



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ALANINDA ENDÜSTRİ 4.0
BAĞLAMINDA DİJİTALLEŞME, OTOMASYON VE İNSAN
FAKTÖRLERİNİN GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan Baki ÇAVDAR

Danışman: Prof. Dr. Mustafa CEYLAN

TOKAT-2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Mustafa CEYLAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında Endüstri 4.0 Bağlamında Dijitalleşme, Otomasyon ve İnsan Faktörlerinin Geçmişten Günümüze İncelenmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.../.../...

Hasan Baki ÇAVDAR

İmza



JÜRİ KABUL VE ONAY



ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yaptığım süre boyunca ilgi, alakası ve desteğini hiç esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Mustafa CEYLAN'a şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımını esirgemeyen tüm hocalarıma canı gönülden teşekkür ederim. Çalışmamda faydalandığım araştırma ve eser sahiplerine teşekkür ederim.



ÖZET

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ALANINDA ENDÜSTRİ 4.0 BAĞLAMINDA DİJİTALLEŞME, OTOMASYON VE İNSAN FAKTÖRLERİNİN GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE İNCELENMESİ

Çavdar, Hasan Baki

Yüksek Lisans, İş Sağlığı Ve Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa CEYLAN

Nisan 2024, xii + 105 sayfa

Bu tez, iş dünyasının evrimini tarihsel bir perspektifle değerlendirerek, Endüstri 4.0'un iş sağlığı ve güvenliği (İSG) üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Sanayi devrimi döneminden günümüze, iş yaşamındaki önemli dönemleri ele alarak çalışma ilişkilerindeki değişimleri açıklamaktadır. Fabrikalardaki işçi-işveren ilişkileri ve sendikaların ortaya çıkışı gibi kritik gelişmeleri vurgulayarak sanayi devrimi dönemine odaklanmaktadır. Post-endüstriyel toplumlar ve bilgi teknolojilerinin yükselişiyle birlikte iş dünyasında ortaya çıkan değişiklikleri incelerken, bu dönemdeki teknolojik ilerlemelerin işsizlik artışı ve sendikaların zayıflığı gibi sorunlara yol açtığı gözlemlenmektedir. Günümüzdeki teknolojik ilerlemeler ve dijital dönüşüm, Endüstri 4.0'u doğurmuştur. Bu süreç, siber-fiziksel sistemlerin ve nesnelerin internetinin üretim süreçlerini dönüştürdüğü bir aşamayı temsil etmektedir. İSG alanının dijitalleşmeye adapte olma gerekliliği üzerinde durularak, Endüstri 4.0'un İSG politikalarına olan etkilerine odaklanmaktadır. Siber-Fiziksel Sistemlerin, Nesnelerin İnterneti'nin ve Akıllı Fabrikaların İSG politikalarına etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Endüstri 4.0'un iş hayatındaki değişim ve mevcut İSG politikaları üzerindeki etkileri tartışılırken, İSG politikalarının gözden geçirilmesi vurgulanmıştır. Son olarak, Türkiye'deki İSG durumu ele alınarak, Endüstri 4.0 dönüşümüne uyum sağlamak adına atılması gereken adımlar detaylı bir şekilde tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Endüstri 4.0, İş Sağlığı ve Güvenliği

ABSTRACT

AN EXAMINATION OF DIGITIZATION, AUTOMATION, AND HUMAN FACTORS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY FROM PAST TO PRESENT

Çavdar, Hasan Baki

Master's Thesis, Department of Business Administration Management and Organization Science

Advisor: Prof. Dr. Mustafa CEYLAN.

April 2024, xii + 105 pages

This thesis evaluates the evolution of the business world from a historical perspective, analyzing the impacts of Industry 4.0 on occupational health and safety (OHS). It delves into significant periods in work life, explaining changes in labor relations by highlighting critical developments such as worker-employer relationships in factories and the emergence of unions, with a focus on the industrial revolution era.

Examining the changes in the business world alongside the rise of post-industrial societies and information technologies, the thesis observes that technological advancements during this period led to issues like increased unemployment and weakened unions. The contemporary technological progress and digital transformation have given rise to Industry 4.0, representing a stage where cyber-physical systems and the Internet of Things transform production processes. Emphasizing the necessity for OHS to adapt to digitization, the thesis focuses on the impacts of Industry 4.0 on OHS policies, extensively exploring the effects of Cyber-Physical Systems, the Internet of Things, and Smart Factories on OHS policies.

While discussing the changes in working life due to Industry 4.0 and its impacts on existing OHS policies, the thesis underscores the importance of revising OHS policies. Finally, taking into account the OHS situation in Turkey, the thesis thoroughly discusses the steps that need to be taken to adapt to the Industry 4.0 transformation.

Keywords:Digitalization, Industry 4.0, Occupational Health and Safety."

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME.....	ii
JÜRİ KABUL VE ONAY	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Önemi.....	3
1.2. Çalışmanın Amacı	5
2. ENDÜSTRİLEŞME SÜRECİ ve ÇALIŞMA HAYATINDA DEĞİŞİM	7
2.1. Çalışma Hayatının Tarihsel Gelişimi	7
2.1.1. Tarım Devrimi ve Çalışma Yaşamında Değişim.....	7
2.1.2. Sanayi Devrimi ve Çalışma Yaşamında Değişim	8
2.1.3. Endüstri Sonrası Post-endüstriyel toplum ve Çalışma Yaşamında Değişim.	10
2.2. Endüstri Devrimlerinin Evrimi ve Endüstri 4.0'un Oluşumu.....	11
2.2.1. Endüstri 1.0.....	11
2.2.2. Endüstri 2.0.....	12
2.2.3. Endüstri 3.0.....	12
2.2.4. Dijitalizasyon ve Dijital dönüşüm	13
3. ENDÜSTRİ 4.0.....	15
3.1. Endüstri 4.0'a Genel Bakış	15
3.2. Endüstri 4.0 Temel Kavramları.....	16
3.3. Endüstri 4.0 Teknolojileri	17
3.4. Endüstri 4.0'ün Temel Bileşenleri	18
3.4.1. Siber-Fiziksel Sistemler (SFS)	18
3.4.2. Nesnelerin İnterneti (Nİ)	19
3.4.3. Hizmetlerin İnterneti (Hİ).....	20
3.4.4. Akıllı Fabrikalar	21
4. KÜRESELLEŞME İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ	24
4.1. Sanayileşme ve İş Sağlığı.....	24
4.2. İş Kazalar ve Meslek Hastalıkları	25

4.3. Küreselleşmenin İş Kazası ve Meslek Hastalıkları Üzerine Etkisi	28
4.4. Sosyal Koruma Ve İş Sağlığı Ve Güvenliği Alanındaki Yetersizlikler	32
4.5. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Kavramı ve Amaçları	33
4.6. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Tarihinin Gelişimi ve Değişimi.....	34
4.6.1. Sanayi Devrimi Öncesi ve İş Sağlığı ve Güvenliği	34
4.6.2. Sanayi Devrimi ve İş Sağlığı ve Güvenliği	35
4.6.3. Neo-liberalizm ve İş Sağlığı ve Güvenliği	37
4.7. Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşümün İş ve Toplum Üzerindeki Derin Etkileri	38
5. ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL BİLEŞENLERİ VE İSG TEKNOLOJİLERİ	40
5.1. Artırılmış Gerçeklik (AR)	40
5.2. Nesnelerin İnterneti (IoT):	41
5.3. Radyo Frekanslı Tanıma (RFID):	42
5.4. Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Teknolojisi (RTLS):	43
5.5. AI Destekli Güvenlik Önlemleri:	44
5.6. Tehlikeli İşlerde Robotik Kullanımı:	45
5.7. Bulut Bilişim	45
5.8. Yenilikçi İSG Yazılımları:	46
5.9. Giyilebilir dijital iş sağlığı ve güvenliği teknolojileri	46
6. ENDÜSTRİ 4.0 DÖNEMİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ.....	48
6.1. İSG 4.0 ve İş Verimliliği.....	48
6.2. Dijital İSG Uygulamaları ve Çalışanlar Üzerindeki Etkiler	48
6.3. Endüstri 4.0'ün iş hayatındaki değişim etkilerine karşı olası önlemler	49
6.4. Dijital İş Sağlığı ve Fiziksel Risk Etmenleri.....	51
6.4.1. Mevcut Riskler	57
6.4.2. Yeni Riskler.....	58
6.5. Endüstri 4.0 Sürecinde İş Sağlığı ve Güvenliği	59
6.6. Endüstri 4.0 ve İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi	62
6.7. Endüstri 4.0 Sürecinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Uygulamaları Üzerine Politikalar	63
6.7.1. Yeni İş Organizasyonu İçin Planlar Yapma	63
6.7.2. Varolan Düzenlemelerin Yeni Uygulamaları Yönlendirememesi	64
6.7.3. İSG Yönetim Sistemlerinin Yeniden Tasarlanma İhtiyacı	64
6.7.4. Mesleki Risk Yönetimini Yeniden Organize Etme İhtiyacı.....	65
6.8. Endüstri 4.0 Sürecinde İş Sağlığı Ve Güvenliği İçin Fırsatlar Ve Avantajlar	66
7. TÜRKİYE'DE İŞ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİNİN DURUMU	69
7.1. Türkiye'deki İş Sağlığı Ve İş Güvenliğinin Gelişimi.....	69

7.2. Türkiye İş Sağlığı Ve Güvenliği Mevzuatında Avrupa Birliği'nin Etkileri	71
7.2.1. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nün Türk Mevzuatına Etkisi.....	72
7.2.2. Avrupa Birliğinin Türk Mevzuatı Üzerindeki Etkisi.....	73
7.2.3. İlerleme Raporlarının Etkisi	75
8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	77
9. KAYNAKLAR	82
10. ÖZGEÇMİŞ	94



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Endüstri 4.0'un Oluşumu	11
Şekil 3.1. Sanayi 4.0 Uygulamaları	18
Şekil 3.2. Siber-fiziksel üretim sistemleri.....	19
Şekil 3.3. Basitleştirilmiş yazılım tanımlı bulut üretim mimarisi.....	21
Şekil 3.5. Endüstri 4.0'ın makro perspektifi.....	22
Şekil 3.6. Endüstri 4.0'ın mikro perspektifi.....	23
Şekil 4.1. 2020-2021 Yılları Ölümcül Olmayan Mesleki Yaralanma Oranlar	28
Şekil 4.2. İş kazası geçiren sigortalı sayılarının ekonomik faaliyet alanına göre dağılımı	31
Şekil 6.1. Endüstri 4.0 ve Dönemlere Öncülük Eden Gelişmeler.....	52
Şekil 6.2. Endüstriyel Dönüşümler ve İş Sağlığı ve Güvenliğinin Dönüşümü.....	53

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
BM	Birleşmiş Milletler
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
s.	Sayfa
ss.	Sayfa sayısı
İSG	İş Sağliğı ve Güvenliğı
TC	Türkiye Cumhuriyeti



1. GİRİŞ

Tarih boyunca iş dünyası ve çalışma ilişkileri üzerinde büyük değişiklikler gözlemlenmiştir. Tarım devrimi, avcılık ve toplayıcılık yaşam biçimlerinden yerleşik tarım toplumlarına geçişin işareti olarak kabul edilir (Kurdaş, 2017). Bu dönemde işbölümü artmış ve toplumsal tabakalaşma gelişmiştir. Tarım toplumlarında çalışma yaşamı, toplayıcı-avcı toplumlarına göre daha karmaşık hale gelmiş ve işbölümü daha belirgin hale gelmiştir. Aynı zamanda, cinsiyet rollerinin belirginleştiği görülmüştür.

Feodalite dönemi, toprak sahipleri ve serfler arasındaki toplumsal ve hukuki ilişkilerin temelini atmıştır (Öksüz, 2011). O dönemde iş koşulları ve çalışma biçimleri bu ilişkilere dayanmaktadır. Sanayi Devrimi ise iş dünyasının tarihinde bir dönüm noktası olarak kabul edilir (Altan, 2009). Bu dönemde fabrikalarda çalışan işçilerin ortaya çıkması ve işçi-işveren ilişkileri ortaya çıkmaya başlamıştır. Sendikaların oluşumu da bu dönemde dikkat çeken bir gelişmedir. Sanayi Devrimi, otomasyon ve mekanizasyon ile işçi sınıfının büyümesine katkı sağlamıştır.

Sonraki dönemlerde, post-endüstriyel toplumlar iş dünyasında yeni değişimleri getirmiştir (Kutal, 1997; Kocabaş, 2015). Bilgi teknolojilerinin yükselişi, çalışma yaşamında yeni iş biçimleri ve iş ilişkileri ortaya çıkarmıştır. Ancak, bu dönemde işsizlik artışı ve sendikaların zayıflığı gibi sorunlar da gözlemlenmiştir.

Günümüzde, teknolojik ilerlemeler ve dijital dönüşüm iş dünyasını daha da değiştirmektedir. Endüstri 4.0 olarak isimlendirilen bu süreç, siber-fiziksel sistemlerin ve nesnelerin internetinin üretim süreçlerini kökten değiştirdiği bir dönemi ifade eder (Keskin, 2020). Sayısallaştırma ve dijitalleşme süreçleri, yeni bir dönemi yaşatmaktadır (Altun, 2020). Bu dönüşüm, iş modellerini, meslekleri ve çalışma biçimlerini kökten değiştirirken, aynı zamanda işsizlik ve iş güvencesi gibi konuları tartışmaya açmıştır.

Son dönemde, Covid-19 pandemisi, teknolojinin insan hayatının merkezine yerleştirildiği bir dönemi başlatmıştır. Salgın sırasında, eğitimden iş süreçlerinin korunmasına kadar her alanda teknoloji kullanılmıştır (Keskin, 2020). Bu süreçte dijitalleşme, önem kazanan bir kavram haline gelmiştir (Gartner, 2016).

Günümüz iş dünyası, hızla gelişen teknolojilerin ve toplumsal değişimlerin sürekli olduğu bir dönemde bulunmaktadır (Altan, 2009; Kutal, 1997; Kocabaş, 2015). Bu değişim süreci, toplumların yaşam biçimlerinden ekonomik yapılarına ve toplumsal ilişkilerine derinlemesine etki etmiştir. Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu çağ, iş modellerini, meslekleri ve çalışma biçimlerini etkilemektedir. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanı da bu değişimden etkilenmiş, yeni teknolojiler ve otomasyon süreçleri İSG uygulamalarını dönüştürmüştür (Leso vd., 2018). Ayrıca, insan faktörleri bu süreçte daha da önem kazanmıştır, çünkü insanlar, teknoloji ile nasıl etkileşimde bulunacakları ve iş yerlerindeki riskleri nasıl yönetecekleri konusunda kritik bir rol oynamaktadır (Polak-Sopinska vd., 2020).

Endüstri 4.0 terimi, ilk kez 2011 yılında Almanya'da ortaya atıldı ve üretim süreçlerini ve çevresini yüksek düzeyde entegre edebilen, yeni bir ekonomi politikası kavramını önerdi (MacDougall, 2014). Bu, çevre dostu, kaynak tasarrufu sağlayan ve sürdürülebilir üretim yöntemlerine duyulan ihtiyaç ve küresel tüketim talebinin artmasıyla Endüstri 4.0'ın yükselişini hızlandırdı (MESİ, 2016). Endüstri 4.0'ın temel amacı, üretim ve hizmet performansını artırmak için daha yüksek otomasyon seviyeleri ve dijitalleştirilmiş sistemleri kullanarak özerk ve esnek çıktı elde etmektir (Lasi et al., 2014).

Bu yeni endüstriyel dönem, iş süreçlerinin ve ürün niteliklerinin gerçek zamanlı optimizasyonunu sağlayarak girdi ve çıktı üzerinde kontrol sağlar. Aynı zamanda, enerji tüketimini azaltarak üretimi hızlandırır ve stokları minimize ederek üretim maliyetlerini düşürür. Bu sayede, küresel ekonomilere etki eden akıllı ürünler ve akıllı fabrikalar, dijital teknoloji tabanlı sistemlerle desteklenerek kişisel tercihlere uygun hale gelmiştir (Badri et al., 2018).

Ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlikle birlikte, Endüstri 4.0 uygulamalarının maliyet etkin gelişimi ve iş yapma şekillerine etkisi göz önüne alındığında, İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) konuları da önem kazanmaktadır. Bu yeni endüstriyel paradigma, iş organizasyonlarını ve işçilerin iş sağlığı ve güvenliği (İSG) konularını ele alabilen farklı iş görevlerinin uygulanmasına olanak tanır. Otomasyon teknolojileri, üretim sistemlerini, robotları ve sensörleri kullanarak üretimi daha

uyarlanabilir, sağlıklı, enerjik, güvenli ve sosyal açıdan kapsayıcı hale getirerek çalışanları destekler (Frey ve Osborne, 2013).

Endüstri 4.0 dönemi, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarını da dijital dönüşüme ayak uydurmalıdır (Kahraman ve Özdemir, 2022). Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu çağ iş modellerini, meslekleri ve çalışma biçimlerini de etkilemektedir. İSG alanı da teknolojik gelişmelerden etkilenmektedir (Leso vd., 2018) ve teknoloji, İSG süreçlerinin hızlı, etkin ve doğru bir şekilde yürütülmesi için daha da önemli hale gelmektedir (Polak-Sopinska vd., 2020). Bu bağlamda, iş dünyasının sürekli değişen dinamiklerine ayak uydurmak için teknolojinin ve insan faktörünün entegrasyonu daha da önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamaları da dijital dönüşüme ayak uydurmalıdır (Kahraman ve Özdemir, 2022).

1.1. Araştırmanın Önemi

Günümüz iş dünyası, sürekli gelişen teknolojilerin ve toplumsal değişimlerin hızla etkilediği bir dönemde bulunmaktadır. İş dünyasının bu tarihsel evrimini anlamak, mevcut iş dünyasını ve gelecekteki gelişmeleri değerlendirmek için kritik bir öneme sahiptir (Altan, 2009; Kutal, 1997; Kocabaş, 2015).

Teknolojinin hızlı gelişimi, iş dünyasını ve toplumu kökten değiştirirken, bu değişimleri daha yakından anlamak için sayısallaştırma, dijitalleştirme ve dijital dönüşüm kavramlarına odaklanılmıştır (Karagözoğlu-Aslıyüksek, 2016). Sayısallaştırma, temelde analog bilgiyi dijital forma dönüştürme sürecini ifade eder ve bu süreç sayılar ve kodlar aracılığıyla bilgisayarlar tarafından işlenebilir hale getirilir. Dijitalleştirme ise, iş dünyasında sayısallaştırılmış verileri kullanarak iş operasyonlarını, iş işlevlerini ve iş modellerini etkinleştirmeyi, iyileştirmeyi ve dönüştürmeyi amaçlar (Bloomberg, 2018). Aynı zamanda toplumsal yapı ve uygulamada makro düzeyde ortaya çıkan değişiklikleri incelemek için genellikle "dijitalleştirme" terimini kullanır (Brennen ve Kreiss, 2014).

Günümüzde, Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bir çağa şahitlik etmekteyiz. Bu dönem, iş dünyasının dijitalleşme ve otomasyonunun entegrasyonu ile

belirginleşmektedir (Love et al., 2018). Çalışma hayatı, insan yaşamının temel bir parçasıdır ve toplumların ekonomik ve toplumsal gelişimiyle yakından ilişkilidir. Dijital dönüşümün, 20. yüzyılın sonlarından itibaren hız kazanan sayısallaştırma ve dijitalleştirme süreçlerinin kurumsal yapıların ve iş yapma biçimlerinin köklü değişikliklere yol açtığı bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu bağlamda, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamaları da teknolojik gelişmelere ve dijital dönüşüme göre şekillenmektedir (Kahraman ve Özdemir, 2022). İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanı da bu değişimden etkilenmiş, yeni teknolojiler ve otomasyon süreçleri iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını dönüştürmüştür (Leso vd., 2018). Ayrıca, insan faktörleri bu süreçte daha da önem kazanmıştır çünkü insanlar, teknoloji ile nasıl etkileşimde bulunacakları ve iş yerlerindeki riskleri nasıl yönetecekleri konusunda kritik bir rol oynamaktadır (Polak-Sopinska vd., 2020).

Tezin birinci bölümünde Endüstri 4.0'un iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde ele alacaktır. Siber-Fiziksel Sistemlerin, Nesnelerin İnterneti'nin ve Akıllı Fabrikaların iş güvenliği politikalarına olan etkileri vurgulanacak. Bu teknolojilerin sağladığı avantajlar ve ortaya çıkan yeni riskler bu bölümde incelenecektir.

Tezin ikinci bölümünde Endüstri 4.0'ün İş Hayatındaki Değişim ve İSG Politikaları üzerinde durulacaktır. İş dünyasındaki dijitalleşme süreci, yeni riskleri beraberinde getirmekte ve bu da iş sağlığı ve güvenliği politikalarının gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bölüm, İSG politikalarının revize edilmesi ve yeni düzenlemelere uyum sağlanması konularına odaklanacak.

Tezin üçüncü bölümünde Endüstri 4.0, iş sağlığı ve güvenliği ile iş verimliliği arasında bir denge kurmayı gerektirir. Bu bölümde, teknolojik yeniliklerin iş süreçlerine entegrasyonunun stratejik planlama ve uygulamaları zorunlu kıldığı noktalar vurgulanacaktır.

Tezin dördüncü bölümünde Yapay zeka destekli güvenlik önlemleri, giyilebilir teknolojiler ve diğer dijital İSG uygulamalarının çalışanlar üzerindeki etkileri bu

bölümde incelenecektir. Çalışanların eğitimi ve katılımının bu teknolojilerin başarılı bir şekilde benimsenmesinde kritik bir rol oynadığı vurgulanacaktır.

Tezin beşinci bölümünde geleneksel İSG yönetim sistemlerinin, dinamik iş ortamına uyum sağlaması gerektiği bu bölümde vurgulanacaktır. Yönetim sistemlerinin yeniden tasarlanması ve sürekli iyileştirme süreçlerinin güçlendirilmesi önemli bir strateji olarak ele alınacaktır.

Tezin altıncı bölümünde Türkiye'deki İSG durumunu, Avrupa Birliği'nin standartlarına uyum sağlamak adına ele alınmıştır. Bu bölümde, mevzuatın geliştirilmesi, denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve çalışma koşullarının iyileştirilmesinin hem işçi sağlığı hem de uluslararası ticaret açısından kritik öneme sahip olduğu vurgulanacaktır.

Bu tez çalışması, çalışma yaşamının bu tarihsel evrimini ve sonrasında ortaya çıkan dijital dönüşümü derinlemesine inceleyerek, gelecekteki iş dünyası ve işçi-işveren ilişkileri hakkında önemli perspektifler sunmayı amaçlamaktadır. İş dünyasının tarihsel bir perspektiften analizi, bu önemli sosyal faaliyetin nasıl şekillendiğini ve toplumları nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olacaktır. Bu çalışma, toplumsal, ekonomik ve kültürel boyutlarıyla çalışma yaşamının evrimini anlamamıza ve bu evrimin İSG alanına etkilerini değerlendirmemize yardımcı olacaktır. Bu çalışmada ayrıca, dijitalleşmenin İSG alanına entegrasyonu ele alınacak ve bu entegrasyonun iş dünyası ve çalışanlar için olumlu ve olumsuz etkileri incelenecektir. Çalışma sonunda, İSG alanındaki dijital teknolojilerin getirdiği yeni riskler, avantajlar ve dezavantajlar ile karşılaşabilecek zorluklar üzerine çözüm önerileri sunulması planlanmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tez, iş dünyasının tarihsel evrimini ve dijital dönüşümünü inceleyerek, Endüstri 4.0 bağlamında iş sağlığı ve güvenliği alanındaki dijitalleşme, otomasyon ve insan faktörlerinin geçmişten günümüze nasıl geliştiğini ve bu evrimsel süreçlerin gelecekteki iş dünyası ve işçi-işveren ilişkilerine nasıl yeni perspektifler sunabileceğini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır.

1. İş dünyasının tarihsel evrimi, tarım devriminden Sanayi Devrimine ve sonrasına kadar nasıl şekillenmiştir?
2. Endüstri 4.0 ve dijitalleşme süreçleri, iş yaşamını nasıl etkilemektedir?
3. İSG alanında dijitalleşme ve otomasyonun geçmişten günümüze gelişimi nasıl olmuştur?
4. Dijitalleşme ve otomasyonun İSG uygulamaları ve işçi-işveren ilişkileri üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri nelerdir?
5. İSG alanındaki dijital teknolojiler, yeni riskler ve avantajlar getirirken, nasıl çözüm önerileri sunabilir?



2. ENDÜSTRİLEŞME SÜRECİ ve ÇALIŞMA HAYATINDA DEĞİŞİM

2.1. Çalışma Hayatının Tarihsel Gelişimi

Çalışma hayatının tarihsel gelişimi, Tarım Devrimi'nin toplumsal yapıyı kökten değiştirdiği antik çağlardan başlayarak, Sanayi Devrimi'nin endüstriyel üretim ve fabrika sistemi ile işçi sınıfının ortaya çıkışına zemin hazırladığı 18. yüzyıl sonlarına ve son olarak Endüstri Sonrası Post-endüstriyel toplumun teknolojik ilerlemelerle iş yapış biçimini dönüştürdüğü 20. yüzyıla kadar önemli evrelerden geçmiştir.

2.1.1. Tarım Devrimi ve Çalışma Yaşamında Değişim

Tarım devrimi, insanların avcılık ve toplayıcılık yaşam biçimlerinden yerleşik tarım toplumlarına geçişini işaret ederken, bu dönemde işbölümünün arttığı ve toplumsal tabakalaşmanın geliştiği görülmüştür (Kurdaş, 2017). Tarım toplumlarında çalışma yaşamı, basit teknolojilerin kullanıldığı toplayıcı-avcı toplumlarına göre daha karmaşık hale gelmiş ve işbölümü daha belirgin bir rol oynamıştır. Aynı zamanda, cinsiyet rollerinin de bu dönemde belirginleştiği gözlemlenmiştir. Tarım toplumları, insanların doğal kaynakları kontrol etme ve ürünleri depolama yeteneklerini artırmış, bu da işbölümünün artmasına yol açmıştır.

Tarihi bir perspektifle bakıldığında, üretim araçlarının ve teknolojik dönüşümlerin köle emeği yerine toprakla bağlantılı emeği artırarak hem işçi sayısını hem de verimliliği artırdığını görüyoruz. Ancak bu dönemde işçilerin sağlık ve güvenlik ihtiyaçlarına ilişkin detaylı bilgilere ulaşmak zor. Bu döneme ait çalışmalar, teknolojik gelişmeler ve modern tıbbın etkisiyle daha fazla geliştirilmiştir.

Paracelsus, Agricola ve Ramazzini gibi önemli isimler, işçilerin sağlık ve güvenliği konularında önemli çalışmalar yapmışlardır. Paracelsus, iş hekimliği alanında ilk kitabı olan "De Morbis Metallici" ile madenlerdeki kurşun ve cıva zehirlenmelerini ele almıştır. Agricola, maden ocaklarında tozun azaltılması ve iş sağlığı ve güvenliği önlemleri konusunda öneriler sunmuştur (Çiçek & Öçal, 2016). Dr. Bernardino Ramazzini ise iş sağlığı kavramının kurucusu olarak kabul edilir ve meslek hastalıkları hakkında önemli bir kitap olan "De Morbis Artificum Diatriba"yı yazmıştır. Bu kitap,

kimyasal maddeler, tozlu ortamlar ve diğer iş ortamı risklerini ele alırken koruyucu güvenlik önlemlerini önermiştir. Ayrıca iş verimini artırmanın iş sağlığı ile doğrudan ilişkili olduğunu vurgulamıştır (Gerek, 2008).

2.1.2. Sanayi Devrimi ve Çalışma Yaşamında Değişim

Tarım toplumlarının ardından gelen feodalite dönemi, çalışma ilişkilerinin temelini atmıştır. Toprak sahipleri (senyörler) ile serfler arasındaki toplumsal ve hukuki ilişkiler bu dönemde büyük öneme sahipti (Öksüz, 2011). Çalışma ilişkileri, toprak sahipleri ile serfler arasındaki ilişkilere dayanmaktaydı ve bu ilişkiler, iş koşullarını ve çalışma biçimlerini belirlemiştir.

Sanayi Devrimi, 1850 yıllarında İngiltere'de başlayarak Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'ya yayılan önemli bir dönemi temsil eder (Yankın, 2019). Bu dönem, yeni icatların üretime etkisi ve buhar gücüyle çalışan makinelerin fabrika üretimini başlatması ile tanımlanır. Aynı zamanda, bu gelişmeler Avrupa'da sermaye birikimini büyük ölçüde artırmıştır.

Sanayi Devrimi, toplumsal yaşamda köklü değişikliklere yol açmıştır. Bu dönem, olumlu gelişmelerin yanı sıra birçok olumsuz sonuç da beraberinde getirmiştir. Endüstrileşme süreci, insan gücüne dayalı üretimden makinelere dayalı üretime geçişi simgelerken, yeni kurulan fabrikaların sayısı hızla artmıştır. Bu fabrikalarda maaşlı çalışan Endüstri işçilerinden yeni bir toplumsal bir sınıf oluşmuştur. İşçi sınıfı ile işçi ve işveren gibi yeni aktörlerin çalışma hayatına katılmasına yol açmıştır (Altan, 2009; Mahiroğulları, 2005).

Bu dönemde ekonomik liberalizmin etkisiyle ortaya çıkan vahşi kapitalist sistemde, "sözleşme özgürlüğü" ilkesi yasal olarak desteklenmiş ve devlet müdahalesi çalışma hayatında sınırlı kalmıştır. Özellikle çocuklar ve kadınlar çok fazla sömürülmüştür (Eyrenci vd., 2017). Sanayi Devrimi'nin yarattığı zorlukları aşmak için işçilerin korunmasını amaçlayan iş hukuku kuralları oluşturulmuş ve 1824 yılında işçi birleşmelerini yasaklayan yasaların iptali, işçi kuruluşlarına yasal bir statü kazandırmıştır (Kozak, 2012).

20. yüzyılın başlarından itibaren, toplu pazarlık yoluyla ücretlerin ve çalışma koşullarının belirlenmesi, endüstri ilişkileri sistemine olumlu katkılarda bulunmuştur. Sendikalar, özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra, sadece iş dünyasında değil, toplumun genelinde de önemli bir rol oynamış ve demokratik toplumlarda güçlü bir baskı grubu haline gelmiştir.

