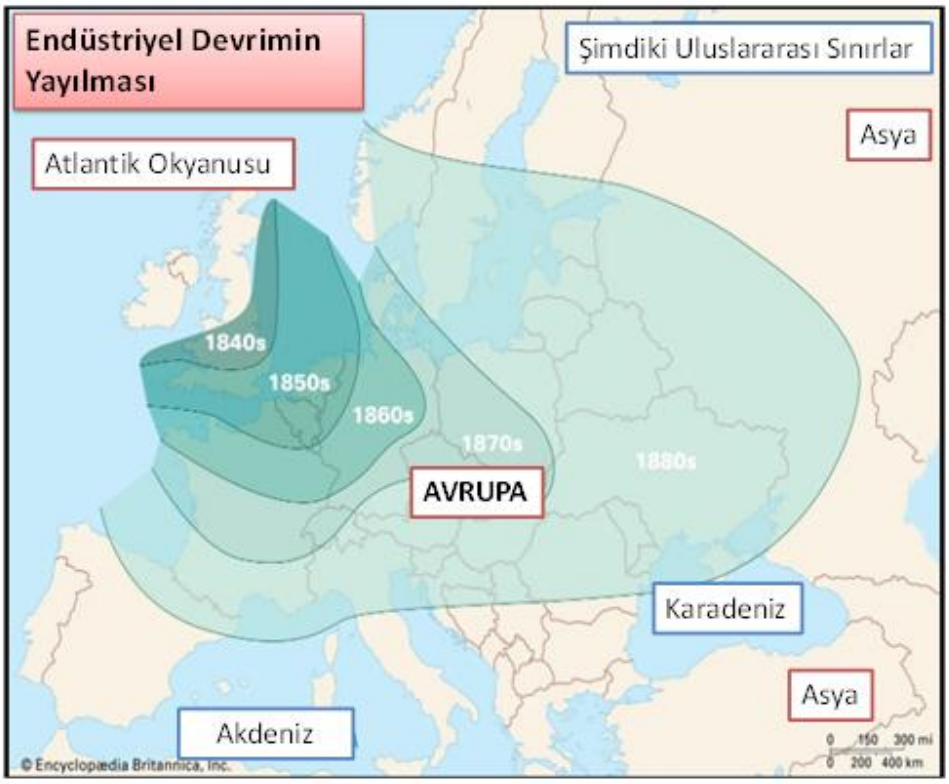


Şekil 2.5. James Watt (1781) "Güneş ve Gezegen" Buhar Motoru
(Bettmann/CORBIS,2001)

1760-1830 döneminde endüstri İngiliz tekelinde sürmekte idi. Bu durum sonsuza kadar süremezdi. İki İngiliz, William ve Cockerill, Endüstri Devrimi'ni Avrupaya getirmiş, Belçika, Liege'de (c. 1807) makine atölyeleri geliştirmiş ve bu sayede Belçika, kıta Avrupası'nda ekonomik olarak dönüştürülen ilk ülke olmuştur. İngiliz atası gibi Belçika da Endüstri Devriminde demir, kömür ve tekstil merkezli hareket etmiştir.

Fransa, İngiltere veya Belçika'dan daha yavaş ve daha az sanayileşmiştir. İngiltere endüstriyel liderliğini kurarken, Fransa kendi devrimine dalarak endüstriyel devrim sürecini geriden takip etmiştir. Büyük yatırımlardan kaçınarak yine de 1848'de Fransa endüstriyel bir güç haline gelmeyi başarmış, ancak ikinci imparatorluk dönemindeki hızlı büyümeye rağmen İngiltere'nin gerisinde kaldığı görülmüştür (Griffin, 2010: 196).

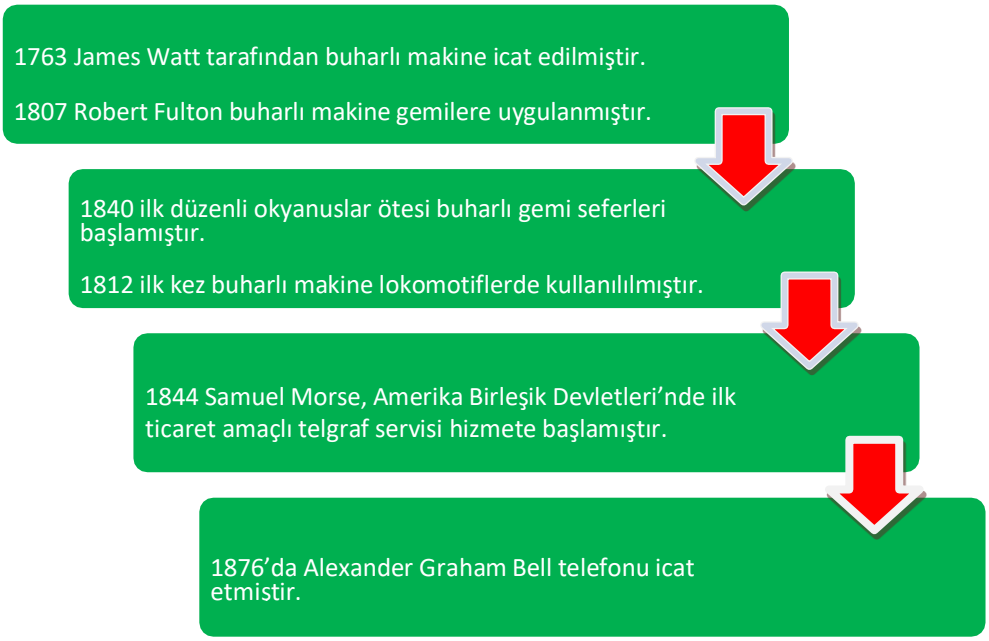
Şekil 2.6'da Endüstri Devimi'nin yayılma süreci sunulmuştur.



Şekil 2.6. Endüstri Devrimi'nin Yayılması (Britannica, Inc.,Jenny Chmielewski, Wallace,1998)

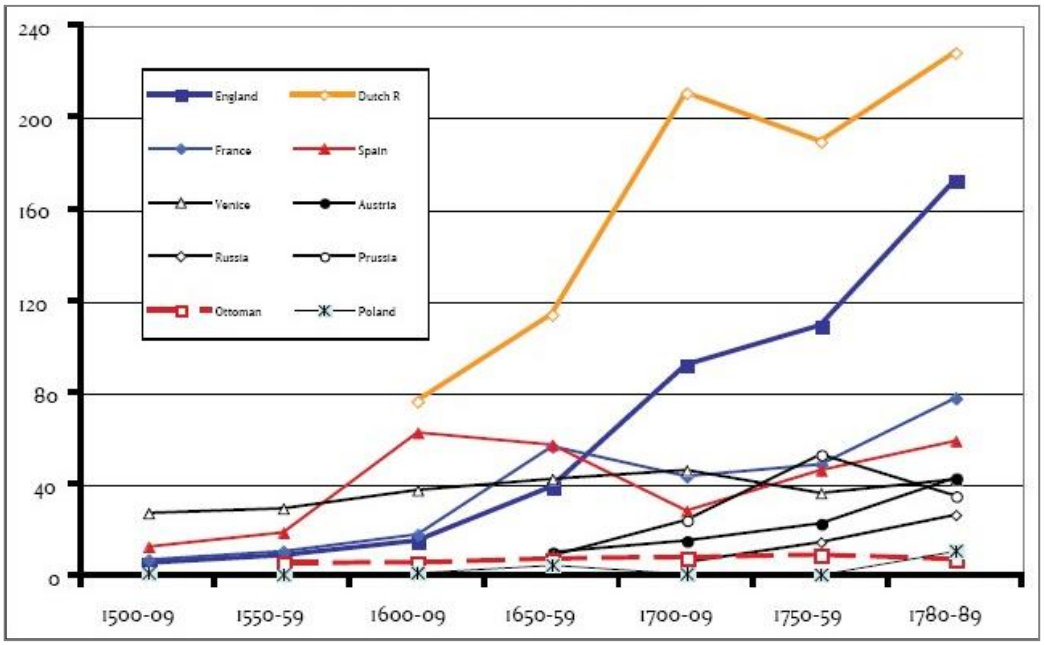
Wallace (1998: 442)'a göre birinci endüstri devriminde, diğer Avrupa ülkeleri çok geride kalmıştır. Burjuvazileri, İngiliz, Fransız ve Belçikalı meslektaşlarının zenginliğinden, gücünden ve fırsatlarından yoksundur. Diğer ülkelerdeki siyasi koşullar da endüstriyel genişlemeyi engellemiştir. Örneğin Almanya, geniş kömür ve demir kaynaklarına rağmen, endüstriyel genişlemesine 1870'te ulusal birlik sağlanana kadar başlamamıştır. Bir kez başladığında da Almanya'nın endüstriyel üretimi o kadar hızlı büyümüştür ki, yüzyılın başında İngiltere'yi geride bırakmıştır. Çelik ve kimya

endüstrilerinde dünya lideri haline gelmiştir. Şekil 2.7'de Endüstri 1.0 önemli çıkarımları verilmiştir.



Şekil 2.7. Endüstri 1.0 Önemli Çıkarımlar (MÜSİAD, 2017: 30)

Endüstri 1.0, 1700'lerde ve 1800'lerde Büyük Britanya'da başlamış ve önemli bir yenilik zamanı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 2.8. Osmanlı ve Avrupa'da Kişi Başı Yıllık Gelir (1500-1789) (Karaman ve Pamuk, 2010:29)

Endüstri 1.0 döneminde Avrupa devletleri kişi başı gelir miktarı incelendiğinde Osmanlı Devleti'ne göre kişi başı gelir miktarının yüksek olduğu görülmektedir. (Şekil 2.8) Osmanlı bu dönemde sadece günümüz Türkiye sınırları dahilinde kalan alanda dahi, kişi başına düşen gelir miktarının 1820–1913 yıllarında yılda ortalama yüzde (%) 0,6'lık bir hızla arttığı görülmektedir (Pamuk, 2006; Karaman ve Pamuk,2010:30).

2.1.2. II. Endüstriyel Devrim (Endüstri 2.0)

Endüstri 1.0' dan Endüstri 2.0' a doğru teknolojik dönüşümün gerçekleşmesinin ana sebeplerinden biri buhar gücü üreterek çalışan makinelerin enerji olarak kömür ile çalıştırılmasından dolayı kömürün yaydığı bazı zehirli gazların, bu teknolojinin kapalı alanlarda kullanımını zorlaştırması gibi sebeplerden dolayı yeni ve temiz bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmasıdır. Ortaya çıkan bu temiz enerji kaynağı ihtiyacı elektrik enerjisinin sanayide kullanılmaya başlanması ile giderilmiştir. Böylece elektrikle çalışan makineler üretilmeye başlanmıştır (Karakaş, 2016: 164).

Yaygın olarak İkinci Endüstri Devrimi olarak adlandırılan Amerikan Sanayi Devrimi, 1820 ile 1870 yılları arasında başladı. Bu dönem, tarım ve tekstil imalatının mekanizasyonunu ve buharlı gemiler ve demiryolları da dahil olmak üzere sosyal,

kültürel ve ekonomik koşulları etkileyen bir güç devrimi olarak tanımlanır (Singal, 2014: 12).

Şekil 2.9'da sanayi devriminin önemli sac ayaklarından olan işçi sınıfı görünmektedir.



Şekil 2.9. Endüstri Toplumu "Proletarya Sınıfı, Marksist Teoremde" (1914-1918) (Singer,2018)

19. yüzyılın başlangıcına kadar geçen süre, ikinci sanayi devrimi Endüstri 2.0'ın başlangıcını işaret eder. Bu devrimde önemli olan elektrik enerjisiyle çalışan makinelerin geliştirilerek üretim süreçlerinde kullanılmasıdır. Elektrik enerjisi zaten birincil güç kaynağı olarak elektrikli makinelerin çalıştırılması ve bakımı için kullanılmıştır. Bu enerji kaynağı nispeten verimsiz ve kaynak azlığı olan su ve buhar bazlı makinelerin aksine hem maliyet hem de çaba açısından daha verimli olduğu için tercih edilmiştir. İlk montaj hattı da bu dönemde inşa edilerek seri üretim sürecini daha da kolaylaştırmış, montaj hattı kullanarak malların seri üretimi standart bir uygulama haline gelmiştir. Bu çağ aynı zamanda Endüstri 1.0'da tanıtılan endüstri kültürünün, üretim tesislerinin verimliliğini artırmak için yönetim programı evrimine de dönüştü. İş bölümü, tam zamanında üretim ve yalın üretim ilkeleri gibi çeşitli üretim yönetimi teknikleri, kalite ve çıktının artmasına yol açan temel süreçleri rafine etti. Amerikalı makine mühendisi Fredrick Taylor (1856-1915), işçiyi, iş yeri tekniklerini ve kaynakların optimal dağılımını optimize etme

yaklaşımını tanıttı. Henry Ford (1863-1947), bu akıma ek olarak bant sistemini de geliştirmiş ve rakip firmalara karşı büyük bir avantaj sağlamıştır. Bu dönemi Endüstri 1.0'dan ayıran en önemli özelliklerden birisi de daha önce makineleşen üretimin seri üretime başlaması olmuştur (Butler ve Griffin, 2010: 56).



Şekil 2.10. Endüstri 2.0 Montaj Hattı (Kara, 2018)

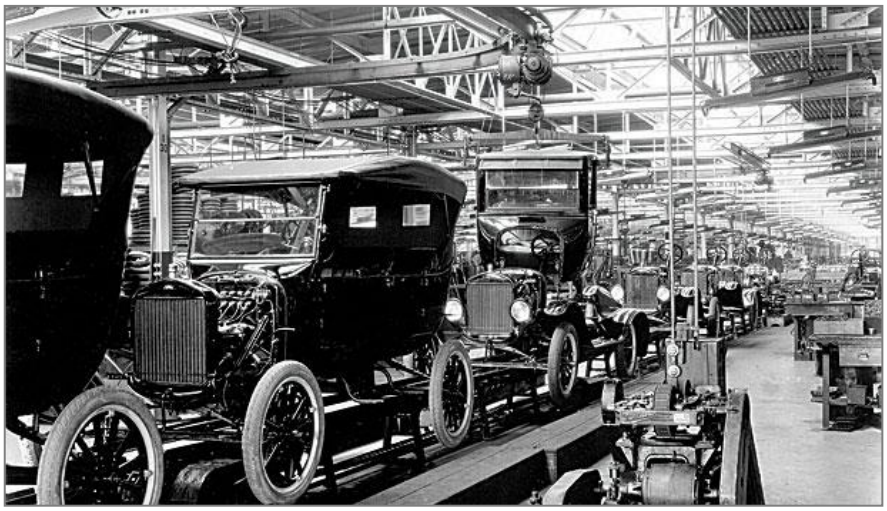
Şekil 2.10'da görünen montaj hattını ve Endüstri 2.0'ın sembolü olan yeni enerji türü elektriği kullanarak seri üretime geçen Henry Ford bu dönemin önemli bir ismidir. Bu dönemle beraber üretimde hammadde olarak kullanılan demir ve kömüre ek olarak petrol türevleri, çelik ve elektrik enerjisi kullanılmaya başlanmış, bu sayede endüstrinin bugün de devam eden güncel yapısı şekillenmiştir. Tarihçiler buna esas olarak İngiltere, Almanya ve Amerika'da meydana gelen Endüstri 2.0'a "Teknolojik Devrim" adını verirler (Uglow,2002: 426).

Seri üretimin ortaya çıkışı ve kullanımı ile üretim performansının artması sağlanmış, montaj hatları sayesinde ortaya çıkan modern teknoloji verimli bir şekilde kullanılmış, ancak bu teknolojinin giderleri yüksek bulunmuştur (Thoben, 2017: 5).

1913 yılında Henry Ford tarafından otomobil üretiminde tanıtılan montaj hattı üretimde bir devrime neden olmuştur. Montaj hattında her bir çalışan yalnızca bir manuel işlem gerçekleştirmiş, böylece bireysel parçaların üretimi çok daha hızlı

olmuştur. Otomobiller montaj hattında kısmi adımlarla üretilmiş ve bu çok daha hızlı ve daha ucuza mal edilmiştir. Bu gelişme emek piyasasında bir devrimdir. Artık uzman işçilere ihtiyaç bulunmakla birlikte kalifiye işçi sıkıntısı bir sorun olmuştur. Ofis iş yerlerinde iletişim daha da gelişmiştir. Mektuplardan değil, son zamanlarda birçok iş sürecini hızlandıran telefon görüşmelerinden ve telgraflardan oluşan sistem göze çarpmıştır. Ayrıca daktilo daha da geliştirilmiş ve bundan böyle toplu olarak da kullanılmaya başlanmıştır (Strayer, 2009: 202).

Chicago et paketleme endüstrisinin, 1867'den itibaren Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaya başlanan ilk endüstriyel montaj hatlarından (veya sökme hatlarından) biri olduğu kabul edilmektedir. İşçiler sabit istasyonlarda duracak ve bir makara sistemi, eti istasyona getirecekti. Henry Ford ve diğerleri, bu mezbaha uygulamasının Ford Motor Company'nin gelişmeler üzerindeki etkisi hakkında yazmışlardır. Hareketli montaj hattı Ford Model T için geliştirilmiş ve 7 Ekim 1913'te çalışmaya başlamıştır. Şekil 2.11'de görüldüğü gibi konveyör bantlarla oluşturulan montaj hattı, Model T'nin üretim süresini sadece 93 dakikaya indirmiştir. Üretim çok hızlıdır (her üç dakikada bir araç), ancak boya kurumadığı için boyahane için sorun oluşturmuştur. Yalnızca Japon siyahı rengi yeterince hızlı kurumakta ve şirketi 1914'ten önce mevcut olan renk çeşitliliğini, 1926'da hızlı kuruyan Duco cilası geliştirilinceye kadar kullanmak zorunda bırakmıştır. Montaj hatları iş yerlerindeki kazaların sayısını da azaltmış, her işçinin etrafta dolaşmasına izin vermek yerine belirli bir yere atanması, yaralanma oranının önemli ölçüde azalmasını sağlamıştır (Allen, 2009: 98).



Şekil 2.11. Ford Montaj Hattı, Model T Üretimi.
(https://www.otoboom.com,E.T.10.05.2022)

Endüstri 2.0 dönemi, ekonomik durumu birçok iniş ve çıkışlar görmüş ve düşüşler, yalnızca büyük afetler nedeniyle değil (örn. 1893'ün "büyük bunalımı" ve 1930'un "çöküşü"), aynı zamanda iki dünya savaşının yaşanmasıyla da ortaya çıkmıştır. Genel olarak, rekabetin yoğunlaştığı, bu rekabetin katkı sağladığı küreselleşme ve sermayenin merkezinde yer alan Avrupa genelinde sanayileşmenin büyümesine yol açmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nin 19. yüzyılın ortalarından beri genişlemesi ve fabrika sayısının artması, daha üretken gelişmeleri desteklemek için rekabet ve sürekli artan üretim kapasitesi ile doruğa ulaşmıştır. Bu durum birleşen büyük şirketleri yaratmıştır. İlk olarak güven yaratmak amaçlı demiryolu, çelik ve petrol endüstrileri büyük şirketlere dönüşmüştür (Brettel, Friederichsen, Keller ve Rosenberg, 2014: 39).

Endüstri 2.0 telekomünikasyonun başlangıcını görmüş, montaj hattı fabrikalarda devrim yaratmış ve ilk otomobiller üretilebilmiştir. Ulaşım daha da gelişmiş hava ve deniz taşımacılığı kıtalar arasında seyahat etmeyi mümkün kılmıştır. O zamandan bugüne Almanya dünyanın en büyük endüstriyel güçlerinden biri haline gelmiştir. Başarıları sadece endüstride değil, diğer birçok alanda devrim yaratmıştır. Bu gelişmeler, küreselleşmeye doğru atılan ilk adımlar olarak kabul edilir (Marks, 2002:5).

2.1.3. III. Endüstriyel Devrim (Endüstri 3.0)

Endüstri 3.0 ile sonuçlanan bir sonraki sanayi devrimi, 20. yüzyılın sonlarına doğru elektronik endüstrisindeki gelişmeler neticesinde ortaya çıkmış, kamu ve özel kaynaklar tarafından gelişimi teşvik edilmiştir. Transistor ve entegre devreler de dahil olmak üzere çeşitli elektronik cihazların icadı ve üretimi, makineleri büyük ölçüde otomatikleştirmiştir. Elektronik donanımın üretim sistemlerine entegrasyonu, bu elektronik cihazları etkinleştirmek için yazılım sistemlerine de ihtiyaç duyulmasına neden olmuş ve sonuç olarak yazılım geliştirme pazarını da ateşlemiştir. Donanımı kontrol etmenin yanı sıra, yazılım sistemleri ayrıca fabrika genelinde kurumsal kaynak planlaması, envanter yönetimi, sevkiyat lojistiği, ürün akış planlaması ve takibi gibi birçok yönetim sürecini mümkün kılmıştır. Tüm endüstrinin, elektronik ve BT (Bilişim Teknolojileri) kullanılarak daha da otomatikleştirilmesine olanak sağlamıştır (Marks,2002: 45).

Endüstri 3.0 çağında üretimde maliyetlerini daha da düşürme baskısı, birçok üreticiyi düşük maliyetli ülkelere taşınmaya da zorlamıştır. Üretimin coğrafi konumunun dağılımı, Tedarik Zinciri Yönetimi kavramının oluşmasına yol açarak tüm endüstri çevrelerini elektronik ve BT kullanımına zorlamıştır (Uglow,2002: 189).

Diğer taraftan, telekomünikasyon ve küreselleşmedeki ilk adımlar Endüstri 2.0 tarafından yönlendirilmiştir, böylece üçüncü endüstri devriminin (Endüstri 3.0) yaklaşık 1970'lerde başlamasına neden olmuştur. Endüstri 3.0 çağında, elektrik mühendisliği ve bilgi teknolojisi yoluyla otomasyona odaklanılmıştır. Teknolojinin ilk başlangıcı 18. yüzyıl olarak kabul edilebilir. Charles Babbage ve Ada Lovelace (1933) ile birlikte Analitik Motoru vasıtasıyla bireysel olarak programlanabilen bilgisayar için bir temel oluşturmuştur. Daha fazla gelişme, 1941'de dünyanın ilk işleyen cihazlarının ortaya çıkmasına neden olarak, Alman mühendis Konrad Ernst Otto Zuse (1936), "Z3" olarak adlandırılan cihazı geliştirmiştir. Bilgisayar, program kontrollü olup, serbestçe programlanabilen tam otomatik bir yapıya sahiptir. Halefi "Z4"e kadar sadece bir prototip olduğu tanımlanmıştır (Griffin, 2010:102).

Başlangıçta, karmaşık formülleri tamamen otomatik olarak hesaplayabilen hesap makineleri kullanılmış, daha sonra bunların yerini kişisel bilgisayar

“Personal Computer (PC)” almıştır. PC, ofislerde ve özel evlerde kullanılabilecek şekilde daha da geliştirilmiştir. Bu, esas olarak 1980'lerde ve 1990'ların başında ev bilgisayarı pazarına hâkim olan Commodore (1982) ile yapılmıştır. Microsoft ve Apple gibi ilk dijital devler de bu dönemde kurulmuştur. Endüstri 3.0, bilgisayarlar ve otomasyon tarafından şekillendirilmiş olup hızlı yaşam ve bilgi teknolojisini temsil eder. Bilgisayar teknolojisinin hızlı gelişimi, ilk kez evde veya ofiste bilgisayar kullanımını mümkün kılmıştır. Örneğin, Endüstri 2.0'da kullanılan daktiloların yerini ev bilgisayarları almıştır. Endüstri 3.0'da da insan işi giderek artan bir şekilde makineler tarafından devralınmıştır (Moktadira, vd., 2018: 733).



Şekil 2.12. Altair 8800 Üretimi (https://stringfixer.com/,E.T.09.05.2022).



Şekil 2.13. 1976 Apple İlk Üretim (https://www.iamgadgetguy.com/E.T09.05.2022)

Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0), üretim sistemlerinde dijital sistemler analog sistemlerin yerini almaya başlamıştır. 1972 yılında ilk mikro işlemci Intel 8008 ve

ilk mikro bilgisayar Altair 8800 (Şekil 2.12) piyasaya sürülmüştür. Sonrasında 1976 yılında; Steve Jobs, Steve Wozniak ile birlikte Apple bilgisayar şirketini kurmuştur (Littman,1987:18). 1976 yılında ise ilk Apple üretimi yapılmıştır. (Şekil 2.13.)

