



**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİ KULLANILAN  
FABRİKALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ**

**YAĞMUR ÖZCAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİ KULLANILAN  
FABRİKALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ**



**YAĞMUR ÖZCAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yağmur ÖZCAN



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİ KULLANILAN FABRİKALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

YAĞMUR ÖZCAN

## ÖZET

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler endüstrinin çeşitli dallarına entegre edilmeye hızla devam etmektedir. Özellikle dijital alanda yaşanan gelişmeler ışığında, geleneksel üretim metotlarının Yapay Zeka tabanlı bilgisayar uygulamaları ile kontrol edilerek gerçekleştirilebilmesi, fabrikaların akıllı olarak adlandırılmasına yol açmıştır. Sanayinin gelişim evreleri bakımından Endüstri 4.0 devri olarak da adlandırılmasına yol açan Akıllı Fabrikalar, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) kavramının farklı bir bakış açısı ile yeniden ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Akıllı fabrika uygulamaları ile ürünlerin bilgisayarlı makinalar tarafından otomatik olarak üretilmesi ve makinaların birbirleri ile haberleşerek üretimin otomatik olarak sevk ve idaresinin yapılabilmesi geleneksel yapıdaki İSG kurallarının yeniden gözden geçirilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. İnsan sağlığını etkileyen ve iş kazalarının yaşanmasına neden olan birçok üretim şeklinde insan gerekliliğinin azalması veya hiç kalmaması çoğu İSG kurallarını geçersiz kılarken, üretimin dijital platformlarda insanlar tarafından kontrol edilmesi zorunluluğu insan sağlığını farklı şekilde etkileyebilen yeni iş kazaları ve meslek hastalıklarına neden olabilecektir.

Bu çalışmada, fabrikaların dönüşümünün bir sonucu olarak, akıllı üretim sistemleri kullanılan fabrikalar ve akıllı fabrika konsepti çerçevesinde İSG kavramında ve politikalarında yaşanabilecek değişim, bazı örneklerle ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı fabrika, iş sağlığı ve güvenliği, akıllı teknolojiler, Endüstri 4.0

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Eylül / 2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ERMURAT

Sayfa sayısı: 77

# **OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY IN FACTORIES USING SMART MANUFACTURING SYSTEMS**

**(M. Sc. THESIS)**

**YAĞMUR ÖZCAN**

## **ABSTRACT**

Today's technological developments continue to be integrated into various branches of the industry. Especially in the light of the developments in the digital field, the fact that traditional production methods can be controlled by Artificial Intelligence-based computer applications has led to the name of factories as smart. Smart Factories, which cause the industry to be named as the Industry 4.0 era in terms of its development stages, require the concept of Occupational Health and Safety (OHS) to be reconsidered with a different perspective. Thanks to smart factory applications, the automatic production of products by computerized machines and the automatic management of production by communicating with each other necessitate the reconsideration of the traditional OHS rules. While the decrease or absence of human need in many production types that affect human health and cause work accidents, many of OHS rules invalidate; the necessity for production to be controlled by people on digital platforms may cause new occupational accidents and occupational diseases that may affect human health differently.

In this study, as a result of the transformation of factories, the factories using smart production systems and the change that may occur in the OHS concept and policies within the framework of the smart factory concept are discussed with some examples.

**Keywords:** Smart factory, occupational health and safety, smart technologies, Industry 4.0

Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering, September / 2020

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet ERMURAT

Page number: 77

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilimsel desteğinin yanı sıra anlayış ve sabrını esirgemeyen, tez çalışmamın en iyi şekilde tamamlanması için fedakârlıklardan kaçınmayan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ERMURAT'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Adana Rehberlik ve Teftiş Grup Başkanlığı'nda görev alan iş arkadaşlarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen meslektaşım Sayın Burak ŞEKER'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince ve hayatımın her alanında desteğini esirgemeyen eşim Çağatay Özcan'a, motivasyon kaynağım kızım Nil'e ve son olarak bugünlere gelmemde büyük emekleri olan maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yağmur ÖZCAN

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ .....	2
2.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi .....	2
2.2. İmalat Sektörleri ve Tehlike Sınıflandırmaları .....	6
2.3. Bazı İmalat Sektörlerinde Karşılaşılabilecek İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Faktörleri ve Alınması Gereken Önlemler .....	8
2.3.1. Gıda ürünlerinin ve içeceklerin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	9
2.3.2. Tekstil ürünlerinin ve giyim eşyalarının imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	10
2.3.3. Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	12
2.3.4. Kimyasallar ve kimyasal ürünler ile temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	13
2.3.5. Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı, ana metal sanayii, fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç) ve başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	14
2.3.6. Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	15
2.3.7. Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı, elektrikli teçhizat imalatı ve başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	16
2.3.8. Mobilya imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	17
2.3.9. Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler .....	18
3. AKILLI ÜRETİM VE AKILLI FABRİKALAR .....	19

3.1. Akıllı Fabrika ve Endüstri 4.0'ın Bileşenleri.....	24
3.1.1. Nesnelerin interneti (Internet of things / IoT) .....	24
3.1.2. Siber-fiziksel sistemler (SFS/Cyber physical system/ CPS) .....	26
3.1.3. Bulut bilişim sistemi (Cloud computing) .....	27
3.1.4. Büyük veri (Big data) .....	28
3.1.5. Simülasyon .....	28
3.1.6. Artırılmış gerçeklik (Augmented reality).....	28
3.1.7. Otonom robotlar (Autonomous robots).....	29
3.1.8. Eklemeli üretim (3D yazıcılar / 3D printer) .....	30
3.1.9. Siber güvenlik .....	32
4. AKILLI FABRİKALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ.....	34
4.1. Akıllı Fabrikalarda İnsan-Makine İlişkisi Bakımından İş Sağlığı ve Güvenliği .....	38
4.2. Akıllı Fabrikalarda Kişisel Koruyucu Donanımlar Bakımından İş Sağlığı ve Güvenliği .....	50
4.3. Akıllı Fabrikalarda Eğitim Açısından İş Sağlığı ve Güvenliği.....	54
4.4. Akıllı Fabrikalarda Ergonomi Açısından İş Sağlığı ve Güvenliği.....	55
4.5. Akıllı Fabrikalarda Yangın, Parlama ve Patlama Önlemleri Bakımından İş Sağlığı ve Güvenliği.....	58
4.6. Akıllı Fabrikalarda İş Sağlığı ve Güvenliği Kontrolü .....	60
4.7. Akıllı Fabrikaların İnsan Sağlığı Üzerindeki Psikolojik Etkileri .....	62
5. AKILLI FABRİKALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARININ MEVZUAT YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	64
6. SONUÇLAR.....	67
KAYNAKLAR.....	69
ÖZ GEÇMİŞ.....	77



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. İş kazalarının nedenleri .....	8
Şekil 2.2. Meslek hastalıkları ve işle ilgili hastalıkların nedenleri .....	9
Şekil 2.3. Hazır giyim sektöründen örnek bir çalışma ortamı .....	11
Şekil 2.4. Kimya sektöründe kullanılan bazı kişisel koruyucu donanımlar .....	13
Şekil 2.5. Metal ürünleri imalatı yapılan bir işyerinde klasik yöntemle yapılan bir kaynak işi .....	15
Şekil 2.6. Geleneksel mobilya imalatına örnek bir çalışma .....	18
Şekil 3.1. Sanayi devriminin aşamaları .....	19
Şekil 3.2. Akıllı fabrika - Endüstri 4.0 Sistematiği .....	20
Şekil 3.3. Çalışanların makineleri kumanda ile idare etmesi .....	21
Şekil 3.4. Çalışanların makineleri sanal ortamda idare etmesi.....	21
Şekil 3.5. Endüstri 4.0 Bileşenleri .....	24
Şekil 3.6. Nesnelerin İnterneti teknolojisinin uygulama alanları .....	25
Şekil 3.7. Siber-fiziksel üretim sistemleri .....	27
Şekil 3.8. Robotik sistemlerin gelişim süreci .....	29
Şekil 3.9. En büyük pazara sahip 15 ülkeye ait yıllık endüstriyel robot kurulumları .....	30
Şekil 3.10. Üretim Yöntemleri a) Talaşlı Üretim, b) Eklemeli Üretim.....	31
Şekil 3.11. Direkt Enerji Yığılma Eklemeli imalat ile üretim esnasında robotik kafanın farklı pozisyonları .....	32
Şekil 3.12. Seçmeli Lazerli Ergitme prosesi ile üretilen ve tek seferde birden çok parçanın eklemeli imalat ile çelik malzemedен üretilmesi .....	32
Şekil 4.1. İSG 4.0'ın temel bileşenleri .....	35
Şekil 4.3. Maden robotu ve elde ettiği veriler ile oluşturulan üç boyutlu maden haritası... 36	
Şekil 4.4. Otomotiv sektöründeki montajda kullanılan çeşitli robotik uygulamaları. (Solda) Mercedes-arka diferansiyel montajı, (sağda) BMW-kapı montajı .....	39
Şekil 4.5. Otomotiv sektöründeki otomasyon ve robotik kaynak uygulamaları .....	40