Sanayi Devrimi sonrası iş sağlığı ve iş güvenliği tarihindeki gelişmelere baktığımızda, Feodal dönemde toplumun yeniden üretim işlevinin egemen sınıfın vesayeti altında olduğunu görmekteyiz. Ancak, sanayi devrimiyle birlikte bu eski düzen çökmüş ve kapitalizm adını verdiğimiz yeni bir düzen ortaya çıkmıştır. Bu dönemde emek, özgür piyasa mekanizmasına sunularak yaşamını idame ettirmeye çalışmıştır. Bu değişimle birlikte, işçilere ödenen ücret, emeklerini sunabilmeleri, refahlarını sürdürebilmeleri ve yeniden üretim sürecinin ifadesi haline gelmiştir (Topak, 2014).

Yeniden üretime başlanan dönem, sadece piyasa ve emek arasındaki bireysel ilişkileri temsil etmemiş, aynı zamanda devletle bağlantılı bir kurumsal mekanizmanın yansıması olmuştur. Devletler, emek ile yürütülen bu süreçlerinin belirleyici bir unsur olarak konumlanmış, akdi sözleşmelerin garantörü ve denetleyicisi olmuştur.

Bu dönemde çıkarılan yasal düzenlemeler, iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişiminde önemli bir rol oynamıştır. Örneğin, 1833 tarihinde yürürlüğe giren "Fabrikalar Yasası," Bu düzenleme, 9 yaşın altındaki çocukların işçi olarak çalıştırılmasını, 18 yaşından küçük bireylerin gece vardiyalarında çalıştırılmasını ve günlük çalışma süresinin 12 saatten fazla olmasını kesin bir biçimde yasaklamıştır (Yılmaz, 2012). İş müfettişlerinin görevlendirilmesi, fabrikaların denetlenmesi için kanuni bir zemin oluşturmuş ve işyeri hekimi bulundurmaya zorunlu kılmıştır (Çiçek & Öçal, 2016).

Bu süreçte, işçi sınıfının sayısı artmış olsa da, çalışma koşulları, işleri kaynaklı riskler ve meydana gelen kazalar nedeniyle çeşitli sağlık ve güvenlik sorunlarına maruz kalmıştır. Çalışma saatlerinin artması, çocuk ve kadın işçilerin zorlu ve riskli koşullarda çalıştırılması gibi faktörler, devletin iş hayatına müdahale etme ihtiyacını gündeme getirmiştir.

Bu dönemde, Örneğin, İngiltere'de Anthony Ashley Cooper, kadın ve çocuk işçileri korumak amacıyla çaba harcamış ve hekim Thomas Percival, genç işçilerin çalışma süreleri ve koşullarına dair raporlar hazırlamıştır (Yılmaz, 2012). Özellikle Robert Owen gibi fabrikatörler, çalışma sürelerini kısaltarak ve çocuk işçileri çalıştırmayarak çalışma koşullarını düzeltme yolunda çaba göstermiştir (Çetindağ, 2010).

2.1.3. Endüstri Sonrası Post-endüstriyel toplum ve Çalışma Yaşamında Değişim

Endüstri sonrası veya post-endüstriyel dönem, teknolojik gelişmelerin ardından gelen bir dönemdir. Bu dönem, bilgisayar ve enformasyon teknolojilerinin hızla gelişmesiyle tanımlanır (Kurtulmuş, 2012). Ayrıca, bu dönemde küreselleşme sürecinin etkisi de önemlidir (Kocabaş, 2015).

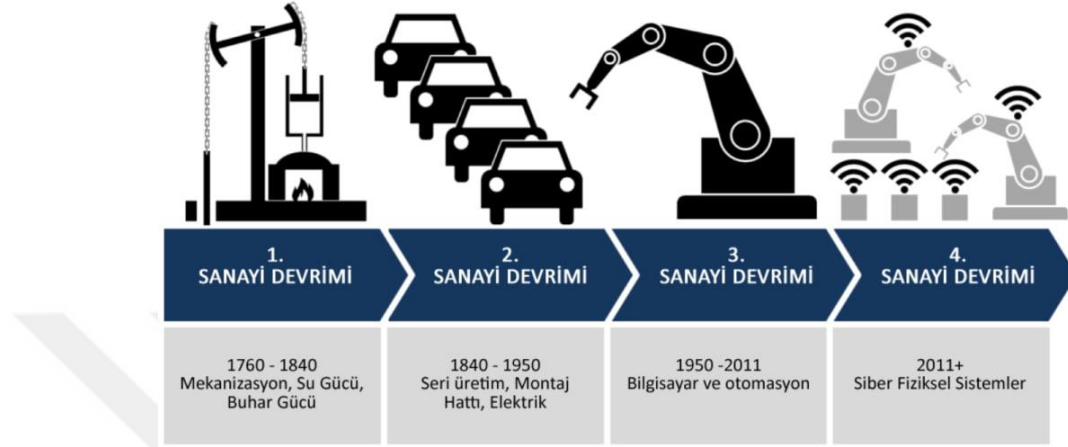
Post-endüstriyel toplum, üretimde temel değişiklikler getirmiştir. Endüstri toplumunda üretim, maddi mallar ve fabrikalar üzerinde yoğunlaşırken, post-endüstriyel toplumda bilgi teknolojileri çağına geçilmiştir. Bilgi, elektronik cihazlar ve bilgisayarlar aracılığıyla üretilir, kullanılır ve saklanır (Ünal, 2009).

Yüksek teknoloji, Endüstri sonrası dönüşümün ana itici gücü olmuştur. Bu dönemde ekonomik değişiklikler, üretimde farklılaşma, esnek üretim ve taleplerde değişiklik gibi konuları gündeme getirmiştir (Bozkurt, 1997).

Post-endüstriyel dönüşüm, çalışma yaşamını da etkilemiştir. Teknolojik gelişmeler, bazı mesleklerin ortadan kaldırılmasına neden olurken, yeni iş biçimleri, esnek çalışma koşulları, insan kaynakları yönetimi ve sendikasız endüstri ilişkileri gibi kavramları da beraberinde getirmiştir. Ancak, bu dönemde işsizlik artışı, sendikaların zayıflaması ve daha az güvenceli çalışma gibi sorunlar da yaşanmıştır (Kutal, 1997, Kocabaş, 2015).

2.2. Endüstri Devrimlerinin Evrimi ve Endüstri 4.0'un Oluşumu

Endüstri 4.0'ün özüne dalmadan önce, bu dijital dönemin önceki üç büyük Sanayi Devrimini anlamak ve değerlendirmek akademik açıdan önemlidir.



Şekil 2.1. Endüstri 4.0'un Oluşumu
(Sarıcıoğlu, İlerisoy ve Soyluk, 2021).

2.2.1. Endüstri 1.0

Endüstri 1.0 Sanayi Devrimi, 18. yüzyılda başlayan bir dönem olarak kabul edilir. Bu dönemin başlangıcı olarak buhar makinesinin icadı önemlidir ve bu dönemde el emeğinin yerini makineler almıştır. Bu dönemin etkisi altında demir-çelik ve tekstil endüstrisinde büyük gelişmeler yaşanmış, aynı zamanda demir yolu ağının yaygınlaşması ulaşımı büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Sosyal olarak, burjuva ve işçi sınıfı ayrımının belirginleştiği ve işçilerin haklarını koruyan birimlerin ortaya çıktığı bir dönemdir (Küçükkalay 1997).

Endüstri 1.0, dokuma tezgahlarının mekanik güçle çalıştırılmasının ardından su tahrikli tezgahların ve buhar motorlarının devreye girmesiyle başlamıştır. Bu dönem, İngiltere'nin liderliğinde başlamış ve ardından diğer ülkelere sıçramıştır. İngiltere'de bu devrimin başlamasının nedenlerinden biri, Tekel Kanunu'nun 1623 yılında İngiliz Parlamentosu tarafından yasallaştırılmasıdır. Bu yasa, fikri mülkiyet haklarının devlet tarafından korunacağına dair güvence vererek mucitlere ekonomik fırsatlar sunmuştur. Endüstri 1.0 dönemi, demiryolları ve kömür kullanımının artmasıyla birlikte

şehirleşmeyi hızlandırmış ve üretimi büyötmüştür. Ancak, bu dönemde kölelik de artmış ve bazı ölkeler sömürgecilik faaliyetlerine girişmiştir (Öztürk, 2020).

2.2.2. Endüstri 2.0

Endüstri 2.0, 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarında gerçekleşmiştir. Bu dönemde su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin yerini elektrik almış, iş bölümünde uzmanlaşma artmıştır. Henry Ford'un seri üretime geçişi bu dönemin sembolüdür (Küçükkalay 1997).

Endüstri 2.0 dönemi, seri üretim dönemi olarak adlandırılabilir. Petrolün keşfi ve bu yakıtın kullanımının yaygınlaşması, endüstriyel dönüşümün temelini atmıştır. Aynı dönemde elektrik kullanımındaki büyük gelişmeler yaşanmış ve elektrik enerjisinin Endüstrideki kullanımı artmıştır. Frederick Winslow Taylor'ın Taylorizm olarak adlandırılan üretim yaklaşımı, işçilerin belirli görevleri ustalaşarak en yüksek verimi elde etmelerini amaçlamıştır. Bu yaklaşım, işçilerin çalışmalarının sürekli olarak kronometre ile takip edilmesini içermiştir. Henry Ford, Taylorizmi otomobil üretimindeki bant sistemi ile birleştirerek büyük bir üretim hızı artışı elde etmiştir. Bu dönemde petrolün kullanımının artması, plastik ürünlerin gündelik yaşama girmesine katkı sağlamıştır (Öztürk, 2020).

2.2.3. Endüstri 3.0

Modern Sanayi Devrimi ya da Endüstri 3.0, 1970-1990 yılları arasında gerçekleşmiştir. Bu periyotta dijitalleşme süreci ivme kazanmış ve elektronik ile bilgi teknolojilerinin gelişimi, üretim süreçlerini daha da otomatikleştirmiştir. Özellikle, 1976'da S. Jobs ve S. Wozniak'ın Apple şirketini kurmaları, bu dönemin kritik olaylarından biridir (Jensen, 1993).

Bu evrimle birlikte mikro bilgisayarların yaygın kullanımı öne çıkmış ve endüstriyel üretimde dijital teknolojilerin benimsenmesi, iş süreçlerini daha verimli hale getirmiştir. Bu dönemdeki gelişmeler, sanayide dijitalleşmenin etkilerini belirgin bir şekilde göstermiş ve teknolojik ilerlemenin üretim süreçlerine entegrasyonunu sağlamıştır.

Bu dönem, bilgi işleme kapasitesinin artması, üretim süreçlerindeki otomasyonun yaygınlaşması ve bilişim teknolojilerinin iş dünyasındaki etkisinin artması gibi önemli değişimleri beraberinde getirmiştir. Dolayısıyla bu dönem, Endüstri 3.0, dijital dönüşüm veya teknolojik dönüşüm dönemi olarak adlandırılabilir.

1969 yılında Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından ARPANet'in kurulması, bu dönemin başlangıcıdır ve internetin öncüsü olarak kabul edilmektedir. Aynı dönemde TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) kurulmuş ve bu protokoller bilgisayarlar ve internete bağlı cihazlar arasındaki iletişimi kolaylaştırmıştır. Bu dönemde küreselleşme artmış ve üretimler uluslararası düzeye taşınmıştır. İnternetin yaygınlaşması, e-ticaret kavramının doğmasına yol açmıştır (Öztürk, 2020).

2.2.4. Dijitalizasyon ve Dijital dönüşüm

Dijitalleşme, teknolojik gelişmelerle hızlanan bir yenilenme sürecini ifade eder. Bu süreç, varlıkların dijital platformlara taşınmasıyla başlar. Özellikle internetin yaygınlaşması, bu değişimi ivmelendiren bir faktördür. Dijital araçlar, bu dönüşümün temel yapı taşlarıdır. Bu değişiklik, iş süreçlerini hızlandırma, verimliliği artırma ve bilgilere hızlı erişimi amaçlar. Ayrıca, dijitalleşme, bilgiye daha kolay erişim ve paylaşım sağlayarak kaynak tasarrufuna katkıda bulunur (Asadova, 2019).

Dijital dönüşüm, sürekli ve dinamik bir geçiş sürecini ifade eder. Yeni teknolojilerin yanı sıra çalışma biçimlerini değiştirerek yeni fırsatları değerlendirir. Organizasyonlar, bu değişime hızla uyum sağlama ihtiyacıyla karşı karşıyadır. Dijital dönüşüm, organizasyonların değişime uyum sağlamasına yardımcı olur ve dijitalleşme süreçlerini hızlandırır (Yankın, 2019; Demir, 2021).

Dijital dönüşümün temelinde, teknolojinin iş süreçlerini daha hızlı, etkili ve ekonomik bir şekilde yürütme olanağı bulunur. Aynı zamanda, bilginin anında kaydedilmesi, hızlı işlenmesi ve iletilmesi, karar süreçlerinde kullanılması gibi avantajlar da dijital dönüşümün temel itici güçlerindendir (Stacey vd., 2017).

Dijitalizasyon ile dijital dönüşüm terimlerinin farkını anlamak önemlidir. Dijitalizasyon, iş süreçlerinin ve dokümanların dijital formatlarda saklanması ve işlenmesini ifade ederken, dijital dönüşüm daha geniş kapsamlı bir kavramdır. Dijital dönüşüm, organizasyonların daha etkin ve verimli hizmet sunmak amacıyla insan, iş süreçleri ve teknoloji alanlarında bütüncül bir değişimi temsil eder (Yankın, 2019).



3. ENDÜSTRİ 4.0

3.1. Endüstri 4.0'a Genel Bakış

Sanayi Devrimi, 18. yüzyılda İngiltere'de buhar makinesinin icadıyla başlayarak zaman içinde 1., 2., 3. Sanayi Devrimi gibi evrelerden geçip günümüzde Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dijitalleşme dönemine ulaşmıştır (Aksoy, 2017). Bu devrim, iş yaşamında önemli değişikliklere yol açmış ve yaşamın birçok alanını etkilemiştir. Önceden çalışma, insanların günlük ihtiyaçlarını karşılamak için yaptıkları bir faaliyet olarak görülürken 18. yüzyıldan sonra çalışma kavramı, örgütlü bir şekilde bir işte çalışma ve bu emeğin karşılığında ücret alma anlamına gelir hale gelmiştir (McClellan, 2006). Endüstri 4.0, bu önceki Endüstri devrimlerinin teknolojik evrimini yansıtmaktadır. Dijitalleşme, otomasyon ve veri kullanımının daha da yaygınlaştığı bir dönemi temsil etmektedir. Bu evrim, endüstrinin ve toplumun geleceğini şekillendirmeye devam etmektedir.

Endüstri 4.0, iş dünyasını temelden değiştiren bir dönem ifade eder. Bu dönem, iş süreçlerini dijitalleştirme ve entegrasyon üzerine kurulu bir paradigma olarak tanımlanır. İş süreçlerinin dikey, yatay ve uçtan uca entegrasyonu, Endüstri 4.0'un ana değişimlerindenidir. Bu yeni endüstriyel çağ, üretim sistemlerinin bağlantısının derinlemesine artmasını sağlar. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve makinelerin bir araya geldiği siber-fiziksel sistemler (CPS) içinde entegre edilmesi, bu dönemin anahtarıdır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin (Endüstri 4.0T'ler) dijital uygulamaları ve araçların entegrasyonu, iş yerinde ilerleme ve verimlilik artışı için önemli fırsatlar sunar. Dördüncü Sanayi Devrimi olarak adlandırılan bu dönem, katman katman yeni teknolojilerin uygulanmasıyla önemli değişiklikler getirir. Bunlar arasında katkı maddesi üretimi, yapay zeka, yapay görü, Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti, robotlar, siber güvenlik ve sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojiler bulunur (Arana-Landín vd. 2023).

3.2. Endüstri 4.0 Temel Kavramları

Sanayi 4.0 terimi, bir dizi mevcut konsepti genel olarak ifade eden, belirli bir disiplin açısından net bir sınıflandırmanın mümkün olmadığı bir kavramları kapsar. Aşağıda, bu temel kavramlara dair bir açıklama bulunmaktadır:

Akıllı Fabrika: Üretim süreci tamamen sensörler, aktörler ve otonom sistemlerle donatılacak. 'Akıllı teknoloji', ürün ve fabrikaların bütünsel dijital modellerine (dijital fabrika) ve çeşitli Ubiquitous Computing teknolojilerinin kullanımına dayalı olarak, otonom olarak kontrol edilen "Akıllı Fabrikalar" ortaya çıkar (Lucke et al. 2008).

Siber-Fiziksel Sistemler: Fiziksel ve dijital seviyelerin birleşimi. Bu, üretim ve ürün seviyelerini içeriyorsa, fiziksel ve dijital temsilin mantıklı bir şekilde ayrıştırılamayacağı sistemler ortaya çıkar. Örneğin, önleyici bakım alanında süreç parametreleri (stres, üretken zaman vb.) mekanik bileşenlerin (fiziksel) aşınma ve yıpranmasına tabi tutulur ve dijital olarak kaydedilir.

Öz-örgütlenme: Mevcut üretim sistemleri giderek daha fazla merkezsiz hale geliyor. Bu, klasik üretim hiyerarşisinin parçalanması ve merkezi öz-örgütlenmeye doğru bir değişimle birlikte geliyor.

Dağıtım ve Tedarikte Yeni Sistemler: Dağıtım ve tedarik süreçleri giderek daha fazla bireyselleşecek. Bağlantılı süreçler, çeşitli farklı kanallar kullanılarak yönetilecek.

Ürün ve Hizmet Geliştirmede Yeni Sistemler: Ürün ve hizmet geliştirme süreçleri bireyselleştirilecek. Bu bağlamda, açık inovasyon, ürün zekası ve ürün hafızası gibi yaklaşımlar büyük önem taşıyor.

İnsan İhtiyaçlarına Uyum: Yeni üretim sistemleri, insan ihtiyaçlarını takip etmek üzere tasarlanmalıdır. Bu, sadece ürünlerin değil, aynı zamanda üretim süreçlerinin de insan odaklı olmasını sağlar.

Kurumsal Sosyal Sorumluluk: Sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği, endüstriyel üretim süreçlerinin tasarımında giderek daha fazla önem kazanıyor. Bu faktörler, başarılı ürünlerin temel çerçeve koşullarını oluşturur.

3.3. Endüstri 4.0 Teknolojileri

Dördüncü endüstri devrimi, Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu dönem, büyük bir değişimi beraberinde getirmiştir. Bu devrim, fiziksel hayat ile dijital yaşam arasında güçlü bir bağlantı kurmuş ve bilişim teknolojileri ile tüm insani sistemlerin bir araya getirilmesini hedeflemiştir (Fırat ve Fırat, 2017; WEF, 2017). Endüstri 4.0, altı temel prensibe dayanan siber-fiziksel sistemlerin ve Nesnelerin İnterneti'nin birleşimiyle şekillenmiştir: Karşılıklı Çalışabilirlik, Sanallaştırma, Özerk Yönetim, Gerçek-Zamanlı Yetenek, Hizmet Oryantasyonu ve Modülerlik. Bu prensipler, Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemler gibi yapıları kapsamakta ve akıllı fabrikaların oluşturulmasını desteklemektedir. Ayrıca, bu yapılar Nesnelerin İnterneti ile Siber-Fiziksel Sistemlerin birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı iletişim kurup işbirliği içinde çalışabilmesini amaçlamaktadır (Yankın, 2019).

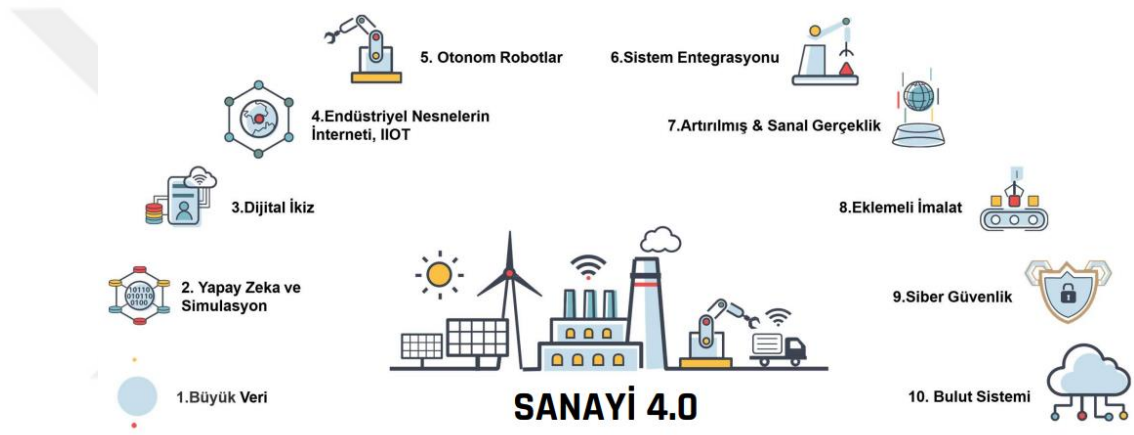
Endüstri 4.0, aynı zamanda ekonomik, toplumsal ve kültürel yaşamda önemli etkilere sahip olan bir dijital dönüşüm sürecini ifade etmektedir (Castells, 2010). Bu dönüşüm süreci, post-endüstriyel dönüşüm ve küreselleşme süreciyle birlikte esneklik, yalın üretim ve artan otomasyon gibi ekonomik yapıda önemli değişikliklere yol açmıştır. Endüstri 4.0, üretimde insan gücünü azaltmayı ve daha hassas üretim yapabilen robotlar ve makinelerin geliştirilmesini hedeflemektedir. Bu robotlar ve makinelerin İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından uygun bir yerleşimde olmaları ve hızlı karar alabilme yetisine sahip olmaları gerekmektedir (Akın, 2017). Bu durum, makinelerin birbirleriyle bilgi alışverişi yapabilmesi ve kontrolü ele alabilmesi ile tanımlanan otonom yapıyı oluşturmaktadır.

Endüstri 4.0, dijital dönüşümü hızlandırarak ekonomik, toplumsal ve kültürel yaşamda büyük etkiler yaratmıştır. Bu dönüşüm, akıllı fabrikaların oluşturulmasını, üretim süreçlerinin otomasyonunu ve insan-makine işbirliğini sağlamıştır. Ayrıca,

otomatik sürüş teknolojisi ile birlikte gelen otonom yapılar, sürüş deneyimini değiştirmekte ve geleceğin ulaşımını şekillendirmektedir.

3.4. Endüstri 4.0'ün Temel Bileşenleri

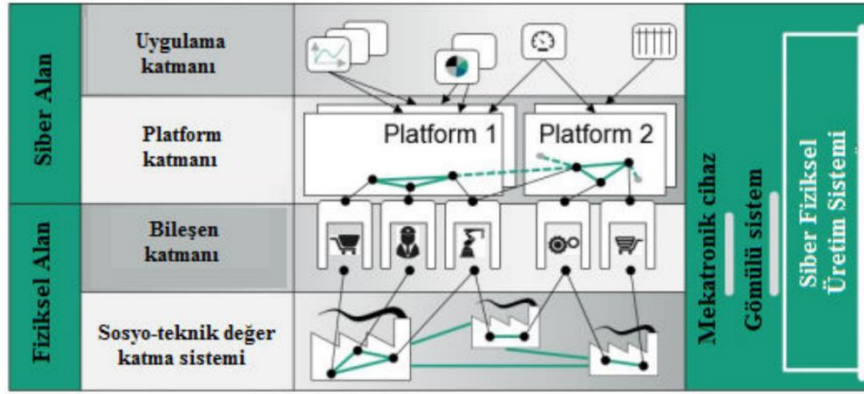
Endüstri 4.0 paradigmasını şekillendiren temel bileşenler, nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti, siber-fiziksel sistemler ve akıllı fabrikalar olarak adlandırılmaktadır. Bu bileşenler, endüstriyel süreçlerin dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır (Smith, 2021).



Şekil 3.1. Sanayi 4.0 Uygulamaları

3.4.1. Siber-Fiziksel Sistemler (SFS)

Siber-Fiziksel Sistemler (SFS), dijital algılama temelli geri bildirim kontrol sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler, belirli bir uygulamayı yöneten kontrol sistemlerinden bilgi olarak sürekli kontrol döngülerini gerçekleştiren cihazlardan oluşur. SFS'nin temel varsayımı, üretim hattının üretim planlama yazılımları ile entegre olduğu ve gömülü cihazlar veya sistemler tarafından oluşturulduğudur (Bordel ve diğerleri, 2017).



Şekil 3.2. Siber-fiziksel üretim sistemleri

Ayrıca, Siber-Fiziksel Sistemler, üretim süreçlerini sürekli olarak izleyen ve kontrol eden gömülü hesaplamaları içerir; bu da işleme süreçlerinin, üretim hattının, hesaplamanın ve ağın birbirleriyle entegrasyonunu sağlar (Liu ve Xu, 2017). SFS, üretim sistemlerinde karar verme süreçlerini desteklemek amacıyla geliştirilmiş ve uygulanmıştır (Oliff ve Liu, 2017). Bu sistemlerin uygulama alanları arasında havacılık, sivil altyapı, otomotiv mühendisliği, enerji, imalat, sağlık, ulaşım, eğlence ve tüketici cihazları yer almaktadır. Ayrıca, akıllı evler, şehirler ve ofislerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Stojmenovic ve Zhang, 2015).

3.4.2. Nesnelerin İnterneti (Nİ)

Nesnelerin İnterneti (Nİ), günlük nesneler arasında iletişim kurma temelli bir paradigmaya dayanmaktadır. Nİ, çeşitli sensörleri ve akıllı nesneleri entegre ederek, nesneler arasında iletişim kurma ve özerk bir şekilde çalışma olanağı sağlar (Conti ve diğerleri, 2017). Dünya genelinde 2020 yılına kadar yaklaşık 26 milyar nesnenin internet ortamında birbirine bağlanması beklenmektedir. Ekonomik açıdan bakıldığında, Nİ ile ilişkilendirilen ürün ve hizmet üretiminin 1,9 trilyon dolarlık bir değere ulaşması öngörülmektedir (Gago ve diğerleri, 2017).

Nİ, işletmelerin gelirlerini artırmalarına, maliyetlerini düşürmelerine ve verimliliklerini iyileştirmelerine yardımcı olan benzersiz fırsatlar sunmaktadır. Ancak, bu fırsatlardan yararlanmak için işletmelerin büyük hacimdeki sensör verilerini etkili bir şekilde toplayabilen, yönetebilen ve analiz edebilen bir veri işleme platformu oluşturmaları gerekmektedir (Ahmed ve ark., 2017).

Nesnelerin interneti, insan-insan, insan-nesne ve nesne-nesne arasında iletişim sağlayan nesneler, iletişim ağları ve bilgisayar sistemlerinden oluşur. Bu nesneler, sensörler ve elektronik devrelerle donatıldığında, insanlarla iletişim kurabilir ve durum bilgilerini güncelleyebilir. Mobil ağların ve internetin gelişmesiyle, bu nesnelerle iletişim kurmak daha kolay hale gelmiş ve insanlar bu cihazları her yerden izleme ve kontrol etme yeteneğine sahip olmuştur.

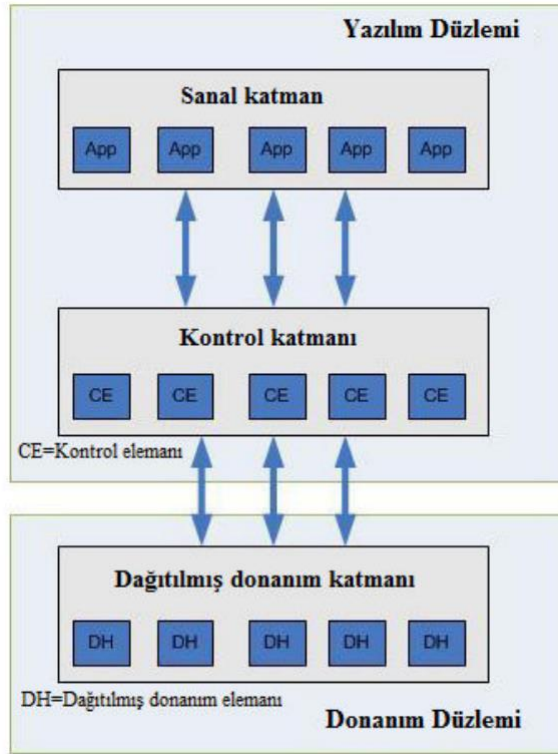
Nesnelerin interneti uygulamaları arasında akıllı sulama sistemleri, su tüketimini azaltma, orman koruma, akıllı ulaşım sistemleri gibi birçok örnek bulunmaktadır. Günümüzde 10-11 milyar cihazın internete bağlı olduğu tespit edilmiş ve bu sayının 2020'ye kadar 50 milyara çıkması öngörülmüştür. Ancak, IoT'un yaygınlaşması bazı sorunları da beraberinde getirecektir. Büyük veri miktarı, veri gizliliği ve güvenliği gibi sorunlar önemli bir konu haline gelmiştir. Ayrıca, IoT cihazlarının güç kaynakları, iletişim protokolleri ve ağ altyapısı gibi teknik zorluklar da çözülmesi gereken konulardır.

Kevin Ashton'ın RFID teknolojisi üzerine odaklanarak ortaya koyduğu IoT kavramı, günümüzde cihazlar arasında IP ağı üzerinden bilgi alışverişi ile daha da gelişmiştir. IoT'un ilerlemesiyle, daha fazla sektörde verimlilik artışı ve yenilikler beklenmektedir.

Nİ, siber-fiziksel sistemlerle güçlü bir şekilde entegre olan iletişim altyapısına dayanır ve ağın kalite özellikleri, SFS'nin performansını ve davranışını doğrudan etkiler (Ochoa, 2017).

3.4.3. Hizmetlerin İnterneti (Hİ)

Hizmetlerin İnterneti (Hİ), internet ve web teknolojileri aracılığıyla hizmetlerin kolaylıkla erişilebilir hale getirildiği ve şirketlerin, özel kullanıcıların yeni tür katma değerli hizmetleri bir araya getirmelerine, oluşturmalarına ve sunmalarına izin veren bir kavramdır (Hofmann ve Rüsch, 2017).