Endüstri 3.0 çağı otomasyona geçişin bir sonucu olarak üretim sürecindeki insan emeğinin en aza indirildiği daha hızlı, daha güvenli, üretimde hata payının minimize edildiği bir çağ olmuştur (Şekil 2.14.). Bu dönemle birlikte hayatımıza giren dijitalleşme kavramı Endüstri 4.0 çağının da katalizörü olmuştur (Kara, 2018: 34).



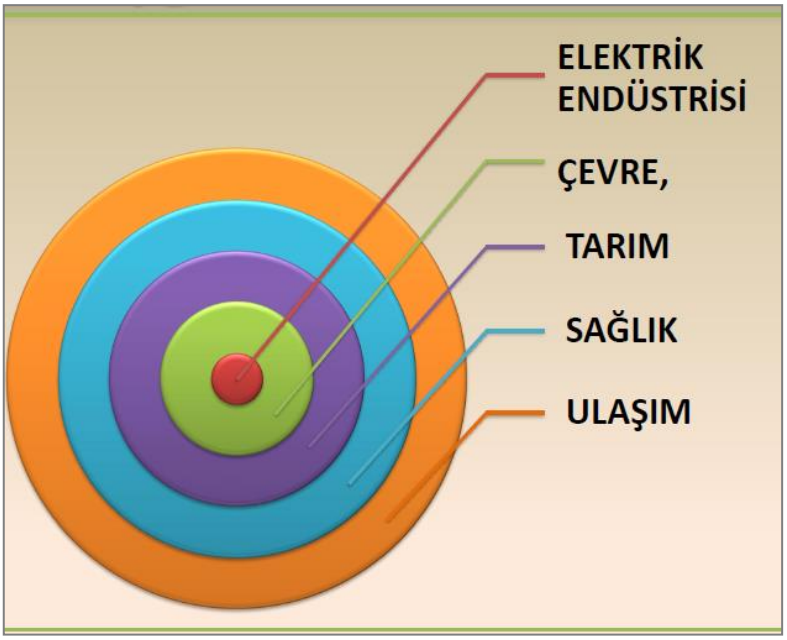
Şekil 2.14. Endüstri 3.0 Otomasyon Dönemi (Kara, 2018)

Öztemel ve Gürsev (2020: 109), üçüncü sanayi devrimi (Endüstri 3.0) 1970'lerde makinelerde elektronik ve cihazların benimsenmesiyle endüstriyel devrimde yerini almış, bunun da üretim sürecinde otomasyon ve robotların geliştirilmesine yol açmasına neden olduğunu ifade etmiştir. Endüstri 3.0, Endüstri 1.0 ve 2.0'dan daha iyi bilinen Dijital Devrim'in tanıtılmasıyla gelişmiş, Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde kendine önemli bir yer edinmiştir.

2.1.4. IV. Endüstriyel Devrim (Endüstri 4.0)

Siber fiziksel sistemlere dayalı üretim, Endüstri 4.0 veya başka bir deyişle dördüncü sanayi devrimi, ilk olarak 2011 yılında Hannover Fuarı'nda sergilendi; günümüzde bu terim, siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti (Şekil 2.15) ve bulut bilişim gibi otomasyon ve veri paylaşım trendlerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Endüstri 4.0 dönemi bulut bilişim, nesnelerin interneti gerçek

zamanlı sensör ve reaksiyon teknolojileri, bulut tabanlı hizmetler, büyük veri analitiği, robotlar, yapay zekâ, 3D yazıcılar ve daha birçok yeni teknolojinin ve üretimin geleceğinin şekillendiği dönemdir. Endüstri 4.0, Şekil 2.16'da da görüldüğü üzere temel olarak bilgi teknolojilerini endüstri ile birleştirmeyi hedeflemiştir. Bu yeni çağ, düşük maliyetli, enerji tasarruflu, yüksek verimli ekipmanlar, birbirleri ile haberleşebilen işletim sistemleri ve yazılımlar aracılığıyla veri paylaşmakta, internet bağlantısı olan siber-fiziksel sistemler bu şekilde inşa edilmektedir. Ayrıca gelişmiş sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, modelleme ve simülasyon altyapıları ile maliyet ve zaman tasarrufu hedeflenmiştir. Bu sanal gerçeklik uygulamalarına yakın zamanda sanal fabrikalar da eklenecektir. Bu sanal fabrikalar üzerinde yeni ürünler için test üretimi ve fizibilite projeleri yapılabilmekte, böylece fabrika kurulmadan önce olası sorunlar tespit edilebilmektedir (Hofmann ve Rüshc,2017: 25).



Şekil 2.15. Nesnelerin İnterneti "Internet of Things" (IoT) (Sert, Yılmazer ve Ertunç, 2019: 14)



Şekil 2.16. IoT ve Endüstri 4.0 Akıllı Üretim (Sert, Yılmazer ve Ertunç, 2019: 19)

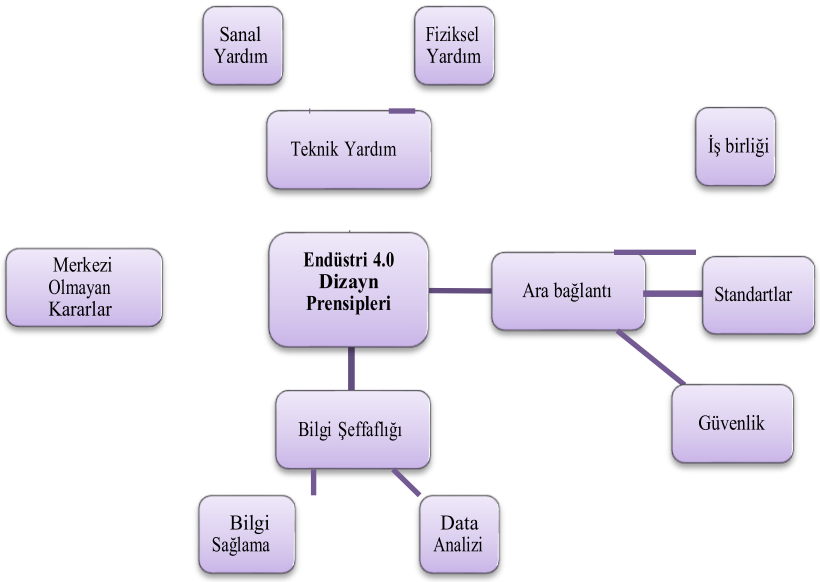
Endüstri 4.0 teknolojisinin etkileri şunları içerir:

1. Birlikte çalışabilirlik,
2. Bilginin yerelleştirilmesi,
3. Gerçek zamanlı veri toplama,
4. Yüksek esneklik.

Bu nedenle, Endüstri 3.0 ile Endüstri 4.0 arasındaki fark, tesis operasyonlarında birbirine bağlı yeni teknolojilerin varlığıdır (Rennung, Luminosu ve Draghici, 2016: 374).

Endüstri 4.0, makineleri daha akıllı hale getirmek ve sektördeki çeşitli süreçler için akıllı eylemleri paylaşmak, analiz etmek ve yönlendirmek için Siber Fiziksel Sistemler (Cyber-Physical Systems (CPS)) kullanmaktadır. Bu akıllı makineler, önleyici tedbirler ve düzeltici eylem önermek için arızaları sürekli olarak izleyebilir, tespit edebilir ve tahmin edebilir. Bu, endüstriler için daha iyi hazırlık ve daha düşük geri bildirim süresi sağlar. Aynı dinamik yaklaşım, lojistik, üretim çizelgeleme, üretim sürelerinin optimizasyonu, kalite kontrol, kapasite kullanımı ve verimliliği artırma gibi sektördeki diğer yönlere de çevrilebilir. Siber fiziksel sistemler ayrıca bir endüstrinin tamamen sanal olarak görselleştirilmesine, izlenmesine ve uzak bir konumdan yönetilmesine ve böylece üretim sürecine yeni bir boyut eklenmesine olanak tanır. Makineleri insanların yerine tercih eder. Böylece teknoloji maliyet eğrisi her geçen gün daha yüksek hale geldikçe, giderek daha hızlı teknoloji kesintileri daha da düşük maliyetlerle ortaya çıkacak ve endüstriyel ekosistemde devrim yaratacaktır (Thoben, Wiesner ve Wuest, 2017: 9).

20. yüzyılın sonu, Endüstri 4.0'ın başlangıcı olarak kabul edilir ve üçüncü sanayi devriminin gelişmeleri üzerine kuruludur. Günümüze kadar devam eden dördüncü aşama, internetin tanıtılması ve dolayısıyla artan dijitalleşme ile karakterizedir. Bu nedenle bu döneme dijital çağ da denilmektedir. 1990'larda artan önemi ile internet, tamamen yeni bir dünyada yaşamamızı sağlamıştır. Dijitalleşme, üretim ve çalışma dünyasını tamamen değiştirmiştir. Çünkü bugün ve bu çağda artık stokta değil, gerçek talep veya ihtiyaca göre mal üretmek artık mümkün değildir. Ancak bugün dünya çapında büyük bir ağa bağlı olmak ve Endüstri 4.0 ile üretimde benzeri görülmemiş bir verimlilik sağlamak, robotların üretim için giderek daha fazla kullanılması ve teknolojilerin daha da gelişmesi Endüstri 4.0'ın önemini daha da artırmaktadır (Singer, 2018:26).



Şekil 2.17. Endüstri 4.0 Tasarım Prensibi (Hermann vd., 2016: 232)

Hermann ve diğerleri (2016), Endüstri 4.0 çağında endüstriyel gelişim ve değişimin endüstriyel üretime öncülük eden dört tasarım vizyonu olduğunu belirlemiştir. Tasarım vizyonu şekil 2.17'de göründüğü gibi şu şekildedir;

1. Ara Bağlantı,
2. Bilgi Şeffaflığı,
3 Merkezi Olmayan Kararlar,
4.Teknik Kararlardır.

Endüstrileşme çağının dördüncü evresi olarak kabul edilen ve Almanca literatürde 'Endüstri 4.0' olarak adlandırılmakta olan bu dönemi, ABD (Amerika Birleşik Devletleri)'nin, Avrupa ülkelerinin ve Uzakdoğu ülkelerinin de bu çağı kaçırmamak için gelişmeleri yakından takip ettiği ve AR-GE (Araştırma-Geliştirme) çalışmalarına devam ettiği bilinmektedir (Özsoylu, 2017: 43).

Siber devrim, günümüz insanını Endüstri 4.0 veya 4IR olarak da adlandırılan Dördüncü Endüstri Devrimi'ne getirmektedir. Bu ifadeyi oluşturan Dünya Ekonomik Forumu'na göre, bu "siber-fiziksel sistemlerden" biridir, yani hem insan hem de makinenin yeteneklerinin birleştirilmesidir. Bu, yapay zekâ, genom düzenleme, biyometri, yenilenebilir enerji, 3D baskı, otonom araçlar ve IoT çağıdır. Özünde, birden üçe kadar olan devirlerde ikiye katlanma olarak görülebilir. Teknoloji, kullanılan ve insanlığı değiştiren bir şey olmak yerine, büyük değişimi etkilemek için insan yaşamına ve bedenlerine işlenecektir. Bunun sadece üçüncü devrimin bir uzantısı olduğuna dair bir argüman bulunmasına rağmen birçok yönden yeni gelişen teknolojinin değişme hızı ve niyetinin onu bilgisayar teknolojisinin benimsenmesinden ayırt ettiği söylenebilir (Whitmore, Agarwal ve Da Xu,2015: 267).

Üretim modellerinde bir dönüşümle sonuçlanan daha önceki üç sanayi devrimi süreci; su ve buhar gücüyle mekanizasyon, montaj hatlarında seri üretim ve bilgisayar ve bilgi teknolojisi yoluyla otomasyon başlıklarına odaklanılmıştır (Tay, Lee vd., 2018: 1381).

İlk sanayi devrimi (Endüstri 1.0), 18. yüzyılın sonunda su ve buhar gücünün ortaya çıkması ve üretimin mekanizasyonu ile Birleşik Krallık'ta geliştirilmiştir. Bu devrim, mekanik üretime önemli ölçüde yardımcı olan ve tarım ve ticareti büyük ölçüde geliştiren insan verimliliğindeki en önemli ilerleme olarak kabul edilir. Buhar motorlarının güç için kullanılabileceği yerler çoğunluktadır. Buharlı gemi veya buharla çalışan lokomotif gibi gelişmeler daha büyük değişiklikleri beraberinde getirmiştir çünkü insanlar ve eşyalar büyük mesafeleri daha kısa sürede hareket ettirebilmiştir. Ardından, ikincisi (Endüstri 2.0) elektrikle çalışan makineler ve seri üretimin genel olarak baskın üretim tarzı haline geldiği dönem olarak tanımlanan montaj hattı üretiminin tanıtıldığı 19. yüzyılın başlarında demiryollarının endüstriyel sisteme girişi, seri üretime yardımcı olan çelik seri imalat tarafından desteklenmiştir. Üçüncü sanayi devrimi (Endüstri 3.0)

1970'lerde makinelerde elektronik cihazların benimsenmesiyle yerini almış, bu da üretim sürecinde otomasyon ve robotların geliştirilmesine yol açmıştır. Endüstri 3.0, Endüstri 1.0 ve 2.0'dan daha iyi bilinen Dijital Devrim'in tanıtılmasıyla gelişmiştir çünkü günümüzde çoğu insan üretimde dijital teknolojiye dayanan endüstrilere aşinadır (Ojra, 2019: 853).

Dördüncü Sanayi Devrimi hali hazırda uygulanmaktadır. Bu aynı zamanda "Endüstri 4.0" olarak da bilinir ve endüstride bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı ile tanımlanır. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin ilerlemelerine dayanmaktadır. Bilgisayar teknolojisini kullanan üretim sistemleri bir ağ bağlantısı ile geliştirilir ve bir anlamda internette dijital bir ikize sahiptir. Bunlar, kendileriyle ilgili verilerin üretilmesinin yanı sıra diğer sistemlerle iletişimi de sağlar. Bu, üretim otomasyonundaki bir sonraki aşamadır (Beier, Ullrich, Niehoff, Reißig ve Habich, 2020: 260).

Tüm sistemler "siber-fiziksel üretim sistemleri" ile birbirine bağlanır ve bunun sonucunda üretim sistemlerinin, bileşenlerinin ve insanların bir ağ üzerinden etkileşime girdiği ve üretimin neredeyse özerk olduğu akıllı fabrikalar ortaya çıkar. Bu etkinleştiriciler bir araya getirildiğinde, Endüstri 4.0, üretim ortamlarında bazı şaşırtıcı iyileştirmeler sunma potansiyeline sahiptir. Arızaları öngörebilen ve bakım işlemlerini kendi başına başlatabilen makineler veya üretimdeki beklenmedik değişikliklere uyum sağlayan kendi kendini organize eden lojistik sistemler buna örnek sayılabilir (Culot, Nassimbeni, Orzes ve Sartor, 2020: 285).

2.2. Endüstri 4.0 İlgili Kavramlar ve Terimler

Endüstri 4.0, öncelikle bağlantı, entegrasyon ve endüstriyel dijitalleşme ile karakterize edilen ve tüm bileşenleri değer katan bir sisteme entegre etme olanaklarını vurgulayan karmaşık bir teknik modeldir. Dijital üretim teknolojisi, ağ iletişim teknolojisi, bilgisayar teknolojisi ve otomasyon teknolojisi bu yaklaşıma dahildir. Endüstri 4.0, çeşitli alanlarda hızlı teknolojik gelişmeler sağlar; bununla birlikte, ortaya çıkan dördüncü endüstri devrimi, büyük ölçüde Siber-Fiziksel Sistemlerin üretim süreçlerine teknik entegrasyonunun yanı sıra nesnelerin ve hizmetlerin internetinin

endüstriyel süreçlerde kullanılmasıyla şekillenmektedir. Endüstri 4.0 devriminin temel özellikleri Tablo 2.1.' de sunulmuştur (Pereira ve Romero, 2017: 14).

Tablo 2.1. Endüstri 4.0 Teknolojik Özellikleri (Pereira ve Romero, 2017)

Endüstri 4.0 Teknoloji Özellikleri		
Otomasyon	Entegrasyon	Modülerlik
Gerçek zamanlı yetenek	Esneklik	Birlikte Çalışabilirlik
Sanallaştırma	Ademi Merkeziyetçilik	Veri kalitesi ve Kullanılabilirliği
Servis	Ürün ve Hizmet Özelleştirmesi	Şeffaflık

Şekil 2.18, Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri veya 10 bileşenden oluşan Endüstri 4.0'ın temel teknolojileri etkileştiricileri hakkında bilgi sağlar.



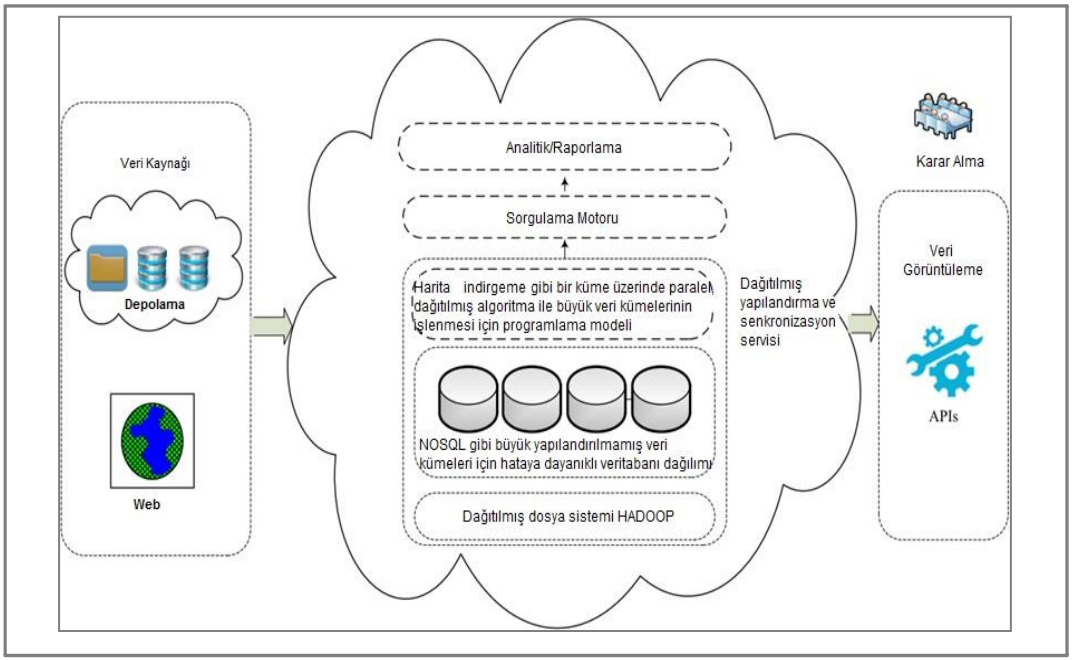
Şekil 2.18. Endüstri 4.0'ın Temel Kavram ve Terimleri (Rübmann, 2015)

1. **Siber-fiziksel sistem (CPS)**

Siber-Fiziksel Sistemler (CPS), Endüstri 4.0 uygulamalarının temel bileşenleri olan hesaplamalı ve fiziksel süreçlerin birleşimidir. Görüntüleme ve kontrol yeteneklerini ilgili sistemlere entegre ederler. Bu sistemlerin üretilen herhangi bir girdiye yanıt verme yeteneği önemli bir özelliktir. Öngörülen çıktılar oluşturmak için hızlı kontrol ve süreç geri bildiriminin doğrulanmasını sağlarlar. CPS'nin evrimi üç aşama ile karakterize edilir. Tanımlama teknolojileri, birinci nesil CPS'ye dahildir. İkinci nesil CPS, sınırlı sayıda işleve sahip bazı sensörler ve aktüatörlerle donatılmıştır. Üçüncü nesil CPS'de, ekipmanın kurulumuna ek olarak veriler tutulur ve analiz edilir. CPS'nin birçok sensörü ve aktüatörü vardır ve ağ uyumlu olması amaçlanmıştır. CPS'ler çeşitli özellikler sunar (Chen, 2013: 68).

2. **Bulut sistemleri (CS)**

"Bulut" terimi, örneğin uzak hizmetler, renk yönetimi ve performans kıyaslama uygulamaları gibi uygulamalar için kullanılır. BT topluluğundan büyük ilgi gördü ve diğer iş alanlarındaki rolü büyümeye devam edecek. Makineler, veri yönetimi ve işlevsellik, teknoloji geliştikçe geleneksel yöntemlerden bulut tabanlı çözümlere geçmeye devam edecek. Bulut, bağımsız sistemlerden önemli ölçüde daha hızlı dağıtımın yanı sıra hızlı yükseltmeler, mevcut performans modelleri ve diğer teslim olanakları sağlar (Bauernhansl, Schatz ve Jager, 2014: 110).



Şekil 2.19. Büyük Veride Bulut Hesaplama (Hashem vd., 2015: 103)

Sektör, gelişmeye devam edecek ve geleneksel veri depolama yöntemlerine karşı önemli bir meydan okumayı temsil edecek olan bulut çözümlerine doğru geçiş yapacaktır. Bulut teknolojisi, herhangi bir kurulum gerektirmeyen web tabanlı uygulamalarla operasyonel konfor sağlayan en temel çevrimiçi depolama hizmetidir (Şekil 2.19) . Bulut bilişim, tüm uygulamaları, programları ve verileri sanal bir sunucuda depolama sürecini ifade eder. Girdi tedarikçilerinin, çalışanların ve tüketicilerin aynı anda aynı bilgiye erişmesini garanti ederek verimliliği artırır (Mohammed ve Wang, 2018: 55).

3. Makineden Makineye (M2M) İletişim

Makineden makineye (M2M), kablolu veya kablosuz herhangi bir kanalı kullanarak cihazlar arasında doğrudan iletişime izin veren teknolojiyi ifade eder. Makineden makineye iletişim, endüstriyel enstrümantasyon ve kişisel iletişimleri içerebilir (Bauernhansl, Schatz ve Jager, 2014: 110).

M2M ayrıca Endüstri 4.0'ın önemli bir bileşeni olarak kabul edilir. Makineden makineye (M2M), cihazların kablolu veya kablosuz herhangi bir kanal üzerinden birbirleriyle doğrudan iletişim kurmasını sağlayan bir teknolojidir. Makineden Makineye İletişim, endüstriyel enstrümantasyon ve kişisel ağları içerebilir. M2M ayrıca Endüstri

4.0'ın önemli bir bileşeni olarak kabul edilir. Uygulamalar, alternatif gelir akışları sunarak ve işletme maliyetlerini azaltarak işletmelere değer katmaya yöneliktir (Mohammed ve Wang, 2018: 55).

4. Nesnelerin İnterneti ve Hizmetlerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel şeyler ve internet arasındaki etkileşime dayalı olarak çeşitli teknoloji ve teknikleri birleştiren ve gelişmekte olan bir kavramdır. Son yıllarda teknolojinin ilerlemesi, İnternet'in bir IoT vizyonunun temeli olan "akıllı nesneler" olarak bilinen yeni bir düzeye genişletilmesini sağlamıştır, bunun için yeni model, sıradan şeylere zekâ ile ödül vermekten, onlara izin vermekten ibarettir. Sadece bilgi biriktirmek ve çevreleriyle iş birliği yapmak değil, aynı zamanda diğer öğelerle ilişki kurmak, bilgi iletmek ve internet üzerinden bir ön çalışma yapmak bu sistemin öne çıkan özelliklerindendir. Yaygın olarak Endüstri 4.0'ın temel itici güçlerinden biri olarak kabul edilen bu alana artan ilgi, IoT için bir dizi vizyon ve tanımın geliştirilmesini sağlamıştır (Wang vd., 2021: 98).

Nesnelerin İnterneti (IoT), akıllı bir üretim ortamı oluşturmak, veri toplamak ve paylaşmak için elektronik, yazılım, sensörler, aktüatörler ve ağ bağlantılarıyla donatılmış fiziksel cihazların, arabaların, binaların ve diğer varlıkların birbirine bağlanmasını ifade eder. Bu yeni teknolojiler ile donatılan fabrikalar akıllı fabrika olarak bilinir. Ek olarak, “Hizmetlerin İnterneti (IoS)” kavramı, IoT'ye benzer bir yaklaşımı benimser, ancak bunu fiziksel varlıklardan ziyade hizmetlere uygular. Hizmetlerin İnterneti (IoS) fikri, hizmet sağlayıcılar ve müşteriler arasında iş ağlarının inşası için ticari ve teknolojik bir temel sağlayarak hizmet sektörü için yeni perspektifler açacaktır (Ahmed, vd., 2019: 47).