Şekil 4.6. Su sızdırmazlık testi sistem şeması .....	41
Şekil 4.7. RFID tanımlı etiket kullanılarak sızdırmazlık testi .....	41
Şekil 4.8. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin insan-robot etkileşiminde kullanılması.....	42
Şekil 4.9. LBR iiwa adlı robot ile çalışma .....	43
Şekil 4.10. Gıda imalatında Endüstri 4.0 uygulamalarına örnek.....	43
Şekil 4.11. Akıllı bobinin örme alanında RFID ile kullanımı .....	45
Şekil 4.12. Kumaş hata denetleme sistemi (solda), tespit edilen hata (sağda) .....	45
Şekil 4.13. Hugo Boss fabrikasında kullanılan gömlek manşetine düğme diken robot .....	46
Şekil 4.14. Sewbot tekstil robotunun üretimde yarattığı değişim .....	47
Şekil 4.15. Bodinoz makinesi .....	48
Şekil 4.16. Kurgusal Endüstri 4.0 fabrika modeli .....	48
Şekil 4.17. Otomotiv sektöründe kullanılan insansız hava aracı.....	49
Şekil 4.18. Mobilya sektöründe akıllı üretim sistemlerine örnek.....	50
Şekil 4.19. Sensör füzyonu örneği .....	52
Şekil 4.20. Çalışanların giyilebilir teknoloji ürünleri ile takibi .....	52
Şekil 4.21. Akıllı baret örneği .....	53
Şekil 4.22. Giyilebilir teknolojilere örnek bir gözlük.....	54
Şekil 4.23. Sanal gerçeklikle uygulamalı eğitim örneği.....	55
Şekil 4.24. Çalışanların duruş bozukluklarının RFID teknolojisi ile takibi .....	56
Şekil 4.25. Yükleri taşıırken kolaylık sağlayan robot.....	56
Şekil 4.26. Otomatik depolama ve boşaltma sistemleri .....	57
Şekil 4.27. Mobil raflar ve taşıyıcı robotlar .....	57
Şekil 4.28. Bosch'un AVIOTEC adlı akıllı yangın algılama sistemi .....	59
Şekil 4.29. Buhar kazanı otomasyon sistemi .....	60

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. İmalat sektörleri..... 7



## KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AÇŞHB	:	Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı
ANP	:	Analytic Network Process (Analitik Ağ Süreci)
CAD	:	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CEO	:	Chief Executive Officer (İcra Kurulu Başkanı)
CPPS	:	Cyber-Physical Production Systems (Siber Fiziksel Üretim Sistemleri)
CPS	:	Cyber - Physical Systems (Siber Fiziksel Sistemler - SFS)
GPS	:	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
HRC	:	Human-Robot Collaboration (İnsan-Robot İşbirliği)
ILO	:	International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
IFR	:	International Federation of Robotics (Uluslararası Robotbilim Federasyonu)
IoT	:	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
IP	:	Internet Protokol
İBYS	:	İş Sağlığı ve Güvenliği Bilgi Yönetim Sistemi
İSG	:	İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGÜM	:	İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü
İSO	:	İstanbul Sanayi Odası
NACE	:	Nomenclature des Activités Économiques dans la Communauté Européenne (Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması)
NIST	:	National Institute of Standards and Technology (Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü)
OAİB	:	Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri
RFID	:	Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı ile Tanımlama)
SSGSSK	:	Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu

## 1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojik gelişmeler sanayiye entegre edilmeye hızla devam etmektedir. Yapay Zeka ve geleneksel üretim sistemlerinin harmanlanması sonucu ortaya çıkan akıllı üretim sistemlerinin kullanımı ve bununla birlikte akıllı fabrikalar (smart factory) oldukça yaygınlaşmaktadır. Bu gelişim işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği politikalarını da yeniden yapılandırmaktadır. Akıllı fabrikalar; Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi)'in beraberinde getirdiği otonom robotlar, nesnelerin interneti, siber güvenlik, üç boyutlu yazıcılar, büyük veri gibi birçok unsuru içinde barındırmaktadır. Üretimde makineleşmenin ve otomasyonun etkisinin artmasıyla tesislerin güvenliğini tehlikeye atabilecek ve insan sağlığına zarar verebilecek faktörlerin çoğu ortadan kalkmaktadır. Akıllı fabrikalar ile iş güvenliği önlemlerinde de köklü değişikliklerin olacağı öngörülmektedir.

Genel olarak sektörlere bakıldığında makine, otomotiv, havacılık, savunma, inşaat, maden, kimya sanayi işleri, demir çelik, tekstil, gıda gibi iş kazası ve meslek hastalığı potansiyeli yüksek birçok iş kolu bulunmaktadır. Yeni üretim yöntemleriyle bu iş kazaları ve meslek hastalıklarının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, akıllı üretim sistemleri ile kas gücü kullanımı ve üretim alanı ile direkt temas en aza indiğinden özellikle ölümlü ve uzuv kayıplı iş kazalarının ve çeşitli meslek hastalıklarının büyük ölçüde azalacağı, ancak insan sağlığını olumsuz etkileyecek yeni farklı sorunlar yaşanabileceği öngörülerek, yeni sanayi devriminin yarattığı, akıllı üretim sistemlerinin kullanıldığı akıllı fabrikaların bu tür sonuçlarından dolayı da İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) politikalarında revizyon ihtiyacını göstermek hedeflenmiştir.

## 2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

### 2.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi

İş sağlığı ve güvenliğinin tarihsel gelişimi incelendiğinde ilk yazılı kaynaklar Yunan düşünür Heredot'a kadar dayanmaktadır. Heredot'un, çalışanın sağlığı ile yaptığı iş arasında bağlantı kurduğu ve bununla ilgili çalışmalar yaptığı iddia edilmektedir. Filozof Heredot çalışanların veriminin artması için enerji değeri yüksek besinlerle beslenmeleri gerektiğini savunmuştur. Hipokrat ilk kez kurşun maddesinin zehirleyici özelliğe olduğundan bahsetmiştir. Nicander ise çalışanların zararlı etkilerden korunmasına yönelik tedbirler alınması gerektiğini ön plana çıkarmıştır. Plini de; çalışma ortamındaki zararlı tozlardan korunması için günümüzde kullandığımız maskelerin yerini tutacak torbaların çalışanların başlarına geçirilmesi gerekliliğini savunmuştur (Yiğit, 2011; Gerek, 2008).

Maden işletmelerinde görev alan Alman hekim Paracelsus (1493-1541), dünyanın ilk işyeri hekimliği kitabı olan "Madenlerde Morbidite" (De Morbis Metallicis) adlı eseri ortaya koymuştur. Alman hekim, toksikolojinin babası olarak bilinmektedir ve madenlerdeki çalışanlarda görülen civa ve kurşun zehirlenmeleri üzerinde çalışmıştır (Şen, 2015).

İlk mineroloji bilgini olarak görülen Georgius Agricola (Georg Bauer) ise; yazdığı "De Re Metallica" adlı kitabıyla, zamanının jeoloji, madencilik ve metalürji bilgilerini içeren bir eser ortaya çıkarmıştır. Bu kitapta maden ocaklarında biriken tozu engellemek için ocakların havalandırılmasının uygun olacağını belirtmiş, iş sağlığı ve güvenliği önlemleri konusunda önerilerde bulunmuştur (Bauer, 1556).

İş sağlığı ve güvenliğinin babası olarak bilinen İtalyan Tıp Profesörü Bernardino Ramazzini ise, hastalarına yaptıkları işi sorarak meslekleri ile sağlıkları arasında bağlantı kurmaya çalışmıştır. "Çalışanların Hastalıkları" adlı kitabında meslek hastalıklarını ayrıntılı olarak ele alan Ramazzini (1713), kimyasal maddeler, tozlu ortamlar, ağır metaller, tekrarlanan ve şiddetli hareketler, hatalı duruşlar ve hastalık yapıcı ajanlara değinmiştir (Çiçek ve Öçal, 2016). İş sağlığı ve güvenliği (İSG) kavramı sanayileşmeyle insan hayatının önemli bir parçası olmaya başlamış ve bu zamana kadar yaşanan iş kazalarının getirmiş olduğu kayıplar nedeniyle ön plana çıkmıştır. Tezgâh, makine ve kimyasalların üretime dâhil olması ve uzun süreli çalışmalar sonucunda yaşanan iş kazalarının artmaya başlaması ve çalışanların sağlığının bozulması, toplumsal sorun haline gelerek bu konu üzerinde durulması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Ülkeler çalışma koşullarını düzene koymak, bazı kurallar getirmek adına çeşitli mevzuat çalışmaları başlatmışlardır. İlk yasal düzenleme, İngiltere'nin baca temizleyicilerin haklarını korumak için çıkardığı Baca Temizleyicileri Kanunu olmuştur. Daha sonra yine İngiltere'de Fabrikalar Kanunu (1802 ve 1833) çıkarılmıştır (Erkul, 1983). Fabrikalar Kanunu ile çocuk işçilerin çalışma süreleriyle ilgili kurallar konulmaya çalışılmıştır. İngiltere'deki bu düzenlemeler Avrupa'da bulunan diğer ülkeler için de örnek teşkil etmiştir. Fransa'da 1810 yılında İmparator Kararnamesi ve 1841 yılında İş Mevzuatı yayınlanmıştır. Benzer uygulamalar Almanya'da 1849, İsviçre'de 1840 yılında yürürlüğe girmiştir. 1919 yılında Cenevre'de Türkiye'nin de 1932 yılında üyesi olacağı Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization – ILO) kurulmuştur. Avrupa Birliği içerisinde, 3. Sanayi Devrimi dönemine denk gelen 1980'li yıllardan itibaren İSG ağırlıklı olarak ele alınmaya başlanmıştır.