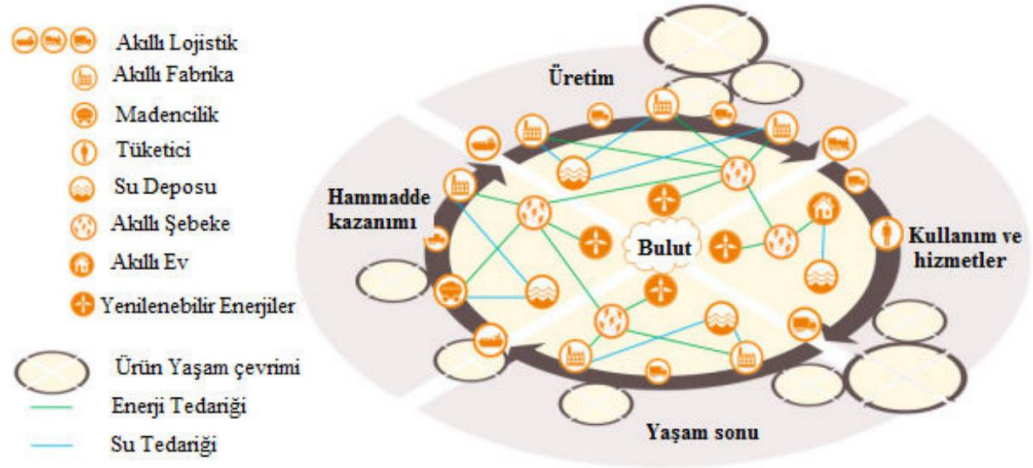


Şekil 3.3. Basitleştirilmiş yazılım tanımlı bulut üretim mimarisi
Kaynak: Thames and Schaefer, 2016

Hİ, işletmelerin web ortamında ayrı olarak sunulan hizmetleri birleştirmelerine, birbiriyle bağlantılar kurmalarına ve işbirlikçi katma değerli hizmetler oluşturmalarına olanak tanır. Web teknolojilerini kullanarak hizmetler daha yaygın ve kolay bir şekilde kullanılabilir hale gelir. İşletmeler, pazarın başarısı için bir gereklilik olan değer ağları oluşturmak amacıyla diğer işletmelerle iş süreçlerini paylaşır (Fischer, 2014).

3.4.4. Akıllı Fabrikalar

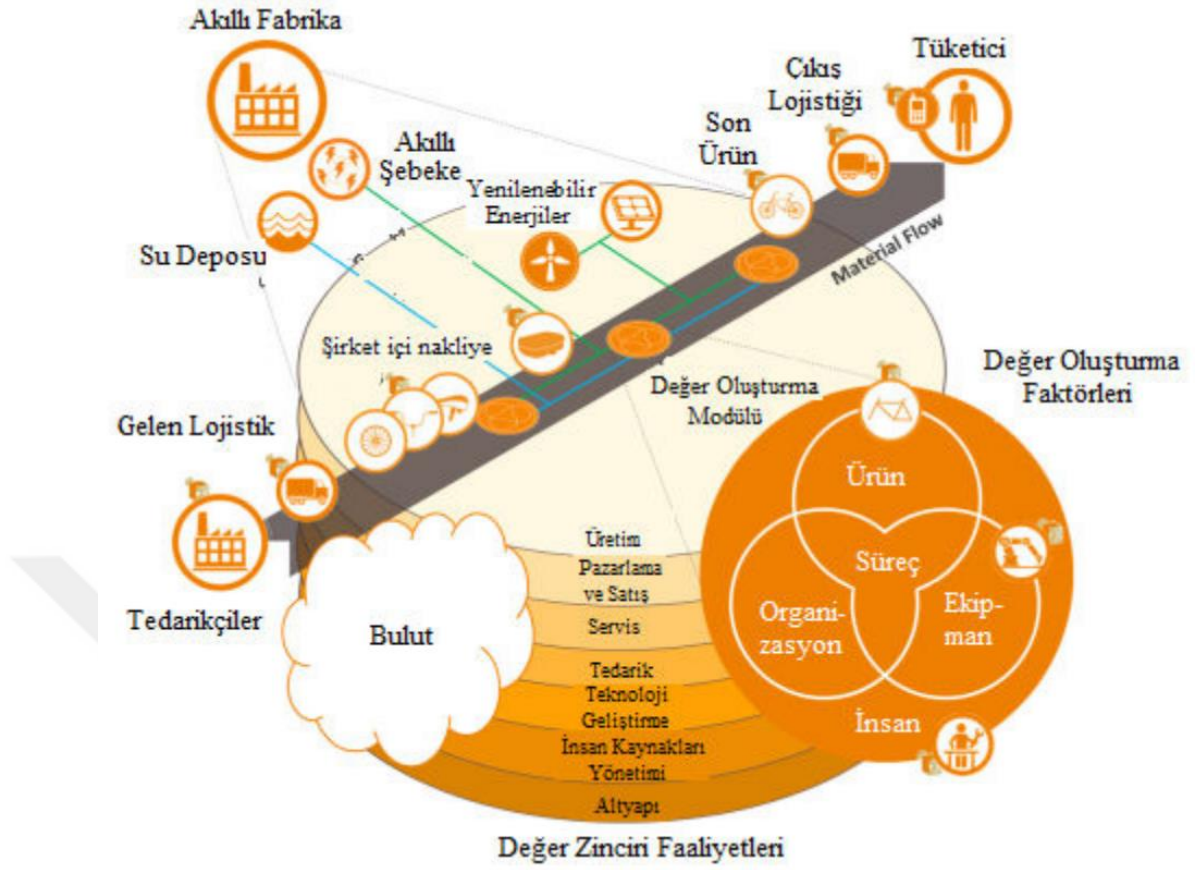
Akıllı fabrika, Endüstri 4.0'ın temel öğelerinden biridir ve tüm üretim kaynaklarının birbirleriyle bağlantılı olduğu, otomatik bilgi alışverişi gerçekleştiren, aynı zamanda makine arızalarını tahmin eden ve engelleyen, üretim sürecini yöneten ve kontrol eden dijital bir entegrasyonu içeren akıllı bir sistem olarak ifade edilir (Qin ve diğerleri, 2016).



Şekil 3.4. Endüstri 4.0'ın makro perspektifi

Kaynak: Stock and G. Seliger, 2016

Akıllı fabrikalardaki otomasyon süreçleri, cihazların ve makinelerin etkileşimde bulunarak üretim işlemlerini otomatik olarak belirlemelerini ve düzenlemelerini ifade eder. Örneğin, üretim sürecinin herhangi bir noktasında malzeme eksikliği yaşanırsa, gerekli malzeme siparişi otomatik olarak verilir ve olası arızalar anında tespit edilip düzeltilir. Bu sayede sistem sürekli olarak sorunsuz bir şekilde tam kapasiteyle çalışabilir (Siemens, 2017).



Şekil 3.5. Endüstri 4.0'ın mikro perspektifi

Kaynak: Stock and G. Seliger, 2016

Akıllı fabrikalar, endüstriyel üretimde giderek artan karmaşıklığı yöneterek verimliliği artırır. Bu modern üretim ortamında, makineler, insanlar, taşıma ve depolama sistemleri ile üretim tesisleri arasında doğrudan ve etkileşimli iletişim sağlanmaktadır (Gabriel ve Pessl, 2016).

4. KÜRESELLEŞME, İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

4.1. Sanayileşme ve İş Sağlığı

Sanayileşme, 18. yüzyılın başlarından itibaren önemli bir evrim geçirmiştir. Buhar gücü ile çalışan makinelerin tanıtılmasının ardından üretim, insan gücünün sınırlamalarından bağımsız hale gelmiş ve Sanayi Devrimi 1.0 başlamıştır. Daha sonra, 19. yüzyılda elektriğin tanıtılmasıyla birlikte Sanayi 2.0 dönemi başlamış ve gücün merkezi bir tesisinden geniş bir şekilde dağıtılması, makinelerin daha kompakt ve hızlı çalışmasını sağlamıştır. 20. yüzyıl, güçlü montaj hatları ve elektronik gelişmelerle Sanayi 3.0'ı getirmiştir. Bu dönemde üretim, otomatik hale gelmiş ve performans odaklı hale gelmiştir. Otomasyon, üretim süreçlerini optimize etme ve daha esnek, ergonomik ve güvenli makineler tasarlama imkânları sunmuştur (MESI, 2016).

Daha yakın bir zamanda ortaya çıkan "Endüstri 4.0" terimi, üretimi dijital devrim, yapay zeka, nesnelerin interneti ve akıllı cihazların entegrasyonu olarak tanımlar. Bu, üreticilere sürekli değişen taleplere daha verimli bir şekilde cevap verme imkânı tanır. Endüstri 4.0, fiziksel varlıkların dijital ekosistemlere entegrasyonu ile verimlilik artışları vadeder. Bu evrim süreci, iş sağlığı ve güvenliği (ISG) konularını da etkilemiştir. Sanayileşme, kötü çalışma koşullarının ortaya çıkmasına neden olmuş ve işgücüne acil bir ihtiyaç yaratmıştır. Ancak, zaman içinde işgücü deneyim kazandıkça ve yasalar müdahale ettiğinde, işyeri koşulları iyileşmiştir. ISG alanında, endüstri devrimlerine tepki olarak güvenilir çözümler geliştirme çabaları görülmüştür (MacDougall, 2014; MESI, 2016).

Bugün, entegre ISG yönetiminden, mesleki risklerin sofistike bir şekilde yönetilmesine kadar çeşitli gelişmeler yaşanmıştır. Ancak, bu gelişmelerin hala bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Teknolojik ilerleme ve iş yöntemlerindeki değişikliklere proaktif bir şekilde tepki verme, güvenli çalışma ortamlarını ve uygulamalarını daha da geliştirmek için önemli bir itici güç olmalıdır. Bu, endüstrideki devrim niteliğindeki gelişmelerle birlikte ele alındığında, iş sağlığı ve güvenliği konusunda sürdürülebilir ve etkili çözümler bulma çabalarının sürekli bir evrim içinde olduğunu göstermektedir (MESI, 2016; Beetz et al., 2015).

4.2. İş Kazalar ve Meslek Hastalıkları

İş kazası, çalışanların yürüttükleri işlerde meydana gelen tehlikelerden kaynaklanan riskler sonucunda zarar görmeleri durumunu ifade eder (Akdur, 1998: 169). İLO'ya göre ise iş kazaları, ILO ise iş kazasını, “*belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan, önceden planlanmamış beklenmedik bir olay*” şeklinde tanımlamaktadır (<https://www.ilo.org/>). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 3.maddesine göre iş kazası; “*işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da beden en engelli hâle getiren olay*” olarak tanımlanmıştır (URL 2). İş kazaları, belirli mevzuat hükümleri çerçevesinde değerlendirilmektedir. İş kazaları, ülke ekonomisi, işverenler ve çalışanlar için açık veya gizli maliyetlere yol açabilen ciddi bir konuyu temsil eder. İş sağlığı ve güvenliği açısından büyük öneme sahiptir.

İş kazası, bir sigortalının işveren tarafından yürütülen işler veya görevleri sırasında maruz kaldığı kaza olayını ifade eder. Türkiye'de, 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'nun 13. maddesi iş kazalarını şu durumları içerebilecek şekilde tanımlar:

1. “*Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada, işveren tarafından yürütülen iş veya görev nedeniyle,*”
2. “*Sigortalının kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürüttüğü iş veya çalışma konusu nedeniyle işyeri dışında,*”
3. “*İşverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,*”
4. “*Emziren kadın sigortalının, çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,*”
5. “*Sigortalıların, işveren tarafından sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan beden en ya da ruhen etkileyen olaydır.*”

Bu durumlar, iş kazalarını sosyal sigorta kapsamında değerlendirilmesine olanak tanır ve sigortalıların bu tür olaylarda haklarını koruma amacını taşır. Diğer bir önemli kavram ise meslek hastalığıdır. Meslek hastalığı, ILO'nun tanımına göre, "çalışma aktivitesinden kaynaklanan, risk faktörlerine maruz kalmanın sonucu olarak gelişen bir hastalıktır" (Karacan, 2018). Meslek hastalığı ise bir çalışanın işi nedeniyle geçici veya kalıcı bir hastalığa yakalanmasını ifade eder. Meslek hastalıkları ve iş kazaları, birbirinden farklı özelliklere sahiptir. İş kazaları, tarih ve zaman açısından belirlenebilirken, meslek hastalıklarının etkenlerinin başlangıç tarihi net bir şekilde saptanamaz. Ayrıca, meslek hastalıkları, özgün belirtilere ve sürekli maruziyet sonucu gelişen hastalıklara yol açabilir.

Meslek hastalıkları çeşitli gruplara ayrılabilir ve bu gruplandırmalar, hastalığın etkenine göre değişebilir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), meslek hastalıklarını dört ana başlık altında incelerken, Türkiye'de bu konuda beş farklı gruplandırma yapılmıştır. Her gruplandırma, hastalık etkenlerini dikkate almaktadır (Caner, 2021).

Meslek hastalıklarının tanı ve tedavisinde yetkilendirilmiş kurumlar ve kuruluşlar görev almaktadır. Ayrıca, hastalıklı kişilere yaptıkları işler hakkında sorular sorularak meslek hastalığı tanısı konulur. Bu, Ramazzini dönemine dayanan bir yaklaşımı yansıtmaktadır ve günümüzde hala kullanılmaktadır.

Aynı kanunun 14. maddesinde ise meslek hastalığı tanımı yapılmıştır. Buna göre, *“sigortalının çalıştığı veya yaptığı işin niteliğinden dolayı tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, bedensel veya ruhsal engellilik halleri meslek hastalığı olarak adlandırılmaktadır. Meslek hastalığına tutulan bir sigortalının durumu, sağlık hizmet sunucuları tarafından düzenlenen sağlık kurulu raporu ve dayanağı tıbbi belgelerin incelenmesi, işyerindeki çalışma şartlarını ortaya koyan denetim raporları ve diğer belgelerin incelenmesi sonucu Kurum Sağlık Kurulu tarafından tespit edilmelidir.”*

İş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi açısından, tehlikelerle mücadele etmek temel bir süreçtir. Bu süreç, kaynağında mücadele, ortamda mücadele ve kişide mücadele olmak üzere üç aşamada gruplandırılabilir (Balcı vd., 2020):

Kaynağında Mücadele:

- Bu aşama, tehlikelerin kaynağında ortadan kaldırılmasına odaklanır.
- İlk olarak, iş yerindeki iş processleri ve faaliyetler detaylı bir şekilde analiz edilmelidir.
- Tehlikeler tespit edilir ve iş süreçlerinde yapısal veya organizasyonel değişiklikler yaparak tehlikelerin azaltılması veya ortadan kaldırılması hedeflenir.
- Bu aşama, iş güvenliği yönetim sistemi kapsamında risk değerlendirmesi ve iş süreçlerinin düzenli gözden geçirilmesi gibi uygulamaları içerir.

Ortamda Mücadele:

- Bu aşama, işyerindeki çalışma ortamında ortaya çıkan tehlikelerle başa çıkmayı hedefler.
- İş yerindeki çevresel faktörler göz önüne alınarak, teknolojik ve mühendislik çözümleriyle tehlikelerin minimize edilmesi amaçlanır.
- Bu aşama, toplu koruma önlemlerini içerir; örneğin, havalandırma sistemleri, izolasyon yöntemleri, otomatik acil durum sistemleri gibi.

Kişide Mücadele:

- Bu aşama, çalışanların bireysel olarak korunmasına odaklanır.
- Toplu koruma önlemleri alındıktan ve ortamdaki tehlikeler minimize edildikten sonra, kişisel koruyucu ekipmanlar (KKE) devreye girer.
- Bu aşamada, çalışanlara uygun KKE'nin kullanımı için eğitim verilmeli ve düzenli olarak ekipmanların kontrolü sağlanmalıdır.
- KKE örnekleri arasında kulak koruyucular, göz koruyucuları, solunum maskeleri ve iş eldivenleri bulunur.

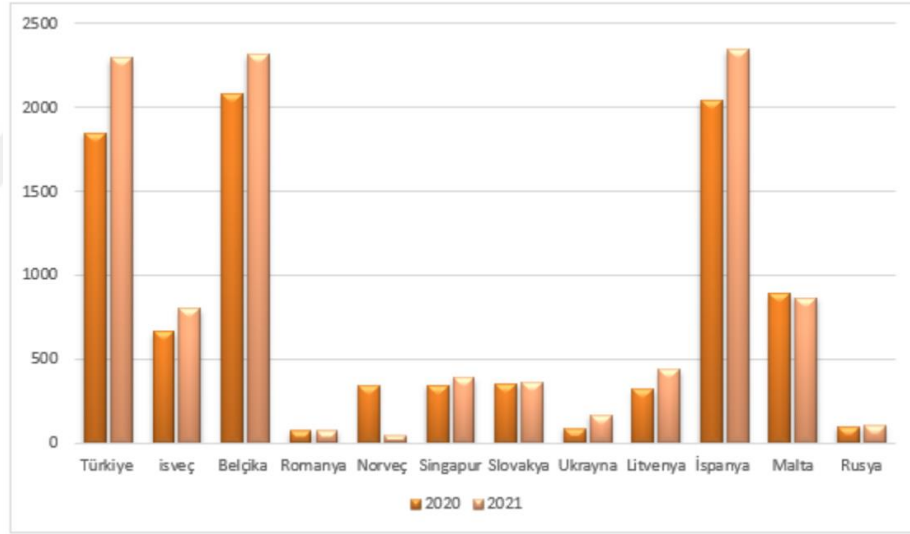
Bu süreçte, kişide mücadele aşamasının özellikle vurgulandığı bir perspektif de önemlidir. Çünkü tehlikelerin önlenmesinde ilk öncelik, tehlikelerin kaynağında ortadan kaldırılmasıdır. Ancak bu mümkün değilse, ortamda ve kişide alınacak önlemlerle

riskler minimuma indirilmelidir. Bu yaklaşım, iş güvenliği ve sağlığını korumak için bütünlük ve etkili bir strateji sunar (Balcı vd. 2020)

4.3. Küreselleşmenin İş Kazası ve Meslek Hastalıkları Üzerine Etkisi

Küreselleşme, ekonomik, sosyal, kültürel ve siyasal boyutlarıyla sermayenin sınırları aşarak tüm ülkelerde etkili olan bir süreçtir. Bu süreç, gelişmiş ülkelerde teknolojik üstünlüğü korurken, gelişmekte olan ülkelerde sermayenin dolaşımını kolaylaştırarak kar getirici faaliyetleri teşvik etmektedir (Koray, 2001:39).

İş sağlığı ve güvenliği açısından küreselleşmenin etkileri farklılık göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde ölümlü iş kazalarının azaldığı görülürken, gelişmekte olan ülkelerde bu oranın yüksek olduğu belirlenmiştir (Rantanen, 2010:168).



Şekil 4.1. 2020-2021 Yılları Ölümcül Olmayan Mesleki Yaralanma Oranlar

EU-OSHA'nın raporuna göre, teknolojik ilerlemeler ve daha yüksek beceri düzeylerinin geliştirilmesi sektörler arasında iş görevlerinde ve iş gücünde kaymalara neden olmuş, özellikle büro, idari ve profesyonel mesleklerde çalışma daha fazla artmıştır. Bu gelişmeler fiziksel aktivitenin azalmasına ve risklerin psikososyal ve duygusal zorluklara kaymasına sebep olmuştur. Özellikle müşteri odaklı çalışmanın yüksek olduğu sektörlerde, uzun çalışma saatleri, işyerinde zayıf iletişim, zor müşteriler ve oturarak geçirilen saatler sağlık risklerini artırmıştır.

Avrupa Çalışma Koşulları Araştırması (EWCS) anketlerine göre, 2015 yılında çalışanlar arasında akıl sağlığını olumsuz etkileyebilecek risk faktörleri, yüksek hızda çalışma (%33) ve iş yetiştirme baskısı (%36) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, sektöre ve mesleğe bağlı olarak çalışanların %15 ile %30'u fiziksel risklere, kimyasal ve biyolojik ajanlara maruz kalmaktadır.

Üçüncü Avrupa İşletme Araştırması (ESENER 2019) raporuna göre, psikososyal riskler ve işçi katılımı özellikle odaklanılan alanlar arasında yer almaktadır. Ergonomik ve kimyasal risk faktörlerinin varlığı, kuruluş boyutuyla birlikte artmaya devam etmektedir. Özellikle tekrarlayan el veya kol hareketleri (%65), uzun süreli oturma (%61) ve kaldırma veya hareketli yüklerin olduğu işlerde (%52) risk faktörleri yüksek oranlara sahiptir.

Ülkeler arasında yapılan karşılaştırmalara göre, doğu ve güney AB Üye Devletleri'nden daha fazla fiziksel ve ergonomik risk bildirilirken, kuzey ve orta Avrupa ülkelerinde daha çok duygusal talepler bildirilmektedir. Bu durumun, endüstriyel üretimin Doğu ülkelerine yeniden tahsis edilmesi ile ilgili olabileceği belirtilmiştir (EU-OSHA, 2023).

Küreselleşme, ağır ve tehlikeli işleri merkez ülkelere çevre ülkelere kaydırmaktadır, bu da güvenceli çalışan işgücünün araştırma ve geliştirme gibi alanlarda çalıştığı merkez ülkeler ile tehlikeli işlerin düşük ücretli işçiler tarafından yerine getirildiği çevre ülkeler arasında bir ayrım yaratmaktadır (Erdut, 1998).

Gelişmekte olan ülkelere, ulusal politika ve iş sağlığı güvenliği mevzuatının yetersizliği, eğitim eksikliği, kısıtlı bütçe ayrılması ve küçük işletmelerin zorlukları gibi sorunlara çözüm bulunamamıştır (Rantanen, 2010:170). Aynı zamanda, çokuluslu şirketlerin iş kazalarını az gelişmiş ülkelere taşıması ve bu ülkelere güvencesiz çalışma koşullarının yaygın olması, çalışanların sömürülmesine zemin hazırlamaktadır (Baram, 2009:756).

Gelişmiş ülkelere de iş sağlığı ve güvenliği sorunları mevcuttur. Küreselleşme, istihdamın geçici ve taşeronlaşma gibi eğreti çalışma biçimlerine dönüşmesine yol

açarken, bu durum güvencesiz istihdamı artırmaktadır. Bu nedenle, yeni tedbirlerin alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Rantanen, 2010:169). Ayrıca, gelişmiş ülkelerde işle ilişkili hastalıkların arttığı, yaşlanan nüfusun kas hastalıkları, özellikle stres, kimyasal etkenler gibi faktörlerle yeni tehlikelerin ortaya çıktığı belirtilmektedir (Rantanen, 2010:169).

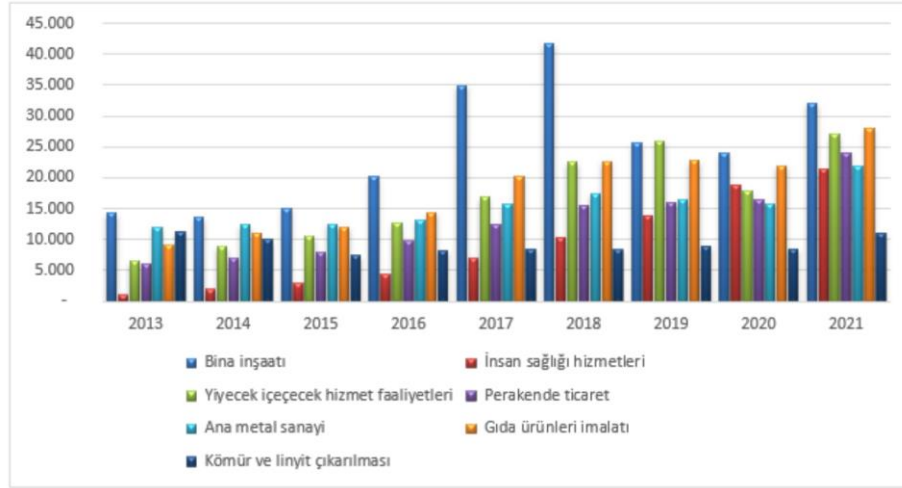
Küreselleşme ve ekonomik krizler, iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin standartlarında gerilemeye yol açmaktadır. Özellikle Avrupa'da, iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin dış kaynaklardan temin edilmesi giderek yaygınlaşmaktadır. Ancak, bu durumun verimlilik ve refah artışı açısından düşük olduğu değerlendirilmektedir (Gagliardi ve diğerleri, 2012:10-11).

Küreselleşme iş sağlığı ve güvenliği üzerinde karmaşık etkiler yaratmakta olup, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, ulusal politikaların güçlendirilmesi, eğitim ve bütçe ayırımının artırılması, işçi haklarının korunması gibi önlemler gerekmektedir.

Ülkemizde, Özbakır ve Akşit (2023) tarafından gerçekleştirilen araştırma, Türkiye'de sektörel bazda yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıklarının istatistiksel bir değerlendirmesini sunmaktadır. Çalışmadan elde edilen önemli bulgulara göre, 2008-2021 yılları arasında en fazla iş kazası meydana gelen sektör, makine ve teçhizat hariç Fabrikasyon metal ürünleri imalatı faaliyet grubu olarak belirlenmiştir. Bu sektör, 472.708 iş kazasıyla öne çıkmaktadır. Sırasıyla, Bina İnşaatı, Gıda ürünleri imalatı, Tekstil ürünleri imalatı ve Ana metal sanayi sektörleri bu sıralamayı takip etmektedir.

Meslek hastalıkları açısından incelendiğinde ise, en fazla meslek hastalığı yaşanan sektör, 05 üretim kodlu "kömür ve linyit çıkartılması" sektörü olarak belirlenmiş, toplamda 2.988 meslek hastalığıyla öne çıkmıştır. Bu sektörü sırasıyla "Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı", "Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)", "Ana metal sanayi" ve "Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı" sektörleri takip etmektedir (Özbakır ve Akşit, 2023).

5510 Sayılı Kanun'un 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçirenlerin sayılarına ilişkin SGK istatistik yıllıkları incelendiğinde, 2013-2021 yılları arasında en yüksek iş kazası geçiren sigortalı sayısının bina inşaatı faaliyet alanında olduğu belirlenmiştir (URL 1). Builto durum, ekonomik faaliyet alanlarına göre dağılımı aşağıdaki açıkça görölmektedir.



Şekil 4.2. İş kazası geçiren sigortalı sayılarının ekonomik faaliyet alanına göre dağılımı

Aynı istatistiklere dayanarak, 2021 yılında iş kazası sonucu hayatını kaybeden sigortalıların ekonomik faaliyet alanlarına göre dağılımı incelendiğinde, en yüksek ölüm sayısının kara taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığı faaliyet alanında olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ekonomik faaliyet alanlarındaki bölümlenmenin istatistiklere farklı yansıma durumlarına neden olduğu belirtilmiştir. Örneğin, inşaat faaliyet alanları kendi içinde farklı alanlara ayrılmıştır, bu nedenle sadece bina inşaatı faaliyet alanını incelediğimizde ölüm sayılarının daha yüksek olduğu görölmektedir.

İnşaat, imalat ve metal sanayi faaliyet alanlarında benzer bir durumun ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Meslek hastalığı sonucu ölenlerin ekonomik faaliyet alanlarına göre dağılımı incelendiğinde ise en yüksek ölüm sayısının insan sağlığı hizmetleri faaliyet alanında olduğu belirlenmiştir.

4.4. Sosyal Koruma Ve İş Sağlığı Ve Güvenliği Alanındaki Yetersizlikler

Sosyal koruma, bireyleri giderleri arttıran ve gelir azaltan sosyal risklere karşı koruyan bir sistem bütünü olarak tanımlanmaktadır. Bu koruma, sadece riskler gerçekleştikten sonra gelir kayıplarını telafi etmekle kalmayıp, aynı zamanda riskleri önlemeye yönelik müdahaleleri de içermektedir. Özellikle iş sağlığı ve güvenliği önlemleri, bu önleyici yaklaşımın bir örneği olarak öne çıkmaktadır. Çalışmanın vurguladığı gibi, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarıyla alınan tedbirlerle sıklığı, riskin olasılığı ve ağırlığı azaltılabilir (Karadeniz, 2012).

Uluslararası Sosyal Güvenlik Birliği (ISSA), iş sağlığı ve güvenliğinin sosyal güvenliğin temel unsuru olduğunu vurgular. İş sağlığı ve güvenliğine yapılan yatırımlar, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azalmasına katkıda bulunarak bireylerin, ailelerin ve genel yaşamın refahını korur (Altıntaş, 2015).

Günümüz iş hukukunda, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önleme ile tazmin kurumlarının birbirini tamamlayan bir bütün oluşturduğu öne çıkar. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını azaltarak işverenlerin ve sosyal güvenlik sistemlerinin tazmin harcamalarını düşürebilir (Süzek, 2006:661).

Çalışma, sosyal güvenliğin sadece tazminat odaklı olmayıp riskleri önleme ve azaltma amacını da içerdiğini vurgulamaktadır. Sosyal güvenliğin, iş sağlığı ve güvenliği hakkının bir parçası olduğunu, iş sağlığı ve güvenliğinin ise sosyal güvenliğin temel amaçlarından biri olduğunu ileri sürmektedir (Balkır, 2012:62).

Önleme perspektifinden bakıldığında, sosyal güvenlik programlarına yapılan harcamaların, risk gerçekleştikten sonra yapılacak tazmin harcamalarından daha az maliyetli olduğu vurgulanmaktadır. İş kazalarının toplam maliyetinin gelişmekte olan ülkelerde gayri safi yurt içi hasılanın ve10'una ulaştığı ifade edilmektedir (Altıntaş, 2015).

Çalışmanın şemasal gösterimine göre, iş kazaları ve meslek hastalıkları açısından sosyal korumanın iki aşamada incelendiği görülmektedir. Birinci aşama, iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları ve denetimleri ile risklerin ortadan kaldırılmasıdır. İkinci aşama ise risk gerçekleşikten sonra gelir kayıplarının ve gider artışlarının telafisi için sosyal sigorta ve sosyal yardım programlarının devreye girmesidir.

4.5. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Kavramı ve Amaçları

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), işyerlerinde çalışanların karşılaşabileceği sağlık sorunlarından korunmayı amaçlayan sistemli çalışmaların toplamıdır. Bu kavram, işin yürütülmesi sırasında meydana gelebilecek sağlığa zararlı durumları önlemeyi hedefler (Selek, 2016).