Nesnelerin internetinin endüstriyel bağlamlarda ve değer zincirlerinde genişlemesi, çeşitli endüstrilerde önemli bir etkiye sahip olan kullanıcılar, üreticiler ve işletmeler için çeşitli fırsatlar sunacaktır. Nesnelerin İnterneti, üç temel sütun etrafında ortaya çıkan bir dizi yeni uygulama ile yeni bir çığır açıyor:

i) süreç optimizasyonu

ii) kaynak optimizasyonu

iii) karmaşık otonom sistemlerin inşası şeklinde sıralanan bu uygulamalar sayesinde IoT teknolojisi gelişmeye ve yayılmaya devam edecek, nesnelerin daha akıllı, daha güvenilir ve otonom hale gelmesine izin vererek, daha yüksek değerli ürün ve hizmetlerin tedariğine olanak tanıyacaktır. Öte yandan, Endüstri 4.0'ın etkinliği, mevcut ağ altyapısına, zekaya ve sisteme gömülü insan bilgisine bağlıdır (Wang vd., 2021: 98).

5. Akıllı Fabrikalar veya Akıllı Üretim

Akıllı fabrikalar veya akıllı üretim, geleneksel yöntemlerden otomatikleştirilmiş ve dijitalleştirilmiş sistemlere geçerek konsept oluşturarak üretim ve ürün etkileşimlerini iyileştirmeyi amaçlayan bir üretim türüdür. Gereken en yüksek hızda tam esnek üretim yapmayı ve üretmek için gelişmiş bilgi ve üretim teknolojilerinden yararlanmayı amaçlar (Ahmed, vd., 2019: 47).

"Karanlık fabrikalar" ve "insansız fabrikalar" akıllı fabrikaları tanımlamak için kullanılan terimlerdir, bu sistem insanın küçük müdahalesi ile entegre edilmiştir. Birey bu sistemlere esas olarak problem çözme aşamalarında giriyor. Günümüzde lights out (karanlık) veya insansız fabrikalar olarak bilinen konsept, üretimi aktif olarak yürüten fabrikalarda kullanılan ekipmanları içeren otomasyon ve özerkliği artırılmış metodolojilerdir. Karanlık fabrikaların en ünlü özelliği, insan gücüne ve müdahalesine ihtiyaç duymamalarıdır. İnsansız fabrikalarda ürünün hammaddeden fabrika çıkışına kadar süren yolculuğunda tesise girilmesine ve insan müdahalesine gerek yoktur. Yani bu fabrikalarda üretim tamamen robotik sistemlerle yapılmaktadır. Akıllı fabrikaların Dördüncü Endüstri Devrimi'nin gerektirdiği özelliklere ve prosedürlere sahip olacağı aşikardır. Üretimimizin geleceği için büyük önem taşıyan bu süreçlerin amacı, Endüstri 4.0 altında çalışan bir akıllı fabrika oluşturmak için büyük veri, siber fiziksel sistemler, bulut, nesnelerin interneti, makineden makineye iletişim vb. gibi farklı diğer bileşenleri bir araya getirmektir (Ghobakhloo, 2018: 915).

6. Büyük Veri ve Veri Madenciliği

Büyük veri ortamlardaki her şey tarafından sürekli olarak üretilmektedir. Her dijital süreç ve sosyal medya alışverişi veri üretir. Sistemler, sensörler ve mobil cihazlar bunları iletir. Büyük veriler, birden fazla kaynaktan, kontrolsüz ve endişe verici bir hız, hacim ve çeşitlilikte gelir. Büyük verilerden anlamlı değer elde etmek için bilgi yönetimi becerilerine ek olarak optimum işlem gücüne, analitik yeteneklere ihtiyaç

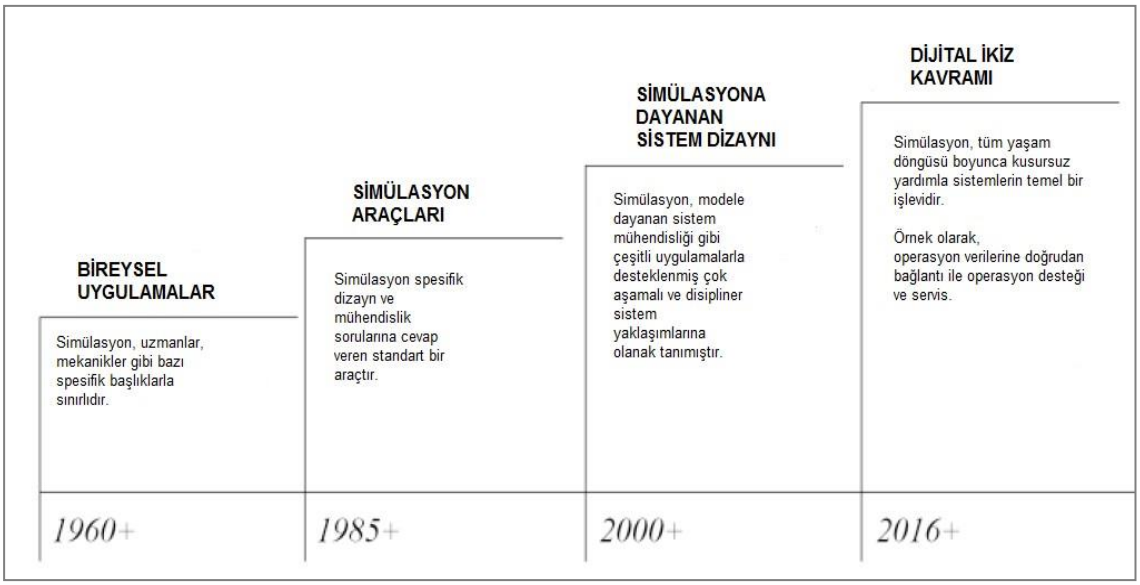
vardır. Dünyada çok sayıda heterojen veri bulunmaktadır. Veri madenciliği teknolojisini düzgün bir şekilde uygulamadan, bu atmosferi keskin bir şekilde akıllı hale getirmek imkânsız görünmektedir. Günümüzün otomasyonu ile veri madenciliği denetimli, denetimsiz veya pekiştirmeli öğrenme olabilir. Hiyerarşik bir şekilde çok sayıda katmanda yürütüldüğünde, bilgisayar destekli öğrenme daha kesin hale gelir. Makine öğrenimi, hiyerarşik bir biçimde denetimli veya denetimsiz öğrenme yoluyla özelliklerin otomatik olarak çıkarılması işlemidir (Ghobakhloo, 2018: 915).

7. Akıllı Robotik

Teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak her gün yeni ürünler ve sistemler ortaya çıkmaktadır. Uçan otomobiller, holografik televizyon ve insan vücuduna yerleştirilecek yüzlerce elektrikli cihazlar bu olasılıklar arasındadır. İnsansı robotlar çok da uzak olmayan bir gelecekte günlük yaşamın bir parçası olacaktır. Son yenilikler, robotların çevrelerini kontrol etmelerini sağlayan becerileri beraberinde getirdi. Yapay zekâ, belirli bir amaç için tanımlanmış belirli görevlerin başarılmasında iş birliği yapan robot ekiplerinin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır (Ahmed, vd., 2019: 57).

8. Artırılmış Gerçeklik ve Simülasyon

Simülasyon, büyük veri ve bulut sistemlerinden elde edilen ve işlenen veriler, ürün tasarımı, geliştirme ve üretimi ile ilgili tüm olası senaryoları değerlendirmek için sanal bir modele besleme olarak kullanılabilir. Şekil 2.20'de tarihçesi şematize edilmiş olup simülasyon, mevcut gerçek zamanlı verilerden yararlanmak ve gerçek çalışma dünyasını sanal bir ekosistemde simüle etmek için iş modellerinde yaygın olarak kullanılır. Simülasyon yoluyla süreç testi ve optimizasyonu, insanların gerçek fiziksel dünyada ayarlamaların uygulanmasından önce bile iş değişimini, riski, kurulum süresini azaltmasına ve gelecekteki süreçler ve hizmetler için kalite kontrolünü geliştirmesine izin verir (Wang vd., 2021: 99).



Şekil 2.20 Simülasyon Kavramı Gelişim Süreci (Weyer, 2016: 99)

9. Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) ve İş Zekâsı

Kurumsal kaynak planlaması (ERP), bir organizasyonun tüm kaynaklarını entegre etmek ve verimli bir şekilde kullanmak için tasarlanmış bilgi sistemlerini ifade eder. Bir ERP yazılımı, bir organizasyonun tüm operasyonlarında (tedarikçiler, üretim, stok, satış) yürütülen süreçleri ve verileri bir araya getirmesini destekleyen bir sistemdir. ERP sistemleri, çeşitli departmanlarda kullanılabilecek bilgileri tahmin etmeye ve çıkarmaya başlamak için bilgi kullanımına entegre bir yaklaşım sağlayabilir (Ahmed, vd., 2019: 57). Büyük veri ile Endüstri 4.0 arasında bir bağlantı vardır, Üretim Yürütme Sistemleri (MES), bulut sistemleri ve ERP entegre edilmiştir. Tasarım aşamasındaki tüm prosedürlerin ve müşteri yolculuğunun Endüstri 4.0 yaklaşımıyla uyumlu olması kritik önem taşıyor. ERP süreci de bu çerçevede hayati bir bileşendir (Ghobakhloo, 2018: 915).

2.3. Endüstri 4.0 SWOT Analizi (Güçlü-Zayıf Yönleri/ Fırsat ve Tehditleri)

Endüstri devrimi hem bir fırsatı hem de bir zorluğu temsil eder çünkü teknolojinin günlük yaşam üzerindeki etkisi giderek artmaktadır. Daha önceki endüstriyel aşamalarda olduğu gibi, sosyal değişimler belirli bir zaman geçmesiyle fark edilir hale gelir. Endüstri 4.0'ın ilk ana özelliği, akıllı üretim sistemlerinin dikey ağ oluşturmasıdır. Endüstri 4.0'daki dikey entegrasyon, üretim tabanından üretim izleme,

kontrol ve denetim, kalite yönetimi, operasyonlar, ürün yönetimi, işleme vb. yoluyla endüstrinin birçok seviyesi arasında bir bağlantı kurar. Tüm kurumsal seviyelerdeki bu karşılıklı bağlantı, veri odaklı stratejik ve taktik seçimlere olanak tanıyan akıcı, şeffaf bir veri akışı sağlar. Teknolojiler, çalışma hayatını daha esnek hale getirir, birçok insan için her yerden çalışmak mümkündür. İster evde ister kafede ister ofiste. Buna karşılık, esneklik ve teknoloji ile geçmişte bilindiği gibi iş tasarımı modası geçmiş oldu. Herkesin iş amaçlı danışma veya iş yeri acil durumları için her zaman hazır olması beklenir. İş, hayatın bir parçası olduğu için Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a kadar geçen sürede işe bakış, iş yapış şekillerinde de değişimler olmuştur. Bu değişimler olumlu ya da olumsuz yönleri ile insanları etkilemeye devam etmektedir (Wuest, vd., 2016: 28).

Endüstri 4.0'daki gelişmeler nedeniyle insanlar giderek daha fazla makineler tarafından desteklenmektedir. Kaçınılmaz sonuç, görevler için daha az işçiye ihtiyaç duyulmasıdır. Ancak daha fazla eğitim ve yeni çıraklık eğitimi ile üstlenilecek yeni görevler olacaktır. Endüstri 4.0'ın şirketler ve kişinin kendi günlük yaşamı için ne anlama geldiği sorusuyla ilgilenmesi önemlidir. İnsanlar teknoloji ile birlikte gelen yeni zorluklarla en iyi nasıl baş edebilir ve bu zorlukları kendi avantajlarına nasıl dönüştürebilir? Bu soru Endüstri 4.0'ın SWOT analizini yapmayı gerektirmektedir. Tablo 2.2'de Endüstri 4.0 çağının güçlü ve zayıf yönleri ele alınarak SWOT analizi yapılmıştır.

Tablo 2.2. Endüstri 4.0'ın SWOT Analizi (Ötleş, 2016: 56)

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
■ Verimliliği, etkinliği (kaynak), rekabeti (uluslararası), geliri artırmaktadır. ■ Teknik bilgisi yüksek ve yüksek maaşlı işte artış sağlamaktadır. ■ Müşteri memnuniyetini geliştirmektedir: ürün çeşitliliğini geliştirerek yeni Pazar sağlamaktadır. ■ Üretim esnekliği ve kontrolü sağlamaktadır.	■ Teknolojinin değişmesine oldukça bağımlıdır: küçük değişimler büyük etkiler yapmaktadır. ■ Ar-ge, yatırım, uygun işgücü, standartları içeren başarı faktörlerine bağımlıdır. ■ Uygulama ve geliştirme maliyetleri yüksektir. ■ Kontrolü kaybetme riski yüksektir. ■ Yetenekli işgücüne ihtiyaç vardır ve göçmen toplulukları birleştirmektedir.
Fırsatlar	**Tehditler**
■ Üretimde uluslar arası lider olarak Avrupa'nın pozisyonunu geliştirmektedir. ■ Üretim ve hizmetler için yeni Pazar oluşturmaktadır. ■ Avrupa Birliği'ni negatif demografik dağılımını önlemektedir.	■ Siber güvenlik, entelektüel özellikler, veri gizliliği ■ İşçiler, küçük ve orta ölçekli girişimciler ve bölgesel ekonomiler ■ Avrupa Birliği'ni girişimlerini nötürleştiren yabancı rekabetçiler tarafından Endüstri 4.0'ın benimsenmesi

Kendinden önceki devrimler gibi, Dördüncü Endüstri Devrimi de küresel gelir seviyelerini yükseltme ve dünyadaki nüfusların yaşam kalitesini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Bugüne kadar, bundan en iyi şekilde yararlananlar, dijital dünyaya para ödeyebilen ve erişebilen tüketiciler oldu. Teknoloji, kişisel yaşamın verimliliğini ve zevkini artıran yeni ürün ve hizmetleri daha kolay elde etmeyi mümkün kılmıştır. Ürün sipariş etmek, uçak rezervasyonu yapmak, ürün satın almak, ödeme yapmak, müzik dinlemek, film izlemek veya oyun oynamak gibi bunların herhangi biri artık uzaktan yapılabilir. Yakın gelecekte, gelişen teknoloji ile birlikte üretimde verimliliğin artması uzun vadede arzı yüksek seviyelere çıkaracaktır. İletişim ve ulaştırma maliyetlerinin düşmesi ile ürünlerin nakliyesi ve küresel tedarik ağları daha da etkili olacak, bu ağlar sayesinde ticaret maliyetleri azalacak ve üretilen ürünlere yeni pazarlar bulunarak ekonomik gelişmeye katkı sağlanacaktır (Tay, Lee, Hamid ve Ahmad, 2018: 69).

Eşitsizlik, temel bir ekonomik kaygı olmasının yanı sıra, Endüstri 4.0 ile bağlantılı en büyük toplumsal kaygıyı temsil etmektedir. İnovasyonun en büyük yararlanıcıları, sermayeye bağımlı olanlar ile emeğe bağımlı olanlar arasındaki artan servet uçurumunu açıklayan, entelektüel ve fiziksel sermayenin sağlayıcıları (yenilikçiler, hissedarlar ve yatırımcılar) olma eğilimindedir. Bu nedenle teknoloji, yüksek gelirli ülkelerde nüfusun çoğunluğu için gelirlerin durgunlaşmasının, hatta azalmasının ana nedenlerinden biridir. Daha az eğitimli ve daha düşük becerilere sahip işçilere olan talep azalırken, yüksek vasıflı işçilere olan talep artar. Sonuç olarak yüksek ve düşük uçlarda güçlü bir talebin olduğu büyük bir boşluk iş piyasasında ortaya çıkmıştır. Bu durum işçinin neden hayal kırıklığına uğradığını ve kendi gerçek gelirlerinin ve çocuklarının gelirlerinin sabit kalmaya devam edeceğinden korktuğunu, aynı zamanda, dünya çapındaki orta sınıfların neden giderek yaygın bir memnuniyetsizlik ve adaletsizlik duygusu yaşadıklarını açıklamaya yardımcı olmaktadır. Orta sınıfa yalnızca sınırlı erişim sunan, kazanan her şeyi alır düşüncesi ile oluşan bir ekonomi, demokratik huzursuzluk ve terk edilmişlik hissi için kaçınılmaz bir sonuçtur. (Beier, vd., 2020: 10).

Diğer taraftan hoşnutsuzluk, dijital teknolojilerin yaygınlığı ve sosyal medyanın tipik özelliği olan bilgi paylaşımı dinamikleri tarafından da körüklenebilir. Endüstri 4.0, küresel nüfusun yüzde 30'undan fazlası artık bağlantı kurmak, öğrenmek ve bilgi paylaşmak için sosyal medya platformlarını kullanmaktadır. İdeal bir dünyada, bu etkileşimler farklı kültürler arası anlayış ve uyum için bir fırsat olacaktır. Bununla birlikte, bir birey veya bir grup için neyin başarı oluşturduğuna dair sanal beklentiler yaratabilir ve yayabilir, ayrıca aşırı fikirlerin ve ideolojilerin yayılması için fırsatlar sunabilirler (Culat, vd., 2020: 220).

Yenilik ve bilimsel ilerlemeler işletmelerde, sektörlerde ve ülkelerde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, Endüstri 4.0 üretim sistemlerini tasarım, süreçler, operasyonlar ve hizmetler açısından önemli ölçüde değiştireceğinden, dijital gelişmeler ve artan ara bağlantı toplumlara ek zorluklar veya fırsatlar getirecektir. Endüstri 4.0, endüstriyel sektör dışındaki çeşitli alanlarda potansiyel derin değişikliklere yol açacaktır. Etkisi altı kategoriye ayrılabilir: (1) Sanayi sektörü, (2) Ürünler ve hizmetler, (3) İş modelleri, girişimcilik ve pazar rekabeti, (4) Ulusların ekonomileri, (5) Çalışma ortamı ve (6) Beceri geliştirme.

İnovasyon ve teknolojik gelişmeler organizasyonlarda, sektörlerde, ülkelerde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, Endüstri 4.0; tasarım, süreçler, operasyonlar ve hizmetlerle ilgili ürünleri ve üretim sistemlerini önemli ölçüde değiştireceğinden, dijital dönüşüm iyileştirmeleri ve artan ara bağlantı toplumlara yeni zorluklar getirecektir. Endüstri 4.0, çeşitli gelişmiş araçlar ve teknolojiler kullanır ve böylece geleneksel endüstriyel süreçlerin yeniden tanımlanmasına yardımcı olur. Endüstri 4.0'ın birçok alanda güçlü bir potansiyel etkisi vardır ve uygulanması, üretim ve mühendislik süreçlerinin iyileştirilmesi, ürün ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesi, müşteri-organizasyon ilişkilerinin optimize edilmesi, yeni iş fırsatları ve ekonomik faydalar getirmesi, değişim ve dönüşüm gibi tüm değer zinciri üzerinde bir etkiye sahip olacaktır (Karnik, Bhadri, Kadambi ve Dhatrak, 2021: 172).

2.4. İş Sağlığı ve Güvenliği ve 4.0 Endüstri Kavramsal İlişki

2.4.1. İş Sağlığı ve Güvenliği

Araştırmanın bu bölümünde iş sağlığı ve güvenliği kavramı tanımı, önemi, tarihsel gelişim süreci, teknolojik yapılandırma ve kavramla ilgili temel boyutlar, ilgili faktörlere yönelik literatür taraması yer almaktadır.

2.4.2. İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı ve Önemi

İş sağlığı ve güvenliği, işçilerdeki mesleki hastalık ve iş yerinde meydana gelen yaralanma risklerini inceleyen ve bu riskleri ortadan kaldırmak için stratejiler ve düzenlemeler öneren ve uygulayan halk sağlığı alanıdır. İş sağlığı ve güvenliği geniş kapsamlı bir terim olup toksikoloji ve epidemiyolojiden ergonomi ve şiddetin önlenmesine kadar çok çeşitli disiplinleri kapsar (Diaz, Howard ve Hutto, 2017: 467).

İş sağlığı, tüm meslek gruplarında işçilerin en yüksek seviyede fiziksel, zihinsel ve sosyal refahının sağlanmasını teşvik etmek ve sürdürmek için halk sağlığında bir çalışma alanıdır (Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Konseyi, 2006: 39).

İş sağlığı ve güvenliğinin genel hedefleri şöyledir:

1. Çalışan sağlığının ve çalışma yeteneğinin korunması ve geliştirilmesi,
2. Çalışma şartlarının ve çalışma ortamının güvenlik ve sağlığa uygun hale getirilmesi için iyileştirilmesi,
3. İlgili teşebbüs tarafından benimsenen temel değer sistemlerini yansıtması gereken ve iş sağlığı ve güvenliğini iyileştirmek için etkin yönetim sistemleri, personel politikası, katılım ilkeleri ve gönüllü kalite ile ilgili yönetim uygulamalarını içermesi gereken iş organizasyonu ve çalışma kültürlerinin geliştirilmesidir (Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Konseyi, 2006: 39).

İş sağlığı ve güvenliği, birçok uzmanlık alanını kapsayan ve geniş bir kapsamı olan bir disiplindir. En geniş anlamıyla, hedefledikleri şöyledir (WHO, 2004: 172):

1. Tüm mesleklerde çalışanların en yüksek derecede fiziksel, zihinsel ve sosyal refahının teşviki ve sürdürülmesi,
2. İşçiler arasında çalışma koşullarından kaynaklanan sağlık üzerindeki olumsuz etkilerin önlenmesi,
3. İşçilerin istihdamlarında sağlığa olumsuz etkenlerden kaynaklanan risklerden korunması,
4. İşçilerin fiziksel ve zihinsel ihtiyaçlarına göre uyarlanmış bir mesleki ortama yerleştirilmesi ve bu ortamın sürdürülmesi,
5. İşin insanlara uyarlanması.

Başka bir deyişle, iş sağlığı ve güvenliği, işçilerin sosyal, zihinsel ve fiziksel refahını, yani "bütün insanı" kapsar. Başarılı bir iş sağlığı ve güvenliği uygulaması sağlık ve güvenlik programlarında hem işverenler hem de çalışanlar arasında iş birliği ve katılımı gerektirir. Ortaya çıkan mesleki tıp, endüstri hijyeni, toksikoloji, eğitim, güvenlik, mühendislik, ergonomi, psikoloji vb. ile ilgili sorunlar işveren tarafından derhal çözüme kavuşturulmalıdır. İş sağlığı sorunlarına genellikle iş güvenliği konularından daha az önem verilmektedir, çünkü birincisinin işi etkileyecek derecede ortaya çıkışı genellikle daha zordur ve zamana yayılır. Sözde güvenli bir iş yeri tamamen sağlıklı bir iş yeri değildir. Önemli olan, her iş yerinde hem sağlık hem de güvenlik konularının ele alınması gerektiğidir. Genel olarak, yukarıda verilen iş sağlığı ve güvenliği tanımı, en

geniş bağlamlarında hem sağlığı hem de güvenliği kapsar (Hamalainen, Takala ve Saarela, 2006: 142).

İş, insanların yaşamlarında merkezi bir rol oynar, çünkü çoğu işçi, bir plantasyonda, bir ofiste, fabrikada vb. iş yerinde günde en az sekiz saat harcar. Bu nedenle çalışma ortamları iş risklerinden izole, güvenli ve sağlıklı olmalıdır. Ancak bu pek çok işçi için geçerli değildir. Tüm dünyada her gün işçiler sağlık tehlikeleri ile karşı karşıya kalmaktadır. En basit olarak tozlar, gazlar, gürültü, titreşim veya aşırı sıcaklıklar iş ortamındaki sağlığı tehdit eden etmenlerdir. Ne yazık ki bazı işverenler işçi sağlığı ve güvenliğinin korunması konusunda çok az sorumluluk üstlenmekte ya da iş sağlığı ve güvenliğine gereken önemi göstermemektedir. Aslında, bazı işverenler işçileri korumak için ahlaki ve çoğu zaman yasal sorumluluğa sahip olduklarını bile bilmemektedir. Tehlikelerin ve sağlık ve güvenliğe verilen önemin eksikliğinin bir sonucu olarak, işle ilgili kazalar ve hastalıklar dünyanın her yerinde yaygındır (Owen, 2017: 59).