Ülkemizde ise İSG'nin temelleri yazılı olarak Osmanlı Devleti döneminde ilk kez Dilaver Paşa Nizamnameesi (1865) ile atılmış ve Maadin Nizamnamesi (1869) ile bu alandaki düzenlemeler devam etmiştir. Sakarya Savaşı sırasında (1921) Ereğli Kömür Havzası Maden İşçisinin Hukukuna İlişkin 151 sayılı Kanun çıkarılmıştır. 1936 yılında 3008 sayılı İş Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu Kanun temel iş sağlığı ve güvenliği hükümlerini içermektedir. Daha sonra sırasıyla 931 sayılı İş Kanunu (1967), 1475 sayılı İş Kanunu (1971) ve halen yürürlükte olan 4857 sayılı İş Kanunu (2003) yayınlanmıştır. Bu çalışmaların İSG açısından yeterli düzeye ulaşabilmesi için 2012 yılında 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu çıkarılmış ve 1 Ocak 2013 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sonrasında da bu kanunun doğru şekilde uygulanmasını sağlayacak pek çok yönetmelik yayınlanmıştır.

İSG kavramı, en temel anlamıyla çalışanın sağlık ve güvenliğini korumak için işyeri sınırları içerisinde ve yaptığı işten kaynaklanan tehlikelere karşı tedbir alınmasını içermektedir. Ancak zaman içerisinde bu tanımın yetersiz olduğu görülmüş ve İSG kavramını sadece çalışanla ve işyeri sınırları içinde yaşanabilecek tehlikelerle sınırlamanın yeterli olmayacağı anlaşılmış ve tanım genişletilmiştir. Böylelikle geniş çerçevede iş sağlığı ve güvenliği; işyeri sınırları içinde olmasa dahi yürütülen işin bir parçası olarak yaptığı işler sonucunda çalışanın güvenliğini tehlikeye düşürebilecek risklere karşı da tedbir almayı kapsamaktadır (Beyazıt, 2006).

İş kazalarının tanımlanmasında da bu ayrımın doğru yapılması önem arz etmektedir. Çünkü işyeri dışında dahi olsa, yürütülen işle ilgili yaşanan kazalar iş kazası

niteliği taşıyabilmektedir. Örneğin; alışanların işverenin sağladığı bir araçla işe gidiş gelişleri sırasında, işveren tarafından çalışanın işyeri dışında görevlendirildiği herhangi bir yerde asıl işini yapmaksızın geçirdiği zamanlarda, hatta kadın çalışanların ocuk emzirme süreleri içinde yaşanan kazalar da iş kazası olarak değerlendirilmektedir (SSGSSK, 2006).

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda ise iş kazası; "işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, lme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenengelli hle getiren olay" olarak tanımlanmaktadır (İSG Kanunu, 2012). Buradan yola çıkarak bir kazanın iş kazası sayılabilmesi için kaza sonucunda çalışanın ruhen olumsuz etkilenmesi bile yeterlidir.

Aynı kanunda meslek hastalığı ise; "mesleki risklere maruziyet sonucu ortaya çıkan hastalık" olarak belirtilmiştir (İSG Kanunu, 2012). Yani herhangi bir mesleki riske belirli süre maruz kalan çalışanın sağlığının olumsuz etkilenmesi sonucunda meslek hastalığı ortaya çıkabilmektedir. Meslek hastalıklarının ortaya çıkış süreleri değişebilmektedir. Bu nedenle çalışanlar işten ayrıldıktan sonra da ayrıldığı işyerindeki maruziyet sonucu bir meslek hastalığına yakalanabilmektedir. Bu sebeple kanserojen ve mutajen maddelere maruziyet olan işyerlerinde Kanserojen veya Mutajen Maddelerle alışmalarda Sağlık ve Güvenlik nlemleri Hakkında Yönetmelik ile ilgili kayıtların 40 yıl süreyle saklanması zorunlu hale getirilmiştir. Böylece alışan yaptığı işten kaynaklı bir hastalığa yakalandığında artık o işte çalışmadığı için hak kaybına uğramayacak ve işverenin sorumluluğu devam edecektir.

İSG'deki asıl amaç, işi sağlıklı ve güvenli bir zemine oturarak çalışanın sağlığının güvence altına alınmasının yanı sıra, işyeri içi ve dışındaki her türlü faaliyetin kapsam içine sokularak işyerini ve çevresini de içine alacak şekilde daha geniş bir koruma sağlamaktır (Kılış, 2014).

Uluslararası alışma rgt'nün (ILO) 2017 yılında yayınlamış olduğu rapora göre, dünyada her yıl iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle 2,78 milyon çalışanın hayatını kaybettiği belirlenmiştir. Bu kayıpların yaklaşık %86'sı meslek hastalıklarından, kalan %14' iş kazalarından kaynaklanmaktadır. Bu kayıplar ülkelerin gayri safi yurtiçi hasıllarının yaklaşık %4'ne mal olmaktadır (Pavon vd., 2018). Bu istatistiksel sonuçlar da, iş güvenliği konusunda ciddi önlemlerin alınması gerektiğini açık bir şekilde desteklemektedir.



Teknolojik gelişimler sanayi devrimlerinin yaşanmasına alt yapı oluşturmuştur. İlk sanayi devrimi döneminde pek çok işin insan gücü ve aklı ile eş zamanlı gerçekleştirilmesi gerekmektedir. O zamanlarda genelde ülkelerin oturmuş olduğu ve kuralların yazılı olarak formal bir şekilde belirlendiği herhangi bir iş sağlığı ve güvenliği politikaları bulunmamaktaydı. Çünkü o dönemde esas olan insan sağlığı değil, ürün ortaya koymak ve üretimi devam ettirmektir. Her yeni sanayi devrimiyle üretimin karmaşıklığı ve çeşitliliğinin artması ile insanların bilinçlenmesinin sonucu olarak iş sağlığı ve güvenliği gittikçe önem kazanmıştır. Sosyal devlet yapısı geliştikçe; çalışanların sağlığının bozulması ve çalışanların örgütlenmelerinin de etkisiyle iş güvenliği önlemleri gündem olmaya başlamıştır. İşverenler işgücünü kaybetmeyi göze alamamış, devletler de çalışan kesimin yanında olmak durumunda kalmıştır. Sonraki sanayi dönemlerinde ise öncelikle seri üretimin yaygınlaşması, daha sonra da bilgisayar ve otomatik kontrole dayalı üretim süreçleri yaygınlaşınca insan proses bölgesinden uzaklaşmaya başlamış ancak üretim miktarları arttığı için proses dışındaki ara işleri yapan insan işletmelerde daha çok görünmeye başlamıştır. Makineleri bilgisayarlar kontrol ediyor olsa da insanların makinelere hükmetmesi gerekmiştir. Böylelikle iş güvenliği önlemleri alınmadan iş kazası ve meslek hastalıklarının önüne geçmek mümkün olmamıştır.

Teknolojinin gelişmesiyle iş güvenliği anlamında yapılacak çalışmaların yönü de tamamen değişmekte ve farklı bir bakış açısı kazanmaktadır.

Sanayileşmiş ülkelerde; çalışanların sosyal haklarını ve güvenliklerini korumaya yönelik işçi sendikaları, iş kanunları, standartlar ve yönetmelikler kademeli olarak ortaya çıkmaya başlamış ve sürekli geliştirilmiştir. İSG ile ilgili alınan önlemlerle hem çalışan hem işletme hem de işyeri korunmaktadır. İşverenler çalışanlarının ruh ve beden sağlığını korumak için onlara yaptıkları işlerle ilgili eğitimler vermekte, makinelere çeşitli koruyucular tatbik etmekte, çalışanlara kişisel koruyucu donanımlar sağlamakta, çalışma ve dinlenme sürelerini düzenlemekte, yangın ve deprem gibi acil durumlar için eylem planları oluşturmakta, çalışanların yaptıkları işe uygun iş ekipmanları sağlamaktadır.