İş Sağlığı ve İş Güvenliği kavramı, WHO ve ILO'nun tanımlarına dayanır ve işin fiziksel, ruhsal ve sosyal açılarından iyilik halini ifade eder (Yiğit, 2013). Bu kavram, çalışanların çalışma şartlarının olumsuz etkilerinden arındırılması ve iş ile işi yapan arasındaki harmoninin sağlanmasını amaçlar. İş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı koruma ilkesi, 19. yüzyılın sonlarında başlamış, Sanayi Devrimi ile birlikte işçi sınıfının talepleri doğrultusunda yasal düzenlemeler yapılmıştır (Narter, 2015). İş sağlığı ve iş güvenliği kavramı zamanla genişlemiş, işyeri dışındaki riskleri de kapsayacak şekilde genişletilmiştir (Beyazıt, 2006). İş sağlığı ve iş güvenliği önlemleri, tehlikelerin kaynağında kontrol, riskleri azaltma ve güvenli malzemelerin kullanımını içerir. Bu önlemler, iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılmasına ve ekonomik maliyetlerin düşürülmesine katkıda bulunur (Kalkış, 2014).

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) terimi, "iş sağlığı" ve "iş güvenliği" kavramlarının birleşiminden oluşur. Bu iki kavram aslında birbirini tamamlayan bir bütünü temsil eder. İSG, çalışanların güvenliği, üretimin güvenliği ve işletmenin güvenliği olmak üzere üç temel amaca hizmet eder. Bu amaçlar, İSG'nin başarılı bir şekilde uygulandığını gösterir. İSG'nin amaçları şunlardır (Yardımcıoğlu, 2018):

Çalışanların Güvenliği Sağlanması: İSG, öncelikle işyerlerinde çalışanların güvenliğini korumayı hedefler. İş sırasında maruz kaldıkları risklerin en aza indirilmesi ve iş kazalarının önlenmesi bir ortamın oluşturulması amaçlanır.

Üretimin Güvenliği Sağlanması: İSG, üretim süreçlerinin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini amaçlar. Üretim sırasında ortaya çıkabilecek tehlikelerin önceden tespit edilmesi ve kontrol altına alınması, üretim verimliliğini artırır.

İşletmenin Güvenliği Sağlanması: İSG aynı zamanda işletmenin genel güvenliğini sağlamayı hedefler. İşletme faaliyetlerinin sürdürülebilirliği ve işletme varlıklarının korunmasını amaçlar.

Bu üç amaç birbirleriyle sıkı bir şekilde bağlantılıdır. Birinin eksikliği, İSG'nin başarısını tehlikeye atabilir. İSG, çalışanların, üretimin ve işletmenin güvende olduğu bir çalışma ortamı yaratma amacını taşır. Ayrıca, İSG'nin sosyo-kültürel açıdan önemli bir mesele olduğu ve iş kazalarının ekonomik ve toplumsal bir problem oluşturduğu vurgulanmaktadır (Horozoğlu, 2017)

İSG, bu amaçlar doğrultusunda çalışan bireylerin sağlık ve güvenliğini korumanın yanı sıra işyeri kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemeyi, üretim güvenliğini artırmayı ve işletmelerin sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlar. Ayrıca, işverenler için işgücü kayıplarını azaltarak maliyetleri en aza indirme potansiyeli taşır. (Horozoğlu, 2017; Yardımcıoğlu, 2018) İSG'nin bu amaçları, çalışanların fiziksel ve psikolojik sağlığını koruma, üretimi güvenli bir şekilde gerçekleştirme ve işletmelerin sürdürülebilirliğini sağlama konularında kritik bir rol oynar.

4.6. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Tarihinin Gelişimi ve Değişimi

4.6.1. Sanayi Devrimi Öncesi ve İş Sağlığı ve Güvenliği

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), günümüzde büyük önem taşıyan bir konu olmasına rağmen, tarihsel evrimi, Sanayi Devrimi ile başlayan sistemik ve bilimsel çalışmalarla şekillenmiştir. Ancak, İSG'nin temelleri, Endüstri öncesi dönemlere de dayanmaktadır. İnsanlar, liderlerin emri altında çalışırken, bazı temel sağlık ve güvenlik

konuları hakkında erken gözlemler yapılmıştır. Örneğin, Herodot, çalışanların yüksek enerjili besinlerle beslenmeleri gerektiğini vurgulamıştır. Aynı dönemlerde Hipokrates, kurşunun zararlı etkilerini incelemiş ve belirtmiştir. Bu çalışmalar, ilkel olsa da İSG'nin öncüleridir (Çiçek & Öçal, 2016).

Aydınlanma dönemiyle birlikte, Avrupa'da İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanında hızlı bir gelişim yaşanmıştır. Alman/İsviçreli hekim Paracelsus, "De Morbis Metallicis" (Metalik Malzemelerin Hastalıkları) adlı eseriyle iş sağlığına dair erken bir çalışma sunarak bu alandaki önemli katkılardan birini yapmıştır. Aynı dönemde Alman mineroloji bilgini Agricola, "De Re Metallica" (Metaller Üzerine) adlı kitabında maden ocaklarında tozun yayılmasını önlemek için işyerlerinde havalandırma ihtiyacına vurgu yapmış ve İSG yöntemleri konusunda öneriler sunmuştur. Bu eser, iş ile sağlık arasındaki ilişkiyi açıkça belirtmiş ve korunma yöntemlerini öne çıkarmıştır.

İş sağlığı ve güvenliği alanında meslek hastalıklarının kurucusu olarak kabul edilen Bernardino Ramazzini, uzun süren gözlemler sonucunda "De Morbis Artificum Diatriba" adlı kitabını yazarak iş kazalarının önlenmesi için işyerlerinde güvenlik tedbirlerinin alınmasını önermiştir (Çiçek & Öçal, 2016). Bu isimlerin eserleri, Aydınlanma döneminde İSG bilincinin oluşmasına ve bu alanda ilk adımların atılmasına önemli katkılarda bulunmuştur.

4.6.2. Sanayi Devrimi ve İş Sağlığı ve Güvenliği

Birinci Sanayi Devri ile birlikte toplumun çalışma sistemleri değişmiş, üretim hızla artmış ve fabrikalarda çalışma koşullarının iyileştirilmesi için devlet düzenlemeleri başlamıştır. İngiltere, Birinci Sanayi Devrimi'nin çıkış noktasıdır ve iş sağlığı ve güvenliği alanında ilk çalışmalar bu ülkede başlamıştır. Diğer Endüstrileşen ülkeler de bu yönde adımlar atmıştır (Çiçek & Öçal, 2016).

Türkiye'de Endüstrileşme hareketi, Cumhuriyetin ilk yıllarına rastlar. İlk iş kanunu olan 1936 tarihli ve 3008 sayılı İş Kanunu'nda İSG alanında düzenlemeler yapılmıştır. 1971 yılında 1475 sayılı İş Kanunu yürürlüğe girmiştir. Ayrıca, 2003 tarihli ve 4857 sayılı İş Kanunu, Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde kabul edilmiş ve İş Sağlığı

ve Güvenliği (İSG) konusunda düzenlemeleri içermiştir. 2012 yılında ise 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yürürlüğe girmiştir. İş kazaları ve meslek hastalıklarından kaynaklanan hukuki ve mali sorumluklar, 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu ve 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu tarafından açıklanmaktadır (Zorlu, 2014; Çiçek & Öçal, 2016).

İş Sağlığı ve Güvenliği, tarih boyunca gelişen bir bilim dalı olmuş ve çalışanların sağlığını ve güvenliğini koruma amacıyla sürekli olarak evrilmiştir. Bu süreç, insanların çalışma koşullarının iyileştirilmesi için önemli gelişmeler içermektedir (Çiçek & Öçal, 2016).

Sanayi Devrimi, üretim sürecinin büyük makinelerin kullanıldığı fabrika sistemine geçişi beraberinde getirmiştir. Bu değişim, işçi sınıfının büyümesine ve iş koşullarının iyileştirilmesine olan ihtiyacı gündeme getirmiştir. Bu dönemde, çalışma sürelerinin uzunluğu, kadın ve çocuk işçilerin ağır koşullarda çalıştırılması gibi sorunlar devlet müdahalesini gerektirmiş, özellikle İngiltere'de Fabrikalar Kanunu'nun çıkarılmasıyla bazı düzenlemeler yapılmıştır (Çelik, 2011; Çiçek & Öçal, 2016).

İngiltere'deki bu düzenlemeler, diğer Avrupa ülkelerine örnek teşkil etmiş ve iş sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili yasal düzenlemeler diğer ülkelerde de benimsenmiştir (Gençler, 2007). ABD'de de Alice Hamilton gibi önemli figürler, işyeri ve işkolu hekimi olarak mesleki zararlar konusunda çalışmalar yapmış ve bu alandaki bilimsel araştırmalar gelişmiştir (Fişek, 2014; Çiçek & Öçal, 2016).

Fordizm dönemiyle birlikte işçi sınıfı, üretim sürecinin merkezine yerleştirilmiş ve işçiler tüketiciler olarak da sistemin bir parçası olmuştur. Bu dönemde refah devleti politikaları uygulanmış ve iş sağlığı, iş güvenliği ve meslek hastalıklarıyla ilgili yeni düzenlemeler yapılmıştır (Topak, 2004). Maliyetlerin kamusallaştırılması süreci, işçilerin sağlığını korumaya yönelik tedbirlerin geliştirilmesine katkı sağlamış ve toplumun geneline yayılmıştır (Çiçek & Öçal, 2016).

İş sağlığı ve iş güvenliği alanındaki tarihsel gelişim, sermaye birikimi ve emeğin yeniden üretimi arasındaki karmaşık ilişkilere dayanmaktadır. Refah devleti, bu

ilişkileri düzenleyen bir aktör olarak işlemiştir ve emeğin yeniden üretimi için gerekli mekanizmaları oluşturmuştur (Poulantzas, 2000). Bu süreç, iş sağlığı, iş güvenliği ve meslek hastalıklarının toplumsallaşmasını ve kamu otoritesinin bu alandaki düzenlemelerini içermiştir (Topak, 2014.; Çiçek & Öçal, 2016).

4.6.3. Neo-liberalizm ve İş Sağlığı ve Güvenliği

1970'li yılların başlarına gelindiğinde, Fordizmin krizi ve sermayenin fazla birikimi sonucu ortaya çıkan aşırı birikim krizinin etkilerini azaltmak amacıyla yeni bir sermaye birikimi rejimine geçiş için hazırlıklar yapılmıştır (Çiçek & Öçal). Bu yeni dönemde, emek rejimlerinde önemli değişiklikler yaşanmış ve üretim süreci büyük ölçüde esnek ve kuralsız hale gelmiştir. Üretim sürecindeki bu dönüşüm, işgücü piyasalarının istikrarlı ve korunaklı yapısının yerini esnek emek rejimlerine bırakmasına neden olmuştur.

İşçilerin iş güvencesi azalmış, işgücü maliyetleri düşürülmüş ve üretim süreci daha fazla otomasyonla desteklenmiştir. Fordist emek rejimi yerine, niteliksiz, düşük ücretli ve iş güvencesinden yoksun bir emekçi kitlesi ortaya çıkmıştır. Bu dönemin temel özelliklerinden biri, refah devleti politikalarının yerini neo-liberalizme dayalı yeni bir sermaye birikimi rejiminin almış olmasıdır.

Yeni birikim rejimi, devletin piyasalardan çekilmesi gerektiği ideolojik bir yaklaşımla oluşturulmuş ve kamu hizmetlerinin metalaştırılması yolunda adımlar atılmıştır. Bu sürecin yaygınlaşması, özelleştirmeler ve uluslararası finans kuruluşları aracılığıyla uygulanan yapısal uyum programları ile hız kazanmıştır. Bu dönemde, sendikalar da yeni birikim rejimi tarafından işgücü maliyetini artırmak ve birikim rejimini engellemekle suçlanmıştır.

Bu süreçte, işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili konular da önemli değişikliklere uğramıştır. İşyerlerindeki denetimler azalmış ve işyerlerinin kontrolleri dönüşüm geçirmiştir. Ayrıca, sağlık hizmetleri, özellikle meslek hastalıklarıyla ilgili süreçlerin metalaşmasıyla etkisiz hale gelmiştir. Kamusal otorite, bu yeni birikim rejiminin

ihtiyaçlarına uygun olarak politikalar geliştirirken, işyerlerindeki kontrol mekanizmalarını da değiştirmiştir (iek & al).

4.7. Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşümün İş ve Toplum Üzerindeki Derin Etkileri

Sanayi Devrimi'nin başlangıcıyla birlikte, dünya genelinde iş ve toplum yaşamında kökten değişiklikler meydana gelmiştir. Bu dönemde, çalışma anlayışı ve yaşam tarzı tamamen dönüşmüş, çalışma kavramı esasen günlük ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yapılan bir faaliyetten düzenli bir örgütte istihdam edilme ve ücret alınması anlayışına evrilmiştir (McClellan, 2006).

Sanayi Devrimi ile birlikte, fabrikalaşma kavramı ortaya çıkmış ve iş dünyasındaki koşulların belirlenmesi gereken konular arasında haftalık çalışma saatleri, izin günleri gibi önemli detaylar yer almıştır. Bu dönemde işçi sayısındaki artış, işçi haklarının savunulmasını gerektirmiş ve sendikalaşma sürecinin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Aileler, iş ve ev yaşamlarını keskin bir şekilde ayırmışlardır ve bu dönemde doğal yaşam tarzı, mekanik ve monoton bir yaşamla değişmiştir (Adıgüzel ve Yüksel, 2011). Teknolojik ilerlemeler, iş yaşamında verimlilik, sermaye ve rekabet kavramlarının önemini artırmış ve bu bağlamda emek ve sermaye terimleri daha fazla öne çıkmış, işçi ve işveren gibi terimler daha yaygın hale gelmiştir (Labor, 1990).

Endüstri 4.0 ise dijitalleşmenin özellikle iş dünyasında öne çıktığı bir dönemi temsil etmektedir. Bu dönüşümün iş dünyasına etkileri farklı perspektiflerle ele alınmaktadır. Bazı araştırmacılar, Endüstri 4.0'ün istihdamı azaltabileceğini savunurken (Acemoglu ve Restrepo, 2018), diğerleri ise yeni iş fırsatlarının yaratılabileceğine inanmaktadır (Lane, 2021). Ancak unutmamak gerekir ki, Endüstri 4.0'ün getirdiği değişiklikler toplumu farklı şekillerde etkileyecektir. Değişime uyum sağlayabilenler olumlu etkilenecekken, değişime uyum sağlama yeteneği düşük olanlar daha olumsuz etkilenecektir (Bick ve ark., 2020).

Dijital dönüşüm ise işletmelerin üretim süreçlerini daha akıllı ve otomatik hale getirme fırsatı sunmaktadır. Teknolojiler, işletmelerin verimliliğini artırmasına ve yeni

pazarlara açılmasına yardımcı olmaktadır. Ancak bu sadece iş dünyasını etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda toplumu da etkilemektedir. Ekonomik yapıların dijitalleşmesi küreselleşme sürecini hızlandırarak ulusal sınırların ötesine yayılmasına neden olmuştur. Sosyal ağlar, iletişim biçimlerini değiştirerek toplumsal örgütlenmeyi ve liderlik yapılarını etkilemektedir (Kreiss and Brennen, 2014).

Dijitalleşme, aynı zamanda bilgi yönetimi ve belge yönetimini kültürel bir dönüşüme tabi tutmaktadır (Karagözoğlu-Aslıyüksek, 2016: 88). Bu bağlamda, dijital medya, küresel sermaye akımları için merkezi bir öneme sahip ve farklı sektörlerin birbirine yaklaşmasını teşvik etmektedir. Dijitalleşme ile bilgi ve belge yönetimi iş sahalarının ana bileşenleri olan kitaplar, dergiler, gazeteler ve belgeler, elektronik hale getirilerek bu yeni dijital dünyada yönetilmektedir.

Dijital dönüşümün toplumsal etkilerini inceleyen akademisyenler, iletişim ağlarının etkisi altında sosyal altyapının değiştiğini vurgulamaktadır. Ağ mantığı üretim, deneyim, siyaset, güç ve kültür süreçlerinin işleyişini ve sonuçlarını büyük ölçüde değiştirirken, ağlar toplumların yeni sosyal morfolojisini oluşturmaktadır (Castells, 2010). Dijital kültür ise bilgisayarlar ve internet aracılığıyla oluşturulan platformlar ile akıllı cep telefonları aracılığıyla hız kazanan bilgi iletişiminin bir sonucu olarak gelişen yeni bir yaşam ve yaklaşım biçimi olarak tanımlanabilir (Karakaş, Rukancı, Anameriç, 2009: 39).

Türkiye'nin dijital dönüşüm çabaları, Dijital Türkiye Projesi ve Dijital Dönüşüm Ofisi gibi girişimlerle şekillenmektedir. Bu girişimler, ülkenin dijital altyapısını güçlendirmeyi ve dijital yetkinliği artırmayı amaçlamaktadır. Endüstri 4.0, siber-fiziksel sistemlerin ve Nesnelerin İnterneti'nin birleşimi ile şekillenmiştir ve bu yeni Sanayi Devrimi, daha karmaşık ve akıllı ürünlerin üretimini mümkün kılarak kaynak tüketimini azaltmış ve iş sağlığı ile güvenliğini geliştirmiştir (TİSK, 2016).

5. ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL BİLEŞENLERİ VE İSG TEKNOLOJİLERİ

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) teknolojileri, günümüz iş dünyasında giderek artan bir öneme sahiptir. İSG, çalışanların sağlığını ve güvenliğini korumayı hedefleyen bir disiplindir ve teknolojik gelişmeler bu alandaki uygulamaları kökten değiştirmektedir. Artırılmış Gerçeklik (AR), Nesnelerin İnterneti (IoT), Radyo Frekanslı Tanıma (RFID), Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Teknolojisi (RTLS), Büyük Veri Analizi gibi teknolojiler, işyerlerinde güvenliği artırma, riskleri azaltma ve çalışanların sağlığını daha etkin bir şekilde koruma amacı taşır. İSG 4.0'ın bir parçası olarak sunulan dijital iş sağlığı ve güvenliği teknolojileri, aşağıda açıklanan bileşenlerden oluşur:

5.1. Artırılmış Gerçeklik (AR)

Artırılmış Gerçeklik (AR), iş sağlığı ve güvenliği alanında dijital bir dönüşümü temsil eder. AR, gerçek dünyadaki nesnelerin bilgisayar yardımıyla zenginleştirilmiş bir algı ortamında birleştirilmesini ifade eder.

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların sağlığını ve güvenliğini korumak için işyerlerinde alınması gereken önlemleri içeren kritik bir konudur. Geleneksel olarak, iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları genellikle eğitim programları, denetimler ve prosedürler yoluyla gerçekleştirilir. Ancak AR, bu alandaki yaklaşımı daha etkili hale getirmek için çeşitli yenilikçi olanaklar sunar. Bu teknoloji, İSG eğitimlerini daha etkili hale getirir, sanal ortamda deneyimler sunar ve çalışanlara tehlikeli makinelerle etkileşimden önce bu makinelerin çalışma prensiplerini sanal ortamda deneyimleme fırsatı sunar. Ayrıca, AR ile gizli tehlikeler hakkında bilgi sağlanabilir (EU-OSHA, 2019; Stacey vd., 2018).

Öncelikle, AR, eğitim alanında önemli bir değişim sağlar. İşçilerin, işyerlerindeki potansiyel tehlikeleri daha iyi anlamalarını sağlamak için AR tabanlı eğitim programları kullanılabilir. Örneğin, bir işçi AR gözlükleri takarak, belirli bir iş istasyonundaki tehlikeli durumları simüle edebilir ve bu sayede gerçek dünyada karşılaşabileceği sorunları öğrenme fırsatı bulur.

Ayrıca, AR işçilerin sahada gerçek zamanlı verilere erişmelerine olanak tanır. Bu, işçilerin tehlikeli durumları daha hızlı tanımlamalarını ve bu durumları hızlı çözmelerini sağlar. Örneğin, bir AR uygulaması sayesinde bir işçi, bir makine arızası durumunda hızlıca talimatları ve çözüm önerilerini görebilir.

AR ayrıca işçilerin sahada uzmanlardan uzaktayken destek almasına olanak tanır. Bir işçi, AR ile donatılmış bir cihaz kullanarak, uzman bir uzaktan yardım alabilir ve karmaşık bir sorunu daha hızlı çözebilir (Kahraman ve Özdemir, 2022; Stacey vd., 2018).

5.2. Nesnelerin İnterneti (IoT):

Nesnelerin İnterneti (IoT), iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında dönüşümün vazgeçilmez bir unsuru olarak öne çıkmaktadır. Bu son derece etkili teknoloji, cihazların internet üzerinden etkileşimde bulunabilmesine imkan sağlayan bir sistem olarak tanımlanabilir. İSG bağlamında, IoT cihazları, çalışanların ve ekipmanların gerçek zamanlı izlenmesini, verilerin kaydedilmesini ve analiz edilmesini mümkün kılar. IoT temelli personel ve araç takip sistemleri, işyerlerinde saha kontrolünü artırmak için kullanılır. Bu sistemler, personel ve araçların konumlarını hassas bir şekilde izler, iş süreçlerini optimize eder ve acil durumlarda hızlı müdahale sağlar. Ancak, bu teknolojilerin kullanımı veri güvenliği ve gizliliği konularına özel bir dikkat gerektirir (Alan vd., 2018; Kahraman ve Özdemir, 2022; Topaloğlu ve Şahin, 2021).

✓ **Gerçek Zamanlı İzleme:** IoT, işyerlerindeki cihazların ve çalışanların anlık takibini sağlamaktadır. Bu özellik, potansiyel tehlikelerin hızlıca tespit edilmesini ve acil müdahalelerin kolaylaştırılmasını mümkün kılar. Örneğin, bir işçinin üzerinde taşıdığı IoT izleme cihazı, çalışanın konumunu ve faaliyetlerini sürekli olarak izleme olanağı sağlar.

✓ **Veri Toplama ve Analiz:** IoT cihazları, işyerlerindeki çeşitli verileri toplar. Bu veriler, çalışma koşulları, ekipman performansı, hava kalitesi gibi İSG ile ilgili kritik bilgileri içermektedir. Toplanan veriler analiz edilerek, potansiyel riskler daha iyi anlaşılabilir ve gelecekteki güvenlik önlemlerinin geliştirilmesine katkı sağlar.

✓ **Tehlike Uyarıları ve Otomasyon:** IoT, tehlike durumlarını algıladığında otomatik uyarılar gönderebilir ve hatta bazı durumlarda işlemleri otomatik olarak durdurabilir. Örnek olarak, bir tehlike algılandığında üretim makinesi otomatik olarak kapanabilir veya çalışanlara acil tahliye talimatları otomatik olarak iletilir.

✓ **Uzaktan İzleme ve Yönetim:** IoT, uzaktan izleme ve yönetim imkânı sunar. Bu, uzmanların uzak ofislerden veya farklı coğrafi konumlardan iş sağlığı ve güvenliği durumunu izlemelerine ve gerektiğinde müdahale etmelerine olanak sağlar. Bu özellik özellikle büyük ve çoklu lokasyonlu işletmeler için büyük bir öneme sahiptir.

✓ **Takip ve Eğitim:** IoT cihazları, çalışanların faaliyetlerini ve hareketlerini izleyerek, bu verileri eğitim amaçları için kullanabilir. İSG eğitim programları, bu gerçek verilere dayalı olarak kişiselleştirilebilir, böylece çalışanlar daha etkili bir şekilde eğitilebilirler.

Özellikle kömür madenciliği gibi riskli sektörlerde, IoT ile çalışanların anlık konumlarının takibi sağlanabilir ve acil durumlar için hızlı müdahale yapılabilir (Tepe, 2021).

5.3. Radyo Frekanslı Tanıma (RFID):

Radyo Frekanslı Tanıma (RFID), iş sağlığı ve güvenliği konusunda son derece etkili bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. RFID, nesneleri radyo dalgalarıyla tanımlayarak işyerinde güvenliği artıran ve yetkisiz erişimleri engelleyen bir teknoloji olarak tanımlanabilir. Ayrıca, ekipmanların izlenmesi ve yönetilmesi konusunda da önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, RFID'nin İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanındaki önemini daha ayrıntılı bir şekilde inceleyelim.

✓ **Nesnelerin Tanımlanması:** RFID, işyerindeki nesnelerin benzersiz kimliklerle etiketlenmesini sağlar. Bu kimlikler, nesnelerin türünü, konumunu ve diğer önemli bilgileri içerebilir. Bu, işyerindeki ekipmanların ve malzemelerin daha iyi tanımlanmasına ve yönetilmesine yardımcı olur.

✓ **Yetkisiz Erişimi Önleme:** RFID sistemi, belirli alanlara sadece yetkililere erişim izni verir. Bu, işyerindeki hassas bölgelere veya tehlikeli ekipmanlara

sadece eğitimli ve yetkilendirilmiş çalışanların giriş yapmasını sağlar. Bu da potansiyel güvenlik ihlallerini engeller.

✓ **Ekipman İzleme ve Bakım:** RFID etiketleri, ekipmanların izlenmesini ve bakım takvimlerinin yönetilmesini kolaylaştırır. Bu sayede işyerindeki ekipmanların periyodik bakımları zamanında yapılır ve böylece kazaların ve arızaların önlenmesine katkı sağlar.

✓ **Personel İzleme:** İSG açısından, çalışanların konumlarını izlemek önemlidir. RFID, çalışanların işyerindeki konumlarını izlemeye ve acil durumlar veya tahliye gerektiğinde hızlı müdahaleyi kolaylaştırmaya yardımcı olur.

✓ **Envanter Yönetimi:** İş sağlığı ve güvenliği, doğru envanter yönetimini gerektirir. RFID, envanterin doğru bir şekilde takip edilmesini ve eksikliklerin hızla tespit edilmesini sağlar. Bu, işyerindeki eksik veya gereksiz ekipmanların sorunlarını çözmek için önemlidir (Barata ve Cunha, 2019; Topaloğlu ve Şahin, 2021).

5.4. Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Teknolojisi (RTLS):

Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Teknolojisi (RTLS), iş yerlerinde çalışanların ve ekipmanların sürekli olarak izlenmesini ve tanımlanmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu sistem, iş yerlerindeki faaliyetleri gerçek zamanlı olarak izleyerek iş güvenliği konusunda önemli avantajlar sunar.

RTLS, çalışanların ve ekipmanların konumunu sürekli olarak güncelleyebilir, böylece iş yerindeki tüm unsurları etkili bir şekilde izlemek mümkün olur. Bu, iş yerindeki hareketliliği ve etkinliği artırırken aynı zamanda iş güvenliği açısından da büyük bir avantaj sağlar.

İş yerlerindeki risklerin azaltılması ve kazaların önlenabilir hale gelmesi, RTLS'nin en önemli faydalarından biridir. Örneğin, tehlikeli bölgelere yaklaşan çalışanlar veya ekipmanlar hakkında anlık uyarılar ve bildirimler gönderilebilir. Bu, acil durumların hızlı bir şekilde ele alınmasına ve işyerindeki potansiyel tehlikelerin minimize edilmesine yardımcı olur.

Ayrıca, RTLS, iş yerindeki kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olabilir. İş yerindeki ekipmanların nerede olduğunu bilmek, iş süreçlerinin daha iyi planlanmasına ve kaynakların israfının önlenmesine katkı sağlar (Ekmekçi ve Ekmekçi, 2020; Topaloğlu ve Şahin, 2021).

5.5. AI Destekli Güvenlik Önlemleri:

Yapay Zeka destekli güvenlik önlemleri, iş yerlerindeki riskleri minimize etme ve çalışanların güvenliğini koruma konusunda önemli bir rol oynar. Bu teknoloji, veri analizi ve yapay zeka algoritmalarını kullanarak olumsuz koşullarda erken uyarılar sağlar.

İş yerlerindeki risklerin belirlenmesi ve izlenmesi, AI destekli güvenlik önlemlerinin temel amacıdır. Bu sistemler, iş yerindeki çeşitli verileri sürekli olarak analiz eder ve anormallikleri tespit eder. Örneğin, bir makine arızalandığında veya tehlikeli kimyasal maddelerin sızdığında, bu sistemler hızla uyarı verir. Bu, potansiyel tehlikelerin erken teşhisi ve iş yerindeki acil durumların hızlı bir şekilde ele alınmasını sağlar.

Ancak, bu teknolojinin otomatik müdahale yetenekleri dikkatli kullanılmalıdır. Otomatik müdahale, belirli koşullar altında tehlikeli durumları önlemek veya hafifletmek için kullanılabilir, ancak yanlış alarmlar veya gereksiz müdahaleler ciddi sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, yapay zeka destekli güvenlik önlemlerini uygularken, insan müdahalesine daima bir mekanizma bırakılmalıdır.

Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (EU-OSHA) tarafından yapılan araştırma (2021) ve Kahraman ve Özdemir'in çalışması (2022), yapay zeka destekli güvenlik önlemlerinin iş yerlerindeki riskleri azaltmada etkili olduğunu ve çalışanların güvenliğini korumak için potansiyel sağladığını göstermektedir. Bu teknoloji, iş yerlerinde daha güvenli bir çalışma ortamı yaratmada önemli bir araç olarak kabul edilmektedir.

5.6. Tehlikeli İşlerde Robotik Kullanımı:

Tehlikeli işlerde robotların kullanılması, iş yerindeki riskleri azaltır. Robotlar, potansiyel olarak tehlikeli görevleri üstlenir ve bu sayede insan çalışanları tehlikeli koşullardan uzak tutar. Örneğin, kimyasal madde taşıma veya yüksek ısıda çalışma gibi riskli görevlerde robotlar kullanılarak çalışanların sağlığı ve güvenliği korunur.

Ayrıca, robotlar insan hatalarını minimize eder. İnsanlar bazen dikkatsizlik veya yorgunluk nedeniyle hatalar yapabilirler. Robotlar ise programlandıkları şekilde işlerini hatasız bir şekilde gerçekleştirirler. Bu da iş yerindeki güvenliği artırır.

Ancak, robotik kullanımının bazı psikolojik etkileri vardır. İş yerinde insanlarla iletişim kurmayan veya çalışanların yerine geçen robotlar, çalışanlar arasında izolasyon hissine neden olabilir. Ayrıca, robotların performansı insanların işlerini yerine getirme yeteneklerini sorgulayabilir, bu da psikolojik baskılara yol açabilir (EU-OSHA, 2019, 2021; Kahraman ve Özdemir, 2022; Messenger vd., 2017; Stacey vd., 2018).