Araştırmalar, iş yerinde güvenlik ve refahın iyi iş ve kârlılığa eşit olduğunu göstermiştir. İşverenler, işçilerin iş sağlığı ve güvenliğinden birincil derecede sorumludur. Risk değerlendirmeleri yapmaktan ve iş operasyonlarını güvenlikle birinci öncelik olarak düzenlemekten sorumludurlar. Hükümetler, işverenlerin iş yeri güvenliğini yönetmek için esnek çözümler sunmasını sağlamak için çerçeveler belirledi. İSG performansı, özellikle işletmelerin küresel tüketicilerle olan ilişkilerine bağlı olduğu durumlarda itibar yönetiminin anahtarıdır. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), iş yerinde sağlık ve güvenliğin tüm yönleriyle ilgilenir ve tehlikelerin ilk anda önlenmesine güçlü bir şekilde odaklanır. Amacı, işle ilgili faaliyetlerden kaynaklanan kazaları ve insanlara zararı önlemektir (Paton, 2008: 26).

2.4.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Tarihsel Gelişim Süreci

İş Sağlığı ve Güvenliğine ilişkin tarihsel süreçte ilk uygulamalar incelendiğinde, M.Ö.460-370 yıllarındaki Hipokrat'ın kurşunun zararlı etkilerini ortaya koyduğu çalışmasının temel alındığı ve bu çalışmaya dayandırıldığı görülmektedir (Yiğit, 2011: 5; Gerek, 2008: 3).

Sağlık ve güvenlik, günümüzde iş yerindeki önemi açısından evrenseldir, tarihsel süreçte endüstriyel değişikliklerin sağlık ve güvenliği nasıl şekillendirdiğini görmek, basit üretim uygulamalarının ilk çerçevesinden dünyanın her yerindeki işverenleri koruyan bir kanuna dönüşme sürecine kadar modern yaşamın çok önemli bir yönüdür. Sağlık ve güvenliğin ilk gerçek başlangıcı, 1833'te fabrika müfettişliklerinin kurulduğu zamandır. İnsanları iş yerinde daha güvenli hale getirmeye yönelik ilk gerçek harekettir ve aynı zamanda o sırada maruz kalınan yaralanmaların sayısını azaltmaya yardımcı olmak amaçlanmıştır (Sherman, Peyrot, Magda ve Gershon, 2011: 416).

1895'te kurulan taş ocağı müfettişliği, yukarıda madencilerle birlikte listelenen işlerin çoğunu yürütmüştür. 1956'da, 1956 tarihli Güvenlik, Sağlık ve Refah Hükümleri Yasası ile aynı düzenlemeler getirilmiş, kazaların sayısını ve hastalıkların yayılmasını azaltmaya yardımcı olmak için çiftliklerin ve tarımın işleyişinde büyük bir fark yaratmıştır. 1959'da nükleer bombalar tanıtılırken izlenecek belirli sınırlamalar ve standartlar olmasını sağlayan Nükleer Tesisler Yasası'nın başlangıcıdır. 1974'te İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası tanıtılmış ve buna göre perakendeden fabrika işlerine kadar herhangi bir alanda çalışmanın tehlikelerine karşı bir tür korumaya ihtiyaç duyanlar için geleceğin önemli bir parçası olarak hareket edilmiştir. Bu süreci hızla Sağlık ve Güvenlik Komisyonu izlemiştir. 1977 tarihli Güvenlik Temsilcileri ve Güvenlik Komiteleri Yönetmeliği, 1980 İşyerinde Kurşun Kontrolü Yönetmeliği ve 1980 tarihli Kazaların ve Tehlikeli Olayların Bildirilmesi Yönetmeliği gibi çeşitli yeni yasalar takip etmiştir. Endüstri Devrimi ile iş sağlığı ve güvenliği kavramı dünya çapında kritik bir öneme sahip olmaya devam etmektedir. İşyerinde sağlık ve güvenliğin korunmasının Birleşik Krallık yasalarında bu kadar kutsal kılınmasına izin veren işçi sendikaları ve parlamento arasındaki mevzuat ve tartışmalar sayesinde, Birleşik Krallık'ta iş yeri sağlığı ve güvenliğinin geçmişi, işçi sağlığı ve üretkenliği etkileyen hastalıkla ilgili endişelerin Fabrika Kanunları'nın oluşumuna yol açması Endüstri 1.0'a kadar uzanmaktadır (Fothergill, Maestas ve Darlington, 2011:159).

Endüstri 1.0 devrimi ile iş sağlığı ve güvenliği boyutunda ilk yasa, 1833 "Fabrikalar Yasası" olarak kabul edilmiştir. Bu yasaya öncülük eden İngiliz Hükümeti, fabrikalarda çalışan çocukları yönetmek için bir yasalar derlemesi uygulamaya başlatmıştır. Fabrikalar Yasası 1833, başlangıçta yaralanmaları ve çocuk işçiliğini

önlemek için fabrika müfettişlerinin getirilmesini sağlamıştır. İlk kez, iş yerinde çalışanların güvenliğini yöneten bir dizi harici kural vardır. Gelecek yüzyıl boyunca bu yasa, atölyeleri ve benzeri iş yeri ortamlarını içerecek şekilde gelişmiş ve sürekli olarak işçilerin koşullarını ve ilk iş yasalarını iyileştirmeye çalışmıştır (Sherman, Peyrot, Magda ve Gershon, 2011: 416).

Bunun ötesinde, sağlık ve güvenlik mevzuatı 20. yüzyıla evrilmiştir. Nihayetinde, tüm endüstrilerdeki işyerlerinin teftişine ve denetimine yardımcı olmada yasal öncelik sağlayan geniş kapsamlı 1974 yılında İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası'nın oluşturulmasıyla sonuçlanmıştır. Üretimden sağlığa ve işçi hakları konusundaki endişelerden kaynaklanabilecek her türlü değişikliğin İSG kapsamında değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Son yıllarda, risk değerlendirmesi kavramı, bazı çalışanların potansiyel olarak hastalık iznine ihtiyaç duymasına neyin neden olabileceğini daha iyi anlamak için sağlık ve güvenlik mevzuatına dahil edilmiştir. Hem işvereni hem de çalışanı koruyan önleyici bir önlem olarak etkili bir şekilde hareket eden bu süreç 1980'den bu yana büyük ölçüde değişmiştir. İngiltere'de başlayan bu yasal düzenlemeler süreci Avrupa içerisindeki diğer ülkeler ve sonrasında dünya ülkeleri için de emsal teşkil etmiştir (Glanz, vd., 2008:112).

İş sağlığı ve güvenliği (İSG), iş ortamını sağlık ve güvenlik açısından elverişli hale getirmeyi amaçlayan bir halk sağlığı dalıdır. İş hayatına katılan nüfustaki yaralanma ve meslek hastalığı eğilimlerini inceler ve işte karşılaştıkları risk ve tehlikeleri azaltmak için çözüm önerileri sunar. Her mesleğin tabiatında kendisiyle ilişkili sağlık veya güvenlik riskleri vardır ancak bu riskleri ortadan kaldırmak ve çalışanlarının işlerini mümkün olduğunca güvenli bir şekilde yapmalarını sağlamak her işverenin sorumluluğundadır (Donahue ve Joyce, 2001: 729).

2.4.4. İş Sağlığı ve Güvenliği Teknolojik Yapılandırma

Teknoloji, çalışanların güvenliğini ve sağlığını olumlu yönde iyileştirme amacıyla kullanılmaktadır. İşyerindeki teknoloji, yalnızca çalışan verimliliğini artırmak veya daha doğru veriler elde etmek için değildir. İş yeri teknolojisi aynı zamanda çalışanlar için güvenlik koşullarının iyileştirilmesi ve çalışan sağlığının iyileştirilmesi ile

de ilgilidir. Birçok şirket, iş yeri yaralanmaları açısından yüksek risk altındadır ve şirketlerin, çalışanların iş yerinde güvende olmalarını sağlamak için sorumluluk almaları esastır. Çalışan güvenliğini sağlamak için teknolojiyi kullanmak sadece Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA- The Occupational Safety and Health Administration) yasalarına uyumlu kalmak için değil, aynı zamanda yaralanmaları ve ölümleri en aza indirmek için de önemlidir (McCain, 2021:9).

İş yerinde güvenliği artırmak için teknolojiyi kullanmanın modern yolları son yıllarda dikkat çekmektedir. İnsanlar iş yerindeki teknolojiyi düşündüklerinde, genellikle sadece çalışan verimliliğini artıran veya BT stratejilerini ilerleten teknolojiyi düşünürler. Bununla birlikte, iş yerinde birçok teknoloji türü vardır. Şirketler, yeni yasa ve standartlara ayak uydurmak için iş yerinde sağlık ve güvenlik için teknolojiyi kullanmaya daha fazla odaklanmaya başlamıştır. Teknoloji, yıllardır işçi ölümlerini ve yaralanmalarını önlemekle kalmamış, tedbir amaçlı da kullanılmak üzere yeni gelişmiş araçlar ile iş yeri çalışan sağlığı ve güvenliğinde iyileştirme sağlamıştır (Glanz, Rimer ve Viswanath,2008: 276).

Teknolojik yapılandırma, iş sağlığı ve güvenliği boyutunda Uluslararası İşverenler Örgütü (IOE) 'nün önemli bir önceliğidir. IOE, ulusal düzeyde etkili uygulama mekanizmaları aracılığıyla yönetilen iş sağlığı ve güvenliği alanında teknolojinin kullanımı konusunda uluslararası çerçevenin geliştirilmesini destekler. IOE, aşağıda yazılı maddeleri takip ederek yasal araçların geliştirilmesine yönelik bir yaklaşımın değiştirilmesini güçlü bir şekilde desteklemektedir (LaBerge, O'Toole, Schneider ve Smaje, 2020: 39).

1. Mevcut standartların uygunluğunu gözden geçirmek için bir program oluşturmak (ILO Standartları Gözden Geçirme Mekanizması),
2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Teşviki Çerçevesinde (C187, 2006) sunulan esnek bir yaklaşım sergilemek,
3. İşverenlere yardımcı olacak pratik rehberliğin ve uygulama kurallarını geliştirilmek.

İş sağlığının amacı, mesleki tehlikelerin önlenmesi ve kontrolü yoluyla çalışanların ve işteki insanların sağlığını, güvenliğini ve esenliğini korumaktır. Son zamanlardaki veriler, çeşitli yasal reformların başlatılmasına rağmen mesleki

yaralanmaların sayısında büyük bir sıçrama olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin; sağlık çalışanları, hastalık salgınları ve doğal afetler sırasında çok çeşitli potansiyel risklerle karşı karşıyadır. Bu tehlikeler kimyasal, elektriksel, ergonomik, psikososyal vb. olabilir. Acil müdahale kuruluşlarının hızlı önlem alması ve sağlık çalışanlarının maruz kaldığı bu tür riskleri önlemesi gerekir. Bu noktada gerekli teknolojik yapılandırmanın yapılması, teknolojinin üst düzey kullanılması oldukça büyük önem taşımaktadır (Frontczak ve Wargocki, 2011: 924).

Koronavirüs Hastalığı 2019 veya COVID-19, Şiddetli Akut Solunum Sendromu (SARS-CoV-2) virüsünün neden olduğu ve oldukça bulaşıcı bir hastalıktır. Hastalığın ilk belirtisi 2019 yılı Aralık ayında Çin'de bulunan Wuhan'da gözlenmiştir. Hastalığın semptomları arasında ateş, halsizlik, öksürük, nefes darlığı sayılabilir. Hastalığın seyri sırasında birçok komplikasyon ortaya çıkar ve bunlar arasında viral sepsis, solunum sıkıntısı sendromu vb. bulunur. Tüm dünyayı etkisi altına alan pandemi süreci, halk sağlığı ve sağlık hizmetleri için aşırı talep yaratmıştır. Örneğin, temas takibi, hastalık testi, klinik bakım, dezenfektasyon ve temizlik hastalıkla mücadelede çok önemli olmuştur. Tüm bunların eksikliği hem sağlık çalışanları hem de toplumsal boyutta tüm fertleri kapsayacak ve etkileyecek şekilde mevcut mesleki riskleri artırmıştır. Aile bireylerinin kişisel sağlıkları ile ilgili endişeler, kişisel koruyucu donanım eksikliği, insanların acı çekmesi, ölüm gibi durumlar iş yerinde çalışanların psikolojik halini ve ruh sağlığını etkilemiştir. Sağlık çalışanları birçok farklı şekilde enfekte olmuş ve hastanın veya çalışma ortamındaki nesnelerin enfekte veya kontamine olup olmadığını bilmediği durumlar söz konusu olmuştur. Tüm bu süreçler özellikle sağlık alanında teknolojik gelişmenin ve teknolojik yapılandırmanın önemine vurgu yapmaktadır. Sağlık hizmetlerinin geleceği, yapay zekâ, VR/AR, 3D baskı, robotik veya nanoteknoloji gibi dijital sağlık teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte şekillenmektedir. Teknolojiyi kontrol edebilmek için en son gelişmeleri takip etmek gerekmektedir. Sağlık hizmetlerinin geleceği, teknoloji ile el ele çalışmakta yatmaktadır ve özellikle sağlık çalışanları, önümüzdeki yıllarda güncel kalabilmek için gelişen sağlık teknolojilerini benimsemek zorundadır. Pandemi, şüphesiz sağlık hizmetlerinde teknolojik ilerlemeyi ve teknolojiyi benimsenmeyi hızlandırmaktadır (Narasimhan, Wood, MacIntyre ve Mathai, 2011: 10).

Tıpta ve sağlıkta dijital teknoloji, sürdürülemez sağlık sistemlerini sürdürülebilir sistemlere dönüştürmeye yardımcı olabilir, tıp uzmanları ve hastalar arasındaki ilişkiyi eşitleyebilir, hastalıklar için daha ucuz, daha hızlı ve daha etkili çözümler sağlayabilir. Bu teknolojiler bizim için kanser, AIDS veya birçok pandemik hastalıklara ya da tehditlere karşı savaşı kazanabilir ve basitçe teknolojik yapılandırmayı güçlü kılan toplumlar daha sağlıklı topluluklarda yaşayan daha sağlıklı bireylere yol açabilir. Bu noktada tıp bilimi iş sağlığı ve güvenliği boyutuyla teknolojiden yararlanabilir (Fothergill, Maestas, Darlington ve Race, 2011: 158).

İş yeri güvenliği söz konusu olduğunda teknolojinin iş yerlerine birçok olumlu etkisi olmuştur. İşletmeler teknoloji ve güvenliği 3D görselleştirme teknolojisi ile birleştiriyor. Bu yazılım teknolojisi, çalışanların iş yeri çevresinin ve karşılaşabilecekleri tehlikelerin daha iyi farkına varmalarını sağlıyor. Yazılım, kaydedilen bir görüntünün iki açısını kullanarak gerçeğe yakın görüntüler oluşturur. Bu yazılım, çalışanları herhangi bir ortamda eğitmek için avantajlar sağlar. Yeni çalışma alanları ve ortamları yeniden oluşturulabilir, bu da çalışanların yeni çalışma alanlarına girmeden önce potansiyel tehlikeleri ve riskleri bilmelerini, yüksek hızlı iletişim ve gerçek zamanlı veri teknolojisini, uzaktaki çalışanların işteyken daha güvenli olmalarını sağlar. Birçok şirket çalışanlarının seyahat etmesini ve uzaktan çalışmasını şart koşmaktadır ve bu da işe yeni riskler getirmektedir. Bir işverenin çalışanlarının güvende olduğundan emin olması önemlidir ve teknoloji, yüksek hızlı iletişim bunu gerçeğe dönüştürmeye yardımcı olur. Yolculuk yönetimi yazılımı, işverenlerin uzaktan çalışırken çalışanlarının güvenliğini sağlamak için kullandıkları başka bir araçtır (Harvatt, Petts ve Chilvers, 2011: 60).

Gelişmiş gözlüklerden ayakta çalışma masalarına kadar teknoloji, iş yerinde çalışan güvenliğini iyileştirmiştir. Birçok şirket artık lensler üzerinde buğu önleyici ve çizilmez kaplamalar sunarak, gözlük teknolojisi sayesinde gelişmiştir. Günümüzde şirketler, parlamayı azaltan lensler sunmakta ve daha iyi netliğe sahip koruyucu gözlükler üretmektedir. Kişisel koruyucu donanımlar da gelişmiştir. Yine günümüzde çalışanlar, çalışırken daha fazla konfor ile daha korumalı bir çözüm oluşturmak için güvenlik gözlüklerini baretler ile birleştirebilir. Teknoloji ayrıca, ayağa kalkabilen masalar ve duruşu iyileştirmeye ve baskıyı hafifletmeye yardımcı olan sandalyeler vasıtasıyla

ergonomiyi iyileştirmiştir. Gelişmiş ergonomi teknolojisi sayesinde, yaralanmaları önlemeye yardımcı olmak ve çalışanlara çalışırken daha fazla konfor sunmak için birçok iyileştirme yapılmıştır (Donahue ve Joyce, 2001:739).

İş yerinde güvenlik, biyometriyi takip edebilen, aramaları etkinleştirebilen, barkodları tarayabilen ve zararlı unsurlara maruz kalma sınırlarını tespit edebilen giyilebilir teknoloji sayesinde de gelişmektedir. Giyilebilir teknoloji, gelecekte birçok hastalığın çalışanlarda ortaya çıkmasını önlemek için işle ilgili riskleri de belirleyebilir. İşyerinde güvenlik teknolojisi, yalnızca çalışan sağlığını iyileştirmekle kalmamış, aynı zamanda çalışanları işverenleriyle daha mutlu hale getirmiştir. Şirketlerin çalışanlarının sağlık ve güvenliğini sağlamaları zorunludur ve yeni teknolojiler işverenlerin bu önlemlerde başarılı olmasına yardımcı olur. İşyerinde güvenlik için uygun teknoloji ile çalışanlar, sağlıklarının iyileşmesi nedeniyle daha üretken ve mutludur. Güvenlik teknolojisi, iş yerinde yeni teknolojinin önemli bir yönüdür ve bu teknolojiyi uygulayan şirketler, daha iyi iş katılımı ve daha memnun, daha sağlıklı çalışanlar yaratırlar (Diaz, Howard ve Hutto, 2017:468).

Teknolojideki hızlı yenilik, iş operasyonlarının her köşesini etkiliyor bu açıdan iş yeri güvenliği de bir istisna değildir. Nanoteknoloji, robotik, veri analitiği, video ve telekomünikasyondaki ilerlemeler önemli aşama kaydetmiştir. Bu ilerlemeler ışığında işverenlerin önceliği; çalışanların sağlığını daha iyi izleme, fiziksel stresi azaltma ve personelin zarar görmemesi gibi çeşitli şekillerde iş yeri güvenliği iyileştirmelerini sağlamak olmalıdır. Güvenlik teknolojisi, çalışanları korumaya ek olarak, çalışanların moralini yükseltmeye, ciroyu artırmaya ve işletme sigorta maliyetlerini kontrol etmeye yardımcı olabilir. Hemen hemen her şirket, iş yeri güvenliği teknolojisine yapılan yatırımlardan yararlanabilir. İnşaat, nakliye ve depolama ve çiftçilik gibi fiziksel olarak yoğun operasyonları olan işletmeler, Endüstri 4.0 ile hayatımıza giren güvenlik sistemlerini kullanarak iş yeri kazalarını ve işçi yaralanmalarını önleyebilir. (Donahue ve Joyce, 2001:752).

2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Boyutları ve İlgili Faktörler

İş Sağlığı (İS), halk sağlığının önemli bir bölümüdür ancak görünürlüğü zayıftır ve azalmaya devam etmektedir. Bu endişe verici eğilimin örnekleri, çalışan nüfusun ve emekli bireylerin sağlığı açısından toplumumuzu etkilemesinin yanı sıra, büyük sağlık giderleri, devamsızlık, psikososyal sorunlar, performans ve iş kalitesi kaybı vb. ile de ekonomimizi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu meydan okumaya karşı İS'ye hak ettiği yeri vermek için, bu multidisipliner alanın meslek hastalıklarının önlenmesi hususunda, bilimler yoluyla "iş sağlığının" teşvik edilmesini vurgulayan etkili uygulamalara ihtiyaç vardır. Salutogenesis, pozitif psikoloji ve sinirbilimin yeni bulguları gibi konular da net olarak İSG araştırma konuları arasında yerini almalıdır. Ayrıca, İS'ye dahil olan tüm ortaklar bu konudaki sorumluluklarını almak zorundadır. İS profesyonelleri uzmanlıklarının kapsamını genişletmek zorundadır; akademik kurumlar ve araştırma ve eğitim merkezleri İS'ye daha fazla destek vermeli ve sosyal ortaklar ve karar vericiler (politikacılar) İS'yi önceliklerine koymalıdır (Guillemin, 2019:298).

İş sağlığı temel boyutlarıyla, çalışanların bedenen, ruhen ve sosyal yönden tam iyilik hallerini çalışanların sağlıklarını olumsuz etkileyebilecek unsurlardan korumakla birlikte iyileştirmeyi ve sağlıklarını kaybetmelerini önlemeyi, çalışanlara uygun fiziksel ve psikolojik hizmetler ile destek sağlamayı amaçlar (WHO, 2016).

Bu bağlamda iş sağlığı ve güvenliği sorunlarındaki temel faktörler incelendiğinde (Ryder, 2018:29; Schuring, vd., 2019: 264);

a. Psikososyal Sorunların Sürekli Artışı

Risk olarak da adlandırılan psikososyal sorunlar, 30 yılı aşkın bir süredir bilinmektedir ve sağlık üzerindeki etkilerini, kökenlerini, doğalarını ve bunları önlemenin veya ortadan kaldırmanın yollarını daha iyi anlamak için incelenmiştir.

b. Toplumsal Eşitsizliklerin Sürekli Artışı

Benzer şekilde, birçok gelişmiş ülkenin yaşam koşullarının iyileşmesi ve ekonomik durumunun iyi olması ile toplumsal eşitsizlikler azalmak yerine artmaya devam etmektedir. Üst ve alt gelirliler arasındaki uçurum ve yüksek ve düşük sosyal sınıflar arasındaki yaşam beklentisi hâlâ büyümektedir. Bu, genellikle çalışma koşullarının üst sınıflardan daha kötü durumda olan alt sosyal sınıfların yaşam

kalitelerinde herhangi bir iyileşme görmedikleri anlamına gelir. Avrupa'da, düşük eğitimli işçilerin, yüksek eğitimlilere göre ücretli işten ayrılma risklerinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Düşük eğitimli kişilerin iş gücü piyasasındaki dezavantajlı konumu, öncelikle daha yüksek kötü sağlık prevalansının bir sonucudur. Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (OSHA) "Yaralanmalara Eşitsizlik Eklemek: İşçileri İşte Korumamanın Maliyetleri" raporunda şunları belirtmiştir: Birçok işverenin her biri milyonlarca işçi yaralanmasını ve hastalığını önlemedeki başarısızlığına ve bozuk işçi tazminat sisteminin, işçilerin yaralanmalarının ve hastalıklarının maliyetlerini üstlenmemelerini ve yaralanmalara eşitsiz yaklaşımları eklenmektedir. İşyerindeki bu sağlık eşitsizlikleri sorunu, halk sağlığının daha geniş perspektifiyle yakından bağlantılıdır.

c. Siyasi Kararlar (Önyargılı Algı)

Politikacıların ve karar vericilerin İS'ye yönelik bu agresif tutumu dikkat çekmektedir. Buna örnek olarak; 2012'de Birleşik Krallık Başbakanı'nın yaptığı "sağlık ve güvenlik kültürünün" ekonomiyi olumsuz etkilediğini kanıtlayan hiçbir kanıta dayalı çalışma yoktur, ancak tam tersini kanıtlayan birçok bilimsel ve ekonomik kanıt vardır. Açıklaması gösterilebilir.

d. Lobilerin Meslek Hastalıklarını Önlemede Güçlü Etkisi

Halk veya işçiler üzerindeki olumsuz sağlık etkilerine değil, ürünlerinden elde ettikleri kârlara öncelik veren lobilerin etkisi büyüktür. Örneğin; tütün endüstrisi, sonuçları hakkında şüphe uyandırmak için epidemiyolojik çalışmaların sınırlamalarına odaklanmak amacıyla yetkin bilim adamlarını işe almanın ne kadar verimli olabileceğini göstermiştir.

e. Ekonomik ve Sosyal Menfaatler Konusunda Açık Bilinç Eksikliği

İş sağlığı ve güvenliği sorunlarının doğrudan ve dolaylı maliyetleri toplum üzerinde büyük bir ekonomik yük oluşturmaktadır. Uzmanlar, meslek hastalıklarının görünürlüğünün zayıf olması nedeniyle büyük ölçüde hafife alınan bu maliyetlerin, kanser, diyabet, koroner kalp hastalıkları vb. ile ilişkilendirilen maliyetlerden daha büyük olduğunu göstermiştir (Ryder, 2018:29; Schuring, vd., 2019: 264).