İşyerlerinde koruyucu güvenlik önlemleri alınarak çalışma ortamlarının iyileştirilmesi verimliliği de artırmaktadır. Çeşitli güvenlik tedbirlerinin alınması, iş kazası sebepli makine duruşlarını, gecikmeleri, malzeme ve iş gücü kayıplarını azaltacağından üretimin verimini olumlu etkilemektedir. Ayrıca işverenin çalışana önem vererek işyerinde çalışma ortamının iyileştirmesi çalışanda aidiyet duygusunu tetikleyerek psikolojik olarak da çalışanların bireysel verimini artırmaktadır.

Ancak günümüzde yaşamakta olduğumuz ve Endüstri 4.0 olarak da adlandırılmaya başlanan sanayi devrinde, üretim faaliyetlerinin tamamen veya kısmen akıllı olarak uzaktan, yapay zeka ile dijital olarak kontrol edilmeye başlandığı için bu dönemde uygulanacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin de boyutunun değişmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

## **2.2. İmalat Sektörleri ve Tehlike Sınıflandırmaları**

Tehlike sınıfı; 6331 sayılı İSG Kanunu'nda "iş sağlığı ve güvenliği açısından, yapılan işin özelliği, işin her safhasında kullanılan veya ortaya çıkan maddeler, iş ekipmanı, üretim yöntem ve şekilleri, çalışma ortam ve şartları ile ilgili diğer hususlar dikkate alınarak işyeri için belirlenen tehlike grubunu ifade eder" şeklinde tanımlanmaktadır. Geleneksel üretim yöntemleri kullanılan imalat sektörlerini tehlike potansiyellerine göre sınıflandırmak İSG alanındaki çalışmaları da kolaylaştırmaktadır.

İmalat sektörü İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği'nde(2012) NACE kodlarına göre 23 adet alt sektör içermektedir. Bu sektörler de yine farklı alt sektörlerle ayrılmış ve her alt sektörün farklı tehlike sınıflandırmaları bulunmaktadır. Çizelge 0.1. İmalat sektörleri'nde NACE alt kodlarına göre imalat sektörleri başlıklar halinde verilmiştir. Alt sektörlerin ait olduğu tehlike sınıflandırmasının çoğunluğuna göre özet bir şekilde tehlike sınıflandırması belirlenmiş ve tabloda gösterilmiştir.

İşyerinin tehlike sınıfı İSG alanında alınacak önlemlerin niteliğini belirlemesi açısından büyük önem arz etmektedir. İSG mevzuatı kapsamında; işyerlerinde görevlendirilecek iş güvenliği uzmanlarının sınıfları (A, B veya C) bu NACE kodlarına göre belirlenen tehlike sınıfları dikkate alınarak tespit edilmektedir. Yine iş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi ve diğer sağlık personelinin işyerinde kaç dakika görevlendirileceği, periyodik sağlık muayenelerinin ne kadar sürede bir tekrarlanacağı, iş sağlığı ve güvenliği kurulunun toplanma süreleri, acil durumlar için görevlendirilecek destek elemanlarının sayısı, bu ekiplerde kaç tane ilkyardımcının olacağı, risk değerlendirmesinin yenilenme süreleri bu tehlike sınıflarına göre hesaplanmaktadır. Bir çalışanın ne kadar süre ve hangi aralıklarla eğitim alması gerektiği de işyerinin tehlike sınıfına göre belirlenmektedir.

Çizelge 0.1. İmalat sektörleri

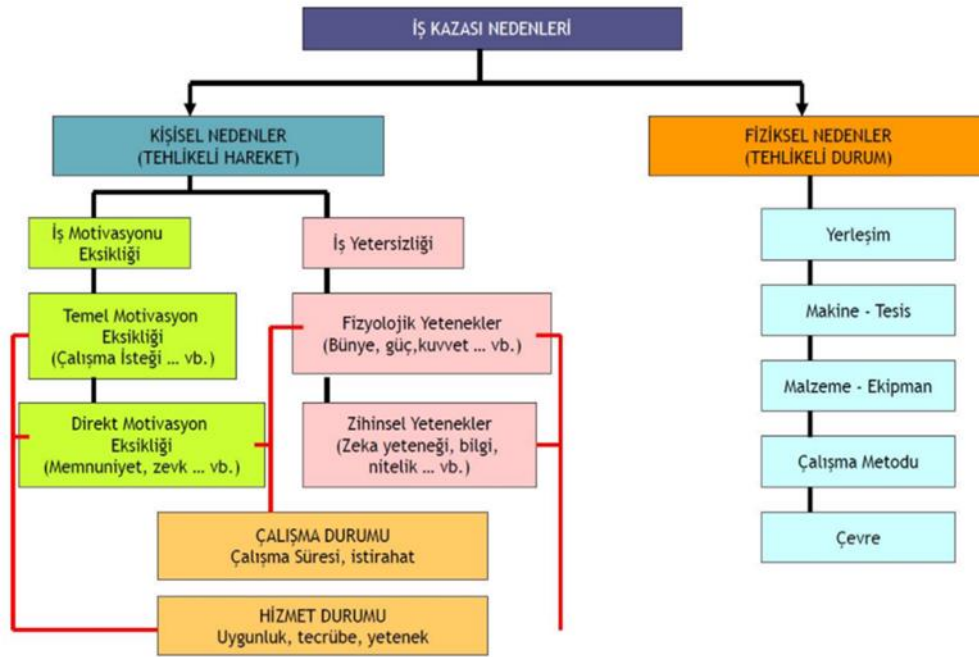
NACE KODU	İMALAT SEKTÖRÜ	TEHLİKE SINIFI*
10	Gıda ürünlerinin imalatı	Tehlikeli
11	İçeceklerin imalatı	Tehlikeli
12	Tütün ürünleri imalatı	Tehlikeli
13	Tekstil Ürünlerinin İmalatı	Tehlikeli
14	Giyim Eşyalarının İmalatı	Az Tehlikeli
15	Deri ve İlgili Ürünlerin İmalatı	Tehlikeli
16	Ağaç, Ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı	Tehlikeli
17	Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatı	Tehlikeli
18	Kayıtlı medyanın basılması ve çoğaltılması	Tehlikeli
19	Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	Çok Tehlikeli
20	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	Çok Tehlikeli
21	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı	Tehlikeli
22	Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı	Tehlikeli
23	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	Çok Tehlikeli
24	Ana metal sanayii	Çok Tehlikeli
25	Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)	Tehlikeli
26	Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı	Tehlikeli
27	Elektrikli teçhizat imalatı	Tehlikeli
28	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı	Tehlikeli
29	Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı	Tehlikeli
30	Diğer ulaşım araçlarının imalatı	Tehlikeli
31	Mobilya imalatı	Tehlikeli
32	Diğer imalatlar	Tehlikeli

\* Çizelgede alt sektörler gösterilmediği için alt sektörlerin sahip olduğu tehlike sınıflarının çoğunluğuna göre bir tehlike sınıfı kabul edilmiştir.

Akıllı sistemlerin üretimde kullanılmaya başlamasıyla geleneksel yöntemlerden uzaklaşılmasının bir sonucu olarak fabrikalarda tehlike sınıflarının değişmesi kaçınılmaz olacaktır. Kullanılan ekipmanların, üretim yöntemlerinin, çalışma ortam ve şartlarının değişmesi iş kazası ve meslek hastalığı risklerinin azalmasına neden olacaktır. Bu değişikliklere göre ek düzenlemelerin yapılması akıllı üretim sistemleri kullanılan işyerlerinin tehlike sınıflarının yeniden düzenlenmesi gerekecektir.

### 2.3. Bazı İmalat Sektörlerinde Karşılaşılabilecek İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Faktörleri ve Alınması Gereken Önlemler

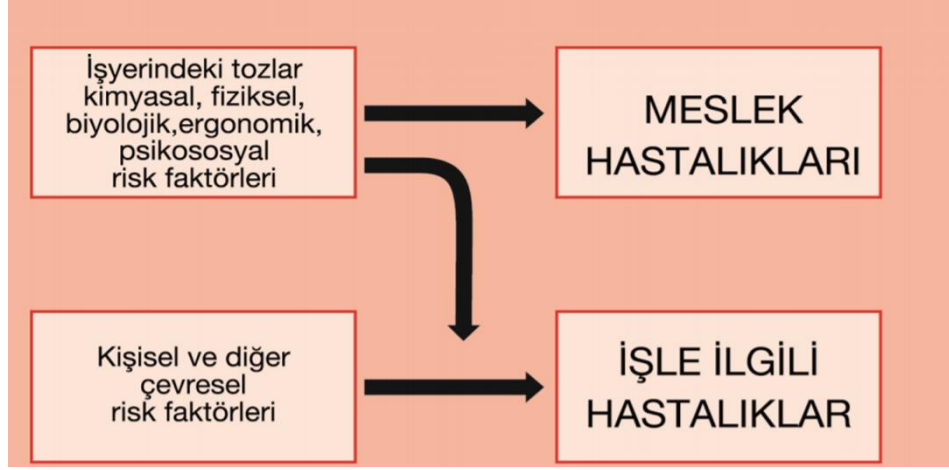
Üretim aşamasında çalışanlar için her zaman iş sağlığı ve güvenliği riskleri bulunmaktadır. İş kazalarının nedenleri, Şekil 0.1’de görüldüğü üzere kişisel nedenler ve fiziksel nedenler olarak iki temel başlıkta ele alınabilir. İş kazaları; makinelerden, güvensiz çalışma ortamlarından, işverenin ihmalden, çalışanın dikkatsizliğinden, eğitimsizliğinden, yapılacak işe uygun iş ekipmanlarının kullanılmamasından ve bazen de kaçınılmayan durumlardan kaynaklanabilmektedir.