5.7. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, uygulamaların internet üzerinden bir uzak sunucuda çalıştırılması veya kullanıcı verilerinin bu sunucudan erişilebilir şekilde saklanması hizmeti olarak tanımlanabilir. Bu, bilgiye internet arayüzü aracılığıyla geniş bir kitle tarafından erişilebilir kılınmasını sağlar. Bulut bilişim, geçmişteki teknolojileri güncelleyerek ve geliştirerek, tüm kullanıcıların erişimine sunan yenilikçi bir yöntemdir. Bulut bilişimi kullanarak, istediğimiz bilgilere istediğimiz yer ve zamanda ulaşmak mümkündür. Çevre dostu olması, donanım problemlerinin ortadan kalkması, yüksek erişilebilirlik, esnek yapıya sahip olması gibi avantajlara sahiptir.

Bulut bilişimin birçok özelliği bulunmaktadır. Bu özellikler, hesaplama ve depolama kullanımı açısından klasik sistemlere kıyasla farklı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu farklar ve özellikler arasında sanallaştırma, istenildiğinde kaynak oluşturma, kullanılan kadar ödeme modeli, sanal depolama, dinamik kaynak oluşturma, sanal kümelenme, yüksek erişilebilirlik ve veri kurtarma yer almaktadır (Buyya, 2011).

Bulut bilişimin en temel avantajlarından biri, iş yerlerinde geleneksel bilgisayar donanımının gerekliliğini azaltmasıdır. İşletmeler artık karmaşık donanım altyapılarına yatırım yapma ihtiyacı duymadan bulut tabanlı hizmetleri kullanabilirler. Bu, işletmeler için maliyetleri düşürürken, iş süreçlerinin daha esnek hale gelmesini sağlar. İş gücünün uzaktan çalışma ve mobil erişim gibi esnekliklerden yararlanabilmesine olanak tanır.

Ancak, bulut bilişimin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için veri yönetimi ve güvenilirlik büyük önem taşır. Verilerin bulut üzerinde güvenli bir şekilde saklanması, yedeklenmesi ve yönetilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, veri güvenliği, yetkilendirme ve kimlik doğrulama gibi konular üzerinde özel bir vurgu yapılmalıdır. Veri yönetimi ve güvenilirlik konularına dikkat edilmesi gereken önemli faktörlerdir (Çelik, 2019; Topaloğlu ve Şahin, 2021).

5.8. Yenilikçi İSG Yazılımları:

Yenilikçi İSG yazılımları, iş yerlerinde iş güvenliği süreçlerini yönetme, raporlama, analiz etme ve zaman yönetimi konularında büyük bir yardımcıdır. İSG verilerinin toplanması ve analizi, işyerindeki risklerin belirlenmesine ve önlenmesine katkı sağlar. Ancak, uzaktan erişim açısından veri gizliliği konularına da dikkat edilmelidir. Çünkü bu tür yazılımlar, verilere çevrimiçi olarak erişim sağlayabilir, bu da veri gizliliği ihlali riskini taşır. Yenilikçi İSG yazılımları, işyerlerinde raporlama, analiz etme ve zaman yönetimi sağlar. Ancak, uzaktan erişim açısından veri gizliliği konularının dikkate alınması önemlidir (Kahraman ve Özdemir, 2022; Öztürk, 2020).

5.9. Giyilebilir dijital iş sağlığı ve güvenliği teknolojileri

Giyilebilir dijital iş sağlığı ve güvenliği teknolojileri, işyerlerinde çalışanları maruz kaldıkları tehlikeli maddelerden koruma amacı taşımakta ve aynı zamanda işlerin güvenli bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır. Bu teknolojiler, iş sağlığı ve güvenliği bağlamında büyük bir öneme sahiptir.

Örneğin, İnternet of Things (IoT) kullanarak, çalışanlar çevrimiçi ortamda takip edilebilir ve giyilebilir kablolar aracılığıyla izlenebilirler. Bu sayede, çalışanların sağlık

durumu ve performansları sürekli olarak gözlemlenir. Ayrıca, beyin sinyallerinin izlenmesi sayesinde riskli durumlar erken tespit edilir ve önlenir (Stacey vd., 2018). Bu, olası iş kazaları durumunda hızlı bir müdahaleyi mümkün kılar. Ayrıca, sensörler aracılığıyla çalışanların hareketleri ve psikolojik durumları izlenebilir (Barata ve Cunha, 2019; Romero vd., 2018).

Kişisel koruyucu donanımların içine entegre edilen izleme cihazları, çalışanların maruz kaldığı riskleri gerçek zamanlı olarak izleyerek erken uyarı sağlayabilir. Aynı zamanda, bu cihazlar, çalışanların davranışlarını olumlu yönde etkileyerek sağlık ve güvenliklerini artırıcı kişiye özgü gerçek zamanlı öneriler sunabilir (EU-OSHA, 2019, 2021; Stacey vd., 2018). Bu izleme cihazları, topladıkları verileri çalışanlara ve yetkililere ileterek, olağandışı davranışları tespit ettiğinde bu bilgileri bulut üzerinden ilgili birimlere iletebilir (Topaloğlu ve Şahin, 2021). Bu bilgiler, iş sağlığı ve güvenliği sorunlarının önceden tahmin edilmesine yardımcı olabilir ve müdahale gerektiğinde noktaları belirlemek için kullanılabilir (EU-OSHA, 2019, 2021).

Giyilebilir teknolojiler, iş sağlığı ve güvenliği alanında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, fiziksel olarak etkinleştirilmiş dış iskeletler, çalışanların vücut pozisyonlarını ve hareketlerini gerçek zamanlı olarak izleyebilir ve aynı zamanda ağır yükleri taşıma işleri sırasında kas sistemine binen yükü azaltabilir. Bu özellikle fiziksel engelli çalışanları desteklemek ve işle ilgili kas ve iskelet sorunlarını önlemek amacıyla kullanılır. Dijital olarak etkinleştirilmiş dış iskeletler, manuel işler sırasında yaralanma riskini azaltabilir ve operatörlerin vücut pozisyonlarını iyileştirmelerine yardımcı olabilir. Ancak, dış iskeletlerin kullanımı potansiyel riskler de taşıyabilir. Örneğin, dış iskeletler arızalandığında, çalışanlar tehlikeli durumlarla karşılaşabilirler (EU-OSHA, 2019; Stacey vd., 2018). Dış iskeletlerin fizyolojik, biyomekanik ve psikososyal uzun vadeli etkileri henüz tam olarak anlaşılmamaktadır, bu nedenle kişisel koruma önlemleri son çare olarak değerlendirilmelidir (EU-OSHA, 2019).

6. ENDÜSTRİ 4.0 DÖNEMİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

6.1. İSG 4.0 ve İş Verimliliği

İSG 4.0, endüstri 4.0 ve dijital dönüşümün İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanına başarılı bir şekilde entegre edilmesiyle ortaya çıkan, çalışanların sağlığını ve güvenliğini en üst düzeyde korumayı hedefleyen yeni bir kavramdır (Kahraman ve Özdemir, 2022; Tepe, 2021).

Endüstri 4.0 teknolojileri, işçilerin sağlığını ve güvenliğini artırmak, iş verimliliğini optimize etmek ve iş dünyasında daha sürdürülebilir bir gelecek oluşturmak için önemli bir araç olarak kabul edilmektedir (Romero vd. 2018). Akıllı giyilebilir cihazlar ve veri analitiği kullanarak İSG 4.0, iş yerlerinde üretkenliği, refahı ve güvenliğini artırmayı amaçlamaktadır (Romero vd. 2018).

İSG 4.0 ayrıca bilişsel iş yükünü ve fiziksel iş yükünü azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Giyilebilir teknolojiler, operatörlerin fiziksel iş yükünü izlemek ve azaltmak için kullanılır (Romero vd. 2018). Bu sayede, işçiler, potansiyel risklere daha önceden uyarılabilir ve önlem alabilirler. İSG 4.0 teknolojileri, işyerlerinde olası kazaları ve meslek hastalıklarını önlemeyi amaçlayarak daha güvenli çalışma ortamları oluşturmayı amaçlar (EU-OSHA, 2019; Stacey vd., 2018).

6.2. Dijital İSG Uygulamaları ve Çalışanlar Üzerindeki Etkiler

Dijital İSG uygulamalarının çalışanlar üzerindeki etkileri hem olumlu hem de olumsuz yönde olabilmektedir. Olumlu etkiler arasında, çalışanların daha etkili bir şekilde izlenebilmesi ve olası kazaların önlenmesi bulunmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde, riskli durumlar hakkında bilgi ve deneyim kazanma imkanı artmakta ve büyük veri ve IoT gibi teknolojiler ile hızlı analizler yapılarak olası riskler ve hastalıklar önceden tespit edilebilmektedir (Ekmekçi ve Ekmekçi, 2020). Ancak, bu teknolojilerin olumsuz etkileri de mevcuttur.

Özellikle teknolojinin hızına ayak uydurabilme zorunluluğu, çalışanların sürekli olarak öğrenme ve kendini geliştirme ihtiyacını doğururken, yaygın izleme teknolojileri çalışanlar arasında stres ve güvensizlik duygularını artırabilir (EU-OSHA, 2019, 2021; Stacey vd., 2018). Ayrıca, uzun süreli ekran kullanımının göz sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu ve ruhsal hastalıkların yaygınlaşacağı düşünülmektedir (Öztürk, 2020).

Özellikle çalışanların uzaktan çalıştığı durumlarda, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin eksiksiz bir şekilde uygulanması gereklidir. Uzaktan çalışanların çalışma koşullarının düzenli olarak değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması, iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Çelik, 2019). İş sağlığı ve güvenliği konularında bilinçli olmak ve bu konuda gerekli tedbirleri almak, hem çalışanların sağlığını korumak hem de iş verimliliğini artırmak açısından önemlidir. Bu nedenle, iş yerlerindeki iş sağlığı ve güvenliği politikalarının, uzaktan çalışma modeline uygun bir şekilde güncellenmesi gerekmektedir.

Endüstri 4.0, iş süreçlerinin dijitalleşme ve entegrasyon yoluyla iyileştirilmesini hedefleyen bir endüstri dönemi olarak kabul edilmektedir. Bu yeni dönem, üretim sistemlerinin bilgi ve iletişim teknolojileri, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve siber-fiziksel sistemlerin (CPS) entegrasyonu ile büyük değişikliklere yol açmaktadır.

6.3. Endüstri 4.0'ün iş hayatındaki değişim etkilerine karşı olası önlemler

Endüstri 4.0'ün iş dünyasındaki değişim etkilerine karşı alınabilecek önlemler çerçevesinde, çalışma hakları ve sendikal haklar konusunda yapılan düzenlemeler hayati bir öneme sahiptir. Çalışma haklarının güvence altına alınması, çalışanların bu hakları bilmesi ve kullanabilmesi için önemlidir. Çukur (2004) bu konuda çalışanların çalışma haklarını yeterince bilmemesinin, haklarını aramalarını zorlaştırdığını belirtmektedir.

Ayrıca, sendikal haklara erişim, esnek çalışma koşullarına da uyarlanmalıdır. Sendikal haklar gibi diğer çalışma hakları, bu yeni döneme uygun şekilde güncellenmelidir. Özellikle değişim dönemlerinde, çalışanların topluca hak ve menfaat arayabilmesi için sendikal hakların esnek çalışma türlerine de uyarlanması gerekmektedir. Bu noktada, mevcut yapıda sadece tam zamanlı çalışanların

kazanabildiği sendikal hakların, esnek çalışma türlerinde de ulaşılabilmesini sağlayacak düzenlemeler ve etkili denetimler gerekmektedir. Oylar ve Tekin (2011), çalışanların sendikal haklara erişimi açısından bu tür düzenlemelerin önemini vurgulamaktadır.

Kayıt dışı çalışma, hem bugüne hem de geleceğe olumsuz etkiler taşır. Bu nedenle, kayıt dışı çalışmanın önlenmesi için sistemli ve sürekli çabalar gerekmektedir. Dijital takip sistemleri, kayıt dışı çalışmanın önlenmesine yönelik etkili bir araç olabilir. Ayrıca, kayıt dışı uygulama yapan kurumlar ve çalışanlara pişman olmalarını sağlayıcı yaptırımlar uygulanmalıdır.

Eğitim ve bilinçlendirme, Endüstri 4.0 döneminde bireylerin uyum sağlamaları için kritik öneme sahiptir. "Hayat boyu öğrenme" anlayışı, yeni beceriler kazanma ve geliştirme fırsatları sunar. Breedlove (2021), emekli olan bazı kişilerin dijital platformlar aracılığıyla yeni beceriler kazanarak aktif bir şekilde katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Kurumsal dönüşüm, iş dünyasının bu yeni döneme uyum sağlaması için gereklidir. Kar amaçlı veya kar amacı gütmeyen kurumlar, stratejik yetkinliklerini geliştirerek rekabet avantajı elde etmeyi amaçlarlar. Değişim yönetiminde, tüm kurumların, devletin ve sivil toplum kuruluşlarının işbirliği yaparak bireyleri ve toplumu bu döneme hazırlamaları gerekmektedir. Lane ve Saint-Martin (2021), kurumsal dönüşümün önemini vurgulamaktadır.

Dijitalleşme bağlamında iş sağlığı ve güvenliği (İSG) zorluklarını aşmak için çeşitli çözüm önerileri mevcuttur (EU-OSHA, 2019, 2021; Polak-Sopinska vd., 2020; Öztürk, 2020). Bunlar aşağıda sunulmuştur:

- Etik Çerçeve Oluşturulmalıdır: İSG konusunda etik bir çerçeve oluşturmak, teknolojinin iş dünyasına entegrasyonu sırasında etik değerleri korumak için kritik öneme sahiptir. Bu çerçeve, çalışanların gizliliğini, kişisel verilerinin korunmasını ve dijital izleme sınırlarını belirlemelidir. Ayrıca, İSG uygulamalarının insan haklarına saygılı olduğundan emin olmalıdır.

- İSG Yükümlülükleri ve Sorumlulukları Netleştirilmelidir: İSG uygulamalarının işyerlerindeki görev ve sorumlulukları netleştirilmelidir. Bu, İSG uzmanlarının ve çalışanların neyin beklediğini daha iyi anlamalarını sağlar. Özellikle dijitalleşme sürecinde yeni teknolojilerin kullanımı ve risklerin yönetimi için net talimatlar ve politikalar oluşturulmalıdır.
- Çalışanlara eğitimler verilmelidir: Dijitalleşme, çalışanların teknolojiyi etkili bir şekilde kullanabilme yeteneklerini geliştirmelerini gerektirir. Bu nedenle çalışanlara, yeni teknolojilere nasıl yaklaşacaklarını ve bu teknolojileri güvenli bir şekilde nasıl kullanacaklarını öğretecek eğitimler verilmelidir.
- İSG ve Siber Güvenlik İşbirliği Sağlanmalıdır: İSG uzmanları ile siber güvenlik uzmanları arasında yakın işbirliği sağlanmalıdır. Çünkü teknolojinin işyerlerine daha fazla entegre olması, siber güvenlik tehditlerini artırabilir. Bu nedenle, İSG ve siber güvenlik ekipleri, birlikte çalışarak hem fiziksel hem de dijital güvenliği sağlamalıdır.
- Çok Disiplinli Yaklaşım Benimsenmelidir: Dijitalleşme sürecinin İSG alanındaki etkilerini anlamak ve yönetmek için çok disiplinli bir yaklaşım benimsenmelidir. Mühendisler, BT uzmanları, psikologlar, ergonomistler, sosyal ve mesleki bilimciler, tıp pratisyenleri ve tasarımcılar gibi farklı uzmanlık alanlarından gelen ekipler bir araya gelerek bu zorlukların üstesinden gelebilirler.
- Dijitalleşmenin Sunduğu Fırsatlar Değerlendirilmelidir: Dijitalleşme, İSG açısından yeni fırsatlar sunar. Örneğin, veri analitiği sayesinde işyerindeki riskler daha iyi anlaşılabilir ve önlenir. Ayrıca, akıllı makineler ve robotlar, tehlikeli görevleri insanlar yerine yapabilirler. Bu fırsatlar en iyi şekilde değerlendirilmeli ve iş sağlığı ve güvenliği açısından iyileştirmelere yol açmalıdır.

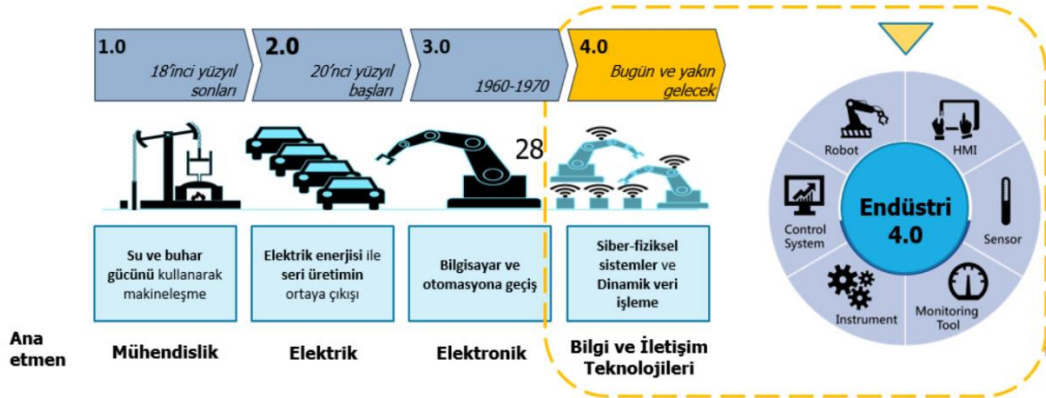
6.4. Dijital İş Sağlığı ve Fiziksel Risk Etmenleri

Dijitalleşme süreci, iş sağlığı ve güvenliği açısından bazı zorlukları beraberinde getirmektedir. Bunlar arasında düzenlemelerin yetersiz olması, esnek çalışma biçimlerinin yaygınlaşması, yöneticilerin sorunlardan habersiz olması, işbirliği sorunları ve siber güvenlik gibi konular bulunmaktadır (EU-OSHA, 2021; "Staying Safe: 10

Challenges of Digitalization", 2020). Bu zorluklar, iş sağlığı ve güvenliği alanında yeni çözümler geliştirilmesini gerektirmektedir.

Bu durum, fiziksel olarak ofiste bulunma gerekliliğinin azalmasına yol açmış ve iş süreçlerinin uzaktan yürütülmesine olanak tanımıştır. Ancak, bu değişiklikler, ofislerde çalışan sayısının artmasına ve dolayısıyla iş kazaları ve meslek hastalıkları riskinin artmasına neden olmuştur. İşyerinde daha fazla çalışanın bulunması, iş sağlığı ve güvenliği açısından daha fazla sorumluluk getirmiştir. Artan iş yükü ve iş süreçlerinin karmaşıklığı, iş kazaları ve meslek hastalıkları riskini artırmıştır. Dolayısıyla, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin ofis ortamında da uygulanması önem kazanmıştır.

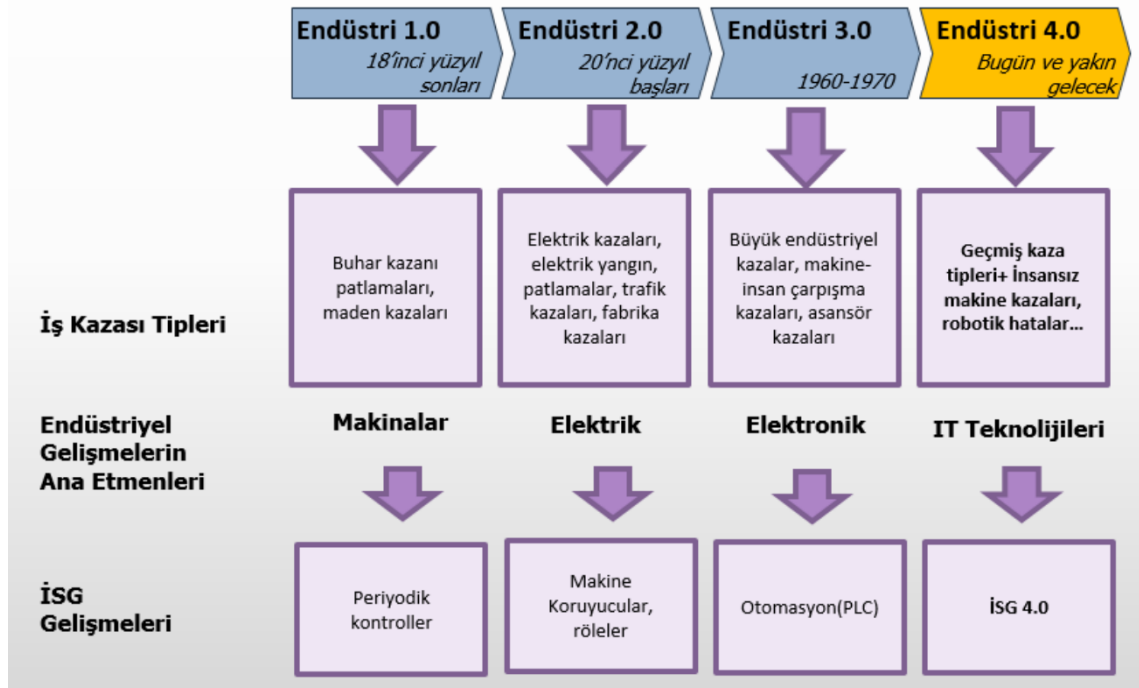
Endüstri 4.0, işletmelerin bilişim teknolojilerini kullanarak yaşamsal mekanizmaları entegre etmeyi amaçlayan bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu yaklaşımın temelini, çalışma ortamlarının entegre sistemlerle donatılması oluşturur. Bu bağlamda, Endüstri 4.0, yeni üretim stratejileriyle birlikte yeni tedbirlerin ve yönetim süreçlerinin güncellenmesini gerektiren bir zorunluluğun sonucu olarak gündeme gelmiştir (Özçelik ve Uluğtekin, 2018).



Şekil 6.1. Endüstri 4.0 ve Dönemlere Öncülük Eden Gelişmeler

Endüstri 4.0'ın temel özellikleri arasında karşılıklı çalışabilirlik, insanlar ile robotlar arasındaki etkileşim, sanal ortam oluşturma, insanlarla makineler arasındaki fiziksel bağlantının olmaması, bağımsız yönetim, robotik sistemlerin veri analizlerine dayalı olarak üretim kararları alabilme yeteneği, gerçek zamanlı yetenek, veri

değişimine doğrudan müdahale ve üretimin yeniden şekillendirilmesi, hizmet odaklı yaklaşım, robotların hızlı erişilebilirliği ve modülerlik bulunmaktadır (Aktürk ve Karadağ, 2020).



Şekil 6.2. Endüstriyel Dönüşümler ve İş Sağlığı ve Güvenliğinin Dönüşümü

Endüstriyel dönüşümler ve iş sağlığı ve güvenliği alanındaki değişimler, yeni iş kazaları ve meslek hastalıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Özellikle insansız makine kazaları ve robotik hatalar gibi olaylar, işyerlerinde yönetimsel süreç değişiklikleriyle ilişkilendirilir. Bu değişimlerin öne çıktığı bir dönem olan Endüstri 4.0, meslek hastalıkları bakımından da risk faktörlerinin değişmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, işyeri hekimleri bu değişim süreçlerini göz önünde bulundurarak muayene ve tedbirlerini revize etmek zorundadırlar.

Gelişen teknolojiye bağlı olarak, gürültü maruziyetiyle mücadelede yalıtımlı kabinlerin kullanılması ve bu kabinlerden makinelerin kontrol edilmesi gibi yeni yöntemler uygulanabilir. Aynı şekilde, titreşim maruziyetini azaltmak için makinelerin uzaktan kontrol edilmesi ve temasın sınırlandırılması, işçilerin sağlığını koruma konusunda önemli adımlardır. Ayrıca, aydınlatma sistemlerinin kontrolünün panel veya

bilgisayarlar aracılığıyla yapılması, çalışanların yapay ışık kaynaklarına maruziyetini belirli ölçülerde sınırlayabilir.

Endüstri 4.0'ın etkisiyle, işçilerin termal koşullara karşı korunması ve fiziksel risk faktörlerinin azaltılması konusunda yeni yöntemler geliştirilebilir. Bu, soğuk ve karanlık fabrikaların daha güvenli ve verimli hale getirilmesine olanak tanır. Sonuç olarak, iş sağlığı ve güvenliği süreçlerine Endüstri 4.0'ın katkıları, işçilerin sağlığını ve güvenliğini koruma açısından büyük önem taşır (Can ve Çelik, 2019).

Endüstri 4.0'ın iş hayatına getirdiği değişiklikler, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) süreçlerinde önemli dönüşümlere yol açmaktadır. Teknolojik ilerlemeler, İSG alanında çeşitli etkilere sahiptir. İş koşullarındaki riskler ve tehlikelerin gözden geçirilmesi, yeni risk analizlerinin hazırlanması, önleyici politikaların oluşturulması ve personelin yeni üretim sistemleri konusunda eğitilmesi gibi önemli değişikliklerle birlikte gelir. Endüstri 4.0 ve İSG 4.0'nin uyumu, insansız ve daha verimli fabrikaların oluşturulmasını mümkün kılar. Bu dönüşümler aynı zamanda insan-makine etkileşiminin azaltılması, insana ve robotlara dayalı üretim hatlarının kurulması, makine emniyet standartlarının yenilenmesi ve yeni ulusal ve uluslararası standartların oluşturulmasını da içerir (Ekmekçi, 2020).

Endüstri 4.0 süreci, çalışanlar için İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) riskleri açısından bir dizi potansiyel tehlike ortaya çıkarabilir. Öncelikle, daha esnek ve dinamik üretim faaliyetlerinden kaynaklanan zihinsel ve iş yükünden kaynaklanan psikolojik riskler, fiziksel risklerden daha olumsuz psikolojik sonuçlara yol açabilir. Otomatik sistemlerle çalışan ekipmanları izlemeye, günlük karar vermede ve uçtan uca mühendislik uygulamalarında, çalışanların ergonomik hareket etmeleri ve etkileşim yeteneklerine sahip olmaları gerekmektedir (Thoben et al., 2014). Ancak, bu durum ek İSG risklerine yol açabilir.

Endüstri 4.0 sürecinde, vasıflı işçilere olan ihtiyaç artmaktadır, çünkü işçiler kullanma, yönetme ve müdahale etme yeteneğine sahip olmalıdır. Bu durum, vasıfsız işçiler için ömür boyu öğrenmenin iş bulunabilirlik koşulu haline gelmesi nedeniyle yaşlı işçiler için işsizlik riski doğurabilir (Acatech, 2013). Dijital gözetim cihazlarının

kullanımı, işyerinde belirsizlik ortamına, kişisel gizlilik ihlaline ve psikolojik baskıya neden olarak çalışanların sağlığını etkileyebilir. Ayrıca, ileri teknoloji, genel çalışanlar ile yönetici seviyesindeki ilişkileri zayıflatabilir ve çalışanların stresini artırarak uzun vadede sağlık sorunlarına yol açabilir (EU-OSHA, 2017).

Endüstri 4.0 süreci, çalışanlara daha fazla özerklikle çalışma ve rutin görevleri azaltma fırsatı sunar. Ancak, bu durum iş-yaşam dengesini bozabilir ve bireyin çıkarlarına karşı potansiyel olarak gelebilir (Ben-Ner and Urtasun, 2013). İSG, geniş bir anlamda, çalışanların, taşeronların ve geçici işçilerin refahını etkileyen tehlikeler ve risk faktörleri üzerinde yoğunlaşan bir çalışma olarak düşünülebilir (Kılıkış, 2022). Günümüzde bir işte çalışmak, istatistiklere göre savaşımlardan üç buçuk kat daha tehlikeli hale gelmiştir.

Endüstri 4.0 süreci, çalışma ortamlarını daha güvenli ve sağlıklı hale getirme potansiyeline sahiptir. Takılabilir teknolojiler ve izleme teknolojileri, çalışanların güvenliğini korumaya yardımcı olabilir ve önleyici önlemleri gerçek zamanlı olarak bildirebilir. Ayrıca, robotlar ve yapay zeka, tehlikeli durumları önceden tahmin edebilir ve İSG yönetimi algoritmalarını kullanarak uygun önlemleri alabilir. Bu teknolojik gelişmeler, işyerindeki riskleri önemli ölçüde azaltabilir ve çalışanların güvenliğini artırabilir (Lee et al., 2014).

Endüstri 4.0 süreci, endüstriyel robotların kullanımını teşvik ederek, montaj, temizlik, kaynak ve benzeri işlerde çalışanların güvenliğini artırabilir. Ayrıca, robotlar ve yapay zeka, çalışanların iş performansını artırabilir ve kas-iskelet sistemi yaralanmalarının riskini azaltabilir. Bu teknolojik gelişmeler, işçilerin refahını korumak için önemli bir rol oynayabilir (Wang et al., 2016). Ancak, Endüstri 4.0 süreci, çalışanlar için bir dizi İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) sorununu beraberinde getirebilir. Thoben ve diğerleri (2014) tarafından belirtildiği üzere, daha esnek ve dinamik üretim süreçleri nedeniyle ortaya çıkan zihinsel aşırı yük ve iş yükü, çalışanların üzerinde olumsuz psikolojik etkilere neden olabilir. Aynı şekilde, çalışanların kendi inisiyatifleriyle daha ergonomik hareket etmeleri ve olağanüstü etkileşim becerilerine sahip olmaları gereken durumlar, ek İSG riskleri doğurabilir.

Endüstri 4.0 sürecinde, vasıflı işçilere olan talep artarken, vasıfsız işçilere olan talep azalabilir. Acatech (2013) tarafından belirtildiği gibi, özellikle yarı vasıflı işçiler için endüstriyel otomasyonun zorlu görevler nedeniyle iş bulunabilirlik için ömür boyu öğrenmeyi bir önkoşul haline getirmesi, yaşlı işçilere yönelik işsizlik riskini artırabilir. Ayrıca, dijital gözetim cihazlarının kullanılmasıyla çalışanların davranışlarını sürekli izlemek, kişisel gizlilik ihlali ve psikolojik baskı gibi sorunları beraberinde getirebilir (EU-OSHA, 2017). Gelişmiş teknolojinin genel çalışanlar ile yönetici seviyesindeki çalışanlar arasındaki ilişkileri zayıflatabileceği bu durum, çalışanların işle ilgili stresini artırabilir ve uzun vadede sağlık sorunlarına neden olabilir.