Tablo 2.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Boyutları (Inal, 2015)

Temel Boyutlar ve Faktörler
İş sağlığı ve güvenliği, tüm mesleklerde çalışanların sosyal, zihinsel ve fiziksel refahını kapsar.
Kötü çalışma koşulları, bir işçinin sağlığını ve güvenliğini etkileme potansiyeline sahiptir.
Sağlıksız ve güvensiz çalışma koşulları iş yerinde, ister içeride ister dışarıda olsun, her yerde olabilir.
Kötü çalışma koşulları işçilerin yaşadığı çevreyi etkileyebilir. Bu, işçilerin, ailelerinin, toplumdaki diğer kişilerin ve iş yerinin etrafındaki fiziksel çevrenin, iş yeri tehlikelerine maruz kalma riski altında olabileceği anlamına gelir.
İşverenler, işçileri kazalardan ve meslek hastalıklarından korumak için vicdani ve genellikle yasal bir sorumluluğa sahiptir.
İşle ilgili kazalar ve hastalıklar dünyanın her yerinde yaygındır ve genellikle işçiler ve aileleri için birçok doğrudan ve dolaylı olumsuz sonuç doğurur.
Tek bir kaza veya hastalık hem işçiler hem de işverenler için büyük mali kayıp anlamına gelebilir.
Etkili iş yeri sağlığı ve güvenliği programları, tehlikeleri ve sonuçlarını azaltarak işçilerin hayatlarını kurtarmaya yardımcı olabilir.
Etkili programların hem işçi morali hem de üretkenliği üzerinde olumlu etkileri olabilir ve işverenlere çok para kazandırabilir.

Bugün, iş sağlığı ve güvenliğindeki Tablo 2.3'te belirtilen temel boyutların olumsuz olaylar sürecinde %60 ila 80'i "davranış sorunları" ile bağlantılıdır. Kurallara uymama, risk alma, düşünme eksikliği, alışkanlıklar vb. sağlık ve güvenlik yaklaşımının düzenleyici yaklaşımı, risk yönetimini iyileştirmek ve hatta uzun vadede herhangi bir iyi sonuç elde etmek için artık yeterli değildir. Kazaların şiddeti ve sıklığı, her biri kaza biliminin farklı boyutlarına hitap eden 2 temel göstergedir. Her gün bir risk önleme kültürü geliştirmek için bu iki boyutu desteklemek de yerel görevlilerin ve yöneticilerin sorumluluğundadır. Sağlık ve güvenlik kültürünün geliştirilmesi, çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve ekiplerin işlerine uygun davranışları entegre etme ihtiyacı konusunda farkındalığın artırılması, bu nedenle kazaların azaltılması ve risk yönetiminin sürdürülebilir şekilde iyileştirilmesi için çok önemlidir (Varghese ve Tandur,2014: 635).

İş sağlığı ve güvenliğini dikkate almak, üretim veya kalite ile aynı şekilde şirketler için bir performans faktörüdür. İş kazası ve meslek hastalığı sayısı başarılı bir şekilde düşürüldüğünde, devamsızlık oranı, devamsız çalışanın doğrudan ve dolaylı maliyetleri ve şirketin iş kazası/meslek hastalığı katkı paylarına doğrudan fayda sağlar. İSG'yi üst yönetim önceliklerinden biri olarak tutmak için, tesislerin ve çalışma koşullarının güvenliğinin iyileştirilmesi ve temel güvenlik kurallarına uyumun sağlanması da dahil olmak üzere güvenli ve rahat bir çalışma ortamı oluşturmaya yönelik önlemleri uygulayacak ve risk değerlendirmelerine dayalı olarak riskleri azaltacak, çalışma tarzı reformunun sürekli olarak teşvik edilmesi, her çalışanın güvenli ve sağlıklı olmasını, canlı bir şekilde çalışmasını ve tatmin edici bir yaşam sürmesini sağlamanın anahtarıdır. Bu nedenle, çalışanların canlılığını artırmak için tüm boyutları ile sağlık ve güvenliği artırmaya yönelik adımların atılması önemlidir (Vasic ve Billard; 2013:201).

2.6. İş Sağlığı ve Güvenliği ve 4.0 Endüstri Çağı Kavramsal ve Yapısal Boyutta İnceleme

Wallace (1998: 442)'a göre birinci endüstri devriminde 19. ve 20. yy'larda ABD endüstriyel gücünün yükselişi de Avrupa'nın çabalarını geride bırakmış, Japonya Endüstri Devrimi'ne çarpıcı bir başarıyla katılmıştır. Doğu Avrupa ülkeleri 20. yüzyılın başlarında geride kalarak, beş yıllık planlara kadar Rusya, Britanya'da bir buçuk asır süren endüstrileşmeyi geçerek, yıllar içersinde büyük bir endüstriyel güç haline gelmiştir. 20. yüzyılın ortaları, endüstri devriminde Çin ve Hindistan'da şimdiye kadar sanayileşmemiş bölgelere yayılımın artmasına tanık olunmuştur. Endüstri Devrimi, teknolojik ve ekonomik yönleri önemli sosyokültürel değişiklikleri beraberinde getirmiştir. İlk aşamalarında, emekçilerin yoksulluğunu ve sefaletini derinleştirmiş gibi görünse de bireylerin istihdamları ve geçimleri, çok az insanın sahip olabileceği maliyetli üretim araçlarına bağımlı hale gelmiştir. İş güvenliği başlangıçta eksik hatta yok denecek kadar azdır. İşçiler, teknolojik gelişmeler ve büyük bir iş gücü havuzu nedeniyle sık sık yerinden edilmiştir. Bu durum işçi korumalarının ve düzenlemelerinin olmaması, düşük ücretler için uzun çalışma saatleri, sağlıksız apartmanlarda yaşama ve iş yerinde sömürü ve istismar anlamına geliyordu. Ancak sorunlar ortaya çıktıkça, onları ele almayı amaçlayan yeni fikirler de ortaya çıkmıştır. Bu fikirler, insanlara daha fazla maddi kolaylık sağlarken aynı zamanda daha fazla üretmelerini, daha hızlı seyahat etmelerini ve

daha hızlı iletişim kurmalarını sağlayan yeniliklerin ve düzenlemelerin gelmesini kolaylaştırmıştır (Thrun, 2004: 11).

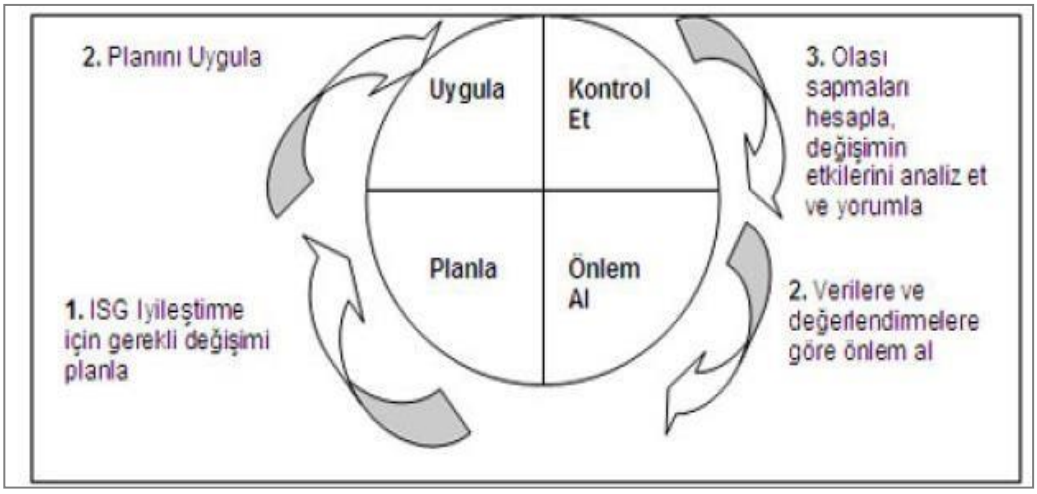
Enerjinin mevcudiyeti ve arzı, iş gücünün verimliliği ve akıllı fabrikalara geçiş için gerekli teknolojik altyapının mevcudiyeti gibi akıllı fabrikaların oluşumunu belirleyen birçok zorluk vardır. Öte yandan bu fabrikalar mevcut istihdamı olumsuz etkileyecek ve işsizlik oranlarını artıracaktır. Bir fabrikada işbirlikçi bir robot kullanmak, insanların tekrarlayan, ergonomik olmayan ve tehlikeli işler yapmasını engelleme, uygun maliyet-fayda oranlarına sahip yüksek kaliteli ürünler üretirken aynı zamanda verimliliği artırma, ucuz iş gücüne sahip ülkelere kıyasla artan rekabet gücüne ulaşma anlamında kolaylık ve getiri sağlar. Bir robot, üretken bir süreçte kullanıldığında, robot kullanımının faydaları bir operatörün çabasıyla birleştirilir. Birinci seviyede insan ve robot arasında bir takım çalışması yoktur. İş yeri, son seviyede tamamen insan ve robot arasında paylaşımlı olarak iş bölümü yapmış olur (Thames ve Schaefer, 2016: 14).

Simülasyon ve artırılmış gerçeklik (AR), fiziksel gerçek dünya ortamlarının canlı olarak doğrudan veya dolaylı görüntülerinin, bunların üzerine yansıtılan bilgisayar vasıtasıyla oluşturulan görsellerle zenginleştirildiği bir tür geliştirilmiş gerçekliktir. Endüstri 4.0 uygulamaları büyük ölçüde bu teknolojiye dayanmaktadır. Sanayi devrimi için kritik olan bu yenilikçi teknoloji, gerçek operasyonlar ve simülasyon endüstrilerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu stratejilerin, özellikle ürün yaratma ve üretim süreçleri söz konusu olduğunda birçok avantajı vardır. Endüstri 4.0 trendine dahil edilen en son teknolojilerden biri, özellikle akıllı üretim fonksiyonlarının üretilmesinde faydalı olan artırılmış gerçekliktir. Bu noktada otomatik makineler ve robotlar ya işçilerin yerini alabilir ya da görevlerini daha esnek, daha güvenli ve sosyal olarak daha kapsayıcı hale getirerek onları ayakta tutabilir. Öte yandan, işçiler karar verme, sorumluluk ve yönetimin yanı sıra insan-makine etkileşimi gerektiren görevlerle meşgul olacak ve bu da onları hem otomatikleştirilmiş araçlarla ilgili sağlık ve güvenlik risklerine hem de daha fazla psikososyal strese maruz bırakacaktır (Schulte ve Salamanca, 2007: 9).

Çalışan güvenliği izleme, eğitim, raporlama ve işçi tazminatı, teknolojinin çalışanlar için iş yeri güvenliğini iyileştirme yollarından sadece birkaçıdır. Endüstri 4.0 teknolojileri aynı zamanda çalışanların iş yeri çevresi ve karşılaşabilecekleri tehlikeler

hakkında daha fazla bilgi sahibi olmalarını sağlar. Bu noktada ayrıca iş yeri güvenliğini artırmak için yüksek hızlı iletişim sunar. Örneğin pandemik süreçte uzaktan çalışma, birçok yeni riskli durumun ortaya çıkmasına neden olmuştur, ancak aynı zamanda çalışanların gerçek zamanlı iletişim kurmasını sağlayan Endüstri 4.0 teknolojileri ile bu risk azaltılmıştır. Çalışma ortamlarının hem çalışanlar hem de işverenler için daha güvenli hale getirilmesine olanak sağlamıştır. Endüstri Devriminin tarihi boyunca insan faaliyetlerinin etkinliğini ve verimliliğini desteklemek için gelişen teknolojiler hayatın her alanında kendini hissettirmiştir (Irianto, 2017: 85).

OHSAS 18001 standardı, işletmelerde ekonomik ve iş sağlığı ve güvenliği temel boyutlarında amaçlarına ulaşabilmesi için, yönetimin tüm gerekleriyle entegre edilmiş olan etkin bir İSG yönetişim sisteminin ana unsurlarını sağlama amacıyla düzenlenmektedir. OHSAS 18001 yaklaşımının temeli PUKÖ döngüsü olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.21.). "PUKÖ" döngüsü değişkenliğin nedenlerini ortaya çıkarmak ve kaliteyi yükseltmek için kullanılan sistemli bir yöntem tekniğidir. Walter Shewhart (1939) tarafından uyarlanan ve tüm dünya ülkelerinde tercih edilen PUKÖ döngüsü organizasyonların üretim sistemlerini iyileştirmenin bir yoludur (Özkılıç, 2005: 92).



Şekil 2.21. PUKÖ Döngüsü (Özkılıç, 2005)

Her meslekte çalışanlar iş yerinde çok sayıda tehlikeyle karşı karşıya kalabilirler. İş sağlığı ve güvenliği, kazaların önlenmesinden zehirli dumanlar, toz, gürültü, ısı, stres

vb. gibi daha gizli tehlikelere kadar çok çeşitli iş yeri tehlikelerini ele almaktadır. İş sağlığı ve güvenliği programlarının hedefi sorunları geliştikten sonra çözmeye çalışmak yerine, işle ilgili hastalıkların ve kazaların önlenmesi olmalıdır. İş yerindeki tehlikeler, kimyasal, fiziksel, biyolojik, psikolojik, ergonomik prensiplerin uygulanmaması vb. dahil olmak üzere çeşitli biçimlerde bulunabilir. Çoğu iş yerindeki tehlikelerin çokluğu ve birçok işveren tarafından sağlık ve güvenliğe verilen genel dikkat eksikliği nedeniyle, işle ilgili kazalar ve hastalıklar dünyanın her yerinde ciddi sorun olmaya devam etmektedir. Bu nedenle sendikalar, işverenlerin tehlikeleri kaynağında kontrol etmeleri konusunda ısrar etmeli ve işçileri güvensiz koşullara uyum sağlamaya zorlamamalıdır. Yönetimin sağlık ve güvenliğe olan bağlılığı ve güçlü işçi katılımı, başarılı bir iş sağlığı ve güvenliği programının iki temel unsurudur. En etkili kaza ve hastalık önleme, iş süreçleri hala tasarım aşamasındayken başlar. Bu noktada Endüstri 4.0 teknolojileri süreç akışında yadsınamaz faydalar sunar (Lira ve Borsato, 2016: 889).

3. ENDÜSTRİ 4.0 ÇAĞINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDAKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER

3.1. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, tüm dünyayı etkisi altına alan dijital dönüşüm çağının iş sağlığı ve güvenliği alanında ortaya çıkaracağı yenilikleri ele alarak kullanım alanlarına göre bu yeniliklerin getirilerini sunmak ve Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmeleri belirlemektir.

3.2. Araştırmanın Önemi

Dünya'da artan iş kazalarının altında yatan ilk ve en büyük neden çalışanların elverişsiz koşullarıdır. Bu koşullar arasına işçi, makine ve iş yerinden kaynaklanan faktörler girmektedir. Endüstri 4.0 çağında ortaya çıkan akıllı fabrikalar ile üretimde insan faktörünün en aza indirileceği, bu nedenle de gelişen teknolojilerin iş kazalarını azaltacağı öngörülmektedir. Bu öngörüden hareketle araştırmada daha önce yapılan çalışmalardan yola çıkarak iş sağlığı ve güvenliği alanına entegre edilen, iş kazalarını önlemek amacıyla kullanılan en güncel teknolojilerin tanıtılması, bu teknolojik gelişmelerin avantajları ve dezavantajları ile birlikte ele alınarak ortaya konulan bakış açısı önem taşımaktadır.

Sürekli gelişen ve hızla dijitalleşen dünyada iş güvenliğini ve işçi sağlığını korumak amacıyla çalışmaların yapıldığını ortaya koymak, bu çalışmalar hakkında bir farkındalık oluşturmak, Endüstri 4.0 çağında ortaya çıkan ve çıkması öngörülen iş sağlığı ve güvenliği teknolojileri konusunda ortaya çıkan sorulara cevap verebilecek bir kaynak sunmak, literatüre katkı sağlamak amaçlanmış olması da araştırmanın ayrıca önemini ortaya koyabilecektir.

3.3. Araştırma Planı, Kapsamı ve Sınırlıkları

Araştırma planlaması üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; 4.0 Endüstri Devrimi başlığı altında devrim, tarihi süreçler ilgili kavram ve terimler ve SWOT analizi, ikinci bölümde; İş Sağlığı ve Güvenliği ve 4.0 Endüstri başlığında; kavramsal tanım,

önemi, tarihsel gelişim süreci, teknolojik yapılandırma, temel boyut ve faktörleri ile İş Sağlığı ve Güvenliği ve 4.0 Endüstri kavramsal ve yapısal ilişkisi ele alınmıştır. Üçüncü bölümde araştırma yöntem ve metodolojisi ve bulguları yer almıştır. Araştırma planlama doğrultusunda; sonuç, tartışma ve önerileri ile kaynakça, ekler ve özgeçmiş başlıklarında tamamlanmıştır. Araştırma yurt içi ve yurt dışı literatür taraması kapsamında ele alınmış, araştırma literatür tarama ile sınırlandırılmıştır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Dombrowski ve Wagner (2014:100)'e göre endüstriyel devrimler, anahtar teknolojilerin gelişmesiyle toplumu değiştirmiştir. Endüstri devriminin vizyonu, ölçek ekonomisi ile kapsam ekonomisinin bir kombinasyonunu gerçekleştirmek için teknolojik kavramlar ve çözümler tarafından tetiklenir. Bu amaç aynı zamanda toplu kişiselleştirme olarak da bilinir. Ürünlerin ve üretim süreçlerinin toplam ağ entegrasyonu ile yüksek düzeyde karmaşıklığın ele alınmasıyla karakterize edilir. Bu teknoloji güdümlü değişiklikler aynı zamanda endüstri biliminde ve mesleki psikolojide yeni faaliyet alanlarına da yol açmaktadır. 4. Endüstri Devrimi, insanlarla makineler arasındaki iş birliğini hayata geçirmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda süreçler yerel olarak kontrol edilir ve planlanır. İnsanlar için bu, yeni iş öğeleriyle sonuçlanır. Ortaya çıkan psikolojik etkiler araştırılmalıdır. 4. sanayi devrimini sistematik olarak sınıflandırmakta ve çalışanlar için gelecekteki değişiklikleri anlatmak büyük önem taşımaktadır. Siber fiziksel sistemler gibi yeni anahtar teknolojilerin emek-psikolojik analizinin gerekliliğini ortaya çıkarır. VERA (validation, emotion, reassure and activity) yöntemini kullanarak bir psikolojik iş gereksinimi analizinin teorik bir temeli verilmektedir. Medya, akademi, araştırma ve endüstri sektörü, Endüstri 4.0 terimi veya 4. Endüstri Devrimini tartışmalıdır. Bir yandan, potansiyel geleceğin anahtarı teknolojiler beklenmekte ve diğer yandan iş kayıpları ve daha fazla sanayileşmeden korkulmaktadır. Genel olarak, mevcut tartışma, çalışanların konuyla ilgili bir yansımasıdır. Ergonomi, entegrasyon ve teknolojilerle iş birliği entegre olmalıdır. Teori ile ilgili çalışmalar gösteriyor ki, teknolojik değişimler aynı zamanda zihinsel çalışma taleplerinde değişikliklere neden olur. 'Endüstri devrimi' terimi, dünyanın değişimini ifade eder. Sanayide teknolojik ekonomik ve sosyal sistemler bu devrime dahildir. Yaklaşan Endüstri 4.0 devriminin

vizyonu şunları içerir; bir kombinasyonu mümkün kılmak için teknolojik konseptler ve çözümler, ölçek ekonomisi ile kapsam ekonomisi temeldir.



Şekil 0.1. Endüstri 4.0 İş Profili ve Yeterlikler (Dombrowski ve Wagner,2014)

Endüstri 4.0 yenilikçi iletişimin gelişimi ve bilgi teknolojileri bir dağıtım ve ağ ortamı için mükemmel bir zemin oluşturmuştur. İş sağlığı ve güvenliği boyutuyla iş profilinde değişikliklere yol açmış, çalışanlar için farklı yetkinlik gereksinimleri gerektiği görülmüştür. Şekil 4.1'de gösterilen iş profillerindeki değişiklik öncelikle azalan yönetici üretim görevleri ile karakterize edilir ve konuya özel daha az iş görevleri ifade edilir. Aynı zamanda, kapsam düzenleyici faaliyetler, kusurları iyileştirme görevleri, sorun giderme ve disiplinler arası iş birliği artan uygun yeterlilik gereksinimleri için çalışanlarda teknik veya profesyonel yetenekler dikkat çekmektedir. Endüstri 4.0 ile işçi daha az düşünmek zorunda kalacak detaylı, bireysel süreçlerde ve merkezi organize edilmiş zamanlanmış görevler, kapsamlı süreç düşüncesi ve kendi kendini organize etme ile teknolojik gelişim temel yeterliklerde kendini gösterecektir. Bu nedenle 4. endüstri devrimi, iş sağlığı güvenliği boyutuyla iş görevleri, yönetim ve planlama sistemi ek

olarak, çalışma ortamının bu faktörleri çalışanın psikolojik taleplerine yansıtılması süreciyle bir eylem alanı olarak tanımlanabilir (Dombrowski ve Wagner,2014:101).

Tablo 0.1. Endüstri 4.0 ile İlgili Teknolojik Kategoriler (Badria, vd., 2018)

Kategori	**Tanımlama**
Büyük Veri	Veri kümeleri o kadar büyük ki, insanın sezgisel ve analitik kapasitelerini ve hatta veritabanı ve bilgi yönetimi için geleneksel bilgi işlem araçları.
Nesnelerin İnterneti Siber-fiziksel sistem Cobotics	Fiziksel dünyada gerçek görevleri yerine getiren cihazlardan İnternet'e gelen bilgi ve veri alışverişi. Bilgisayarlı elemanların fiziksel varlıkları izlemek ve kontrol etmek için iş birliği yaptığı bir sistem. Bilgi bilimlerini, insan faktörlerini (davranış, karar, sağlamlık ve biyomekaniği (davranış ve hareket dinamiklerinin modellenmesi) ve robotiği birleştirmeye dayanan robotik tasarıma adanmış gelişmekte olan teknoloji dalı.
Yapay zeka simülasyonu	Zekayı simüle edebilen makineler geliştirmek için uygulanan multidisipliner teoriler, teknikler, kavramlar ve teknolojiler. Endüstriyel bir sürecin davranışının, parametrelerin ve değişkenlerin incelenen sürecin yansımaları olduğu bir bilgisayar modeli aracılığıyla temsil edilmesi.

Endüstri 4.0 ile gerçek zamanlı iletişim, büyük veri, insan-makine iş birliği, uzaktan algılama, izleme ve süreç kontrol, otonom ekipman ve ara bağlantı, modern endüstride önemli varlıklar haline gelişmiştir (Tablo 4.1.). Dördüncü endüstri devrimi veya Endüstri 4.0 baskın gerçeklik haline gelerek, yeni paradigma değişimleri getirecek, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) yönetimini etkileyecektir. Bu yeni ve hızla gelişen endüstriyel trendin ışığında, İSG'deki değişikliklere gereken önem verilmekte midir?

Endüstri 4.0'ın İSG sonuçları doğru değerlendiriliyor mu? İSG'nin Endüstri 4.0'a entegrasyonu konusunda bilinci artırmak için bu soruların incelenmesi gerekir. Endüstri 4.0'ı yönlendiren teknolojiler gelişirse üreticilerin girişimlerinin başarılı olacağı açıktır. İzole ve parçalanmış tehlikeler çoğaldıkça İSG üzerindeki net etkisi olumsuz olacaktır. Büyük değişiklikler olarak Endüstri 4.0'a teknolojik gelişmeler uygulandığında, iş yeri sağlığı ve güvenliğinin önleyici yönetiminde kazanımlar risk altında olmayacaktır. Araştırmacılar, saha uzmanları ve sanayiciler teknolojik ilerlemeyi İSG alanına entegre etmek için iş birliği yapmak zorundadır (Badria, vd., 2018: 403).