Şekil 0.1. İş kazalarının nedenleri (AYBÜ-İSG Bülteni, 2019)

ABD’de iş kazaları konusunda çalışmalar yürüten önemli kuruluşlardan olan “National Safety Council” ün raporlarına göre iş kazalarının %19’u çalışanlara, %18’i mekanik etkenlere ve %63’ü mekanik ve çalışanların birlikte etkisiyle meydana gelmektedir (Camkurt, 2013).

Çalışanlarda görülen meslek hastalıklarının nedenleri ise Şekil 0.2’de görüldüğü gibi işyeri ortamında bulunan tozlar, kimyasallar, fiziksel, biyolojik, ergonomik ve psikososyal risk faktörleri şeklinde sıralanmaktadır. İşle ilgili hastalıklar ise kişinin geçmişten gelen herhangi bir rahatsızlığının işyeri ortamında saydığımız bu risk faktörlerinin etkisiyle nüksetmesi sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 0.2. Meslek hastalıkları ve işle ilgili hastalıkların nedenleri (İSGÜM, 2015)

İşyerlerinde, çalışma ortamlarında çalışanların sağlığını olumsuz etkileyebilecek risk etmenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Fiziksel risk etmenleri: Titreşim, basınç, gürültü, aydınlatma, termal konfor (sıcaklık, nem, hava akımı vb.), tozlu ortam ve iyonize ışınlar,
- Kimyasal risk etmenleri: Tehlikeli tozlar, gazlar, buhar, duman, sis vb.,
- Biyolojik risk faktörleri: Bakteriler, virüsler, mantarlar, parazitler ve böcekler,
- Ergonomik risk faktörleri: Çalışma pozisyonu, elle taşıma, sürekli tekrar eden işler, çalışma süreleri, uygun olmayan ekipman kullanımı vb.,
- Psikososyal risk etmenleri: Çalışma ortamı, iş yükü, monoton iş, mesai süresi, vardiyalı çalışma, ücret, haftalık ve yıllık izinler, mobbing, taciz, ayrımcılık(cinsiyet, yaş, ırk vb.), iş güvencesi, yönetici ve çalışan arasındaki iletişim eksikliği, sendikalaşma.

Bu bölümde, Çizelge 0.1’de yer alan imalat sektörlerinde karşılaşılabilecek iş kazası ve meslek hastalığı risk faktörleri ve alınabilecek önlemler ele alınmıştır.

### 2.3.1. Gıda ürünlerinin ve içeceklerin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler

Gıda sanayii kapsadığı ürünler bakımından çok geniş bir yelpazeye sahiptir. Bu durum üretim şekillerine de yansıdığından bu sektörde birbirinden farklı birçok üretim prosesi ile karşılaşmak mümkündür.

Gıda ürünleri ve içecek imalatı sektörü; hamur işleri sanayi, fırıncılık, pastacılık, et kesilmesi, hazırlanması ve muhafazası, meyve ve sebzelerin konserve edilmesi, süt

mamulleri sanayi, , balık ve diğer deniz gıda maddelerinin konserveçiliği, şeker sanayi, kakao ve şekerli maddeler imali gibi çok çeşitli iş kollarından oluşur.

Bu işkollarında hammadde olarak alınan et, balık, süt, tahıl, meyve ve sebze gibi ürünler kesme, parçalama, pişirme, basınç uygulama gibi çeşitli işlemlerden geçerek paketlenmekte ve tüketiciye ulaştırılmaktadır.

Gıda ürünlerinin ve içeceklerin imalatında meydana gelen iş kazalarının nedenleri genellikle; dönen ve hareketli iş ekipmanları, elektrik akımına kapılma, biyolojik tozların sıkışma sonucu patlaması, fırın veya ocak ekipmanlarının yüksek sıcaklığı nedeniyle uzuv yanması, kesim ünitelerinde uzuv kesilmesi ve kopması, hammaddelerde mevsimsel yoğunluklar nedeniyle üretim kapasitelerinin üstüne çıkılması sonucu özellikle gece vardiyalarında çalışanlarda dalgınlık ve uykusuzluk gibi psiko-sosyal etkilenmeler ve bunların neden olabileceği diğer iş kazaları olarak sıralanabilir.

Bu sektörlerde görülen meslek hastalıklarının nedenleri ise; çeşitli kimyasal maddelere maruziyet ve enfeksiyon nedeni olan bakteriler, virüsler, mantarlar, parazitler olarak gösterilebilir.

Gıda ürünlerinin ve içeceklerin imalatı sektörlerinde yaşanan iş kazaları ve rastlanan meslek hastalıklarını önlemek için; iş ekipmanları koruyucusu olmadan çalıştırılmamalı, çalışanlara gerekli eğitim ve talimatlar verilmeli, gıda hazırlama ve pişirme aşamalarında kesici, ezici ve sıcaklığın söz konusu olduğu kısımlarda çalışan personelin korunması için kişisel ve ünitesel koruyucu donanımlar sağlanmalı, depolama kurallarına dikkat edilmeli, yeterli havalandırma sistemleri oluşturulmalı ve çalışma sürelerine dikkat edilmelidir. (AÇSHB, 2018)

### **2.3.2. Tekstil ürünlerinin ve giyim eşyalarının imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Tekstil sektörü ülkemizde ve dünyada çok geniş uygulama alanına sahip bir sektördür. Sektörde üretilen ürünler; giyim, dekorasyon ürünleri, çeşitli aksesuarlardır. Sektör savunma sanayiini de kapsayan geniş bir üretim ve kullanım alanına sahiptir (AÇSHB, 2018).

Geleneksel yöntemlerle üretim yapılan Şekil 0.3'teki gibi tekstil atölyelerinde tamamen emek yoğun üretim süreci işlemektedir. Hazır giyim sanayi artık teknolojinin gelişmesinden etkilenecek geleneksel yöntemlerden farklı bir boyuta taşınmakta ve seri üretimlerin olduğu bir üretim sürecine geçiş yapmaktadır. Rekabetçi piyasa açısından

kişisel zevklerin ve ihtiyaçların karşılanması için tüketiciye farklı seçenekler sunmak da önem kazanmıştır. Bu nedenle çeşitliliğin artması üretim proseslerinin de değişmesine yol açmıştır. Üretimde karmaşık makine ve daha fazla kimyasal kullanımının artış göstermesi kaçınılmaz hale gelmiştir.



Şekil 0.3. Hazır giyim sektöründen örnek bir çalışma ortamı (Tezcan, 2008)

Tekstil ürünlerinin ve giyim eşyalarının imalatında meydana gelen iş kazaları genellikle iş ekipmanının hareketli kısımlarının ya da ekipmandan fırlayan bir parçanın çalışana zarar vermesi, çalışanın uzuvlarının iş ekipmanlarında sıkışması, elektrik çarpması, çalışanın üzerine malzeme düşmesi, göze zararlı kimyasal sıçraması, kimyasal maddenin solunmaya maruz kalması, kesici ve delici materyalin uzuv yaralanmasına neden olması ve yangın olarak sıralanabilir.

Tekstil sektöründe sıklıkla görülen meslek hastalıklarına ise işitme kaybı, bissinoz, silikozis hastalıkları ve ergonomik olmayan çalışma şartlarından kaynaklanan çeşitli meslek hastalıkları sıralanabilir.

Tekstil ürünlerinin ve giyim eşyalarının imalatında meydana gelen iş kazalarının nedenleri; iş ekipmanlarının bakım ve kontrollerinin düzenli yapılmaması, iş ekipmanı durdurulmadan bakım yapılmaya çalışılması, iş ekipmanlarındaki elektrik kaçakları, çalışanların dikkatsizlikleri ve eğitim eksiklikleri, işverenin ihmalleri, iş ekipmanının doğru şekilde kullanılmaması, koruyucu tertibatlarının ya da sensörlerinin pasif hale getirilmesi, yanlış depolama ve istifleme, kişisel koruyucu donanımların kullanılmaması, kaldırma ve taşıma işlerinin elle ya da yanlış şekilde yapılması olarak sıralanabilir (Şimşek, 2015).