Endüstri 4.0 süreci, çalışanlar arasındaki hiyerarşik baskıyı artırabilir ve geleneksel iş yerlerinde ortaya çıkan stresi ve bağlı hastalıkları artırabilir. Ben-Ner ve Urtasun (2013) tarafından vurgulandığı gibi, daha büyük bir esneklik ve sanal erişim, bireyin iş-yaşam dengesini bozabilir. İşbirliği robotları gibi yenilikçi teknolojilerin eksik standartlar nedeniyle yeni türde kaza riskine yol açabileceği unutulmamalıdır (ISO, 2011). Mühendislik hataları, insan hataları veya yanlış programlamadan kaynaklanan üretim hataları, Vasic ve Billard (2013) tarafından belirtildiği gibi, robotlar etrafında çalışanlara zarar verebilir. İşyerlerinde kullanılan artırılmış gerçeklik teknolojileri, çalışanların sanal dünya ile gerçek dünya arasında bir uyumsuzluk yaşadıklarında artan gerilim yaşayabilir (Lorenz ve diğerleri, 2015).

Bu bağlamda, Podgórski ve diğerleri (2017) tarafından öne sürüldüğü gibi, Endüstri 4.0 sürecinin İSG üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, akıllı cihazların kullanımının çalışma şeklini değiştirdiğini ve üretim süreçlerini daha karmaşık hale getirdiğini gösteriyor. Bu yeni sorunlara çözüm olarak, daha kişiselleştirilmiş ve dinamik bir risk yönetimi paradigmasına dayanan daha etkili bir İSG yönetim sistemi önerilmiştir.

İSG yönetimi, endüstriyel işletmelerin karşılaştığı karmaşık ve dinamik tehlikeler ve risklerle başa çıkmak için sürekli olarak gelişen bir disiplindir. Bu alandaki yenilikler, iş sağlığı ve güvenliği kültürünü iyileştirmeye ve çalışanları korumaya yönelik daha etkili stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Endüstri 4.0

sürecinde iş sağlığı ve güvenliği sorunlarına odaklanmak, çalışan refahını artırmak ve işyerlerini daha güvenli hale getirmek için önemli bir adım olacaktır.

6.4.1. Mevcut Riskler

Günümüz iş dünyasında, hızla gelişen dijital teknolojilerin etkisiyle iş sağlığı ve güvenliği açısından yeni zorluklar ortaya çıkmaktadır. Fiziksel riskler, gürültü, titreşim ve elektromanyetik alanlar gibi etkenleri içerirken, kimyasal risklerin kontrolü ve robot teknolojilerinin kullanımı işyerindeki tehlikeleri azaltabilir. Ayrıca, biyolojik riskler, pandemilerin etkisiyle daha fazla önem kazanmıştır. Ergonomik riskler ise dijital teknolojilerin yaygınlaşması ile kas-iskelet sistemi sorunlarının artmasına yol açabilir. Bu başlık altında, işyerlerindeki riskleri ele alınmış, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ergonomik risklerin iş sağlığı ve güvenliği açısından önemini vurgulanmaktadır.

- **Fiziksel Riskler:** Çalışanlar için hala mevcut olan fiziksel riskler, gürültü, titreşim ve ışın gibi unsurları içermektedir (Çelik, 2019; Tepe, 2021). Özellikle, IoT gibi teknolojilerin yaygınlaşması, elektromanyetik alanlarla ilgili riskleri artırabilir. Ayrıca, uzun süreler boyunca ekranlara bakma ve yapay aydınlatma kullanma, çalışanların görme sorunları yaşama riskini artırabilir.

- **Kimyasal Riskler:** Çalışma alanındaki makine sayısının artışı, toz miktarının artmasına yol açabilir (Çelik, 2019). Ancak, kimyasal risklerin bulunduğu alanlarda robotlar kullanıldığında, bu risk faktörleri insanlar için ortadan kalkabilir. Yine de, yeni teknolojilerin hızlı gelişimi, iş sağlığı ve güvenliği rehberlik ve standartlarında eksiklik sorunlarına yol açabilir. Bu da yeni teknolojilerin kullanımının yeni tür iş kazalarına yol açabileceği anlamına gelir. Özellikle çalışanların robotlarla doğrudan temas etmeleri veya bu ekipmanları kullanmaları, yaralanma ve kaza riskini artırabilir.

- **Biyolojik Riskler:** Yeni teknolojilerin kullanılması, mikroorganizmalardan etkilenme oranını azaltabilir (Çelik, 2019). Ancak, biyolojik riskler diğer risk faktörlerine göre daha az önemsenen bir konu olarak görülebilir. Özellikle, küresel çapta etkiler yaratan Covid-19 hastalığı ile biyolojik risklerin önemi daha iyi anlaşılmıştır.

- **Ergonomik Riskler:** Esnek çalışma modelleri ve dijital teknolojiler, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının yaygınlaşmasına neden olabilir (EU-OSHA, 2019). Bu, oturuş

bozukluğu gibi sorunların ortaya çıkmasına yol açabilir. Ayrıca, teknolojiye aşırı güven, vasıfsızlaşma riskini artırabilir. Nitelikli eleman eksikliği de bu konuda önemli bir sorun olabilir.

6.4.2. Yeni Riskler

- Dijital İş Sağlığı ve Güvenliği, hızla gelişen teknolojilerin iş dünyasına getirdiği yeni zorlukları da ele almaya başladı. İnternet bağlantılı sistemlerin yaygınlaşması, gizlilik, güvenlik, ve iş sürekliliği risklerini artırırken; kimyasal risklerin azalması robot teknolojilerinin artışı ile ilişkilendirilirken; rehberlik eksikliği yeni kaza türlerinin oluşmasına yol açmaktadır. Aynı zamanda, pandemilerin vurguladığı biyolojik risklerin önemi artmıştır. Bu başlık altında, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının karşılaştığı bu yeni sorunlar sunulmuştur.

- Gizlilik ve Güvenlik: Yeni teknolojiler, internete bağlı olduğu için gizlilik ve güvenlik sorunları ortaya çıkabilir (EU-OSHA, 2019, 2021; Lopez vd., 2019). İşletmeler, bu yeni sistemlerle karşılaştığında gizlilik, güvenlik ve işlevsel güvenlik konularında yeni zorluklarla karşılaşabilir.

- İş Kazası: Çalışma alanındaki kimyasal risklerin azalması, robotların kullanılmasıyla ilişkilendirilebilir (Öztürk, 2020). Ancak, rehberlik ve standart eksikliği nedeniyle yeni teknolojiler, yeni bir kaza türünün oluşmasına yol açabilir. Özellikle, çalışanlar robotlarla doğrudan temas ettiklerinde veya bu ekipmanları kullandıklarında yaralanma ve kaza riski artabilir.

- Meslek Hastalıkları: Biyolojik riskler, genellikle diğer risk faktörleri karşısında daha az öncelikli bir konu gibi görünse de, küresel çapta etkiler yaratan Covid-19 hastalığıyla birlikte bu konunun önemi daha net anlaşılmıştır (Öztürk, 2020). Özellikle, hareketsiz çalışma ve aşırı teknoloji maruziyeti, ilerleyen zamanlarda ortaya çıkabilecek meslek hastalıklarını tetikleyebilir. Bu hastalıklar arasında obezite, kalp rahatsızlıkları, uyku bozuklukları, anksiyete, asosyalite ve dikkat eksikliği, teknoloji bağımlılığı gibi sağlık sorunları yer almaktadır.

- Çevrimiçi Çalışmaya Bağlı Riskler: Çevrimiçi çalışmaya bağlı riskler konusunda ise düzensiz çalışma saatleri ve iş-özel hayat dengesizliği gibi psikososyal risklerin artabileceği belirtilmiştir (EU-OSHA, 2019; Çelik, 2019). İş ve sosyal zaman kavramlarının karışması, çalışanların genel sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu

riskler arasında stres, konsantrasyon bozukluğu, tükenmişlik, memnuniyetsizlik, sürekli performans değerlendirmesi, iş-aile-yaşam çatışması, eğitim fırsatlarının eksikliği, sosyal izolasyon, depresyon, işlerin daha dar içeriğe bölünmesi, istihdam belirsizliği, gelir ve iş güvencesizliği, bireyselleşme, hastalık maaşı ve tatil ücreti belirsizliği gibi unsurlar bulunmaktadır. Ayrıca, aşırı ekran süresinin depresif belirtileri ve internet bağımlılığını artırabileceği önemle vurgulanmalıdır.

- Uzaktan çalışma, iş sağlığı ve güvenliği uzmanları için büyük sorumluluklar içermektedir. İş sağlığı ve güvenliği açısından uzaktan çalışan bireylerin daha fazla kontrol ve denetime ihtiyaçları vardır (Messenger vd., 2017). Ayrıca, değişen risk faktörlerine yönelik düzenlemelerin güncellenmesi, işverenlerin bu risk faktörlerini sürekli izlemesi ve yeni risk faktörleri için çözümler araması gerekmektedir (Öztürk, 2020).

6.5. Endüstri 4.0 Sürecinde İş Sağlığı ve Güvenliği

Sanayi Devrimleri, üretim yöntemlerindeki gelişmelerle birlikte İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) önlemlerini ve yönetim sistemlerini hızla geliştirmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) prensipleri çerçevesinde, İSG; tüm çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal sağlığını ve refahını, çalışma tarzlarından bağımsız olarak en üst düzeye çıkarmayı amaçlar (Bingöl, 2014). İSG hakkı, çalışanların işyerlerini İSG koşullarına uygun hale getirme talebi olarak ifade edilir (Süzek, 2019). Bu sistemin etkili bir şekilde çalışabilmesi için işçi, işveren ve devletin temel sosyal ortaklar olarak katılımını sağlamak son derece önemlidir. Bu ortaklar, İSG ile ilgili koruyucu (reaktif) ve önleyici (proaktif) politikaların oluşturulmasında, İSG kültürünün oluşturulmasında, bildirim, eğitim ve denetim sonuçlarının etkili ve verimli bir şekilde değerlendirilmesinde, teorik ve pratik eğitimlerin gerçekleştirilmesinde ve yasal kuralların ve yaptırımların uygulanmasında sorumluluk taşırlar (Bilir ve Yıldız, 2013).

Bu bağlamda, İSG, geniş bir perspektifte, çalışanların, taşeronların ve geçici işçilerin yanı sıra işyeri ziyaretçileri, müşteriler ve üretim alanı içinde ve çevresinde yaşayan insanları etkileyen tehlikeleri ve risk faktörlerini ortaya çıkarmayı, ortadan kaldırmayı veya azaltmayı amaçlayan çalışmalar olarak düşünülebilir (Kılıkış, 2022).

Özellikle günümüzde, bir işte çalışmak istatistiksel olarak savaşımlardan üç buçuk kat daha tehlikeli hale gelmiştir. Endüstri 4.0 süreci ile birlikte birçok yenilik ortaya çıksa da, insan-makine etkileşimi çerçevesinde yeni sorunlar da ortaya çıkmaktadır.

Dördüncü Sanayi Devrimi, üretimin dijitalleşmesini sağlayarak, işletmelere tam otomasyon sağlayan, kendi kendini kontrol eden, IT tabanlı ve sensörle donatılmış ekipman ve makineler aracılığıyla üretimi iyileştiren bir süreçtir (Rüßmann et al., 2018). Bu sistem içinde iş örgütlerinin temel özellikleri değişmekte ve çalışanlar, bilgi odaklı üretim modelinde, merkezi olmayan karar alma ve üretken süreçlerin sürekli değerlendirilmesini içeren bir rol oynamaya başlamaktadır (Sanders et al., 2016). Bu, çalışanlara daha otonom bir şekilde çalışma ve rutin görevleri azaltma fırsatı verirken, daha yüksek katma değerli faaliyetlere katılarak kendilerini geliştirmelerine olanak tanır (ERPS, 2015).

Endüstri 4.0'ın inherent organizasyon karmaşıklığı nedeniyle, bu süreç, çalışanlara iş gereksinimlerine daha fazla uyumluluk sağlayabilen daha esnek çalışma ortamlarına ihtiyaç duyar. Bu, iş-özel hayat dengesi kurma ve profesyonel gelişim süreçlerine devam etme konusunda çalışanlara daha büyük adaptasyon yeteneği sunan esnek çalışma ortamları gerektirir. Ayrıca, üretim konturlarındaki bilgi akışının daha iyi organize ve şeffaf bir iş yönetimini mümkün kılması beklenmektedir. Bu nedenle, Endüstri 4.0 süreci, iş gücü üzerinde hiyerarşik baskı, akıllı güvenlik teknolojileri ve sanal mühendislik temelinde sürekli risk analizi ile işi daha güvenli ve sağlıklı bir duruma dönüştürebilir (Lira ve Borsato, 2016).

Giyilebilir teknolojiler (örneğin sensör entegre kasklar, bilezikler, dijital saatler) ve takip teknolojileri, çalışanların uzun süreli İSG riskine maruz kaldığı tehlikeli çalışma ortamlarında güvenliklerini sağlamalarına yardımcı olabilir. Bu sistem, çalışanın sağlık durumunu sürekli olarak izlemesinin yanı sıra, makine, ekipman ve işletmenin durumunu da izleyerek önleme tedbirlerinin alınması gerektiği konusunda gerçek zamanlı uyarılar sağlayabilir (EU-OSHA, 2017). Bu tür teknolojiler, işçileri izlemek, tehlikeli davranışlarda çalışmayı durdurmak, güvenlik prosedürlerini etkin bir şekilde uygulamak, yaralanmaları ve kazaları önlemede yardımcı olmak için

tasarlanabilir ve bir işçinin yardım almasına olanak tanımak için kullanılabilir (Malinovski et al., 2015).

Ayrıca, kendini farkındalığı ve öğrenme yeteneğine sahip, gelişmiş bir analiz sistemi ile donatılmış robotlar, iş yürütme sırasında tehlikeli durumları öngörebilir ve farklı İSG yönetimi algoritmalarını kullanarak istenmeyen durumları ön görmekte yardımcı olabilir. Bu süreçte, bu makineler, teknolojik izleme sonucu elde edilen verileri yorumlayacak ve yapay zeka yardımıyla en uygun eylemi seçmeye karar verecektir. Böylece, Endüstri 4.0'ın ilerlemeleri ile üretim alanındaki ve dışındaki işçilerin kaza, hastalık veya meslek hastalığı riskleri daha büyük ölçüde engellenebilmektedir (Lee et al., 2014).

Endüstri 4.0'ın teknolojik ilerlemeleri, bilişsel analitikle entegre olarak çalışanların güvenliğini ve refahını destekleyerek yeteneklerini artırabilir. Bu süreç, dayanıklılığı ve hassasiyeti artırılmış, karmaşık görevlere uygun endüstriyel robotları oluşturmayı hedefleyen robot teknolojilerinden faydalanmaktadır (ISO, 2011). Bu sayede üretim miktarı ve kalitesi artırılarak, çalışanlar travmatik veya ölümcül yaralanmalardan, kas-iskelet sistemi hastalıklarından, meslek hastalıklarından korunabilir; ayrıca ürün ve hizmet maliyetleri azaltılabilir (Huen et al., 2015). Ayrıca, riskli operasyonlarda insanların yerine özel makineler ve robotlar kullanılarak, işçilerin refahı korunabilir, örneğin felaket bölgelerinde. Bu tür robotlar genellikle insan operatörü tarafından kontrol edilir ve çevre ile ilgili bilgileri aktararak etkileşime girerler (NIOSH, 2014).

İnsan-robot işbirliği olarak adlandırılan bu tür bağımlı insan-robot ilişkisinde, insanın beceri, çeviklik ve problem çözme yetenekleri robot özellikleri ile genişletilir (Vasic ve Billard, 2013). Ayrıca, insan çalışanların görevlerini yerine getirirken ağırlık kaldırma gibi görevleri yerine getiren giyilebilir robot exoskeleton'lar, insan çalışanların dayanıklılığını artırabilir. Aynı zamanda, olumsuz sağlık etkilerini ve yaralanma olasılığını azaltmaya yönelik olarak geliştirilmiş ve üretkenliği ve çalışan refahını artırmayı hedefleyen (Leso et al., 2018:). Bu araçlar, yaş, cinsiyet ve kültürel farklılıklarla birlikte iş kazası geçirmiş veya çalışma sürecinde yaralanmış işçilere daha esnek ve sosyal olarak dahil edici bir çalışma ortamı sağlayabilir (Reinert, 2016: 391).

6.6. Endüstri 4.0 ve İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi

Günümüz iş dünyasında dijital teknolojilerin hızlı gelişimi, iş sağlığı ve güvenliği açısından yeni zorluklar yaratmaktadır. Bu değişim, iş yerlerinde fiziksel bulunma gerekliliğinin azalmasına ve esnek çalışma biçimlerinin yaygınlaşmasına neden olmuştur (Öztürk, 2020). İş yerlerinde fiziksel bulunma gerekliliğinin azalması, dijital teknolojilerin ilerlemesi sayesinde çalışanların uzaktan çalışma imkanına sahip olmalarını kolaylaştırmıştır.

Özellikle önceden iş sağlığı ve güvenliği yönetimiyle elde edilen sonuçların tehlikeye girmemesi için üreticiler, araştırmacılar ve uzmanlar birlikte çalışmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği konularında farkındalık yaratılması ve bu konuda daha fazla çalışma yapılması gereklidir (Arana-Landín, 2023).

Dijitalleşme ve onunla ilişkilendirilen paradigim değişimi, iş dünyasının geleceğini şekillendirmektedir. Bu değişim, özellikle Operatör 4.0 için sağlık, güvenlik ve üretkenlik konularında yeni zorluklar ve fırsatlar sunmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri, akıllı giyilebilir cihazlar da dahil olmak üzere, endüstri sahalarında endüstriyel hijyenin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Romero vd. 2018).

I4.0 teknolojilerinin iş yerlerine entegre edilmesi, iş yerlerinde gelişmeyi ve verimliliği artırma potansiyeli sunmaktadır. Ancak, gelişmekte olan ülkeler ve özellikle KOBİ'ler, bu teknolojilere erişimde mali zorluklarla karşılaştıkları için uygulamada güçlük yaşamaktadır (Arana-Landín vd. 2023).

Bu teknolojilerin sağlayabileceği avantajlar oldukça geniş ve önemlidir. İşlem gereksinimlerini azaltır, çalışma ortamını iyileştirir, işlem sürelerini, kaynakları ve malzemeleri azaltır, işletme yönetimini geliştirir, karar verme sürecini kolaylaştırır, kitlesel özelleştirmeyi destekler, öncü süreleri kısaltır, verimliliği artırır, bilgi kontrolünü sağlar, gerçek zamanlı algılamayı mümkün kılar, hızlı bilgi iletimini iyileştirir, paydaş işbirliğini kolaylaştırır ve neredeyse müşteri hizmetini ve çalışan eğitimini destekler (Arana-Landín vd. 2023).

Endüstri 4.0, iş sağlığı ve güvenliği üzerinde derin etkilere neden olabilir. İşçilerin güvende olması, her şeyden önce önceliklidir. Endüstri 4.0, iş yerlerindeki geleneksel riskleri azaltabilir. Örneğin, dijital kontrol platformları, işçilerin iş sağlığı ve güvenliği açısından daha güvende olmalarını sağlayabilir. Ancak, aynı zamanda yeni riskler de ortaya çıkabilir.

6.7. Endüstri 4.0 Sürecinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Uygulamaları Üzerine Politikalar

Endüstri 4.0 sürecinde İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) kapsamında uygulanacak politikalar aşağıda özetlenmiştir:

6.7.1. Yeni İş Organizasyonu İçin Planlar Yapma

Endüstri 4.0 üretim sistemlerinin giderek artan karmaşıklığı, literatürde belirtildiği üzere sürekli bir artış göstermektedir. Bu karmaşıklık, özellikle iş içeriği, çalışanların maruz kaldığı riskler, işyeri organizasyon yapısı, çalışma saatleri, yönetim ve üretim sistemleri ile personel işlemleri açısından çeşitli zorluklara yol açmaktadır (Leka ve Jain, 2010). Gelişmiş üretim sistemlerinin mühendisleri ve tasarımcıları, sıklıkla bu süreçte yönetilmesi gereken kritik riskleri gözden kaçırma eğilimindedir. Özellikle psiko-sosyal risklerin tanımlanması ve izlenmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) yönetim sistemleri açısından önemli bir test niteliği taşımaktadır (Sanders et al., 2016).

Endüstri 4.0 süreçlerini benimseyen işletmeleri bekleyen bir diğer önemli konu, mevcut çalışanlardan eğitim alabilecek daha iyi hazırlanmış yeni çalışanları işe alabilme zorunluluğudur. Endüstri 4.0 sistemlerinde etkili bir şekilde çalışabilmek için, çalışanların yeni becerilere sahip olmaları, geleneksel görevlerde uzmanlık alanlarını bilişim becerileri ile birleştirmeleri gerekmektedir (Lorenz et al., 2015; AB Komisyonu, 2013). Bu artan karmaşıklığı etkili bir şekilde yönetmek için adapte edilmiş planlama ve organizasyon modelleri, yeni çözümler sunmaktadır (Waschneck et al., 2017).

Endüstri 4.0'ın temeli, insanlar ve makineler arasındaki artan etkileşim ve işbirliği çerçevesinde görevleri paylaşmanın en uygun biçimlerini ortaya çıkarmaktır (Christiernin ve Augustsson, 2016). Bu bağlamda, üretim ortamında beklenmeyen tehlikelerin önlenmesi amacıyla görevler daha dikkatlice planlanmalı, her çalışanın iş tanımları ve işle ilgili sınırlamaları açıkça belirlenmelidir.

6.7.2. Varolan Düzenlemelerin Yeni Uygulamaları Yönlendirememesi

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) düzenlemeleri, işyerlerinde güvenlik ve sağlık yönetiminin etkili bir şekilde uygulanmasını desteklemeyi amaçlamaktadır (MacEachen et al., 2016). Bu bağlamda uygulanan bir dizi önlem, işletmeleri risk değerlendirmeye teşvik etmek, standart iş prosedürlerini uygulamaya yönlendirmek ve iş kazaları ile meslek hastalıklarının sıklığını azaltmaya yönelik rehberlik sunmayı hedeflemektedir (Badri et al., 2018). Hukuki açıdan, işverenin İSG yükümlülüklerine uymaması durumunda, çeşitli hukuki veya idari cezalar ve mahkeme süreçleriyle ilgili bir denetim mekanizması devreye girebilir.

Ancak mevcut mevzuat, Endüstri 4.0 sistemlerinden kaynaklanan İSG uygulamaları ve yönetim sistemlerine yönelik ortaya çıkan tehdit kaynaklarını düzenleme konusunda eksik kalmaktadır. Ayrıca, yeni riskleri azaltma konusunda standart prosedürler yeterli değildir. Mevcut düzenlemeler, İSG sisteminin yukarıda bahsedilen yeni risklere nasıl entegre edileceği konusunda herhangi bir çerçeve veya rehberlik içermemektedir (Jones, 2017). Akıllı üretimde kullanılan teknolojilerin hızlı ilerlemesine rağmen, gelecek yıllarda mevcut eski okul İSG yasalarının sürdürüleceği ve klasik sorunların devam edeceği öngörülmektedir. Bu nedenle, İSG düzenlemelerinin güncellenmesi ve Endüstri 4.0'ın getirdiği özel zorluklara uyum sağlamak üzere yeni yönergelerin oluşturulması gerekmektedir.

6.7.3. İSG Yönetim Sistemlerinin Yeniden Tasarlanma İhtiyacı

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) yönetimini şekillendirmek amacıyla İSGAS 18001, CSAZ 1000-06, Z1002-12 gibi bir dizi İSG yönetim sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemlerin temelinde, öncelikle toplam kalite yönetimi kavramı yer almaktadır. Bu model, iş kazaları ve hastalıkların önlenmesi, eğitim, acil durumlar ve işle ilgili

düzenleyici gereksinimlerin yönetimi konusunda genel bir rehber sunarak işyerlerindeki uygulamaları yönlendirmeyi hedeflemiştir. Ancak, Endüstri 4.0'ın getirdiği değişikliklere daha esnek bir şekilde adapte olabilmek amacıyla, bu sürekli iyileştirme modeline dayalı İSG yönetim sistemleri revize edilmeli ve daha uygun hale getirilmelidir (Badri et al., 2018: 408).

Deneyimler, İSG entegrasyonunun üretkenliği artırabileceğini ve maliyetleri düşürebileceğini ortaya koymaktadır (Van Holland et al., 2015). Ayrıca, İSG önlemlerinin etkili bir şekilde uygulanmasıyla verimlilik arasında pozitif bir korelasyon olduğu kanıtlanmıştır. Endüstri 4.0'ın temel hedefi olan endüstriyel sistemin verimliliğini artırmak, İSG yönetim sistemlerinin uygulanması veya sürdürülmesi ile çelişmemektedir. Endüstri 4.0 süreçlerine uygun olarak geliştirilecek İSG yönetim sistemleri, işyerlerinde otonom ve akıllı sistemleri sorunsuz bir şekilde entegre etme olanağı sağlayacaktır. Bu, yeni yönetim ve üretim sistemlerinde risk önceliklendirmesindeki hataları ve düzenleyici önlemlerin belirlenmesine yönelik engelleri ortadan kaldırmaya yardımcı olacaktır. Ayrıca, bu sistemlerin esnek doğası, İSG yönetim sistemlerini giderek daha karmaşık, esnek ve otonom endüstriyel süreçlere uygun hale getirmek için ön planda bulunmaktadır (Mızrak, 2020: 237-238).

6.7.4. Mesleki Risk Yönetimini Yeniden Organize Etme İhtiyacı

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) risk yönetimi, kimlik tespiti, analiz ve değerlendirme aşamalarını içeren bir süreç olarak, mevcut işyeri hedefleri ve kontroller üzerinde potansiyel etkisi olan riskleri belirlemek için bir karar verme aracı olarak kullanılmaktadır (Badri et al., 2012: 193). Gelişmiş denetleyiciler, çevrimiçi veri analizi ve Nesnelerin İnterneti'nin makineleri ve endüstriyel sistemleri giderek otonom hale getirmesiyle birlikte, süreç hatalarının ortadan kaldırılmasına yönelik olumlu bir eğilim sergilemektedir (Yaqiong ve Danping, 2017: 750).

Kapsamlı ve tam otomatik fabrikalar sayesinde, İSG riskleri ve değer zincirindeki eksikliklerin azaltılması mümkün hale gelmektedir (ABB, 2014; Lira ve Borsato, 2016: 888). Üretim sistemi kurulmadan önce sürecin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesi, maliyetleri azaltabilir ve hataları önleyebilir. Üretim, beklenen talebe

uygun olarak ayarlandığında, işyeri stresi, meslek hastalıkları, iş kazaları ve işle ilgili hastalıkların azaltılması beklenmektedir (Shibin et al., 2016: 2876).

Endüstri 4.0 sürecinde, risk faktörlerinin doğru bir şekilde tanımlanmasındaki zorlukları aşmak ve İSG güvenlik uzmanlarının ve işyeri hekimlerinin katılımını sürdürmek, önemli bir tartışma konusudur. Ancak, gerçek zamanlı risk yönetimi konsepti ile potansiyel birçok riskin belirlenmesi ve risklerin azaltılması, dinamik endüstriyel ortamlarda son derece etkili bir strateji olacaktır (Podgórski et al., 2017: 11).

6.8. Endüstri 4.0 Sürecinde İş Sağlığı Ve Güvenliği İçin Fırsatlar Ve Avantajlar

Endüstri 4.0'ın yükselişi, üretimde dijitalleşmenin artması ve çalışanların rollerindeki değişimleri beraberinde getirerek mesleki sağlık ve güvenlik alanında çeşitli fırsatlar ve avantajlar sunmaktadır. Bu dönüşüm, önceki karanlık fabrika modellerini geride bırakarak, çalışanların dijital sistemleri izleme, karar alma süreçlerine entegre olma ve mühendislik faaliyetlerine katılma ihtiyacını ortaya koymaktadır (Stock ve Seliger, 2016: 538).

Teknolojik ilerlemelerin hız kazandığı günümüzde, Endüstri 4.0 kavramı, iş dünyasında köklü değişikliklere öncülük ederek, geleneksel iş modellerini çağdaş bir perspektife taşımaktadır. Bu dönüşüm, sadece üretim süreçlerini değil, aynı zamanda çalışanların gelişimini, iş güvenliğini, ve iş-yaşam dengesini de şekillendirmektedir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0'ın iş dünyasına getirdiği çeşitli avantajlar aşağıda sunulmuştur:

Çalışanların Gelişimi ve Katma Değerli Faaliyetler: Endüstri 4.0, iş süreçlerindeki otomasyonun yanı sıra veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojilerin entegrasyonunu içerir. Bu teknolojiler, çalışanların daha önce manuel olarak gerçekleştirdikleri tekrarlayan ve düşük katma değerli görevlerin otomatikleştirilmesine imkan tanır. Böylece, çalışanlar daha karmaşık problemleri çözmek, yaratıcı çözümler üretmek ve iş süreçlerini optimize etmek için zaman kazanırlar. Eğitim ve gelişim programları, çalışanların bu yeni teknolojileri etkin bir şekilde kullanabilmelerine

olanak tanır ve bu da onların kariyerlerinde ilerlemelerine yardımcı olur (Kagermann et al., 2013).

*Esnek Çalışma Şartları ve İş-Yaşam Dengesi:*Endüstri 4.0, dijitalleşme ve iletişim teknolojilerinin ilerlemesiyle birlikte çalışma ortamlarında büyük değişikliklere yol açar. Artan uzaktan çalışma imkanları ve esnek çalışma saatleri, çalışanların işlerini daha verimli bir şekilde yapmalarını sağlar. Çalışanlar, işlerini evden veya uzaktan erişim sağlayabilecekleri başka bir yerden yaparak iş-yaşam dengesini daha iyi kurabilirler. Bu da çalışan memnuniyetini artırır ve işverenin çalışanlarına karşı duyarlılığını gösterir (MasMachuca et al., 2016; Aybas, 2021: 246).

*Akıllı Güvenlik Teknolojileri ve Risk Analizi:*Endüstri 4.0, işyerlerinde akıllı güvenlik sistemlerinin kullanımını teşvik eder. Bunlar, çevrimiçi ve çevrimdışı kaynaklardan gelen verileri analiz ederek işyerindeki potansiyel riskleri tespit eder ve işçilerin güvenliğini artırmak için önlemler alır. Örneğin, bir fabrikadaki sensörler, makine arızalarını önceden tespit edebilir ve işçilere zamanında uyarılar gönderebilir, böylece iş kazalarının ve üretim kesintilerinin önlenmesine yardımcı olur (ABB Group, 2014).