Son zamanlardaki veriler, çeşitli yasal reformların başlatılmasına rağmen mesleki yaralanmaların sayısında büyük bir sıçrama olduğunu ortaya koymaktadır. Bu tehlikelerin işçiler üzerindeki etkisini anlamak temel ihtiyaçtır. Herhangi bir iş yeri ölümünü önlemek için hemen harekete geçmek için her çalışanın bilmesi gereken bu risk faktörlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu riskler biyolojik, kimyasal, fizyolojik tehlikeler vb. gibi çeşitli kategorilere ayrılmıştır. İş yerinde bu tehlikelerin üstesinden gelmek veya en azından birkaç durumda azaltmak için temel stratejik modeli Endüstri 4.0 devrimi ile tartışılmaktadır. Ancak bu stratejilerin veya yasal reformların iş yeri tehlikelerini ortadan kaldırmak için yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Endüstri 4.0 devrimi ile giyilebilir teknolojiler, çalışanların gerçek zamanlı izlenmesi ve iş yerlerinden kaynaklanan potansiyel tehlikelerin ortadan kaldırılması için çok önemlidir (Rajendrana, vd., 2021: 95).

Tablo 0.2. Sağlık Sunucularının ve Acil Müdahale Ekiplerinin Karşılaştığı Tehlikeler (Rajendrana, vd., 2021).

Tehlike Türü	Tanım	Önlem
Vektörle Bulaşan Hastalıklar	Sıtma ve dang gibi vektörler yoluyla yayılan hastalıklar, kolera gibi bulaşıcı hastalıklardan olumsuz etkilenen ülkelerde de yaygındır.	Uzun kollu giysiler giyin. Böcek kovucunun kapsamlı kullanımı. Risk, kuluçka dönemi ve ana semptomlar hakkında farkındalık.
Su ve Gıda Kaynaklı Hastalıklar	Bazı halk sağlığı acil durumları, sağlık çalışanlarının genellikle temiz gıda ve suya erişiminin olmadığı bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, gıda ve su kaynaklı enfeksiyonlar geliştirme riski altındadırlar.	Kalitesi belirlenemeyen su tüketiminden kaçınılmalıdır. Soğuk salata gibi pişmemiş yemeklerden

Tehlike Türü	Tanım	Önlem
		kaçının, her zaman pişmiş yiyecekleri tercih edin. Yiyecekleri optimum sıcaklıkta saklayın.
Aşıyla Önlenebilir Hastalıklar	Bulaşıcı hastalık bulaşma riskinin yüksek olduğu bölgelerde; hastalık aşı ile önlenebilir ise, sağlık çalışanlarının aşı ile önlenebilir hastalığa karşı bağışıklama yaptırmaları şiddetle tavsiye edilir.	Aşı ile önlenebilen aşağıdaki yaygın hastalıklar için aşı yapılabilir: Sarıhumma (Zorunlu bağışıklama) Kolera (risk değerlendirmesine göre) Hepatit A ve B Kuduz Kızamık Menenjit ACYW 135 (devam eden bir salgın ise zorunludur)
Isı Stresi	Aşırı sıcaklığa maruz kalan sağlık çalışanları, sıcak bitkinliği ve felç gibi koşullar geliştirme riski altında olabilir. Bazı durumlarda, ısı krampları ve ısı döküntüleri de görülebilir. Baş dönmesi, avuç içi terlemesi ve buhara veya sıcak yüzeye maruz kalmaktan kaynaklanan yanıklar diğer güvenlik endişeleridir.	Geçirgen veya geçirimsiz malzemeden yapılmış tam KKD takımları giyin. Soğutma alanları olan bir rehabilitasyon merkezinde yeterli dinlenme. Temiz suya erişim. Hidrasyon durumunun izlenmesi.
Kaymalar, Gezinmeler ve Düşmeler	Test zamanlarında insan gücü değerli bir varlıktır. Çoğu zaman, işçiler kayma, takılma ve düşme nedeniyle kazalara eğilimlidir. Hava durumu, katkıda bulunan en önemli faktördür. Diğer faktörler arasında yağ, zayıf drenaj sistemi, yetersiz aydınlatma vb. zemin kirleticileri bulunur.	Zeminlerin ve çevrenin bakımının temizlenmesi. Yeterli ve parlak aydınlatma. Hava durumunu kontrol etme. Rahat ayakkabılar. Kazalara neden olabilecek engellerin kaldırılması. Döküntü varsa, derhal temizlenmelidir.
Karayolu Trafik Yaralanmaları	Halk Sağlığı acil durumları, hem acil durum personelinin hem de temel malzemelerin hızlı hareket etmesini gerektirir. Bu bazen sağlık çalışanları ve acil müdahale ekipleri için risk oluşturur.	Yol altyapısı İyi sürüş becerileri Bozuk yol koşullarında sorunsuz çalışabilen araçlar. Hız Limiti

Tehlike Türü	Tanım	Önlem
Ergonomik Tehlikeler	Genellikle bir salgın sırasında meydana gelen faaliyetler nedeniyle ortaya çıkarlar. Bu tehlikeler, acil müdahaleyi engelleyen ağrı ve sakatlığa neden olur. Belirli görevleri yerine getirirken ağır yüklerin elle taşınması veya uygunsuz duruşlardan kaynaklanabilirler.	Güvenli manuel kullanım. Hastaları ve yaralıları mümkün olduğunca yatakta tutmak. Geniş çalışma alanı sağlayan optimum yatak aralığı. Görevlerin planlanması. Basamak yerine rampa kullanımı.

Tablo 4.2. dikkate alındığında çalışanları mesleki risklerden korumak, kazaları, hastalıkları ve olayları önlemek, sağlık ve güvenlik risklerini azaltmak veya ortadan kaldırmak ve çalışanların güvenli ve emniyetli bir çalışma ortamına sahip olmalarına yardımcı olmak için etkili stratejiler gereklidir. Endüstri 4.0 çağında İSG teknolojik gelişmeler doğrultusunda stratejiler şu şekilde sıralanabilir (Rajendrana, vd., 2021: 95; Irıanto, 2017: 889; Chander, Bruch, vd., 2020: 3556):

a. İş sağlığı ve güvenliği kontrolleri hiyerarşisi:

Sağlık ve güvenlik tehditlerini en aza indirmek amacıyla, olası tehlikeleri önlemek ve azaltmak için çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Aşama 1. Eliminasyon: Bu adım, tehlikeleri ortadan kaldırmayı amaçlar ve bu nedenle, bulunan tüm olası olayların ve sağlık sorunlarının etkili bir şekilde ortadan kaldırılmasını kolaylaştırır.

Aşama 2. İkame: Bu adım, bir tehlikeyi daha düşük risk teşkil eden bir tehlikeyle değiştirmeyi amaçlar. Bir tehlikenin ortadan kaldırılması, çok daha az risk oluşturan bir diğerine geçişle hemen bütünleştirilir. Genellikle kimyasallar söz konusu olduğunda, 'tehlikeli olanı tehlikesiz veya daha az tehlikeli olanla değiştirme' fikri burada da geçerlidir. Kimyasallar söz konusu olduğunda, aynı kimyasalı, kimyasalla değiştirmek yerine daha güvenli bir formla değiştirmek, tozun peletlerle değiştirilmesi gibi uygulanabilir, daha güvenli bir alternatif sağlayabilir.

Aşama 3. Mühendislik Kontrolleri: Bu adım, çalışma ortamında veya iş süreçlerinde yapısal değişiklikler içerebilecek veya işçiler ile tehlikeler arasındaki

bulaşma yolunu engellemek için bir engel oluşturabilecek tehlikeyi fiziksel olarak sınırlamayı amaçlar.

Aşama 4. İdari Kontroller: İdari kontroller, prosedürlere veya talimatlara uyarak bir tehlikeye yönelik riski en aza indiren veya ortadan kaldıran operasyonel önlemler olarak da tanımlanır. Hem gerekli önlemler hem de operasyonun güvenli bir şekilde yürütülmesinde izlenecek kontroller dokümantasyonda vurgulanmalıdır. Sosyal ağlar, özellikle genç çalışanlarla ilgili olarak, iş yeri güvenliği ve iş yerinde sağlık hizmetleri ile ilgili güvenlik mesajlarının ve diğer bilgilerin yayılması için bir çıkış noktası olarak giderek daha alakalı hale geliyor. İş yerinde sağlık eğitimi gibi önlemlerle çalışanların hazır olma durumunu iyileştirmek, önleme ve korumada bütünsel bir yaklaşımın yararlı bir bileşeni olabilir.

Aşama 5. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD): Diğer tüm kontrol mekanizmaları düşünüldüğünde, KKD, ister acil durum/bakım/onarım sırasında kısa süreli bir önlem olarak isterse ekstra bir güvenlik önlemi olarak yalnızca son çare olarak kullanılabilir (Rajendrana, vd., 2021: 95; Irıanto, 2017: 889; Chander, Bruch, vd., 2020: 3556).

b. İş sağlığı ve güvenliğinde sensörler:

1. Fizyolojik izlemede sensörler:

Kalp atış hızı, solunum hızı, vücut pozisyonu, vücut hızı ve vücut ivmesi gibi fizyolojik veriler, çalışanın sağlığını belirlemek için bir Proses Güvenliği Yönetimi (PSM) sistemi ve bir Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) izleme cihazı kullanılarak otomatik olarak kaydedilir ve değerlendirilir. Bir EKG (elektrokardiyogram) kardiyak izleme sensörü, kas hareketini izlemek için bir EMG (elektromiyografi) sensörü, beyin fonksiyonunu izlemek için bir beyin elektrik sensörü, bir beyin basınç sensörü, bir gövde pozisyonu eğim sensörü, solunum için bir solunum sensörü ve bir hareket kontrol sensörü, geniş bir fizyolojik sensör koleksiyonunda kullanılabilir. Vücudun farklı bölümlerinin dönüşlerini hesaplamak için bir jiroskop kullanılır. Vücut dönüşü ve açısal hız, bir jiroskop tarafından izlenen parametrelerdir. Öte yandan, manyetometreler, vücudun dünyanın manyetik kuzeyi ile ilgili yönünü izlemeye yardımcı olur. Jiroskop, ivmeölçer ve manyetometre sensörlerinin avantajları vardır. Örneğin, bir manyetometre hızlı hareket için düşük doğruluğa sahipken bir jiroskop değişikliklere hızlı tepki verir. Bu

nedenle jiroskoplar, ivmeölçerler ve manyetometreler gibi sensörler genellikle birlikte kullanılır. Son zamanlarda, çip sensörlü jiroskoplar ve ivmeölçerler insan hareket analizinde kullanılmaktadır. Mikro Elektro Mekanik Sistemler (MEMS) teknolojisi ile birleştirildiğinde, insan kinematiğini analiz etmek için minyatür/küçük ve daha düşük güce sahip sensörlerin geliştirilmesinde bir artış olur. Jiroskoplar, üst kol iç rotasyonunun, bilek esnekliğinin ve omuz rotasyonunun zirvesini belirleyebilen giyilebilir bir cihaz olarak kullanılabilir. Giyilebilir sensörlerin hem sıcaklık, kalp hızı, kan basıncı vb. gibi fiziksel parametreler hem de pH, ürik Asit, potasyum vb. gibi kimyasal veya biyolojik parametreler için kullanıldığı görülmektedir.

2. Çevresel algılamada sensörler

Birçok iş yerinin doğası, özellikle çalışanları yalnızca hava koşullarına değil aynı zamanda kimyasallar, gazlar veya katı maddeler gibi zararlı maddelere maruz bırakan olaylar açık havada olduğunda işçiler için hem sağlık hem de güvenlik riskleri oluşturabilir. Bu zararlı maddelerin otomatik olarak algılanması gereklidir Daha yaygın olarak, hava kirliliği, barometrik basınç, karbonmonoksit, kapasitans, gaz sızıntıları, nem, hidrojen sülfür, sıcaklık ve ışık dahil olmak üzere çok sayıda konu artık çevresel veri sensörleri kullanılarak ölçülebilmektedir.

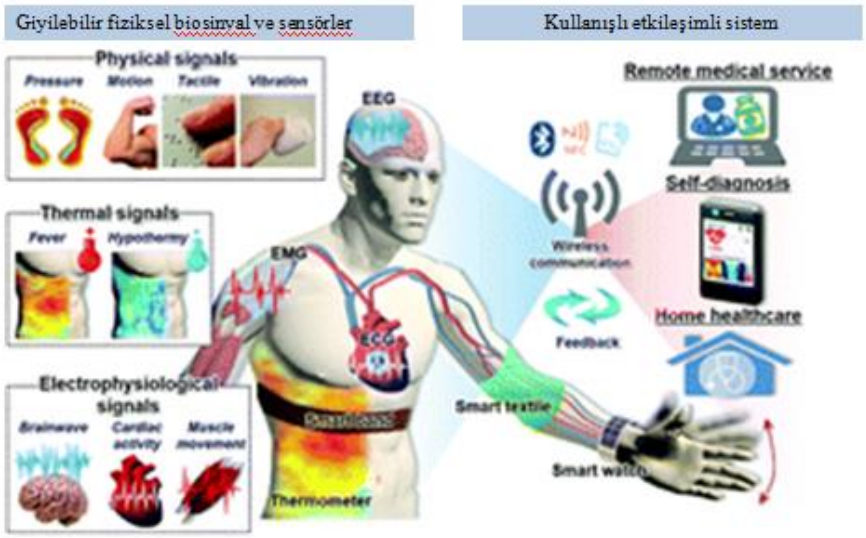
3. Düşme kazalarını azaltan sensörler

Daha önce, vücut hareketindeki gözlemlenebilir değişikliklere dayanan düşme tespiti ve hareketsizlikte poz tespiti ve baş hareket analizi için kamera tabanlı ortam sistemleri kullanılıyordu. Ancak, yakalama hacminin engellenmesi, gizlilik, yanlış alarmlar ve pil ömrü gibi birkaç sınırlama gözlemlenmiştir. Giyilebilir teknoloji çeşitli popülasyonlarda tanıtılmakta ve fiziksel insan aktivitesini ölçmek için de kullanılmaktadır.

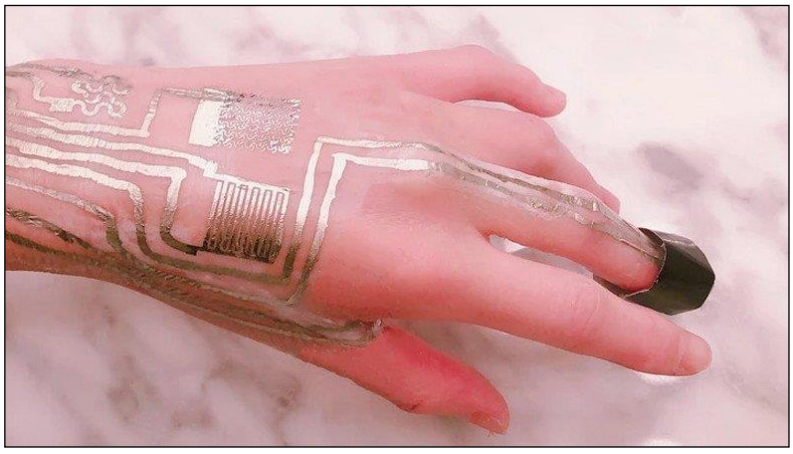
4. Stres seviyelerini tespit etmek için sensörler

Stres tepkisi, vücudun zorlukları çözmesine ve risklere karşı hazırlık yapmasına yardımcı olur, ancak kişinin sağlığı uzun süreli stres biçimlerinden etkilenebilir. Şimdiye kadar stres, çoğunlukla kullanıcı tarafından girilen verilere odaklanan ve belki de öznel ve yanlış olan fiziksel değerlendirmeler ve anketler yoluyla hesaplandı. Son zamanlarda, vücudun karşılaştığı stres miktarını analiz etmek için stres tepkisi ile ilişkili biyo-belirteçlerin analitik bir tanımlaması geliştirilmiştir. Giyilebilir, esnek uygulamaların bir

parçası olarak, yenilikçi stres algılama cihazları kortizol ter algılamaya dayanır. Bu sistemler, klinik teşhis veya kişisel stresin takibi ve arabuluculuğu için kullanılabilecek gerçek zamanlı, devam eden bir stres verisi veritabanı vaat etmektedir (Rajendrana, vd., 2021: 95; Irıanto, 2017: 889; Chander, Bruch, vd., 2020: 3556; Mamun ve Yuce, 2019: 7772).



Şekil 0.2. Giyilebilir Sensörler (Mamun ve Yuce, 2019).



Şekil 0.3 Giyilebilir Yeni Nesil Sensörler(Mamun ve Yuce, 2019)

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te görülen giyilebilir elektronikler, büyük ve hacimliden şık ve ultra inceye kadar bir değişimden geçmektedir. Geleneksel katı elektronikler, yumuşak insan derisiyle doğal olarak uyumlu değildir ve araştırmacılar ve şirketler, deriyle birlikte bükülen elektronik giyilebilir sistem geliştirmek istemişlerdir. Bu amaçla Endüstri 4.0 teknoloji uygulamalarında dermatologlarla iş birliği yapan ekip, cilt üstü yamanın bir hafta boyunca 20 denek üzerinde herhangi bir cilt tahrişine veya iltihaplanmaya neden olmadığını ifade etmiştir. Yama, sıcaklığı, basıncı ve kasların elektriksel aktivitesini doğru bir şekilde ölçen sensörler içermektedir. Giyilebilir sensörler, örneğin hareket, sıcaklıktaki değişiklikler vb. değişiklikleri gözlemlemek için insan vücuduna yerleştirilebilen teknolojidir. Çalışma şekilleri, kullanımlarına bağlı olarak değişir, ancak birkaç önemli noktada özetlenebilir. İlk olarak sensör tarafından bir değişiklik algılanır, daha sonra analiz edilir ve son olarak ilgili türde bir bilgiye dönüştürülür (Rajendrana, vd., 2021: 97; Mamun ve Yuce, 2019).

İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında iş yeri yaralanmalarını ve ölümlerini önlemeye yardımcı olan Endüstri 4.0 güvenlik teknolojileri şu şekilde sıralanabilir (Rodic, 2017: 194; Kim, vd.,2020: 98);

1. Robotik

İş sağlığı ve güvenliği amacıyla robotik kullanıldığı tespit edildi. Robotik çeşitli endüstrilerde kullanılabilir ve küçük ve ciddi yaralanmaları önleyebilir. Örneğin, ergonomik yaralanma riskini azaltmak için depolarda yaygın olarak montaj robotları kullanılırken, şantiyelerde ölümcül ezilme/sabitleme olaylarını önlemek için malzeme taşıma robotları kullanılmaktadır. Drone olarak da bilinen insansız hava araçları (İHA), insan tarafından kontrol edilen ve öncelikle ölçme ve inceleme amaçlı kullanılan bir robot türüdür. İHA'lar, çalışanların yüksekte çalışma ihtiyacını ortadan kaldırabildikleri için, günümüzde mevcut olan robotik güvenlik teknolojisinin belki de en etkili türüdür. Bir araştırmaya göre 2020 yılında 645 işçinin ölümüne engel olmuştur (Kim, vd.,2020: 98).

2. Sensörler ve giyilebilir cihazlar

Sensörler, belirli bir fiziksel uyaranı izleyen, algılayan ve yanıt veren cihazlardır. Giyilebilir cihazlar, çalışanlar tarafından giyilen sensör donanımlı cihazlardır. Aşırı sıcaklar veya tehlikeli gazların varlığı gibi durumsal risklerin yanı sıra yorgunluk gibi sistemik riskleri de izleyebilir. Ekipman ayrıca sensörlere sahip

olunduğunda, örneğin, yakınlık sensörleri yakındaki çalışanları algılayabilir ve temas yaralanmaları riskini azaltmak için enerji kaynaklarını otomatik olarak kesebilir. Ulusal Güvenlik Konseyi (NSC)'ne göre, yakınlık sensörleri, yol dışı işçi ölümlerinin yüzde 12'sini oluşturan inşaat ve kurulum risklerini azaltmada özellikle yardımcı olmuştur.

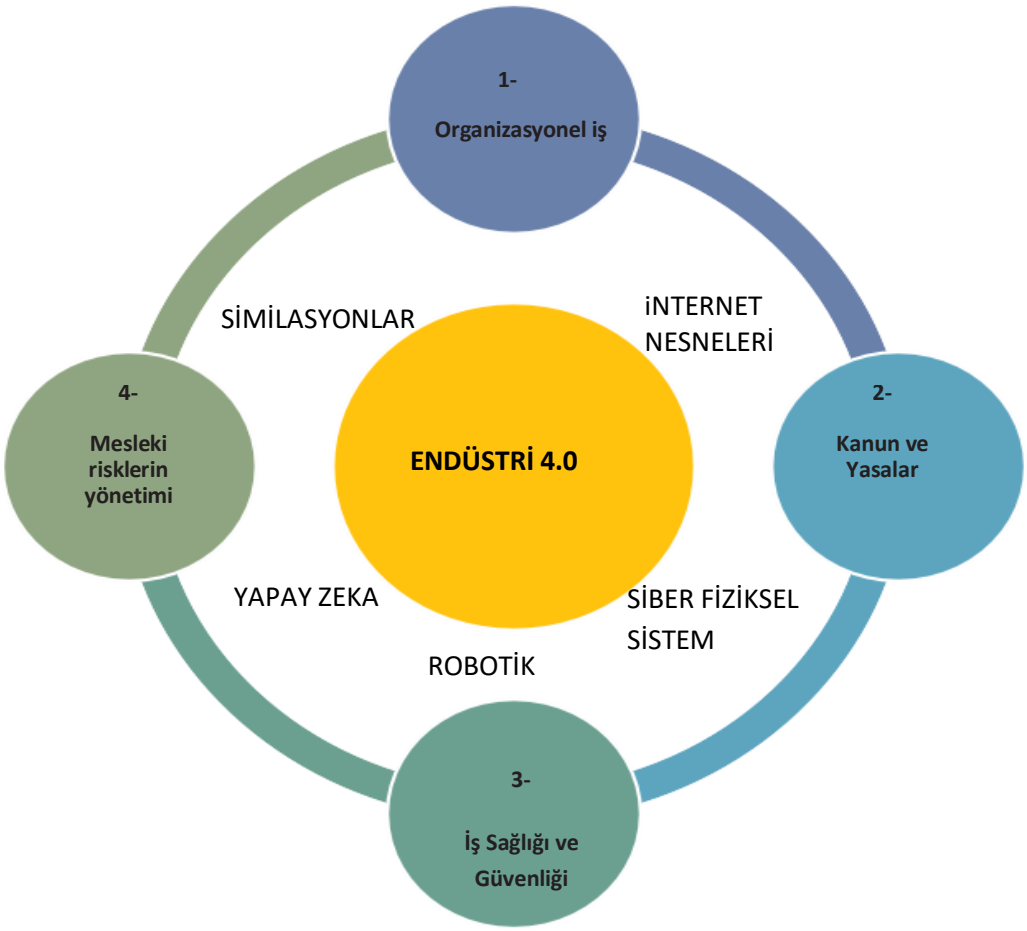
3. Yazılım

Yazılım bir dizi acil iş sağlığı ve güvenliği sorununun çözümlenmesine yardımcı olabilir. NSC'ye göre, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının üçte birinden fazlasının şu anda bu tür teknolojiyi kullandığını ifade etmektedir. Yazılım, çevre, sağlık ve güvenlikle ilgili süreçleri yönetmeye, depolamaya, başlatmaya ve yürütmeye yardımcı olmak için kullanılır ve genellikle güvenlik yönetimi, risk yönetimi, olay yönetimi ve uyumlulukla ilgili işlevlere sahiptir. Risk yönetimi yazılımı olarak da bilinen operasyonel risk yazılımı, kullanıcıların riskleri ve tehlikeleri görmelerine ve azaltmalarına yardımcı olur. Operasyonel risk yazılımları işçi sağlığını korumak için proaktif adımlar atma konusunda güçlendirildikleri için özellikle heyecan verici teknolojik gelişmeler olarak Endüstri 4.0'da önemli bir yer edinmiştir.