Bu sektörlerdeki meslek hastalıklarının sebepleri ise gürültülü makineler, tozlu çalışma ortamları ve çalışanların sürekli aynı işi tekrarlı bir şekilde yapmalarıdır.

Tekstil ürünlerinin ve giyim eşyalarının imalatı sektörlerinde meydana gelen iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek için; çalışanın koruyucusu olmayan iş ekipmanı ile çalışmasını engellemek, gürültü ve titreşimi azaltmak için varsa daha az gürültülü ve titreşimli ikame makineler kullanmak, düzenli olarak toz ve gürültü ölçümleri yaptırmak, yeterli havalandırma, aydınlatma ve termal konfor şartlarını sağlamak, çalışanların kişisel koruyucu donanım kullanmasını sağlamak, kullanılan kimyasal maddeler ile ilgili çalışanları bilgilendirmek, kimyasal maddelerin uygun şekilde depolanmasını sağlamak gerekmektedir (AÇSHB, 2018).

### **2.3.3. Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Kağıt ve kağıt ürünleri imalatı, birçok ağaç türü veya bitkilerden selüloz ve odun hamuru üretilmesi ile bu ara ürünlerin ve daha önce kullanılmış kağıtların geri dönüşümüyle elde edilen atık kağıttan kağıt üretilmesine kadar devam eden işlemler bütünüdür. Bu süreç çeşitli kimyasal ve mekanik işlemlerden oluşmaktadır (İSO, 2018).

Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatında iş kazaları ve meslek hastalıkları genellikle yangın, kimyasal maddelere bağlı zehirlenme, ıslak ve kaygan zemin kaynaklı düşmeler şeklinde meydana gelmektedir.

Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatında iş kazalarının ve meslek hastalıklarının nedenleri ise; tutuşturucu maddelerin (sigara vs.) kağıt depolanan bölümlerden uzak tutulmaması, kimyasal madde kullanılması gereken bölümlerde yeterli havalandırmanın bulunmaması, maliyeti düşük tutma kaygısıyla daha az zararlı ikame kimyasal ürünlerin kullanılmaması, kullanılan kimyasalların özelliklerine uygun maske gibi kişisel koruyucu donanım kullanılmaması, proses gereği ıslak ve kaygan olan zeminde gerektiğince dikkat edilmemesi gösterilebilir.

Bu iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için; çalışanlara gerekli eğitimlerin verilmesi ve sürekli denetimlerinin sağlanması, kullanılan tehlikeli kimyasalların çalışan sağlığına daha az zararlı kimyasallarla değiştirilmesi, tehlikeli kimyasal madde kullanılan bölümlerde havalandırma sistemlerinin tehlikeli gaz ve buharların ortama yayılmadan tahliyesini gerçekleştirecek şekilde tasarlanması, kullanılan kimyasala uygun maske



kullanılması, zeminin ıslak olduğu bölümlerde çalışanların kaydırmaz tabanlı iş ayakkabıları kullanımı sağlanmalıdır.

#### **2.3.4. Kimyasallar ve kimyasal ürünler ile temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Kimyasallar günlük yaşantımızın önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Birçok kimyasal, amacına uygun bir şekilde kullanıldığında insanların yaşam kalitesinin, sağlığının ve refahının iyileşmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Bir diğer yandan ise kimyasalların bazıları çok tehlikelidir ve yanlış kullanıldığında toplum sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkileyebilecek potansiyele sahiptir (Tarım, 2017).

Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı ile temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatında iş kazaları ve meslek hastalıkları genellikle yangın, patlama, zararlı gazların havaya yayılması, sıvı haldeki kimyasalların bulunduğu kapalı kaplardan dış ortama sızması ya da taşması, zararlı kimyasalın direkt çalışana temas etmesi şeklinde meydana gelmektedir.



Şekil 0.4. Kimya sektöründe kullanılan bazı kişisel koruyucu donanımlar (AÇSHB,2016)

Kimyasal iş kazalarının ve meslek hastalıklarının nedenleri ise; iş ekipmanı arızası, çalışan ihmali, kontrol edilemeyen kimyasal tepkimeler, ortam şartlarının olması gerekenden farklılık göstermesi ve dış etkenler olarak gösterilebilir.

Bu iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için; öncelikle çalışanlara kullanılan kimyasal hammadde, üretilen ara ürün ve bitmiş ürün olan kimyasalların yapısal özellikleri ile ilgili bilgilendirme yapılmalıdır. Kimyasalların doğru şekilde depolanması sağlanmalı (ısı, basınç vb. kontrol altında tutularak) ve uygun şekilde işaretlemeleri yapılmalıdır. Kimyasalın bulunduğu kabın dışına çıkma ihtimali olduğu durumlarda taşma havuzu veya kimyasal emiciler kullanılmalıdır. Çalışanların Şekil 0.4'te olduğu gibi uygun özellikte maske, eldiven, iş elbisesi gibi kişisel koruyucu donanımları kullanmasını sağlamak gerekmektedir.

### **2.3.5. Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı, ana metal sanayii, fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç) ve başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı sektöründe; cam ve cam ürünleri, cam elyafı, ateşe dayanıklı ürünler, seramik ürünler, çimento, hazır beton vb. ürünlerin imalatı yer almaktadır.

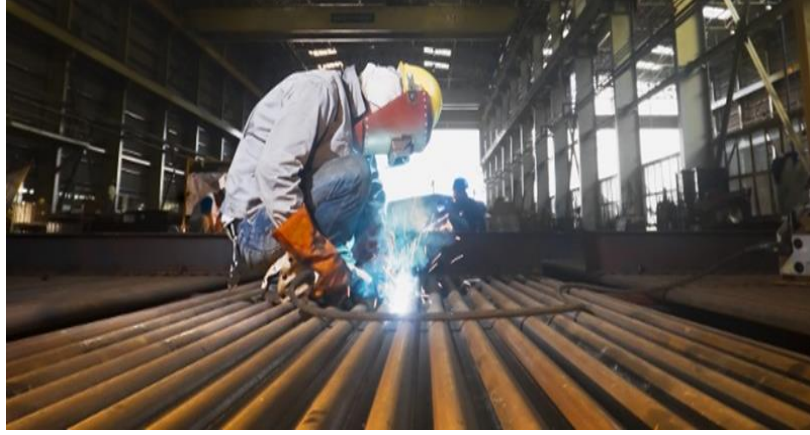
Ana metal sanayii sektöründe ise; demir ve çelik ürünleri ile ferro alaşımları, kurşun, kalay, alüminyum, bakır, çelik bağlantı parçaları üretimi ve metal döküm işleri gibi çok tehlikeli işler yer almaktadır.

Fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektöründe yer alan işler; metal yapı malzemeleri, tank, muhafaza kapları, buhar jeneratörü, savunma sanayii ürünleri imalatı, metallerin ergitilip dökümü, işlenmesi, kaplanması ve genel hırdavat malzemeleri imalatı gibi işlerdir.

Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı kapsamında ise; motor, türbin, pompa, kompresör, fırın, brülör, musluk, valf/vana, rulman, şanzıman, tahrik elemanları, kaldırma, taşıma ekipmanları, soğutma, havalandırma ekipmanları, tarım ve ormancılık makineleri, metal işleme makineleri, maden, taş ocağı ve inşaat makineleri imalatı gibi genellikle tehlikeli sınıfta bulunan işler yer almaktadır.

Bu sektörlerde meydana gelen iş kazaları genellikle; yanma, kas-iskelet hasarları, kaynak tüplerinin patlaması, el, göz ve vücut yaralanmaları, yüksek ısıya, parlak elektrik arkına, infrared (kızılötesi) ve ultraviyole ışınlarla maruz kalma, iş ekipmanlarının dönen aksamlarında uzuv sıkışmaları olarak bilinmektedir. Bu sektörde sıklıkla görülen meslek hastalıkları ise işitme kaybı, siderozis, solunum sistemi rahatsızlıkları, beyaz parmak

sendromu, erken katarakt, lösemi, lenfoma, beyin tümörleri, keratokonjunktivit olarak sıralanabilir (Alpsoy, 2014).



Şekil 0.5. Metal ürünleri imalatı yapılan bir işyerinde klasik yöntemle yapılan bir kaynak işi (www.wipelot.com)

Bu sektörlerde yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıklarının nedenleri; metalin yüksek ısılarda güvenlik önlemleri alınmadan eritilmesi, ağır yüklerin elle veya ergonomik olmayan şekillerde kaldırılması, kaynak tüplerinin doğru şekilde kullanılmaması ve depolanmaması, çapak sıçramaları, göz koruyucu kullanılmadan kaynak yapılması, iş ekipmanı çalışır durumda iken bakım veya onarım yapılması, metal tozu solunumu, titreşim, gürültü, radyasyona maruziyet, metallerin eritilirken yaydığı kızılötesi ışınlarla maruziyet, kanserojen özelliği olan metallerle maruziyet, kostik ve aşındırıcı kimyasallara maruziyet olarak bilinmektedir.