*Uzaktan Kontrol ve Operasyon İzleme:*Endüstri 4.0, işletmelere operasyonları uzaktan kontrol etme ve izleme imkanı sunar. Böylece, işletme sahipleri ve yöneticileri, herhangi bir yerden işletmenin operasyonlarını gerçek zamanlı olarak izleyebilir ve gerektiğinde müdahale edebilirler. Bu, işletmelerin daha hızlı kararlar almasını sağlar ve operasyonel verimliliği artırır (Gisbert et al., 2014: 240).

*Akıllı Çalışma Ortamı ve Risk Yönetimi:*Endüstri 4.0, işyerlerinde akıllı bir çalışma ortamı oluşturur. Bu ortam, çeşitli sensörler ve IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazlarıyla donatılmıştır ve çalışanların güvenliğini ve refahını izler. Örneğin, bir işçinin vücut sıcaklığını izleyen bir sensör, potansiyel bir sağlık sorununu önceden belirleyebilir ve işverene uyarı gönderebilir (Graetz et al., 2015).

*Teknoloji Destekli Tehlike Önleme:*Endüstri 4.0, işyerlerinde kullanılan teknolojiler aracılığıyla tehlikeli durumların önceden tespit edilmesine yardımcı olur.

Örneğin, bir kimyasal tesisinde kullanılan sensörler, tehlikeli gaz sızıntılarını tespit edebilir ve otomatik olarak alarm verebilir. Bu da işçilerin güvenliğini sağlamak için hızlı müdahale sağlar (Wang et al., 2016: 10).

*Makinelerin Öngörüşel Bakım ve Güvenli İşbirliği:*Endüstri 4.0, makinelerde öngörüşel bakım tekniklerinin kullanımını teşvik eder. Makinelerdeki sensörler, makine arızalarını önceden tahmin edebilir ve bakım çalışmalarının zamanında yapılmasını sağlar. Ayrıca, işçilerin yanında çalışan endüstriyel robotlar (cobot'lar), insanlarla güvenli bir şekilde etkileşim kurabilir ve üretim verimliliğini artırabilir (Chiabert et al., 2018: 22).

*Mekanik Dış İskeletler ve Ergonomi:*Endüstri 4.0, işyerlerinde kullanılan mekanik dış iskeletlerin geliştirilmesini destekler. Bu dış iskeletler, ağır kaldırma ve taşıma işlerinde çalışan işçilerin fiziksel yükünü azaltır ve kas-iskelet sistemi yaralanmalarını önler. Bu da işçilerin sağlığını korur ve iş kazalarının önlenmesine yardımcı olur (Bogue, 2015: 7).

7. TÜRKİYE'DE İŞ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİNİN DURUMU

7.1. Türkiye'deki İş Sağlığı Ve İş Güvenliğinin Gelişimi

Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği alanındaki çalışmalarında belirgin bir başarı elde edilememiş ve genellikle ikincil mevzuatla sınırlı kalmıştır. Temel sorunlar arasında özel bir İSG kanununun uzun yıllar çıkarılmaması, kuruluşların uyum sorunları, eksik istatistiksel veriler ve konuya bilimsel bir yaklaşımın eksikliği bulunmaktadır (ÇSGB, 2006, 9).

Türkiye'de sağlık çalışanlarının, özellikle iş sağlığı ve güvenliği konusunda yeterli bilgiye sahip olmadığı ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığı tespit edilmiştir (Bayılmış ve Taş, 2015, 92).

Türkiye'deki iş sağlığı ve iş güvenliği konularının tarihsel evrimi, Batı Avrupa'da yaşanan Sanayi Devrimi'nin Osmanlı İmparatorluğu topraklarına olan etkisi ve bu etkinin iş sağlığı ve iş güvenliği düzenlemelerine yansması ile şekillenmiştir. Osmanlı İmparatorluğu'nun tarihsel perspektifinde, üretim esasen zanaatkârlığa dayalıydı ve meslek örgütlenmeleri genellikle dini temellere dayanarak esnaf zaviyeleri şeklinde yönetiliyordu. Bu dönemde işçiler, günümüzdeki koşullardan farklı risklere maruz kalırken iş sağlığı ve iş güvenliği bilinci henüz gelişmemişti (Altan, 2004).

Osmanlı İmparatorluğu, Tanzimat ve Meşrutiyet dönemleri ile birlikte Batı Avrupa ile siyasi ve ekonomik olarak yakınlaşmış ve sanayileşme sürecine dahil olmuştur. Bu dönemde ilk düzenlemelerden biri, 1865 tarihli Dilaver Paşa Nizamnamesi'dir. Nizamname, dönemin padişahının onayını alamamış olsa da Ereğli Kömür Havzası'nda uygulanmıştır (Talas, 1992). Bu düzenleme, işçilere yatacak yer sağlanmasını, işçilere çalışma sürelerinin dışında dinlenme süreleri verilmesini, işçi ücretlerinin öncelikle ödenmesini ve işe hazır beklemeyen işçilere çalıştırılmasalar dahi ücret ödenmesini düzenlemiştir. Ayrıca, hastalık kavramı iş sözleşmesinin sona erme sebebi olarak değerlendirilirken, iş kazalarıyla ilgili detaylı düzenlemeler yapılmamıştır (Arıcı, 1999: 36).

Osmanlı İmparatorluğu'nun 1869 tarihinde yürürlüğe giren Maden Nizamnamesi, iş güvenliği konusunda önemli değişikliklere yol açmıştır. Bu nizamname ile birlikte, madenlerdeki angarya çalıştırma sistemi kaldırılmış ve iş kazalarının önlenmesi için çeşitli tedbirler alınmıştır (Talas, 1992: 40).

Osmanlı İmparatorluğu'nun modernleşme sürecinde, 1876'da tamamlanan Mecelle'de iş sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili hükümler yer almaktadır. Mecelle, işverenin işçinin sağlığını ve güvenliğini sağlamak amacıyla gerekli tedbirleri almasını ve belirlenen şartları yerine getirmesini zorunlu kılmıştır (Arıcı, 1999). Aynı zamanda, ücretlerin aynı olarak ödenmesi yasaklanmış, günlük çalışma süresi belirlenmiş ve işçinin çalışmaya hazır halde bulunması durumunda ücret kazanacağına dair hükümler düzenlenmiştir (Altan, 2004).

Cumhuriyet dönemiyle birlikte Türkiye'de sanayileşme artmış ve iş sağlığı ile iş güvenliği düzenlemeleri güçlenmiştir. 1921 tarihli Ereğli Havza-i Fahmiyesi Maden Amalesinin Hukukuna Müteallik Kanun ile madenlerde 18 yaşından küçüklerin çalıştırılması yasaklanmış, günlük çalışma süresi 8 saatle sınırlanmış ve uzun çalışma durumunda ek ücret ödenmesi konularında düzenlemeler getirilmiştir (Gerek, 2008). Ayrıca, maden işleten işverenlerin hastalanan veya kaza geçiren işçileri tedavi ettirmek ve madenin çevresinde sağlık hizmetlerini sağlamak zorunluluğu getirilmiştir.

1923 İzmir İktisat Kongresi'nde işçi haklarının korunması amacıyla kararlar alınmış, 1924 Hafta Tatili Kanunu ve 1925 Ulusal Bayram ve Genel Tatiller Hakkında Kanun ile işçilerin dinlenme süreleri düzenlenmiştir. Aynı zamanda, 1926 Borçlar Kanunu iş sağlığı ve iş güvenliği hükümleri içermiş, işverenin işçinin karşılaşılabileceği tehlikelere karşı tedbirler alması gerektiğini vurgulamıştır (Arıcı, 1999).

Türkiye'de sanayileşmeye paralel olarak iş sağlığı ve iş güvenliği düzenlemeleri yoğunlaşmış, 1930 tarihli ve 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ile kadın ve çocuk işçilerin korunması, işyerlerinde hekim bulundurma zorunluluğu gibi hükümler getirilmiştir (Gerek, 2008). Bu kanun, iş sağlığı ve iş güvenliği hükümlerini içeren 173-180. maddeleri ile işçilerin sağlığını ve güvenliğini korumayı amaçlamıştır.

1952 tarihli ve 5915 sayılı İş Kanunu, iş sağlığı ve iş güvenliği konusunda önemli düzenlemeler içermiş, işçilerin sağlığını ve güvenliğini korumayı hedeflemiştir (Talas, 1992). İşçilerin çalışma süreleri düzenlenmiş, gece çalışmaları sınırlanmış ve işçilere yıllık izin hakkı tanınmıştır. Ayrıca, işverenlerin işçilere iş sağlığı ve güvenliği konularında eğitim vermesi ve bu konuda gerekli önlemleri alması zorunlu hale getirilmiştir.

Türkiye'de iş sağlığı ve iş güvenliği konularında önemli bir ilerleme, 1971 tarihli ve 1475 sayılı İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ile sağlanmıştır. Bu kanun, iş sağlığı ve iş güvenliği konularını ayrıntılı bir şekilde düzenlemiş, işverenlerin işçilere karşı sorumluluklarını net bir şekilde tanımlamıştır (Gerek, 2008). İş sağlığı ve iş güvenliği uygulamaları, işçi sağlığı ve iş güvenliği uzmanlarının gözetiminde işyerlerinde uygulanmıştır.

7.2. Türkiye İş Sağlığı Ve Güvenliği Mevzuatında Avrupa Birliği'nin Etkileri

Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının Avrupa Birliği (AB) etkileri, ülkenin Batı Bloğu'na entegrasyonu sürecinde ve çok partili sisteme geçişinde önemli değişikliklere maruz kalmıştır. Özellikle AB süreci, Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği alanında olumlu değişimleri beraberinde getirmiştir. ILO, AB ve uluslararası sendikal örgütlerin etkisi, genel çalışma hayatında düzenlemelerin ve özelde 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun uygulamaya geçmesinde belirleyici olmuştur (Kılıç, Bülbül, 2013, 10).

Avrupa Birliği'nde iş sağlığı ve güvenliği politikası, insan hakları, kültürel haklar ve sosyo-ekonomik haklar temelinde şekillenmektedir. Avrupa İnsan Hakları Sözleşmeleri ve diğer belgeler, AB'nin iş sağlığı ve güvenliği anlayışını oluşturan temel belgeler arasında yer almaktadır. İSG konusundaki ilkelere, 19. ve 20. yüzyıllardaki işçi eylemlerinin etkisi de belirleyici olmuştur (Ataman, 2005, 15) [2]. AB'deki İSG temelleri, Avrupa Kömür Çelik Topluluğu ile atılmış, zamanla diğer endüstri alanları için de tedbirler ortaya konulmuştur (Çakır, 2004, 66-67).

Avrupa'da 1970'li yılların ikinci yarısından itibaren İSG'ye planlı bir yaklaşım benimsenmiş, çeşitli eylem programları ve direktiflerle iş sağlığı ve güvenliği alanında standartlar belirlenmiştir. Bu süreçte, Avrupa Konseyi'nin 1978-1982 İşyerinde Sağlık ve Güvenliğe İlişkin Eylem Programı, önemli bir adım olarak öne çıkmıştır. Daha sonraki yıllarda ise eğitime dayalı politikalara, işçi ve işveren diyalogunun güçlendirilmesine odaklanan diğer eylem programları uygulanmıştır (Baloğlu, 2013, 26-28).

Avrupa Tek Senedi 1987 yılında yürürlüğe girmiş, İSG konusunda AB'nin ekonomik birliğini sağlama ve sosyal dampingi engelleme amacını güçlendirmiştir. Bu senet, Konsey'e Birlik çapında asgari İSG standartları belirleme yetkisi vermiş ve oybirliği ilkesinin aşılmasına olanak tanımıştır (Baloğlu, 2013, 27).

AB'nin İSG alanındaki önemli adımlarından biri de 1989'da yayınlanan "İşyerinde Çalışanların Sağlık ve Güvenlik Tedbirlerini İyileştirmeye Dair Tedbirlere Yönelik Konsey Direktifi"dir. Bu konsey direktifi, İSG konusunda önleme politikalarının geliştirilmesini, risk değerlendirmesi ve kayıt altına alınmasını, çalışanların eğitimini ve katılımını içermektedir (Aydın, 2014, 21).

AB'nin İSG konusundaki mevzuatı, sosyal politikaların bir parçası olarak kabul edilmekte ve sosyal diyalog etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Uçkan, 2005, 250). Bu yaklaşım, AB'nin İSG konularında başarılı olmasını sağlamış ve sürekli bir gelişim sağlamıştır.

7.2.1. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nın Türk Mevzuatına Etkisi

Türkiye'nin ILO ile ilişkisi, özellikle iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında önemli gelişmeler kaydetmiştir. ILO, 1919'da kurulmuş olup, Versay Antlaşması ile Milletler Cemiyeti bünyesinde yer almıştır (Gülmez, 2008: 69). Türkiye, 1932'de Milletler Cemiyeti'ne üye olduktan sonra otomatik olarak ILO'ya üye olmuştur. ILO'nun, evrensel ve sürekli bir barışın sosyal adalet temeli üzerine inşa edilmesi amacını benimsemiştir (Alper ve Kaya, 1995: 18-20).

ILO, dünya genelinde çalışma hayatı ile ilgili çeşitli konularda sözleşme ve tavsiye kararları çıkarmış, uluslararası çalışma mevzuatının oluşumuna ve uygulanmasına katkıda bulunmuştur. İSG, ILO'nun öncelik verdiği alanlardan biridir ve özellikle çalışma saatleri, çalışma yaşları ve gece çalışması gibi konularda düzenlemeler içermiştir (Karabulut, 2012: 3).

Türkiye'nin ILO ile ilişkisi, tarihsel olarak üç döneme ayrılmıştır. 1932-1946 döneminde sınırlı kalmış, 1946-2000 döneminde demokratikleşme çabaları ile yoğunlaşmış, ve 2000 sonrasında ise özellikle AB üyeliği sürecinde artan bir şekilde ILO sözleşmelerini onaylamıştır (Tokol, 2013: 65-68).

İSG açısından Türkiye'nin ILO ile ilişkisi incelendiğinde, Türkiye'nin ILO tarafından hazırlanan İSG sözleşmelerinin sadece bir kısmını onayladığı görülmektedir. Özellikle 1981 tarihli İş Sağlığı ve Güvenliği Sözleşmesi ile 1985 tarihli İş Sağlığı Hizmetleri sözleşmesi gibi temel İSG sözleşmelerinin onaylanması gecikmiş, ancak özellikle 2014'ten sonra yaşanan maden kazalarının etkisiyle Türkiye, İSG alanında yapılması gereken düzenlemeleri hızlandırmış ve ILO ile teknik yardım projelerine başvurmuştur. Türkiye'nin ILO ile ilişkisi, özellikle İSG alanında zaman içinde artan bir işbirliğine evrilen bir süreci yansıtmaktadır. Ancak, halen onaylanmamış bazı İSG sözleşmeleri bulunmaktadır ve bu noktada daha fazla adım atılması gerekmektedir (MMO Oda Raporu, 2012).

7.2.2. Avrupa Birliğinin Türk Mevzuatı Üzerindeki Etkisi

Türkiye'nin Avrupa Birliği (AB) uyum süreci, özellikle sosyal politika ve iş sağlığı güvenliği (İSG) alanlarındaki AB direktifleri ve Uluslararası Çalışma Örgütü'nün sözleşmeleri çerçevesinde önemli ilerlemeler kaydetmiştir (Koçak ve Koray, 2013). Bu süreç, 2012'de 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ve AB uyum sürecinin İSG alanında önemli reformları tetiklemesiyle belirginleşmiştir (Koçak ve Koray, 2013).

Türkiye'nin İSG alanındaki uyumu, 1999'de yapılan Helsinki Zirvesi'nden itibaren hızlı bir reform sürecine girdiği ve AB ile müzakere sürecinin bu reformları

desteklediği belirtilmiştir (Özdemir, 2007). İSG konusundaki düzenlemeler, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından titizlikle ele alınmış, AB mevzuatıyla uyum süreci diğer alanlara kıyasla daha belirgin seviyede gerçekleşmiştir (Schröder, 2006).

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanında 2001 yılında sunulan ilk Ulusal Program, mevzuat uyumlaştırılmasına vurgu yaparak, İş Kanunu'nda İSG hükümlerinde değişiklikler ve bir "Çerçeve Tüzük" oluşturulması öngörüsünde bulunmuştur (AB Bakanlığı, 2001). Ancak, bu dönemdeki reform çabalarının, İSG konusundaki sosyal diyalogu güçlendirmeye ve idari yapının geliştirilmesine odaklanmadığı belirtilmiştir (AB Bakanlığı, 2001).

Gözden Geçirilmiş Katılım Ortaklığı Belgesi'nde, İSG alanında bir önceki belgeyle paralel değişiklikler olmamış, ancak Türkiye'nin Ulusal Programını güncellemesi ve etkin bir şekilde uygulaması gerektiği vurgulanmıştır (Baloğlu, 2013). 2003 yılında revize edilen Ulusal Program'da, İSG alanında İş Teftiş Kurulu'nun güçlendirilmesine dair taahhütler öne çıkmıştır (AB Bakanlığı, 2003).

4857 sayılı İş Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle birlikte, işverenlerin denetim ve eğitim görevlerinin yasal bir yükümlülük haline geldiği ve çırak ile stajyerlerin İSG uygulamaları kapsamına alındığı ifade edilmiştir (Seratlı, 2004). İSG mevzuatı, AB'nin Çerçeve Direktifi'ne uyum sağlamak amacıyla, 2003 ve 2004 yıllarında çeşitli AB direktiflerini dikkate alarak çıkarılan yönetmeliklerle desteklenmiştir (Erginbaş, 2010; Baloğlu, 2013).

9 Aralık 2003'te yürürlüğe giren İSG Yönetmeliği ile birlikte, Türkiye'nin AB mevzuatına uyum konusunda önemli adımlar attığı, ancak yönetmeliğin tüzük olarak hazırlanması nedeniyle Danıştay'ın yürütmenin durdurulması kararı aldığı belirtilmiştir. Bu durum üzerine 2008'de iptal edilen yönetmelikte yer alan hükümlerin İş Kanunu'na alındığı, 2011'de ise İSG Yönetmeliği'nin yürürlüğe girdiği ifade edilmiştir (Baloğlu, 2013).

Türk Tabipler Birliği'nin kamu çalışanlarının iş kazası ve meslek hastalığı sigortasından yararlanamamalarına yönelik eleştirisi, 5510 sayılı yasaya dayanmaktadır

(TTB, 2016). İşveren kesiminin, İSG düzenlemelerinin yasa şeklinde yapılmasının yerel gerçeklere uygun olmadığı yönündeki eleştirileri, AB'ye uyum sürecinin yerel dinamiklerle bütünleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Pirler, 2007).

7.2.3. İlerleme Raporlarının Etkisi

AB'ye üyelik sürecinde, her yıl AB tarafından yayınlanan ilerleme raporlarının sosyal politika alanında büyük etkisi olduğu belirtilmiştir. İlk ilerleme raporlarında İSG konusuna değinilmese de, 2001 yılında sosyal politika ve istihdam başlığı altında İSG alanında iyileştirmeler yapılması gerektiğine vurgu yapılmıştır (Baloğlu, 2013).

2002 yılında yayınlanan ilerleme raporunda, Türkiye'nin İSG konusundaki yasal çerçevesini AB normlarına uyumlu hale getirmesi ve iş sağlığı ve güvenliği konusundaki mevzuatı güçlendirmesi gerektiği ifade edilmiştir (AB Komisyonu, 2002). Raporda, Türkiye'nin İSG konusundaki yasal düzenlemelerini AB ile uyumlu hale getirmesi, işçi sağlığı ve güvenliğini sağlamak amacıyla etkin denetim ve kontrol sistemleri oluşturması gerektiği belirtilmiştir (AB Komisyonu, 2002).

2003 yılında yayınlanan ilerleme raporunda ise, Türkiye'nin İSG konusunda mevzuat uyumunu hızlandırması ve İSG politikalarını etkili bir şekilde uygulaması gerektiği vurgulanmıştır (AB Komisyonu, 2003). Raporda, Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki politikalarını güçlendirmesi, etkili denetim ve kontrol sistemleri oluşturması, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılması amacıyla gerekli tedbirleri alması istenmiştir (AB Komisyonu, 2003).

2004 yılında yayınlanan ilerleme raporunda ise, Türkiye'nin İSG konusundaki yasal çerçevesini AB normlarına uygun hale getirmesi, iş sağlığı ve güvenliği konusunda etkin bir politika izlemesi ve denetim mekanizmalarını güçlendirmesi gerektiği ifade edilmiştir (AB Komisyonu, 2004). Raporda, Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki politikalarını uygulamak için gerekli adımları atması, etkin denetim sistemleri oluşturması ve işçi sağlığını korumak amacıyla tedbirleri hayata geçirmesi istenmiştir (AB Komisyonu, 2004).

İlerleme raporları, Türkiye'nin İSG konusundaki reformlarını hızlandırması için önemli bir kılavuz niteliği taşımıştır. Raporlarda yer alan önerilerin, Türkiye'nin İSG alanındaki mevzuatını güçlendirmesi ve etkili bir politika izlemesi yönünde olduğu gözlemlenmiştir (Baloğlu, 2013).

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Kanunu'nun 2013-2019 döneminde Türkiye'deki İSG performansında beklenen olumlu etkileri gösterememesi, endişe verici bir durumu ortaya koymaktadır. Bu süre zarfında, 2012'de kayda geçen iş kazası sayısı ile 2013-2019 döneminde kayda geçen ortalama iş kazası sayısı arasında önemli bir artış yaşanmıştır. Bu durum, mevcut İSG önlemlerinin yeterince etkin olamadığını göstermektedir (Ceylan, 2021). Aynı şekilde, iş kazaları sonucu ölüm vakaları ve meslek hastalıkları açısından da benzer bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. İş kazalarında ölüm vakalarının iki katına çıkması, İSG tedbirlerinin acil bir şekilde gözden geçirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Meslek hastalıkları konusunda ise Harrington Kriterine göre kayıtlı vakaların beklenenden daha düşük olduğu belirtilmiştir, bu da mevcut verilerin gerçek durumu tam olarak yansıtmadığını göstermektedir.

Bu verilere dayanarak, Türkiye'de iş kazaları ve meslek hastalıklarındaki artışın ciddi bir sorun olduğu ve İSG önlemlerinin güçlendirilmesi gerektiği açıktır. İSG Kanunu'nun etkin bir şekilde uygulanması ve çalışanların güvenliği için daha etkili tedbirlerin alınması, bu alandaki performansın iyileştirilmesi için acil bir ihtiyaçtır. Gelecekteki olası kazaların önlenmesi ve iş sağlığı ile güvenliği standartlarının yükseltilmesi amacıyla daha kapsamlı ve etkili önlemlerin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Endüstri 4.0 sürecinde, ortaya çıkan yeni iş sağlığı ve güvenliği (İSG) riskleri ve fırsatları göz önüne alındığında, İSG politikalarını geliştirmek için çeşitli önlemler alınması kaçınılmaz hale gelmiştir. Özellikle iş organizasyonu sonuçlarıyla ilişkili psikososyal risklere odaklanan, üretim sürecinin her aşamasında iş kazalarına karşı önlemler alan, işyeri ve çalışma alanlarını bilgi teknolojilerinden faydalanarak tasarlayan kapsamlı ileri araştırmaların yapılması gereklidir. Endüstri 4.0 sürecine uyum sağlamak ve yeni teknolojilerin etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla yeni standartlar geliştirme veya mevcut standartları güncelleme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. İnsan çalışanlar ile otomasyon sistemleri ve cobot gibi akıllı cihazlar arasında görevleri tahsis ederken, tüm ilgili ayarlanabilir fiziksel ve bilişsel faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Güvenli bir işbirliği ve yeni teknolojilerin çalışanlar için daha güvenli hale getirilmesi için çalışan uzmanlığı ve motivasyonu güçlendirmek gereklidir.

Endüstri 4.0'un iş sağlığı ve güvenliği alanında yarattığı etkiler, iş dünyasında radikal bir değişim sürecini başlatmıştır. Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti ve Akıllı Fabrikalar gibi ileri teknolojiler, iş süreçlerini kökten değiştirerek, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını daha entegre ve etkili hale getirmiştir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0'un iş hayatında yarattığı bu köklü değişiklikler, hem çalışanların güvenliği hem de iş süreçlerinin daha verimli yönetilmesi açısından önemli bir dönüşümü beraberinde getirmiştir.

Bu değişim süreci, dijitalleşme süreci ile birleşerek iş hayatındaki riskleri karmaşıklştırmıştır. Yeni teknolojilerin kullanımı, çalışanların maruz kaldığı risk profillerini değiştirmekte ve bu da mevcut İSG politikalarının gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu noktada, iş dünyasının bu yeni dinamiklere hızlı bir şekilde uyum sağlaması ve güncellenmiş İSG politikalarını benimsemesi kaçınılmazdır.

Endüstri 4.0 sadece iş sağlığı ve güvenliğiyle değil, aynı zamanda iş verimliliğiyle de sıkı bir bağ kurmaktadır. Teknolojik yeniliklerin iş süreçlerine başarılı bir şekilde entegre edilmesi, hem çalışan güvenliğini sağlamayı hem de iş verimliliğini artırmayı hedefleyen stratejik planlama ve uygulamaların geliştirilmesini

gerektirmektedir. Bu noktada, iş dünyasının bu dengeyi başarılı bir şekilde kurabilmesi için teknolojiyle uyumlu İSG stratejilerini benimsemesi gerekmektedir.

Dijital İSG uygulamalarının çalışanlar üzerindeki etkileri, özellikle yapay zeka destekli güvenlik önlemleri ve giyilebilir teknolojiler açısından detaylı bir biçimde ele alınmalıdır. Bu teknolojilere yönelik çalışan eğitim programları ve katılım teşvikleri, bu yeni teknolojilere daha hızlı bir uyum sağlamak adına kritik bir rol oynamaktadır.

Geleneksel İSG yönetim sistemlerinin, Endüstri 4.0'un getirdiği dinamik iş ortamına uyum sağlaması kaçınılmazdır. Yeniden tasarlanan yönetim sistemleri, sürekli iyileştirme süreçleri ile desteklenerek, iş sağlığı ve güvenliği standartlarını yükseltmeyi ve en iyi uygulamalara daha hızlı bir şekilde uyum sağlamayı amaçlamalıdır. Bu, iş dünyasının güvenli bir çalışma ortamı sağlamak adına sürekli bir çaba içerisinde olmasını gerektirir.

Gelecekteki İSG entegrasyon sistemleri, sanal görev analizi, mesleki risklerin dinamik değerlendirmesi, iş yükünün bilişsel analizi ve beceri yönetimi araçları ile entegre edilmelidir. Adaptif arayüzler ve duygu sensörleri, çalışanları sürekli olarak izlemek ve güvenliklerini sürekli olarak sağlamak için geliştirilmelidir. Endüstri 4.0'ın İSG yönetim sistemi üzerindeki etkisi, özellikle işyeri doktorları tarafından gerçekleştirilen risk değerlendirmesine odaklanarak, üretim sürecinin her aşamasında ortaya çıkan yeni riskleri tanımlamak için odaklanmalıdır. Bu, risk değerlendirme süreçlerinin ve yönetim prosedürlerinin değişeceği ve risk bilgilerinin İSG açısından daha önemli hale geleceği anlamına gelir.

Bu politikaların esnek bir fabrika sistemine uygulanması zorlu bir görev olabilir, bu nedenle Endüstri 4.0 yeniliklerinin sürdürülebilir gelişimi için önceden tedbirli bir risk yönetimi yaklaşımının benimsenmesi önemlidir. Bu perspektiften bakıldığında, yeni teknolojilerin, iş organizasyonu modellerinin ve sürekli mesleki gelişimin ekonomik ve sosyal koşullarla sıkı bir bağlantı içinde çözümler sunabilmesi için sosyoteknik bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu yeni gelişmelerin, daha esnek bir üretim, iş odaklı ve işsizliği azaltan bir organizasyon tasarımı, işçi hakları ve eğitim fırsatlarını

eşzamanlı olarak dikkate alan gerçekçi bir iş-yaşam dengesine ulaşmasını sağlamak önemlidir.

Türkiye'deki İSG gelişimi, özellikle Avrupa Birliği standartlarına uyum sağlamak ve uluslararası rekabet avantajını korumak adına hayati bir öneme sahiptir. İSG konusundaki reformların, Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği gelişimini kritik bir şekilde etkilediği görülmektedir. Ancak, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 2013-2019 döneminde beklenen olumlu etkilerini gösterememesi endişe vericidir. İş kazalarındaki artış ve ölüm vakalarındaki yükseliş, mevcut İSG önlemlerinin yeterince etkili olamadığını göstermektedir.

Mevzuatın güçlendirilmesi, denetim mekanizmalarının etkinleştirilmesi ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi, Türkiye'nin sürdürülebilir bir iş ortamı oluşturması ve uluslararası düzeyde etkili bir oyuncu olmasına katkı sağlaması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu çabaların devam etmesi, Türkiye'nin İSG alanında güçlü bir performans sergileme ve küresel düzeyde örnek bir ülke olma potansiyelini artırma yolunda önemli bir adım olacaktır.

1475 Sayılı İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kanunu'nun 1971'de yürürlüğe girmesiyle kaydedilen ilerlemelerin, son yıllarda istatistiklerdeki olumsuz trendlere rağmen göz ardı edilmemesi gerekmektedir. İSG Kanunu'nun etkin bir şekilde uygulanması, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılması adına kritik bir öneme sahiptir. Türkiye'deki iş kazalarının artış eğilimi, iş güvenliği politikalarının ve önlemlerinin güçlendirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır.

Tezin odak noktasını oluşturan İSG 4.0 teknolojileri, IoT temelli takip sistemleri, AI destekli güvenlik önlemleri, robotik uygulamalar, artırılmış gerçeklik, bulut bilişim, büyük veri analizi, giyilebilir teknolojiler ve dijital İSG yazılımları gibi yenilikçi çözümleri ele almaktadır. Ancak, bu teknolojilerin kullanımıyla ilgili bazı endişeler bulunmaktadır. Örneğin, IoT temelli sistemlerin gizlilik ve güvenlik sorunlarına neden olabileceği ve AI destekli güvenlik önlemlerinin insan iradesi dışındaki durumlarda ölümcül sonuçlara yol açabileceği konularında uyarılar yapılmıştır.