4. Analitik

Analitik, anlamlı kalıpları ve iç görüleri ortaya çıkarmak için verileri kullanan bir teknoloji türüdür. Analitik programları, büyük miktarda veriyi hızlı bir şekilde işlemeyi içerdiklerinden genellikle yazılım tabanlıdır. Analitik güvenlik teknolojisine bir örnek, video yüz analizidir. En üst düzeyde sistematik iş yeri şiddet risklerini azaltma potansiyeline sahip bir teknoloji olarak vurgulanan video yüz analizi, çalışanları tehlikelere karşı korumak için belirli bir çalışan ve yaya yüz özelliklerini tanır. Tahmine dayalı analitik, popülaritesi artan başka bir analitik güvenlik teknolojisi türüdür. Makine öğrenimi de dahil olmak üzere çeşitli istatistiksel teknikler kullanır, gelecekteki olaylar hakkında tahminler yapmak için geçmiş ve diğer verileri analiz etmek için kullanılırlar. Örneğin; Urbint'in iş yeri güvenliği yazılımı, tahmine dayalı analitik yazılımının bir örneğidir. Urbint Lens for Worker Safety, işçi güvenliği tehlikelerinin ve risklerinin olasılığını ve potansiyel ciddiyetini değerlendirmek için geçmiş güvenlik kayıtlarını, öncü göstergeleri ve Urbint Dünya Modelini kullanır, böylece ön saflardaki liderler riskleri azaltmak ve çalışanları korumak için harekete geçebilir. İş yerinde meydana gelen kazalarda ölüm oranını azaltmanın çok büyük bir zorluk olduğu gerçeğine

rağmen güvenlik teknolojileri bu oranı düşürmeye yardımcı olabilir. Tahmine dayalı analitik, yapay zekâ/makine öğrenimi ve veri analitiği, çalışanları güvenlik tehlikelerinden korumada rol oynayabilir ve onlara araştırma ve uygulama için ideal çözümler haline getirebilir (Rodic, 2017: 194; Kim, vd.,2020: 98).



Şekil 0.4. Endüstri 4.0 ve İSG Uygulamaları (Badri,vd., 2018:409)

Ergonomi ve insan faktörleri araştırmalarından çıkan sonuç Şekil 4.4'te belirtildiği gibi Endüstri 4.0 bağlamında İSG uygulamalarında öncelikle siber-fiziksel ile ilişkili önemli avantajlara sahip sistemler sunmasıdır. Ergonomistler önemine vurgu yaparken yeni sistem ve süreçlerin tasarımı ve işletiminin yanı sıra endüstriyel kaynaklı

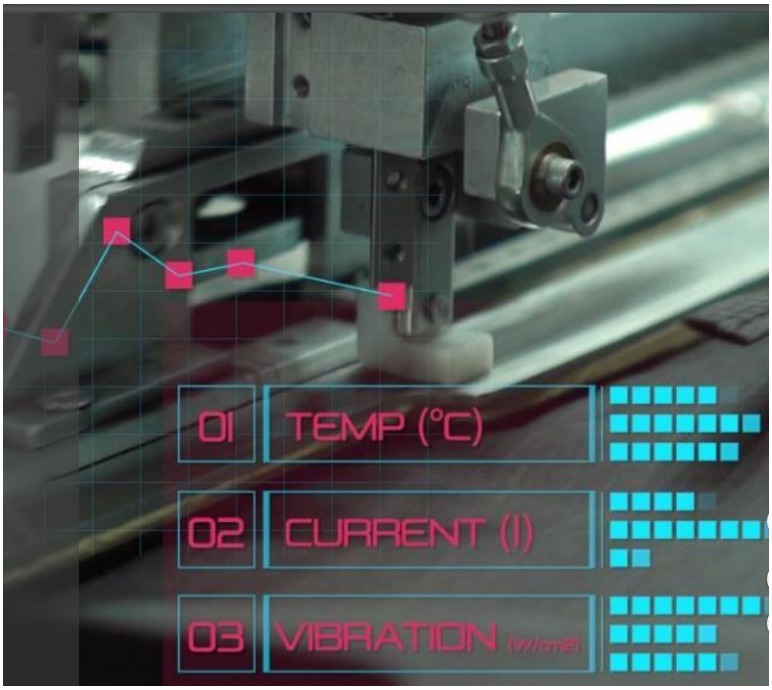
istenmeyen etkilerin azaltılmasında da önemli bir paradigma olacağında hemfikirdir. Robot kullanımı ve yakın etkileşim ile ilgili sorun, zor ve tehlikeli görevleri desteklemek için işçilerle birlikte çalışması, yaralanmaya neden olabilecek veya işçi güvenliğini tehdit edebilecek eylemleri tanımasıdır. Güvenli ve etkili etkileşim için iş yerleri bu tür robotlar ile donatılmalıdır. Yapay zekâ ile akıl yürütmelerine ve anlamalarına izin veren karmaşık programlar kullanılarak işçilerin yakınlarındaki risk ve tehlikeleri görmesi bakımından üretimi daha verimli, daha esnek ve daha kaliteli hale getirebilir (Badri ,vd., 2018:409).

Endüstri 4.0'ın, gerçek zamanlı kontroller yoluyla süreçlerin ve ürün kalitelerinin optimizasyonu sağlaması kaynak ve makina kullanımının yanı sıra envanter yönetiminin iyileştirilmesi yoluyla küresel ekonomiler üzerinde önemli bir etkiye sahip olması beklenmektedir. Böylece akıllı fabrikaların ve ürünlerin gelişimini desteklemesi ile bu yeni endüstriyel eğilim, kaçınılmaz olarak, yenilikçi bir iş organizasyonuna ve ilgili işçilerin sağlık ve güvenliğini etkileyebilecek iş görevlerini yerine getirmenin farklı bir yolunu açacaktır. Aslında, bir yandan otomasyon teknolojileri, çalışanları ortak görevlerde destekleyecek takım tezgahları, robotlar ve sensörlerin kullanılmasıyla muhtemelen işi daha esnek, daha güvenli, daha sağlıklı ve sosyal olarak daha kapsayıcı hale getirecek, ancak diğer yandan, yüksek düzeyde otomatikleştirilmiş imalat işlerinde istihdam edilen işçi sayısı azaltılabilecek ve büyük ölçüde bilgi işlerinde istihdam edilecek çalışan sayısı artırılacak ve dolayısıyla çeşitli sağlık ve güvenlik riskleri içeren karar verme ve mühendislik faaliyetlerinde İSG boyutuyla yer alabilecektir (Rodic, 2017:199).

Diğer taraftan Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan yenilikçi teknolojiler ve ileri dijitalleşme yolundaki yeni teknolojiler, gelişmiş, katma değerli ve uygun maliyetli üretim ve hizmet operasyonları sunmayı mümkün kılmaktadır. Endüstri 4.0 uygulamalarının ilk odaklandığı alanlardan biri iş sağlığı güvenliği ile ilgili operasyonlardır. Kaynaklarının etkin yönetimi, bakım süreçleri, hizmet planlaması, operasyonlarının sunumu ve değerlendirilmesi, iyi işleyen bir sistemi esas almaktadır (Lee, vd.,2020:56).

Endüstri 4.0 ile bilgi ekonomisinin büyümesi ve iş gücü piyasalarının küreselleşmesi, küresel iş piyasasını yönlendiren sosyal ve ekonomik sektörlerin önemli ölçüde bozulmasına neden olacak gelişen teknolojilerdeki üstel büyüme oranı artmıştır.

Bu değişikliklerin büyük olasılıkla mevcut iş yeri tehlikelerinin şiddetlendiği, iş sağlığı ve güvenliği üzerinde bilinmeyen etkileri olan yeni tehlikelerin yaratıldığı senaryolarla sonuçlanacağı da ayrı bir gerçekliktir. Bu değişikliklerin hızı, yeni ve ortaya çıkan iş yeri tehlikelerinin işçi sağlığı, güvenliği ve esenliği üzerindeki potansiyel etkilerini anlamak için proaktif bir yaklaşıma acil bir ihtiyaç duyulduğunun da habercisidir. İşverenler giderek standart dışı çalışma düzenlemelerine bel bağladıkça, İnsana yakışır işi ve iyileştirilmiş işçi sağlığı, güvenliği ve refahını en iyi destekleyen iş organizasyonu ve istihdam modellerini daha iyi anlamak için araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın, özellikle istihdam modellerinde çarpıcı değişikliklere, milyonlarca iş kaybına, birçok ekonomik sektörde erozyona ve iş güvenliği ve sağlığına (İSG) daha fazla meydan okuyan yaygın eşitsizliklere neden olan SARS-CoV-2 küresel salgını tarafından daha keskin hale getirildiği görülmektedir. Sağlıklı ve üretken bir iş yeri sağlamak için yeni sistemler geliştirilmektedir. Kilit paydaşları kucaklayan ve çalışanların yaşamlarını iyileştirecek ve kurumsal başarıyı artıracak, araştırmalar hakkında farklı düşünen, işin geleceğinde İSG araştırmaları için bir paradigma değişikliğine ihtiyaç duyulacağı da bilinmektedir. Genişletilmiş bir İSG paradigmasının disiplinler ötesi karakterini destekleyen daha geniş araştırma yöntemlerinin yanı sıra geleneksel ve geleneksel olmayan İSG araştırma disiplinlerinin becerilerini birleştiren araştırmaya yönelik disiplinler arası bir yaklaşıma daha ihtiyaç duyulacaktır (Felknor ve Streit, 2020: 7155).



Şekil 0.5. Makineler Bağlantılı İletişim Sistemi (Açıkgöz, 2018)

İş sağlığı ve güvenliği (İSG), Endüstri devrimleri boyunca ve özellikle Endüstri 4.0 ile son yıllarda sürekli olarak değişmiş ve gelişmiştir. Bu sistematik, sanayileşmiş ülkelerde gelecekteki İSG sorunlarına genel bir bakış sunmaktadır. İnsan merkezli robotik iş istasyonlarının hantal operasyonları azaltmada ve çalışanların sağlık ve güvenlik koşullarını iyileştirmede başarılı olduğunu ve bu gerçeğin sistem kullanıcıları ve geliştiriciler tarafından açıkça algılandığını göstermektedir. Çelik atölyesinde günlük olarak gerçekleştirilen karmaşık bir bakım işlemi için tasarlanmış robotik çalışmalar bunun yanı sıra (Şekil 4.5.) makineler arası iletişim sistemleri ile makinelerin bakım, onarım vb. süreçlerinde düzenli olunması iş ve meslek kazalarını önleyebilecektir. Scopus veritabanında yapılan bir arama, gelecekte yeni ortaya çıkan İSG riskleri ve zorlukları hakkında 2014'ten beri yayınlanan 31 hakemli dergi makalesi incelenmiş, makalelerin gözden geçirilmesi, gelecekteki genel İSG zorluklarını, iklim değişikliğinin neden olduğu İSG zorluklarını ve sürdürülebilir kalkınma ve sorumlulukla ilgili İSG zorluklarını belirlemiştir. Ayrıca sektörler ve sağlıkta branşa özgü zorluklar belirlenmiştir. Bireysel çalışanlar, ısı stresinden zehir emilimine, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına, artan psikososyal yüke, ergonomik sorunlara kadar çok çeşitli İSG sorunları yaşayabilirler ve

beklenmedik kazalar ve yaralanmalar ortaya çıkabilir. Bu noktada Endüstri 4.0 tabanlı İSG teknolojileri insan ve robot yeteneklerini sinerjik bir şekilde birleştirerek mevcut engellerin üstesinden gelmek için uygun bir çözümdür (Schulte, 2020: 165).



Şekil 0.6 Yeni Nesil Kobot(Felknor ve Streit, 2020).

Endüstri işletmelerinde Endüstri 4.0'ın uygulanması ve birbirine bağlı robotizasyon, mesleki değişimlere doğru sürüklenmektedir. Günümüzde güvenli ve etkili olması için ortak bir robotize iş yerinde bir robot ve bir insan arasında iş birliği oluşturmaktır. Bir insan operatör ile iş birliği içinde çalışan robotik cihaz olan robot tipine kobot denir (Şekil 4.6). Robot veya cobot'un insanlarla daha yakın bir etkileşimi olması durumunda, nerede insan işinin tamamen değiştirilmesinin mümkün olduğunu veya nerede sadece onu tamamlamanın mümkün olduğunu düşünmek gerekir. İnsanların üretim süreçlerindeki geleneksel çalışma konumları büyük ölçüde korunacağından, sosyal olarak en kabul edilebilir seçenek, robotların yalnızca ek görevlerin yerine getirilmesi için uygulanmasıdır. Diğer yandan, iş yeri robotizasyonu, özellikle İSG boyutuyla, kanserojen ve insanlar için toksik olan tehlikeli kimyasal maddelerin bulunduğu çalışma ortamları için uygundur. Benzer şekilde robotizasyon, iş yeri ergonomisini iyileştirmeye ve ayrıca insanlar için çok zahmetli ve sıklıkla tekrarlayan işlerden kaçınmaya yardımcı olur. ABB, YuMi ailesinin en son üyesi olan yeni tek kollu

YuMi'nin lansmanı ile işbirlikçi otomasyon kobotlar tanıtılmıştır. Tek kollu YuMi, ABB'nin en çevik ve kompakt robotudur ve insanlarla birlikte güvenli bir şekilde çalışırken esnekliği artırmak için mevcut üretim hatlarına kolayca sığacak şekilde tasarlanmıştır. Yeni işbirlikçi robot aynı zamanda ABB'nin daha fazla robot ve boyut çeşitliliğine ve daha özel çözümlere izin verecek esnek yeni modüler tasarım platformu üzerine inşa edilen yeni nesil robotlarından biridir (Felknor ve Streit, 2020:7156).

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Endüstri Devrimi yaklaşık 200 yıl önce gerçekleşmiş olsa da, insanların nasıl yaşadığı ve işletmelerin nasıl çalıştığı üzerinde derin etkiler bırakan bir dönemdir. Günümüzün modern şehirlerinin yaratılmasından sorumludur. Devrimden önce, çoğu ülke geçimini çiftçilikle sağlıyor ve geniş kırsal topluluklarda yaşıyordu. Fabrikaların gelişmesiyle birlikte insanlar ilk kez kentsel alanlarda bulunan şirketlerde çalışmaya başladılar. Genellikle ücretler düşüktü ve koşullar sertti buna rağmen işletmeler için çalışmak çiftçilikten daha iyi bir yaşam sağlamıştır.

Endüstri kaçınılmaz olarak gelişim halindedir. Endüstri devriminin tarihinde, Endüstri 1.0'dan 4.0'a kadar dört aşama arasında ayrım yapılmaktadır. Tarihsel süreçte üç aşama geride kalmış olup, dördüncü aşama olan Endüstri 4.0 şu anda bizzat deneyimlenmektedir.

Endüstri 4.0 Devrimi'nin teknolojik ve ekonomik yönleri önemli sosyokültürel değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Endüstri 1.0 ilk aşamalarında, emekçilerin yoksulluğunu ve sefaletini derinleştirmiş, istihdamları ve geçimleri ile çok az insanın sahip olabileceği maliyetli üretim araçlarına bağımlı hale gelmiştir. İş güvenliği eksiktir. İşçiler, teknolojik gelişmeler ve büyük bir iş gücü havuzu nedeniyle sık sık yerinden edilmiştir. İşçi korumalarının ve düzenlemelerinin olmaması, düşük ücretler için uzun çalışma saatleri, sağlıksız apartmanlarda yaşama ve iş yerinde sömürü ve istismar anlamına geliyordu. Ancak sorunlar ortaya çıktıkça, onları ele almayı amaçlayan yeni fikirler de ortaya çıktı. Bu fikirler, insanlara daha fazla maddi kolaylık sağlarken aynı zamanda daha fazla üretmelerini, daha hızlı seyahat etmelerini ve daha hızlı iletişim kurmalarını sağlayan yenilikleri ve düzenlemeleri kolaylaştırdı.

Tanıklık edilen bu dönem endüstrileşme çağının dördüncü evresi olarak kabul edilmekte ve Almanca literatürde ‘Endüstri 4.0’ olarak adlandırılmaktadır (Özsoylu, 2017). Bu dönemde nesnelerin interneti, akıllı makineler, büyük veri, bulut teknolojileri, veri madenciliği, yapay zekâ, akıllı fabrikalar, siber sistemler, otonom robotlar gibi kavramlar günlük yaşamımızda yer etmeye başlamıştır (Gökten 2018). Bu çağda yaşanan teknolojik gelişmeler her sektörü doğrudan ya da dolaylı olarak kaçınılmaz bir şekilde etkileyecektir. Endüstri 4.0, kendiliğinden yapılandırma, otokontrolünü yapma ve kendini

düzeltme gibi otonomik özelliklere sahip akıllı sistemler tarafından yönlendirilen imalat ekosistemlerini sağlayacaktır (L. Thames and D. Schaefer, 2016). Nesnelerin interneti, akıllı makineler ve gelişen diğer teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanılması ile iş kazalarının ve meslek hastalıklarının ölçülebilir bir düzeyde azalacağı düşünülmektedir.

İş Sağlığı ve Güvenliği kavramının kurucusu kabul edilen İtalyan Doktor Bernardino Ramazzini uzun gözlemler sonucu yazmış olduğu "De Morbis Artificum Diatriba" adlı kitabında iş kazalarının önlenmesi maksadıyla iş yerlerinde koruyucu güvenliklerinin alınmasını önermiştir (Selek, 2018). Endüstri 4.0 çağı ile birlikte iş sağlığı ve güvenliğinin dijitalleşmesi sonucu çalışanlar eş zamanlı izlenebilecek meydana gelen her olumsuzluğa anında müdahale edilebilecektir. İş sağlığı ve güvenliği alanında, gerçek zamanlı konum belirleme, radyo frekanslı tanıma, M2M (machine to machine) nesnelerin interneti gibi ortaya çıkan teknolojik gelişmeler iş kazalarını önlemek amacıyla önleyici ve koruyucu önlemleri almak için yeni ve farklı yöntemler sunmaktadır. Borçelik isimli firma "Gerçek Zamanlı Konum Belirleme" (RTLS) olarak tanımlanan sistemi Covid-19 pandemisi döneminde çalışanlarının konumlarını belirleyerek sosyal mesafeyi korumak, enfekte olan çalışanların temaslılarını belirlemek amacıyla kullanmıştır (Ekmekci ve Ekmekci, 2020).

Yine Endüstri 4.0 çağında yaşanan teknolojik gelişmelerin bir ürünü olan "Radyo Frekanslı Tanıma" (RFID) teknolojisini iş yerinde çalışanların karşılaşabilecekleri düşme, çarpma gibi olası kazaları önlemek için yardımcı olmaktadır. Giyilebilir RFID etiketli kişisel koruyucu donanımlar ayrıca çalışanların fizyolojik değerleri konusunda komple bir izleme imkânı sağlamaktadır (Bauk ve Colomer, 2016). RFID sistemi sayesinde çalışanların solunum hızı, kalp atış hızı, duruş bozuklukları, vücut sıcaklığı gibi verileri takip edilerek olağan dışı bir durum olduğunda yetkili kişiler ile paylaşımı yapılmakta bu yöntemle çalışanların sağlığının korunması amaçlanmaktadır. Endüstriyel IoT olarak tanımlanan endüstriyel nesnelerin internet sistemi, endüstriyel üretim ortamlarında bulunan akıllı makinaların birbirleriyle haberleşmesi, bu haberleşme sonucu elde edilen verilerin tek bir yerden kontrol edilebilmesidir (Ekmekci ve Ekmekci, 2020). Endüstriyel IoT sistemi vasıtasıyla birbirine bağlanan cihazların verileri bulut bilişim sistemine aktarılarak bu verilere her

yerden ulaşım sağlanmaktadır. Böylelikle tespit edilen aksaklıklar anında yetkililere bildirilmektedir. Bu teknolojinin sağladığı çözümler ile meydana çıkması muhtemel sorunlar anında tespit edilerek iş kazalarına bağlı yaralanmaların sayısı azalmıştır.

En çok iş kazası olan sektörlerin başında gelen inşaat sektöründe de Endüstri 4.0 ile hayatımıza giren teknolojik gelişmeler sayesinde iş kazalarının minimum seviyeye indirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) tabanlı kalite kontrolü sayesinde tehlike oluşturan unsurlar, olası çarpışmalar, düşmeler, yangın gibi tehlikeleri algılayarak iş kazalarının önlenmesi amaçlanmıştır. Bu konuda Georgia Teknoloji Enstitüsünde bir grup akademisyen yaptıkları bir çalışmada yüksekten düşmeyi önlemek için YBM'de otomatik kural kontrol tabanlı güvenlik kontrol sistemi geliştirmeyi amaçlamışlardır (Zhang ve Venugopal, 2012). Bu uygulama döşeme ve duvarlardaki iş kazasına neden olabilecek boşlukları otomatik olarak algılayıp, OSHA (Amerika Federal İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu) kurallarına göre doğrudan gerekli önlemlerin alınmasını amaçlamıştır. Görüldüğü gibi iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları gelişen teknoloji ile farklı bir yöne doğru evrilmektedir.

Yeni ekonominin, 18. yüzyılda endüstri devriminin başlangıcında ilk ortaya çıkışından bu yana muazzam adımlar atılmıştır. Onlarca yıldır, silahlar, aletler, yiyecekler, giysiler ve evler dahil olmak üzere birçok eşya, hayvanlar vasıtasıyla işlenerek hazırlanmış veya kullanılmıştır. Bu süreç 18. yüzyılın sonlarında endüstriyel yöntemlerin tanıtılmasıyla düzelmiştir. Endüstri 4.0 "Kamusal Kullanım Teknolojisi" (PUT) ile aşırı rekabet ve yaşlanan demografi, genişlemenin daha hızlı ve daha geniş olmasını sağlayacaktır. 4.0'daki ilerlemeler dönüştürücü olmaktan çok değerlendirici olsa da bunların karışımı ve içinde geliştirdikleri bağlam, karşılığında bir devrim oluşturacak önemli ekonomik ve sosyal etkiler öngörmektedir. Endüstri 4.0, yıkıcı zekâ ve bilginin yükselişi ile ilişkilendirilmiştir. Bu son teknolojiler üretkenliği artırma potansiyeline sahipken, eşzamanlı olarak sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Sonuç olarak elde edilen bulgular dikkate alındığında; **V_1:** Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmeler önemlidir. **V_2:** Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmelerde ülkeler

düzeyinde farklılık vardır. Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında görülen teknolojik gelişmeler baş döndürücü hızda ilerlemekte ve gelişmektedir.

Buhar motoru gibi icatlarla endüstri devrimi sırasında üretim artmıştır. Buhar motoru, ürünlerin üretilmesi için gereken süreyi önemli ölçüde azaltmış, daha verimli üretim, daha sonra, özellikle düşük işçilik maliyetleri nedeniyle ürün fiyatlarını düşürmüştür ve pazarlama kapılarını her gün geçtikçe yeni bir müşteri seviyesine yükseltmiştir. Endüstri Devrimi Birleşik Devletler hükümeti, ABD şirketleri tarafından üretilen çelik gibi ürünlerin yabancı ithalattan daha ucuz olması için tarifeler (yabancı mallara vergiler) koyarak işletmelere yardımcı olmuştur. Daha ucuz çelik fiyatları, Amerikan Sanayi Devrimi sırasında demiryolları ve köprüler gibi altyapıların gelişimini teşvik etmiştir. Endüstri Devrimi, iş imkanları konusunda bir artış yaratmış, fabrika ücretleri çiftçilikten kazanılandan daha yüksek olmuştur. Fabrikalar yaygınlaştıkça, onları işletmek için ek yönetici ve çalışanlara gerek duyulmuş, bu da iş arzını ve genel ücretleri artırmıştır.

Fabrikaların ve büyük şirketlerin çoğu şehirlerin yakınında konumlandığından, köylerde yaşayan insanlar iş aramak için kentsel alanlara göç etmiş ve bu orantısız göç çoğu zaman mevcut konut arzını zorlamıştır. Bu durum öte yandan şehir planlamasında önemli gelişmelere yol açmıştır.

Endüstri 3.0 ile artan inovasyon aynı zamanda daha yüksek motivasyon ve eğitim seviyelerine yol açmış ve bugün hala kullanılan çığır açan Endüstri 4.0 ile birçok icatla sonuçlanmıştır. Bugün Endüstri 5.0 çalışmaları hakkında konuşulmaktadır.

Endüstri Devrimi, insanların çalışma hayatını, kendilerine sunulan teknolojileri ve yaşam çevrelerini değiştirmiştir. İşçiler için yaşam koşulları değişmiş, işçi sendikalarının yükselişi tetiklenmiştir.