Bu iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi için ise; kaynak tüplerinin düzenli kontrollerinin yapılması, Şekil 0.5'te görüldüğü gibi kaynak yaparken yüz-göz siperi, eldiven gibi kişisel koruyucu donanımların kullanılması, talaşlı imalat makinelerinde soğutma sıvılarının düzenli olarak değiştirilmesi, metal işleme sıvılarına maruziyetin en aza indirilmesi, kaynak buharı ve diğer zararlı gazların çıktığı noktalardan lokal havalandırma ile çekilmesi sağlanmalıdır (Alpsoy, 2014).

### **2.3.6. Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı sektöründe; kauçuktan lastik, tüp, boru, hortum, giyim eşyası, süpürge, fırça, eczacılık ürünleri, plastik tüp, torba, çanta, kutu, şişe ve inşaat malzemesi imalatı gibi işler yer almaktadır.

Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatında meydana gelen iş kazaları; kimyasal madde kullanımının yoğun olması nedeniyle yangın ve patlama, kimyasalın göze ya da vücudun bir bölümüne sıçraması nedeniyle görme kayıpları ve yanıklar, pres makinelerinde çarpma veya sıkışma sonucu uzuv kayıpları şeklinde sıralanabilir. Bu sektörde sıkça rastlanan meslek hastalıkları ise, gürültü nedeniyle işitme kayıpları, kontakt dermatit, astım, polimer duman ateşi, kimyasal pnömonilerdir.

Bu iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için; makinelerin ses önleyici materyallerle kaplanması, yeterli olmuyorsa kulak tıkaçları kullanımının sağlanması, lokal havalandırmanın sağlanması, maske kullanımının sağlanması, kullanılan kimyasallar konusunda çalışanların bilgilendirilmesi, uygun yangın söndürme ekipmanlarının temin edilmesi, göz ve vücut duşlarının işyerinin uygun yerlerine konulması gerekmektedir.

### **2.3.7. Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı, elektrikli teçhizat imalatı ve başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Elektronik sanayi bilgiye dayalı ve global rekabette güçlü bir ekonomi yaratmanın temel taşlarından birini oluşturmaktadır. İmalat sanayi içinde ileri teknoloji yoğunluklu sektörlerin en genişini oluşturan elektronik sanayi bilgi ve teknoloji temelli yapısı ile ülkelerin gelişmişliğini ve refah artışını sağlarken, diğer tüm sektörlerde verimlilik ve katma değer artışına da katkı vermektedir.

Elektrikli teçhizat imalatı sanayi ise; en önemli enerji kaynağı olan elektriğin insanlık için kullanılır ve yararlı hale getirilmesine yönelik ürünlerin üretimini gerçekleştirmektedir. Elektrikli teçhizat imalatı sanayi orta-üst teknoloji yoğunluklu sektörler içinde yer almaktadır (İSO, 2014).

Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı, elektrikli teçhizat imalatı ve başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatında meydana gelen iş kazaları genellikle; elektrik akımına kapılma, göze nesne sıçraması, bir nesnenin kesmesi, delmesi, batması, hareketli ekipmanlara çarpma, iki ekipman arasında sıkışma sonucu oluşmaktadır. Bu sektördeki meslek hastalıkları ise silikozis, kurşun zehirlenmesi, çeşitli cilt hastalıkları, işitme kaybı olarak sıralanabilir.

Bu iş kazaları ve meslek hastalıklarından korunmak için; yalıtkan koruyucu malzemelerin kullanılması, gerekli kişisel koruyucu donanımların kullanımının sağlanması, iş ekipmanlarıyla ekipmanın koruyucusu olmadan çalışılmasının engellenmesi,

Çalışanların kullanılan zararlı maddeler ile ilgili bilgilendirilmesi gerekmektedir (Onaran, 2008).

### **2.3.8. Mobilya imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Ülkemizde mobilya sanayi, geleneksel üretim yöntemleri kullanan atölye ve kk ölçekli işletmelerin çoğunlukta olduğu bir sektördür. Bununla birlikte son yıllarda orta ve büyük ölçekli olarak adlandırabileceğimiz işyerleri sayısının da sektörde hızla artmaya başladığı görülmektedir (OAİB, 2011).

Mobilya retimi sırasında gerçekleştirilen işlemler genel olarak; kesme, yüzey temizleme, tormalama, zımparalama, boyama, tutkallama, presleme ve delgi gibi işlemlerdir.

Mobilya imalatında karşılaşılan iş kazaları ise çoğunlukla; uzuv kesilmesi, kullanılan kimyasallar nedeniyle yanma, malzeme düşmesi şeklinde meydana gelmektedir. Bu sektörde karşılaşılan meslek hastalıkları ise; gürültü nedeniyle işitme kaybı, ağaç tozu nedeniyle kanser ve dermatit, ağır yük kaldırma nedeniyle kas ve iskelet sistemi bozuklukları olarak sıralanabilir.

Mobilya imalatında sıkça karşılaşılan bu iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için ise; iş ekipmanlarının koruyucusuz kullanılmasının önüne geçilmeli, malzemelerin taşınması için uygun iş ekipmanları sağlanmalı, yeterli havalandırma sistemleri kurulmalı, çalışanlar kullanılan kimyasal maddeler ile ilgili bilgilendirilmeli, gürültü emici örtüler vb. kullanılmalı, çalışanların şekil 0.6'da görüldüğü gibi uygun kişisel koruyucu donanım kullanması sağlanmalıdır (Atılğan vd., 2015).



Şekil 0.6. Geleneksel mobilya imalatına örnek bir çalışma (İSGGM, 2016)

### **2.3.9. Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ve alınması gereken önlemler**

Otomotiv sanayi, hammadde ve diğer üretim girdilerini demir-çelik, petrokimya, lastik gibi temel sanayi dallarından karşıladığı için bu sektörlerdeki teknolojik gelişmenin de tetikleyicisi konumunda olduğundan sanayisi gelişmiş ülkelerde ekonominin taşıyıcı sektörlerinden biridir. Tüm sektörlerin ihtiyaç duyduğu her türlü motorlu araç, bu sektörde üretilen ürünler ile karşılanmaktadır (İSO, 2002).

Otomotiv sektöründe üretim aşamasında yapılan işlemler genel olarak; metal ergitme, metal ve plastik döküm ve kalıplama, pres işlemleri, kesme, aşındırma, taşlama, kaynak, boyama vb. olarak sıralanabilir.

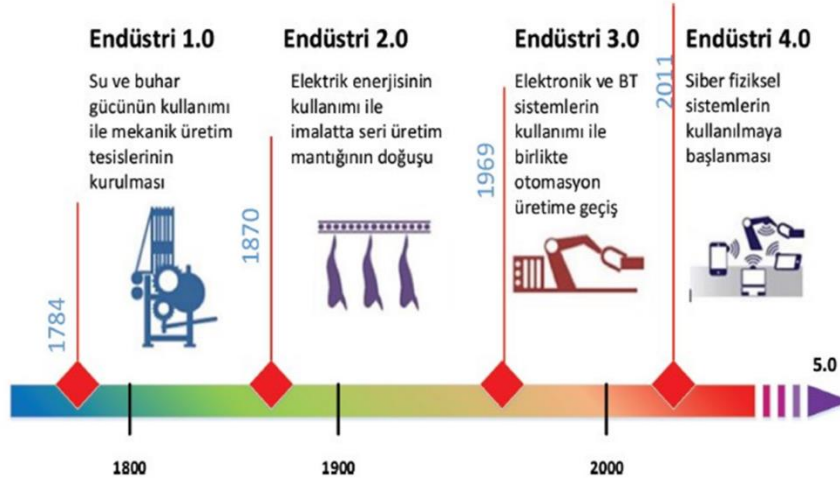
Bu sektörde karşılaşılan iş kazaları genellikle; yüksek ısılara maruziyet sonucu yanma, kesici aletlerle çalışma esnasında kesilme ve uzuv kayıpları, ağır malzemelerin kullanımı nedeniyle çarpma, ezilme, kaynak ya da taşlama sırasında göze ve vücudun herhangi bir bölümüne parça sıçraması olmaktadır.

Sektörde görülebilen meslek hastalıkları ise; silikoz, mavi-gri görüş, işitme kaybı, siliko-tüberküloz, kronik bronşit, akciğer kanseri, Raynaud sendromu, karpal tünel sendromu olarak sıralanabilir.

Bu iş kazası ve meslek hastalıklarından korunmak için; yapılan işe uygun ekipmanların sağlanması, çalışanlara gerekli eğitimin verilmesi, gerekli kişisel koruyucu donanımların sağlanması (maske, iş ayakkabısı, eldiven, gözlük, kalkan vb.) ve uygun havalandırma sistemlerinin kurulması gerekmektedir.