AI destekli güvenlik önlemlerinin yanı sıra, robotik kullanımının avantajlarına rağmen çalışanların mental sağlığı üzerindeki etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının avantajlarına ek olarak, güvenilirliğinin bilgi kaynaklarına bağlı olma dezavantajı vurgulanmıştır. Büyük veri analizi, kayıtların dijital olarak saklanması sağlasa da, kontrolünü ve gizliliğini korumanın zorluğu ele alınmıştır. Bulut bilişim avantajlarıyla birlikte, veri yönetimi zorlukları ve güvenilirliği azaltan sorunlar da içermektedir.

İSG 4.0 teknolojilerinin avantajlarının yanı sıra, riskleri değiştirdiği ve yeni risklere neden olabileceği vurgulanmıştır. Fiziksel riskler, özellikle robotik sistemlerin kullanımı sırasında kazaların meydana gelme olasılığına bağlı olarak artış gösterebilir. Psikososyal riskler, işyerindeki dijitalleşme süreçlerine uyum sağlama konusundaki zorlukları içermekte ve veri güvenliği riskleri, kullanılan teknolojik sistemlerin savunmasızlığına dikkat çekmektedir.

Bu bağlamda, Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği alanındaki gelişimini desteklemek ve İSG 4.0 teknolojilerinin etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamak için aşağıdaki öneriler sunulabilir:

Mevcut İSG kanun ve politikalarının güncellenmesi, iş sağlığı ve güvenliği standartlarının hızla değişen teknolojik ortama uyum sağlaması açısından kritik bir adımdır. Yeni teknolojik gelişmelere uygun politika ve kanunlar oluşturularak, iş güvenliği politikalarının etkin bir şekilde uygulanması için denetim mekanizmaları güçlendirilmelidir. Bu, işyerlerinde güvenli bir çalışma ortamının sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli bir temel oluşturacaktır.

İşçilere ve işverenlere düzenli İSG 4.0 teknolojileri eğitim programları sunmak, çalışanların bu yeni teknolojileri anlamalarını ve etkili bir şekilde kullanmalarını sağlayacaktır. Ayrıca, İSG 4.0 teknolojilerinin getirdiği avantajlar ve beraberindeki risklere dair farkındalık oluşturmak için düzenlenen kampanyalar, çalışanların bu teknolojilere olan güvenini artıracaktır.

İşyerlerinin İSG 4.0 teknolojilerine uyum sağlaması için gerekli teknolojik altyapı, işletmelerin bu teknolojileri etkili bir şekilde entegre etmelerine olanak tanınmalıdır. Ayrıca, İSG 4.0 teknolojilerini entegre edecek altyapısal değişiklikleri teşvik etmek adına işletmelere sağlanacak teşvikler, bu dönüşüm sürecini hızlandırabilir.

İSG 4.0 teknolojilerinin kullanımıyla ilgili gizlilik ve güvenlik standartları belirlenmeli ve net bir şekilde iletilmelidir. Çalışanların gizliliği ve veri güvenliği, bu standartlar doğrultusunda korunmalıdır. Bu adım, çalışanların bu teknolojilere güven duymalarını sağlamak ve olası riskleri en aza indirmek açısından hayati önem taşır.

İSG denetim süreçlerinin dijitalleştirilmesi, işyerlerinde daha etkili, hızlı ve verimli bir denetim sürecinin sağlanmasını amaçlamaktadır. Dijital denetimler, geleneksel denetimlere kıyasla daha fazla veri analitiği ve hızlı geri bildirim imkanı sunarak iş sağlığı ve güvenliği standartlarının daha etkin bir şekilde uygulanmasına katkı sağlar.

Çalışan katılımını teşvik etme mekanizmaları, İSG 4.0 teknolojilerinin tasarım ve uygulama süreçlerine çalışanların aktif bir şekilde katılımını sağlamayı amaçlar. Çalışan geri bildirimleri ve deneyimleri, bu teknolojilerin sürekli olarak iyileştirilmesinde önemli bir rol oynar.

İSG 4.0 teknolojileriyle ilgili acil durum senaryoları ve müdahale planları oluşturulmalıdır. Bu planlar, işyerlerinde ortaya çıkabilecek acil durumları öngörmeyi ve bu durumlara hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmeyi amaçlar. Potansiyel risklere karşı hazırlıklı olmak, işyerlerinin İSG 4.0 teknolojilerini güvenle kullanmalarını sağlar.

9. KAYNAKLAR

- Acatech – National Academy of Science and Engineering. (2013). Securing The Future of German Manufacturing Industry Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of The Industrie 4.0 Working Group. URL: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf, Access Dated: 25.01.2023
- Acemoglu, D. & Restrepo, P. (2018), Artificial Intelligence, Automation and Work, US National Bureau of Economic Research-NBER, <http://www.nber.org/papers/w24196>, erişim: 02.11.2023
- Adıgüzel, O., & Yüksel, H. (2011). ‘Tarihsel Süreçte Çalışma Kavramı ve Bir Kırılma Noktası Olarak Sanayi Devrimi. *Finans Politik&Ekonomik Yorumlar*, 48, 553.
- Ahmed, E., Yaqoob, I., Hashem, I. A. T., Khan, I., Ahmed, A. I. A., Imran, M., & Vasilakos, A. V. (2017). The role of big data analytics in Internet of Things. *Computer Networks*, 129, 459–471.
- Akdur, R., vd. (1998). *Halk Sağlığı*. Ankara: AÜ TF Antıp AŞ Yayınları.
- Akın Ö. (2017). Hızla artan endüstriyel robotların üretim süreçlerinde yarattığı değişimler ve Türkiye işgücü piyasasında yaratacağı olası etkilerin değerlendirilmesi, *İş ve Hayat*, 3(6), 42-71.
- Aksoy, S. (2017). “Değişen Teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0’ı Anlamaya Dair Bir Giriş”, *SAV Katkı*, 4, 34-44.
- Aktürk, S., Karadağ F., (2020), “Fiziksel Risk Etmenlerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi ve Uygulamaya İlişkin Bir Örnek”, *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39, 1-8
- Alan, A.K., Kabadayı., E.T., ve Cavdar, N., (2018), “Yeni Nesil “Bağlantı”, Yeni Nesil “İletişim”: Nesnelerin İnterneti Üzerine Bir İnceleme”, *İşletme Araştırma Dergisi*, 10 (1), 294-320.
- Alper, Y., Kaya, P. A. (1995). *Uluslararası Çalışma Örgütü ve Uluslararası Çalışma Standartları* Ezgi Kitabevi Yayınları: Bursa.
- Altan, Ö. Z. (2009), *Sosyal Politika Dersleri*, (3. Baskı), Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir

- Altıntaş, C. (2015). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) Ve Uluslararası Sosyal Güvenlik Teşkilatı (Issa) Tarafından Yayınlanan Uluslararası Belgelerde Sosyal Güvenliğin Kapsamı Ve Türkiye Açısından Değerlendirilmesi. *Sosyal Güvenlik*, (7), 35-57.
- Altun, F., (2020), Teknolojik Gelişmeler, Dijitalleşme ve Çalışmanın Geleceği, İstanbul, Kriter Yayınevi.
- Arana-Landín, G., Laskurain-Iturbe, I., Iturrate, M., & Landeta-Manzano, B. (2023). Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety. *Heliyon*, 9(3).
- Arıcı, K. (1999). İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Dersleri. Ankara: TES-İŞ Eğitim Yayınları.
- Asadova, S., (2019), “Dijitalleşmenin Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları Üzerinde Etkisi: OECD Ülkeleri Üzerinde Bir Araştırma”, 8. Türkiye Lisansüstü Çalışmaları Kongresi, 24-27 Nisan 2019, Malatya, 209-225.
- Ashyüksel, M. K. (2016). Bilgi teknolojileri ve dijitalleşmenin Türkiye’de bilginin literatürüne yansıması: Bilgi dünyası dergisi örneği (2000-2014). *Bilgi Dünyası*, 17(1), 87-103.
- Ataman, B. C. (2005). “Avrupa Birliği Sosyal Politikasının Temel Prensipleri ve Avrupa İstihdam Stratejisi” *Avrupa Birliği’nin İstihdam ve Sosyal Politikası*, Ankara: Ankara Üniversitesi Yayını, s. 15.
- Aydın, F. (2014). *Avrupa birliği’nde iş sağlığı ve güvenliği*, T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Yayın No: 12, Ankara.
- Badri, A., Gbodossou, A., & Nadeau, S. (2012). Occupational health and safety risks: Towards the integration into project management. *Safety Science*, 50 (2), 190-198.
- Balcı, M., Soner, B., Aydoğan, B., Yener, A., (edt.), (2020), *İş Kazası ve Meslek Hastalığı*, Ankara, Yetkin Yayınları
- Balkır, Gönül,(2012), İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkının Korunması: İşverenin İş Sağlığı ve Güvenliği Organizasyonu, *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 2012/1 ss.56-91
- Baloğlu, C. (2013). Avrupa Birliği ve Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği. İstanbul: Beta
- Baram, Michael, (2009), Globalization and workplace hazards in developing nations, *Safety Science* 47, ss. 756–766

- Barata J., and Cunha P.R., (2019), *Safety is the New Black: The Increasing Role of Wearables in Occupational Health and Safety in Construction*, Business Information Systems Book, Springer International Publishing.
- Bayılmış, O. ve Taş, H. Y. (2015). Sağlık çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliğine yönelik yaklaşımlarının değerlendirilmesi: Sakarya örneği. *İş,Güç Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi / Is,Guc The Journal of Industrial Relations and Human Resources* 17(1), 89- 117
- Beetz, M., Bartels, G., AlbuSchaffer, A., BalintBenczedi, F., Belder, R., Bebler, D., Haddadin, S., Maldonado, A., Mansfeld, N., Wiedemeyer, T., Weitschat, R., Worch, J.H. 2015. Robotic agents capable of natural and safe physical interaction with human co-workers. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, art. no. 7354310, pp. 6528-6535.
- Ben-Ner, A., & Urtasun, A. (2013). Computerization And Skill Bifurcation: The Role Of Task Complexity In Creating Skill Gains And Losses, *ILR Review*, 66 (1), 225–267.
- Beyazıt, S. (2006). *İş Sağlığı ve Güvenliği ÇMİS İSGAJ 18001 Projesi*. İş Hukuku ve Sosyal Güvenlik Hukuku Türk Milli Komitesi 30. Yıl Armağanı, Ankara, TŞOF Plaka Matbaacılık, 529.
- Bick, R., Hazan, E., Khan, H., Lacroix, S., Sarrazin, H. & Welchman, T. (2020, 7 Temmuz). The future of work: Reskilling and remote working to recover in the ‘next normal’, McKinsey, <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/ourinsights/the-future-of-work-reskilling-and-remote-working-to-recoverin-the-next-normal>, erişim: 05.11.2023.
- Bilir, A. & Yıldız. A. N. (2013). *İş Sağlığı ve Güvenliği*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları
- Bingöl, D. (2014). *İnsan Kaynakları Yönetimi*. İstanbul: Beta Yayınları
- Bordel, B., Alcarria, R., Robles, T., & Martín, D. (2017). Cyber–physical systems: extending pervasive sensing from control theory to the internet of things. *Pervasive and Mobile Computing*, 40, 156–184.
- Bozkurt, V. (1997), *Enformasyon Toplumu ve Türkiye*, Sistem Yayınları, İstanbul
- Buyya, R., Broberg, J., Goscinski, A.M. (2011). *Cloud Computing Principles and Paradigms* (1st Ed.), Wiley Publishing.

- Caner, V. (2021). Fiziksel risk etmenleri maruziyetine bağlı iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesinde endüstri 4.0 yaklaşımının değerlendirilmesi. *İSG Academy*, 4(1), 55-61.
- Castells, M. (2010), The Rise of the Network Society, Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781444319514.oth1>
- Christiernin, L.G., & Augustsson, S. (2016). Interacting With Industrial Robots-A Motion Based Interface, *Procedia Workshop Advancement Visual Interfaces*, 310-311.
- Conti, M., Dehghantanha, A., Franke, K., & Watson S. (2017). Internet of things security and forensics: challenges and opportunities. *Future Generation Computer Systems*, 78, 1–3
- Çakır, M. (2004). Avrupa Birliği'nde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği. *Türk Harb-İş Dergisi*, 211, 66-68
- Çelik, N. (2019). Sanayinin geleceği Endüstri 4.0 ve iş sağlığı ve güvenliği. Doktora tezi. İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı Ve Güvenliği Anabilim Dalı. İstanbul, Türkiye.
- Çetindağ, Ş. (2010). İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi ve Mevzuattaki Güncel Durum, *Toprak İşveren Dergisi*, Sayı 86
- Çiçek, Ö., & Öçal, M. (2016). Dünyada ve Türkiye'de iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi. *Hak iş uluslararası emek ve toplum dergisi*, 5(11), 106-129.
- ÇSGB (2006). Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Politika Belgesi (2006-2008). Ankara
- Çukur, M. (2004). Çalışma Yaşamındaki En Önemli Etken ve Hakların Aranmasındaki En Önemli Engel Hakkında İşçilerin Tutumları, *İşSağlığı ve Güvenliği Dergisi*, ÇSGB,19,4, <https://www.csgb.gov.tr/isggm/dergiler/19.pdf>, erişim: 05.11.2023
- Ekmekçi, İ., ve Ekmekçi, AB., (2020), *Endüstri 4.0 ve İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yeni Teknolojiler: İSG 4.0*, Öz. S., Onursal. FS., Terzioğlu. C. (Edts.), Sektörlerin ve Mesleklerin Geleceği, İstanbul, Hiperyayın.
- Erdut, Zeki,(1998), Rekabetin İşgücü Piyasasına Etkisi, Türk Ağır Sanayi ve Hizmet Sektörü Kamu İşverenleri Sendikası, (TÜHİS), Yayın No:29
- EU-OSHA. (2018). Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025. Luxembourg: Publications Office of the European Union

- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2017). Monitoring Technology: The 21. Century's Pursuit Of Well-Being?, URL: <https://osha.europa.eu/en/tools-andpublications/publications/monitoring-technology-workplace/view>, Access Dated: 15.06.2023.
- European Parliamentary Research Service (ERPS) (2015). Industry 4.0 - Digitalisation for productivity and growth. URL: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf), , Access Dated: 25.12.2023.
- Eyrenci, Ö., Taşkent, S. ve Ulucan, D. (2017), Bireysel İş Hukuku, (8. Baskı), Beta Yayınevi, İstanbul
- Fırat S. Ü. ve Fırat, O. Z. (2017). Endüstri 4.0: Gereklilikler ve Etkiler, Konferans Notları, İ.Ü. Enformatik Bölümü
- Fischer, S. (2014). Challenges of the internet of services. In W. Wahlster, H.-J. Grallert, S. Wess, H. Friedrich, & Th. Widenka (Eds.), Towards the internet of services: The THESEUS Research Program (pp. 15–27). Springer.
- Gagliardi Diana, Alessandro MARINACCIO, Antonio VALENTI, Sergio AVICOLI, (2012), Occupational Safety and Health in Europe: Lessons from the Past, Challenges and Opportunities for the Future, *Industrial Health*, 50, ss.7-11
- Gago, C. F., Moyano, F., & Lopez, J. (2017). Modelling trust dynamics in the internet of things. *Information Sciences*, 396, 72–82
- Gartner, (2016). Gartner IT glossary. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization> (Erişim Tarihi: 20.11.2023).
- Gerek, H. N. (2008). İş Sağlığı ve İş Güvenliği. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi AÖF Yayınları.
- Gülmez, M. (2008). Uluslararası Sosyal Politika, Güncelleştirilmiş ve Genişletilmiş 2. Baskı, Hatiboğlu Yayınları: Ankara.
- Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23–34.
- International Organization for Standardization (ISO). (2011). Safety Requirements For Industrial Robots - Part 1: Robots. Geneva, Switzerland. URL: <https://www.iso.org/ics/25.040.30/x/d>, Access Dated: 01.02.2012.

- Jensen, M. C. (1993). The modern industrial revolution, exit, and the failure of internal control systems. *the Journal of Finance*, 48(3): 831-880.
- Jones, D. (2017). With The IEC/ISO 17305 Safety Standard Delay, What's The Next?. Rockwell Automation, URL: <https://www.rockwellautomation.com/enus/company/news/blogs/unified-safety-standard-iec-iso-17305-is-cancelled.html>, Access Dated: 02.02.2020
- Kahraman, Z., & Özdemir, K. Y. (2022). Dijitalleşmenin İş Sağlığı ve Güvenliğine Entegrasyonu ve Uygulanabilirliği. *İSG ACADEMY*, 5(3), 208-221.
- Karabulut, Ö. (2012). Tekstil İş Kollarında İş Sağlığı ve Güvenliği, TEKSİF Eğitim Yayınları: Ankara.
- Karacan, E. (2018). İş Kazaları Ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesinde Ergonomik Koşulların Etkisi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(56), 792-798.
- Karadeniz, O. (2012). Dünya’da ve Türkiye’de iş kazaları ve meslek hastalıkları ve sosyal koruma yetersizliği. *Çalışma ve Toplum*, 3(34), 15-73.
- Karakaş, S., Rukancı, F., & Anameriç, H. (2009). Belge yönetimi ve arşiv terimleri sözlüğü. Devlet Arşivleri Genel Müdürlüğü, Yayın No: 24, Ankara.
- Kazak, İ. (1992). İşçi Sendikalarının Tarihi Gelişimi (İngiltere Örneği). *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (37-38): 63-81.
- Keskin, H., (2020), Yeni Normalde Sektörlerin Geleceği ve Firmaların Dönüşümü, Şeker. M., Özer. A., Korkut, C., (edts), Küresel Salgının Anatomisi: İnsan ve Toplumun Geleceği, (452-472), Ankara, TÜBA.
- Kılıç, C. ve Bülbül, O. G. (2013). İş sağlığı ve güvenliğinde gelinen nokta ve devam eden aksaklıklar. *Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası*, 27(6), 6-23
- Kılış, İ. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliği. Bursa: Dora Basım Yayın Ltd. Şti
- Kocabaş, F. (2015), Endüstri İlişkilerindeki Dönüşüm, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (10), . Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/dpusbe/issue/4752/65281>
- Koray, Meryem (2001), Küreselleşme Süreci ve Ulus Devlet, Ekonomi, Siyaset Tartışmaları, Küreselleşme ve Ulus- Devlet, Yıldız Teknik Üniversitesi, Stratejik Araştırmalar Merkezi Yayını,
- Kozak, İ. E. (2012). İşçi Sendikalarının Tarihi Gelişimi (İngiltere Örneği), *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (37-38), 63-81.

- Kreiss, D., & Brennen, S. (2014). Digitalization and digitization. *Culture Digitally*, 8.
- Kurtdaş, M. Ç. (2017), Küreselleşmenin Sosyal Sınıflar Üzerindeki Etkisi, *Journal of Current Researches on Social Sciences*, (JoCReSS), www.stracademy.org/jocress ISSN: 2547-9644, Year: 2017 Volume: 7 Issue: 2
- Kurtulmuş, N . (2012), Post-Endüstriyel Ekonomilerde Kitle Üretimine Bir Alternatif: Esnek Uzmanlaşma, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (40), 161-173.
- Kutal, M. (1997), Küreselleşme Sürecinin Türk Sendikacılığı Üzerindeki Olası Etkileri, *Kamu-İş Dergisi*, Cilt: 4; Sayı: 2; (Haziran 1997), Retrieved from http://www.sosyalsiyaset.net/documents/metin_kutal_2.htm
- Küçükkalay, A. (1997). Endüstri devrimi ve ekonomik sonuçlarının analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2).
- Lane, M. (2021), The impact of AI on the labour market: is this time different? OECD.AI, Labour Market Economist, <https://oecd.ai/en/wonk/impact-ai-on-the-labour-market-is-this-timedifferent>, erişim: 05.11.2023
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Product Services Systems and Value Creation. Proceedings of The 6. CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems. Service İnnovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. *Procedia CIRP*, 16, 3-8.
- Leka, S., & Jain, A. (2010). Health Impact of Psychosocial Hazards At Work: An Overview. World Health Organization. *Geneva*, 110-136
- Leso, V., Fontana, L., & Iavicoli, I. (2018). The Occupational Health and Safety Dimension of Industry 4.0. *La Medical*. 110 (5),327–338.
- Lira, D. N., & Borsato, M (2016). Dependability Modeling for the Failure Prognosticsin Smart Manufacturing. In ISPE TE (pp. 885-894).
- Liu, C., & Xu, X. (2017). Cyber-physical machine tool – the era of machine tool 4.0 The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems - *Procedia CIRP*, 63, 70–75.
- Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and Machine in Industry 4.0: How Will Technology Transform The Industrial Workforce Through 2025?. The Boston Consulting Group. URL: <https://www.bcg.com/publications/2015/technology-business->

transformationengineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4,
Access Dated: 10.12.2019

- Love, P. E., Smith, J., Ackermann, F., & Irani, Z. (2018). The praxis of stupidity: an explanation to understand the barriers mitigating rework in construction. *Production planning & control*, 29(13), 1112-1125.
- MacDougall, W. 2014. Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future. Germany Trade & invest (GTAI). (Accessed July 18, 2023)
- MacEachen, E., Kosny, A., Ståhl, C., O'Hagan, F., Redgrift, L., Sanford, S., Carrasco, C., Tompa, E., & Mahood, Q. (2016). Systematic Review of Qualitative Literature on Occupational Health And Safety Legislation And Regulatory Enforcement Planning And Implementation. *Scandinavian Journal of Work Environmental Health*, 42 (1), 3-16.
- Mahiroğulları, A . (2005), Endüstri Devrimi Sonrasında Emegın İstismarını Belgeleyen İki Eser: Germinal ve Dokumacılar, *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Konferansları Dergisi*, s. 32, (41-53)
- Malinowski, M L., Beling, P A., Haimes, Y Y., La Viers, A., Marvel, J.A., & Weiss, B A. (2015). System Interdependency Modeling in The Design Of Prognostic And Health Management Systems In Smart Manufacturing. Proceedings of the Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society, URL: (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5486229/>, Access Dated: 01.06.2023.
- Marat, M. (2023). Değişim ve çalışanın dönüşüm kabiliyeti perspektifinden endüstri 4.0'ın çalışma hayatında değişim etkileri ve olası önlemler. *İktisadi ve İdari Bilimler Teori, Güncel Araştırmalar ve Yeni Eğilimler*, 4, 1-28
- McClellan, J.E., 2013. Dünya tarihinde bilim ve teknoloji. S. Sargut (Çev.) Ankara: Akılçelen Kitaplar (orijinal basım tarihi 2006).
- Mızrakçı, K. C. (2020). Agile Occupational Safety Management System Model and Evaluation of the Proposed Model in an Automotive Company. *International Journal of Management and Administration*, 4 (8), 228-244
- Ministry of Economy, Science and Innovation, Québec (MESI). 2016. Plan d'action en économie numérique: Feuille de route industrie 4.0. <
https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents_soutien/gestion

- _ent reprises/industrie_4_0/feuille_route_industrie_4_0.pdf> (Accessed July 18, 2023)
- Ochoa, S. F., Fortino, G., & Di Fatta, G. (2017). Cyber-physical systems, internet of things and big data. *Future Generation Computer Systems*, 75, 82–84.
- Oliff, H., & Liu, Y. (2017). Towards industry 4.0 utilizing data-mining techniques: a case study on quality improvement. The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems - *Procedia CIRP*, 63, 167–172.
- Öksüz, E. (2011). Feodal Düzen ve Sosyal Değişmeler, *Sosyoloji Konferansları*, 0 (18), 81-92. <http://dergipark.gov.tr/iusoskon/issue/9539/119142>
- Özbakır, Ö. Ü. O., & Akşit, Ö. G. İ. (2023) Türkiye’de yaşanan iş kazası ve meslek hastalıklarının sektöre göre farklılıkların istatistiki olarak değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *Latin America 7th International Conference on Scientific Researches* August 11 - 13, 2023- Mexico City
- Özçelik, K., Uluğtekin N., (2018), “Çalışma Ortamındaki Fiziksel Faktörlerin Ergonomik Analizi: Dokuz Eylül Üniversitesi Hastane Örneği”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 319-325
- Öztürk, A.Ö., (2020), Endüstri 4.0 ile İş Sağlığı ve Güvenliği, Yüksek Lisans Tezi, Rumeli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul
- Podgórski, D., Majchrzycka, K., Dąbrowska, A., Gralewicz, G., & Okrasa, M. (2017). Towards A Conceptual Framework of OSH Risk Management in Smart Working Environments Based On Smart PPE. Ambient Intelligence and the Internet of Things Technologies. *International Journal of Occupational Safety Ergonomics*, 23 (1), 1-20.
- Podgórski, D., Majchrzycka, K., Dąbrowska, A., Gralewicz, G., & Okrasa, M. (2017). Towards A Conceptual Framework of OSH Risk Management in Smart Working Environments Based On Smart PPE. Ambient Intelligence and the Internet of Things Technologies. *International Journal of Occupational Safety Ergonomics*, 23 (1), 1-20.
- Polak-Sopinska A., Wisniewski Z., Walaszczyk A., Maczewska A., and Sopinski P., (2020), Impact of Industry 4.0 on Occupational Health and Safety, Karwowski. W., Trzcielinski. S., Mrugalska. B., (edts), *Advances in Manufacturing*,

- Production Management and Process Control, AHFE 2019, Advances in Intelligent Systems and Computing
- Qina, J., Liua, Y., & Grosvenora, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production - Procedia CIRP*, 52, 173–178.
- Rantanen, Jorma, (2010), Grand Challenges for Occupational Health from Globalization *Journal of Occupational Safety and Health* 18: 167-171
- Reinert D. (2016). The Future of OSH: A Wealth of Chances and Risks. *Industrial Health*, 54, 387-388.
- Romero, D., Mattsson, S., Fast-Berglund, A.F., Wuest, T., Gorecky, D., and Stahre, J., (2018), “Digitalizing Occupational Health, Safety and Productivity for the Operator 4.0”, <https://www.researchgate.net/publication/327230622>.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing. *Journal of Industrial Engineering Management*, 9, 811-833.
- Sarıcioğlu, P., İlerisoy, Z. Y., & Soyluk, A. (2021). Mimarlık ve Endüstri 4.0 Eşleşmesi. *Yapı*, 464, 12-17.
- Selek, H. S. (2016). İş sağlığı ve güvenliği (İSG): temel konular-teori-uygulama-yönetmenlik. Seçkin Yayıncılık.
- Shibin, KT., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Childe, S., Dubey, R., & Singh, S. (2016). Energy Sustainability in Operations: An Optimization Study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86, 2873–2884.
- Stacey, N., Ellwood, P., Bradbrook, S., Reynolds, J., & Williams, H. (2017). Key trends and drivers of change in information and communication technologies and work location. Foresight on new and emerging risks in OSH. Working report. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA).
- Stock T. and Seliger, G. 2016. “Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0”, *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 536-541,
- Stojmenovic, I., & Zhang, F. (2015). Inaugural issue of ‘cyber-physical systems’. *Cyber-Physical Systems*, 1(1), 1–4.
- Süzek, S. (2019). İş Hukuku. İstanbul: Beta Yayınları.

- Süzek, Sarper, (2006), İş Hukuku, Beta Yayınevi, İstanbul, 3. Bası (Tıpkı Basım)
- Talas, C. (1992). Türkiye'nin Açıklamalı Sosyal Politika Tarihi, Ankara: Bilgi Yayınevi.
- Tepe, S., (2021), "The Impact of Industry 4.0 on Occupational Health and Safety", *Int. J. Adv. Eng. Pure Sci.*, 33 (1), 122-130.
- Thames, L., & Schaefer, D. (2016). Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0. *Procedia cirp*, 52, 12-17.
- Thoben, K.D., Busse, M. and Denkena B. (2014). System-integrated intelligence-new challenges for product and production engineering in the context of industry 4.0. *Procedia Technology*, 15,1-4.
- TİSK. (2016) 26 Genel Kurul Çalışma Raporu, TİSK Yayın No: 356, 15 Ekim 2016, Ankara
- TMMOB, (2012). Makine Mühendisleri Odası Birliği, İş Sağlığı ve Güvenliği Oda Raporu, Yayın No: MMO/590, Ankara
- Toffler A., 1974. Şok. S. Sargut (Çev.) İstanbul: Koridor Yayıncılık
- Tokol, A. (2013). Uluslararası Sosyal Politika, Dora Yayıncılık: Bursa.
- Topak, O. (2014). Meslek Hastalıkları Ekonomi Politikası Üzerine Notlar, *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, S. 51-52, Ocak - Haziran 2014, 2-9.
- Uçkan, B. (2005). Avrupa Birliği'nde sosyal diyalog: Danışma komiteleri'nden çerçeve antlaşmalara. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası, 55(1), 249-270
- URL 1. <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- URL 2. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331-20130425.pdf>
- Ünal, Y. (2009), Bilgi Toplumunun Tarihçesi, Tarih Okulu Dergisi, (123-144)
- Van Holland, B.J., Soer, R., de Boer, M.R., Reneman, M.F., & Brouwer, S. (2015). Preventive Occupational Health Interventions in the Meat Processing Industry in Upper-Middle and High-Income Countries: A Systematic Review on Their Effectiveness. *International Architecture Occupational Environmental Health*, 88 (4), 389-402.
- Vasic, M., & Billard, A. (2013). Safety Issues in Human-Robot Interactions. IEEE International Conference Robotics Automation (ICRA). Germany, 197-204

- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distribution Sense Network*, 3, 1-10
- Yankın, F. B. (2019). Dijital dönüşüm sürecinde çalışma yaşamı. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, 7(2), 1-38.
- Yaqiong, Lv., & Danping, L. (2017). Design an Intelligent Real-Time Operation Planning System In Distributed Manufacturing Network. *Industrial Management Data System*, 117 (4), 742–753
- Yılmaz, Ö. H. (2012). İşyeri Hekimliğinde İnsan Gücü Planlaması İçin İş Analizi ve Simülasyon Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Adana:
- Zorlu, M. (2014). Milli Korunma Kanunu Versus 3008 Sayılı İş Kanunu: Emeli Denetim Altına Alan ve Sermaye Birikimini Destekleyen Bir Kanun. *SGD-Sosyal Güvenlik Dergisi*, 4(1), 119-145.

10. ÖZGEÇMİŞ