Endüstriyel Devrimler ile birlikte çok sayıda gelişme olmasına rağmen, bu hızlı gelişim beraberinde birçok sorun da doğurmuştur. Daha yüksek ücretler kazanmak umuduyla çiftliklerini terk ederek şehirlere göç eden işçi sayısının çok fazla olması nedeniyle, gıda üretiminde kıtlık meydana gelmiştir. Fabrika sayısındaki keskin artış, kentsel kirliliğin artmasını tetiklemiştir. Kirlilik sadece fabrikalarda değil, insanlar şehirlere akın ettikçe, kentsel kaynaklar yetersiz kaldığından şehirlerdeki yaşam

koşullarını da çekilmez hale getirmiştir (özellikle Endüstri 1.0' da). Bazı şehirlerde kanalizasyon sokaklara akarken, üreticiler fabrikalardan gelen atıkları nehirlere boşaltmıştır. Su kaynakları bugün olduğu gibi test edilmemiş ve korunmamıştır. Sonuç olarak, nüfusu korumak için düzenlemeler ve yasalar çıkarılmıştır. Çocuk işçiliği önemli bir sorun olarak Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a kadar uzanmıştır. Bu süreçte birçok fabrika işçisi için sağlık sorunları ortaya çıkmıştır.

Kişiselleştirilmiş üretim, hizmet ve müşteri etkileşiminin doğrudan sağlanması bir dijital tedarik zinciri modelinde aracıların etkisini azaltmak, hıza, maliyete, verimliliğe ve katma değerli yenilikçi hizmetlere değer veren, giderek daha talepkâr müşterilerin olması da Endüstri 4.0'ın bazı hedefleri arasındadır (Yuan, Anumba ve Parfitt, 2016: 2).

"Dördüncü Endüstri Devrimi" bir tsunaminin gücü gibi görünüp hissedilse de gerçekte, bu insanların arzuları ve seçimlerinin bir yansımasıdır. Akıllıca yönlendirilen Endüstri 4.0, insanlık için yoksulluğu azaltan ve yaşam standartlarını artıran akıllı şehirler, sürdürülebilir enerji kaynakları, çevre koruma, daha kapsayıcı hükümet süreci, sosyal uyum ve işbirliği getirecek ve bizlere daha sağlıklı ve güvenlikli ortam sunacaktır. Ancak, insanların bağlantısı, işletmelerin randımanı ve hükümetin yeteneği söz konusu olduğunda getiriler kadar elbette riskler de vardır. WEF'in kurucusu ve yönetim kurulu başkanı Profesör Klaus Schwab, bu tür insan-teknolojik sistemlerin getirdiği güç kaymalarının aynı zamanda eşitsizlik (kim hangi teknolojinin avantajlarından yararlanıyor), güvenlik (her şey birbirine bağlı olacak) konularını da beraberinde getirebileceğini savunarak, aynı zamanda kişilik haklarının ve topluluğun (küresel ve yerel) yaradılışına yönelik meydan okumalara dikkat çekmektedir (Badria, vd., 2018: 406).

Endüstri 4.0 ile ilgili konular araştırmacılar, girişimciler, devlet kurumlarının temsilcileri ve kamu kuruluşları arasında sürekli tartışılmaktadır. Özellikle Endüstri 4.0 paradigmasının küresel ve ulusal ekonomiler, bireysel endüstriler, istihdam ve sermaye piyasaları üzerindeki etkileri ekonomistlerin giderek daha fazla ilgisini çekmektedir. Küresel endüstriyel ortam, teknolojik gelişmeler ve icatların bir sonucu olarak son yıllarda çarpıcı bir şekilde değişmiştir. İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında Endüstri 4.0 ile bireyler daha akıllı ağlara çekilebilir ve bu da daha verimli çalışmayı

sağlayabilir. Üretim ortamının dijitalleştirilmesi, doğru zamanda doğru kişiye doğru bilgiyi sağlamanın daha esnek yollarını sağlar. Fabrikalarda ve sahada dijital cihazların artan kullanımı sayesinde, bakım personeli artık ekipman belgelerini ve servis geçmişini daha hızlı ve kullanım noktasında alabilir, bakım personeli, teknik bilgi aramakla zaman kaybetmek yerine, zamanlarını sorunları ele alarak harcamayı tercih edebilir (Bai, Dallasega, Orzes ve Sarkis, 2020: 228).

Aynı zamanda, ekonomistler Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee'nin işaret ettiği gibi, devrim, özellikle iş gücü piyasalarını bozma potansiyeli açısından daha büyük eşitsizlik sağlayabilir. Otomasyon tüm ekonomide emeğin yerini aldığından, işçilerin makinelerle net yer değiştirmesi, sermaye getirisi ile emeğin getirisi arasındaki boşluğu daha da kötüleştirebilir. Öte yandan, işçilerin teknoloji tarafından yerinden edilmesinin, toplamda, güvenli ve ödüllendirici işlerde net bir artışla sonuçlanması da mümkündür.

Dijital dönüşüme ayak uydurmayı başaramayan şirketler için İSG korkutucu riskler barındırırken, bu konuda entegrasyonu sağlayan şirketler önemli derecede getiri sağlayacaktır. Şirketler, ürünlerini ve bu ürünlerin ilgili pazarlara ulaştırılmasını daha verimli hale getirmek, rekabet avantajı sağlayan ürünler ve hizmetler sunmak, müşteri talebine sıra dışı şekillerde yanıt vererek ürünlerini sürekli olarak iyileştirmeye devam etmek için bu yeni paylaşılan akıllı altyapıyı kullanabilirler. Örneğin Kamboçya, Endonezya, Filipinler, Tayland ve Vietnam'da otomasyon riski, özellikle gıda işleme endüstrisi, toptan ve perakende ticaret ile inşaat ve imalat endüstrilerinde önümüzdeki yirmi yılda tüm istihdamın yaklaşık yüzde 56'sını etkileyecektir (Nosalska, Piątek, Mazurek ve Rządca, 2020: 839).

Genel olarak, Dördüncü Sanayi Devrimi'nin iş üzerinde sahip olduğu dört ana etki vardır: tüketici beklentileri, ürün geliştirme, işbirlikçi inovasyon ve organizasyon biçimleri. Tüketiciler veya işletmeler, giderek daha fazla ekonominin merkez üssünde yer almaktadır ve bu da tamamen tüketicilere nasıl hizmet edildiğini iyileştirmekle ilgilidir. Dahası, fiziksel ürünler ve hizmetler artık değerlerini artıran dijital yeteneklerle geliştirilebilir. Yeni teknolojiler, varlıkları daha dayanıklı ve esnek hale getirirken, veri ve analitik, korunma şekillerini dönüştürüyor. Bu arada, analitik aracılığıyla müşteri deneyimleri, veri tabanlı hizmetler ve varlık performansı dünyası, özellikle inovasyon ve bozulmanın gerçekleştiği hız göz önüne alındığında, yeni iş birliği biçimleri gerektiriyor.

Endüstri 4.0 uygulamaları büyük ölçüde bu teknolojiye dayanmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında Endüstri 4.0 fikri, bağlantı ve iş birliği kriterlerini gerektirir. Son kullanıcı geri bildirimi, tüm ilgili taraflara anında ek değer sağlamak kadar önemlidir.

Yaşama, çalışma ve insanların birbirleri ile ilişki kurma biçimlerini kökten değiştirecek bir teknolojik devrimin eşiğinde olunduğu görülmektedir. Ölçeği, kapsamı ve karmaşıklığı bakımından dönüşüm, insanlığın daha önce deneyimlediği hiçbir şeye benzemeyecektir. Henüz nasıl gelişeceği tam olarak bilinmemekle birlikte kamu ve özel sektörden akademi ve sivil topluma kadar küresel politikanın tüm paydaşlarını dahil ederek entegre ve kapsamlı olması gerektiği ifade edilebilir.

Bugünkü dönüşümlerin yalnızca "Üçüncü Sanayi Devrimi'nin bir uzantısını değil, daha çok "Dördüncü" ve belirgin bir devrimin gelişini temsil etmesinin üç nedeni vardır: hız, kapsam ve sistem etkisi. Var olan girişimlerin hızının tarihsel süreçte bir benzeri yoktur. Diğer üç sanayi devrimi ile kıyaslandığında, dördüncüsü doğrusal bir hızdan ziyade üstel bir hızla gelişmektedir. Üstelik bu gelişim dünyanın her yerinde neredeyse her sektörü etkilemektedir. Ve bu değişikliklerin genişliği ve derinliği, tüm üretim, yönetim ve yönetişim sistemlerinin dönüşümünün habercisidir. Milyarlarca insan mobil cihazlar sayesinde sayısız işlem gücüne, depolama imkânına ve kolaylıkla bilgiye erişim olanaklarına sahiptir. Bu olanaklar, yapay zekâ, robotik, Nesnelerin İnterneti, otonom araçlar, 3 boyutlu baskı, nanoteknoloji, biyoteknoloji, malzeme bilimi, enerji depolama ve kuantum hesaplama gibi alanlarda ortaya çıkan teknolojik gelişmeler sayesinde iş sağlığı ve güvenliği alanında çoğalacaktır.

Kendi kendini süren arabalardan ve insansız hava araçlarından sanal asistanlara ve çeviri yapan veya yatırım yapan yazılımlara kadar yapay zekâ zaten kullanılmaktadır. Son yıllarda, bilgi işlem gücündeki üstel artışlar ve yeni ilaçlar keşfetmek için kullanılan yazılımlardan kültürel ilgi alanlarını tahmin etmek için kullanılan algoritmalara kadar çok büyük miktarda verinin mevcudiyeti tarafından yönlendirilen yazılımlar ile etkileyici ilerlemeler kaydedilmiştir.

Bu arada dijital üretim teknolojileri biyolojik dünya ile günlük olarak etkileşime girmiştir. Bakım açısından, Endüstri 4.0 ile İSG'de sensörler aracılığıyla çok sayıda

verinin toplanabileceği, onarım ve bakımla ilgili kararlar almak için kullanılabileceği anlamına gelir. Cihazlar, makineleri veya günlük nesneleri internet ile ağa bağlayarak görevleri tam otomatik olarak gerçekleştirebilir. Dijital ağ, sayısız olasılık sunabilir.

KAYNAKÇA

Abdelmajied, F. (2021). Industry 4.0 and Its Implications: Concept, Opportunities, and Future Directions, Submitted: November 22nd, 2021Reviewed: January 7th, 2022Published: February 28th, 2022. DOI: 10.5772/intechopen.102520

Allen, R. C. (2009).The British Industrial Revolution in Global Perspective. Cambridge and New York: Cambridge University Press

Alper, Y. (1992). Bazı Ülkelerde İşçi Sağlığı İşgüvenliği Uygulamaları ve Türkiye'deki Uygulama ile Karşılaştırılması. In Journal of Social Policy Conferences (No. 37-38, pp. 83-101).

Altın, M. ve Taşdemir, Ş. (2016). İş Sağlığı ve Güvenliği. Eğitim Yayınevi.

Aktuna, A. (2017). Tarım sektöründe çalışanların iş sağlığı ve güvenliği çerçevesinde bilgi, tutum ve algı düzeyleri: Tekirdağ Süleymanpaşa örneği (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).

Aytaç Y., (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.

Badria, B, Boudreau-Trudelc, . & Ahmed, S. (2018).Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? Adel Safety Science 109 :03–411

Baloğlu, C. (2013). Avrupa Birliği ve Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği. Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ.

Bairoch, P. (1982). International industrialization levels from I 750 to I 980. Juumal of Europea11 Economic History I 1,pp. 269-333.

Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M. & Habich, M.(2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability

it includes – A literature review. Journal of Cleaner Production;259:1-13. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120856

Bolat, S. (2019). Dördüncü sanayi devriminin lojistik sektörüne etkileri: Antalya bölgesinde lojistik faaliyettte bulunan işletmelerde bir araştırma.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, 8(1), 37- 44.

Butler, J., Griffin, L. (2010). More teaching games for understanding: Moving globally, (pp. 1-248). Champaign, IL: Human Kinetics.

Chander, H.,Burch,B., P. Talegaonkar, D., Saucier, T., Luczak, J.E., Ball, A. & Turner, S.N. (2020. Knight Wearable stretch sensors for human movement monitoring and fall detection in ergonomics Int. J. Environ. Res. Publ. Health, 17 (10) .

Chen, M.(2013) Towards smart city: M2M communications with software agent intelligence. Multimedia Tools and Applications ;67(1).

Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G. & Sartor, M. (2020). Behind the definition of industry 4.0: Analysis and open questions. International Journal of Production Economics;226:107617. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107617

Çapan, M. E. (2019). Akıllı iş güvenliği sistemlerinde yangın önleme erken müdahale sistemlerinin analizi (Doctoral dissertation, İstanbul Rumeli Üniversitesi).

Çiçek, Ö., & Öçal, M. (2016). Dünyada ve Türkiye'de iş sağliği ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi. Hak iş uluslararası emek ve toplum dergisi, 5(11), 106-129.

Donahue, A. & Joyce, P. A. (2001). Framework for Analyzing Emergency Management with an Application to Federal Budgeting. Public Administration Review; 61(6):728-740.

Dombrowski, U. & Wagner,T. (2014). "Mental Strain as Field of Action in the 4th Industrial Revolution", Procedia CIRP, 17.

Economist. (1990). Vital World Statistics: A Complete Guide to the World i11 Figures. The Economist Books Limited, London, U.K.

Erhan, A. ve Gülten, D. (2019). İşgücü Farklılığını Dikkate Alarak Endüstri 4.0'ın Zorlukları ve Yararları: Kavramsal Bir Çerçeve, İşletme Araştırmaları Dergisi,

Ethem Ç. İ. (2019) Endüstri 4.0 Vizyonunun Üretim Süreçlerinde Getireceği Verimlilik Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı, İstanbul (Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat Taha Bilişik).

Fischer, E. P.(2014). Indestructible. The energy and its history. Original citation: Unzerstörbar. Die Energie und ihre Geschichte. Springer, Berlin.

Gerek, H. N. (2008). İş Sağlığı ve İş Güvenliği. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi AÖF Yayınları.

Glanz, K. & Rimer, B.K. (2008).Viswanath K, (eds). Health Behavior and Health Education: Theory, Research, and Practice. John Wiley & Sons.

Griffin, E. (2010). Short History of the British Industrial Revolution. Palgrave Macmillan, New York, NY.

Grigg, D. B. (I 987). The industrial revolution and land transformation. In Land Tro11s(on11atio11 i11 Agriculture (M.G. Wolman and F.G.A. Fournier, eds.), John Wiley and Sons. Chichester. U.K., 79-109.

Göker, M. E. ve Turan, Ş. (2020). "Covid-19 Pandemisi Sürecinde Problemli Teknoloji Kullanımı". ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 5(COVID19 Özel Sayısı), 108-114.

Hacker, W. (1973). General Work and Engineering Psychology. Mental structure and regulation of work activities. Original citation: Allgemeine Arbeits- und

Ingenieurpsychologie. Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten. DVW, Berlin.

Harley, C. K. (1988). "Ocean Freight Rates and Productivity 1740-1913: The Primacy of Mechanical Invention Reaffirmed." Journal of Economic History 48 (December): 851-876.

Harvatt, J., Petts, J. & Chilvers, J. (2011). Understanding Householder Responses to Natural Hazards: Flooding and Sea-level Rise Comparisons. Journal of Risk Research ; 14(1): 63-83.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS) (pp. 3928-3937). IEEE.

Hofmann, E. and Rüsch, M. (2017). "Industry 4.0 and the current status as well as futureprospects on logistics", Computers in Industry, vol. 89, pp. 23-34.

Hopley, C. (2006). "A History of the British Cotton Industry." British Heritage Travel July 29.

Inal, E. (2015). Developing a Scale to Evaluate Individual Preparedness for Emergencies/disasters by Using "Health Belief Model (HBM)" as a Theoretical Framework. Institute of Public Health, Hacettepe University. Public Health Programme Doctoral Thesis, Ankara.

Irianto, D. (2017). Industry 4.0; The Challenges of Tomorrow. In Disampaikan pada Seminar Nasional Teknik Industri, Batu-Malang.

Kara, M. ,2018 Endüstri 3.0 Otomasyon Dönemi , https://ind4revolution.wordpress.com/2018/08/16/endustri-3-0-otomasyon-donemi/ (Erişim Tarihi 06.01.2022)

Karnik, N., Bora, U., Bhadri, K., Kadambi, P. & Dhatrak, P. A. (2021). comprehensive study on current and future trends towards the characteristics and enablers

of industry 4.0. Journal of Industrial Information Integration;10:100294. DOI: 10.1016/j.jii.2021.100294

LaBerge, L., O'Toole, C., Schneider, J. & Smaje, K. (2020) How Covid-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever. https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-COVID-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever. E.T.06.05.2022

Lee, H.B., Meeseepong,M., Trung, T.Q., Kim, B.Y. & . Lee, N.Y. (2020).A wearable lab-on-a-patch platform with stretchable nanostructured biosensor for non-invasive immunodetection of biomarker in sweat Biosens. Bioelectron., 156.

Lee , T .Y., Hamid, T.C. & Ahmad,N.Z.(2018). An overview of industry 4.0: Definition, components, and government initiatives. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems;10(14):1379-1387

Lira, D.N. & Borsato, M. (2016). Dependability modeling for the failure prognostics in smart manufacturing. Adv. Transdisciplin. Eng. 4, 885–894.

Littman, J. (1987). Bir Zamanlar ComputerLand'de: Bill Millard'ın Milyar Dolarlık İnanılmaz Hikayesi . Los Angeles: Price Stern Sloan. ISBN 0-89586-502-5.

Marks, R. B.(2002). The Origins of the Modern World: A Global and Ecological Narrative. Lanham, MD: Rowman and Littlefield.

Matthew, W. (2009). "Georgian Britain: The Industrial Revolution." British Library, October 14.

McCain, N. (2021) Two rescue workers die during search operation. https://www.news24.com/news24/southafrica/news/two-rescue-workers-die-during-search-operation-at-johannesburg-mine-20210922. E.T.06.05.2022

Mitchell. B. R. (1982). lmernational Historical S1atistics: Africa and Asia. MacMillan Press, London, UK.

Mitchell. B. R. (1983). International Historical S1atistics: The Americas and Australia. Macmillan Press. London. U.K.

Mohajan, K. (2019). The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era, Journal of Social Sciences and Humanities Vol. 5, No. 4, pp. 377-387

Moktadira, A., Alib, S.Y., Kusi-Sarpongc, S. & Shaikhda,A.A. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safetyand environmental protection'', Process Safety and Environmental Protection, 117, Elsevier, Bangladesh, 730–741.

Mokyr. J. (1990). The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress. Oxford University Press, Oxford. U.K.

Mutlu, M. (2019). Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin algılar: otomotiv ve tekstil sektörü üzerinde bir araştırma (Master's thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi).

MÜSİAD, 2017, Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği, Sektör Raporu, İstanbul.

Narasimhan,P., Wood, J. & MacIntyre, D. (2013). Risk factors for tuberculosis Pulmonary medicine, Open Access Library, Vol.5/No:5.

National Occupational Safety and Health Council (2006)., Ministry of Manpower and Transmigration of the Republic of Indonesia. 2006. Vision, Mission, Policy, Strategy and Program of the National Occupational Safety and Health (OSH) 2007–2010. Available at: http://www.ilo.org/public/english/region/asro/ jakarta/download/natosh.pd.

Ojra, A. (2019). Revisiting industry 4.0: A new definition. Advances in Intelligent Systems and Computing;858:1156-1162. DOI: 10.1007/978-3-030-01174-1_88

Özcan, Y. (2020). Akıllı üretim sistemleri kullanılan fabrikalarda iş sağlığı ve güvenliği Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, (Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ermurat)

Özkan, A. (2020) Endüstri 4.0 İle İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans tezi, İstanbul Rumeli Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İstanbul , (Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Faruk Bulut).

Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(1), 41-64.

Öztemel, E. ve Gursev, S. (2020). Literature review of industry 4.0 and related technologies. Journal of Intelligent Manufacturing;31(1):127-182. DOI: 10.1007/s10845-018-1433-8

Öztuna,B. (2017). Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi) İle Çalışma Yaşamının Geleceği, 1. bs., Ankara; Gece Kitaplığı.

Pereira, A.C. & Romero, F. A. (2017). review of the meanings and the implications of the industry 4.0 concept. Procedia Manufacturing;13:1206-1214. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.09.032

Rennung, F.,. Luminosu, T. and Draghici, A. (2016). "Service provision in the framework of industry 4.0.", Procedia- Social and Behavioral Sciences, vol. 221, pp. 372-377.

Robert C. A. (2007).The Industrial Revolution: A Very Short Introduction. Oxford: Oxford University Press, Claire Hopley.

Rodic, B. (2017).Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm. Organizacija, 50(3), 193-207.

Rosen, W. (2012). The Most Powerful Idea in the World: A Story of Steam, Industry and Invention. University of Chicago Press, Chicago

Ryder, G. (2018) Persistent and Growing Inequality Threatens Global Growth. Statement. 2018 Annual Meetings of the World Bank and the IMF, Washington.

Sachs, J. D. (2005). The End of Poverty; How We Can Make it Happen in Our Lifetime. The Penguin Press, New York.

Sert, D.ve ark. (2019).Endüstri4.0 uygulamaları Mevcut Durumu ve Kimya Mühendisliğindeki Yeri, IV. Tehlikeli Kimyasalların Yönetimi ve Prosess Güvenliği,

Schulte, P.A (2007). Salamanca-Buentello F. Ethical and Scientific Issues of Nanotechnology in the Workplace. Env Health Persp;115:5–12.

Schuring, M., Schram, J.L.D., Robroek, S.L.W. and Burdorf, A. (2019) The Contribution of Health to Educational Inequalities in Exit from Paid Employment in Five European Regions. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health.

Sherman, M., Peyrot, M., Magda, L. & Gershon, R. (2011). Modeling Pre-evacuation Delay by Evacuees in World Trade Center Towers 1 and 2 on September 11, 2001: A revisit using regression analysis. Fire Safety Journal;46(7): 414-24.

Singal, M. (2014) The business case for diversity management in the hospitality industry. International Journal of Hospitality Management, 40, 10-19.

Singer, P. (2018). Marx: a very short introduction (2. bas.). Oxford, Birleşik Krallık: Oxford University Press.

Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32), 43-57.

Strayer, R.(2009). Ways of the World: A Brief Global History. Vol. II: Since 1500, Ch. 18: "Revolutions of Industrialization, 1750–1914." Boston and New York: Bedford/St. Martin's.

Şen, M. (2015). İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı, Tarihsel Gelişimi ve Dayanakları, Melikşah Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 4(1), 117-142.

Thoben, K.D.(2017). Wiesner, S.; Wuest, T. Industrie 4.0" and smart manufacturing–a review of research issues and application examples. Int. J. Autom. Technol. 2017, 11, 4–16

Uglow, J. (2002). The Lunar Men: Five Friends Whose Curiosity Changed the World. New York: Farrar, Straus and Giroux

Usher, A. P. (1920). An Introduction to the Industrial History of England. Michigan: University of Michigan Press.

Yıldız A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar, Sakarya UniversityJournalof Science, Vol. 22, Issue2. 546-556.

Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. Sakarya University Journal of Science, 22(2), 548-558.

Yılmaz, G. (2008, Şubat). İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihi Gelişimi. Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada Ölçü, 37-49

Yiğit, A. (2011). İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı (2. Basım), Bursa: Alfa Aktüel Yayınları.

Yiğit, A. (2013). İş Güvenliği, (2. Basım), Bursa: Dora Yayıncılık.

Yuan, X., Anumba, C. J., & Parfitt, M. K. (2016). Cyber-physical systems for temporary structure monitoring. Automation in Construction, 66, 1-14

Wallace, A.(1998). Encyclopaedia Britannica, V.8&V.12. (15 ed.). Encyclopædia Britannica.

Wang, L., Liu, S., Cooper, C., Wang, X.V. & Gao, R.X. (2021). Function block-based human-robot collaborative assembly driven by brainwaves. CIRP Annals;70(1). DOI: 10.1016/j.cirp.2021.04.091

Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things A survey of topics and trends. Information Systems Frontiers, 17(2), 261-274

WHO. (2004). Unaids/who policy statement on hiv testing, June, http://www.who.int/hiv/pub/vct/statement/en/.

Wong, K. V., & Hernandez, A. (2012). A review of additive manufacturing. ISRN Mechanical Engineering.

World Health Organization. (2014). Ebola Virus Disease. Fact sheet N 103. Updated September 2014.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Kaya Bulut SOYDAN
Doğum Yeri ve Yılı	
E-Posta	
Yabancı Dil	İngilizce

Eğitim	
Lisans	2014- Ege Üniversitesi- Turizm Otelcilik Yüksek Okulu- Turizm Rehberliği Bölümü
Yüksek Lisans	2022, Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı
Doktora	

Yayın Listesi	
Bildiri	SOYDAN K. B. (2022), Endüstri 4.0 Çağında İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarındaki Teknolojik Gelişmeler, UBAK 14. Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Ankara