### 3. AKILLI ÜRETİM VE AKILLI FABRİKALAR

Sanayinin Şekil 0.1'deki gibi gelişim göstermesi ve rekabetin artması üretim sistemlerinde verimliliği artıracak yeni arayışlara zemin hazırlamıştır. İlk sanayi devriminin yaşandığı yıllarda bazı parçaların üretilebilirliği için gerekli olan yüksek mekanik enerjinin elde edilebilmesi önemli rol oynarken sonraki sanayi devrimlerinde daha fazla ve daha yüksek kapasiteli üretimlerin yüksek verimlilikle üretilebilmesi için kas gücünün yerini yavaş yavaş mekanik ve/veya elektronik kontrollü otomatik çalışan üretim metotlarına bıraktığı görülmektedir. Son Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0), içinde bulunduğumuz dijital çağda çoğu üretim yöntemlerinin insan yerine yapay zeka uygulamaları ile kontrol edebildiği akıllı üretim yöntemlerinin ve akıllı fabrikaların yaygınlaşması ile birlikte anılmaya başlanmıştır.



Şekil 0.1. Sanayi devriminin aşamaları (Tunçel ve Candan, 2017)

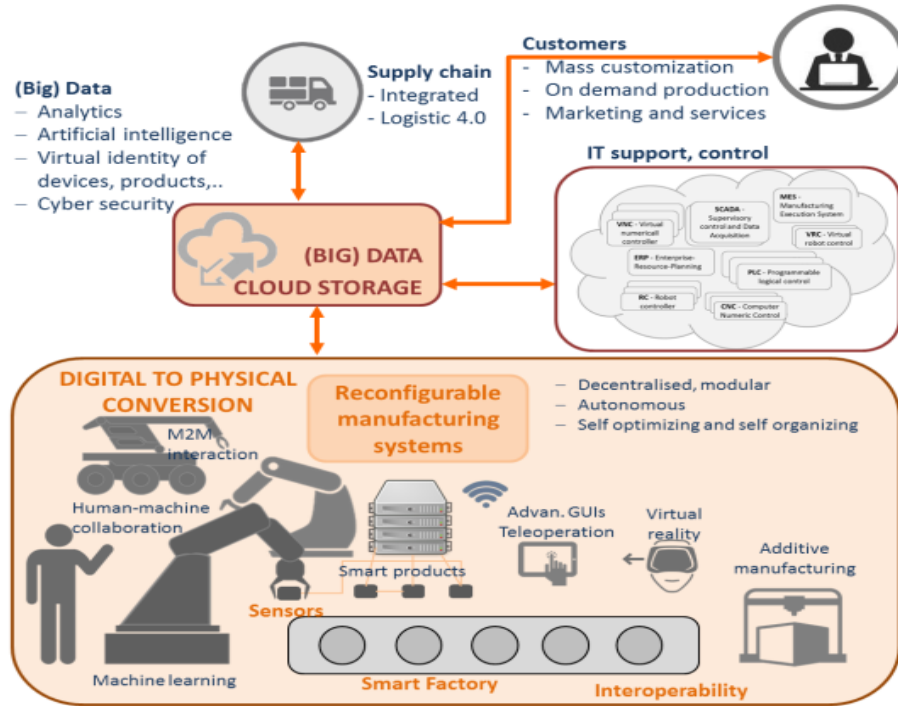
Yapay zeka, bilgisayarın zeki bir insan gibi düşünmesini sağlamaya çalışmaktadır (Firebaugh, 1989). Akıllı fabrikaların temelini Yapay Zeka ve Endüstri 4.0'ın bileşenleri ile donatılmış üretim sistemleri oluşturmaktadır. Endüstri 4.0, otomatik bilgi akışı ve üretim teknolojisi yetenekleri ile desteklenmiş üretim süreçlerinin kendiliğinden yönetilebilir duruma geldiği akıllı bir üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (Öncül ve Ateş, 2020). Endüstri 4.0'ın, siber fiziksel bir sistem olması, insanların ve makinaların birbiriyle etkileşim ve iletişimini nesnelere interneti yoluyla gerçekleştirmesi, analiz ve simülasyona olanak tanınması ile akıllı fabrikalar kavramı ortaya çıkmıştır. Akıllı fabrikalar "karanlık fabrikalar" olarak da bilinmektedir.



Endüstri 4.0 ve Akıllı fabrikalar terimleri ile ilgili olarak özetle şu çıkarımlar yapılabilir;

- Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri olarak adlandırılan ve burada söz konusu edilecek olan teknolojilerin yaygınlaşması ile üretimlerin kas gücünün minimum seviyeye indirilerek veya tamamen ortadan kaldırılarak otomatikleştirilmesi ve yapay zeka sayesinde zeki ve eğitilmiş bir insanın karar verme algoritmasına çok yakın bir doğrulukta gerçekleştirilmesi akıllı üretim sistemlerini ve özelde ise akıllı fabrika terimini doğurmuştur.
- Akıllı üretim sistemlerinin ve akıllı fabrikaların yaygınlaşarak sanayide daha hızlı, yüksek kaliteli ürünlerin yüksek verimlilikle üretilebilirliğinin gerçekleştiriliyor olması da farklı bir sanayi devrimine geçildiğinin göstergesi kabul edilmiş ve Endüstri 4.0 terimini doğurmuştur.

Akıllı fabrika; tüm proseslerin otomasyon kullanılarak ve prosesin kendiliğinden iyileşmesinin mümkün hale geldiği; makine ve ekipman temeline dayanan bir işletme ortamı olarak tanımlanmaktadır (Bakan ve Şekkeli, 2018). Akıllı fabrikalar (Şekil 0.2), bu yeni sanayi devriminin beraberinde getirdiği otonom robotlar, nesnelerin interneti, siber güvenlik, eklemeli üretim, büyük veri gibi birçok unsuru içinde barındırmaktadır.



Şekil 0.2. Akıllı fabrika - Endüstri 4.0 Sistematiği (Rojko, 2017)



Akıllı fabrikalar ile temel olarak; insan kaynaklı üretim hatalarını, duraksamaları, yavaş karar veren prosesleri yok etmek, daha hızlı ve hatası minimize edilmiş ürün üretmek amaçlanmaktadır (Barut vd., 2020). Akıllı fabrikaların özellikle gelişmiş ülkeler tarafından önemsenmesinin en önemli nedenleri; üretim sürecinin her aşamasının sürekli takip edilebilir olması, endüstrideki gerekli iş gücü maliyetini düşürmesi ve oluşabilecek arızaların öngörülme olasılığının olmasıdır.

Akıllı fabrikalar, seri üretim altyapısı ile özel üretimler gerçekleştirebilmesi ve kişiselleştirilmiş ürünlere artan taleplere cevap vermek isteyen üreticiler için tepkisel üretim gerçekleştirebilmesi bakımından tercih sebebi olmaktadır. Diğer yandan bu akıllı üretim teknikleri, iş modellerinin değişmesine de neden olmaktadır. Üretime otonom robotlar, nesnelerin interneti ve artırılmış gerçeklik gibi bileşenlerin katılmasıyla ortaya çıkan büyük verinin yönetilmesi gereksiniminden dolayı eski tekniklerle üretim gerçekleştirmek mümkün olmayacaktır.



Şekil 0.3. Çalışanların makineleri kumanda ile idare etmesi (Özkara,2015)



Şekil 0.4. Çalışanların makineleri sanal ortamda idare etmesi (Yıldırım,2019)

Bilgisayara dayalı üretim gerçekleşirken Şekil 0.3 ve Şekil 0.4'te de görüldüğü üzere kas gücüne ihtiyacın azalması, beraberinde akıllara istihdamın azalacağı düşüncesini getirmektedir. Aslında istihdam azalmak yerine yön değiştirmektedir. Önceden kas gücüne dayalı üretim şekilleri yaygınken artık beyin gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Yani akıllı fabrikalar ile birlikte beyin gücü gerektiren yeni ve farklı meslek gruplarında (robot koordinatörlüğü, endüstriyel veri bilimciliği, bulut hesaplama uzmanlığı vb.) istihdam ihtiyacı ortaya çıkacak ve yönetim bilişim sistemleri alanlarındaki çalışmalar önem kazanacaktır.

Akıllı fabrika kavramıyla, geleneksel üretim platformundaki insan makina arasındaki yakın bağlantı ortadan kalkmakta ve bir ürünün üretilmesi için iş parçası ve ekipmanların insanların fiziksel kas gücüne ve temasına ihtiyaç duymadan ve önceden yapılmış simülasyona göre kendi başlarına hareket etmesi ile gerçekleştirilebilmektedir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için makinaların birbiriyle bilgi alışverişi yapmasının yanı sıra, üretim sürecini kontrol edecek, bakım yapacak ve fabrika sistemini yönetecek makina ve sistemlerin de bulunması gerekmektedir (Yıldız, 2018).

Akıllı fabrikalar çok farklı alanlardaki sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Teknik alt yapıları; yazılımlar, siber fiziksel sistemler ve nesnelerin interneti gibi uygulamalar ile oluşturulan bu fabrikalarda Endüstri 4.0 ve onun getireceklerine uyum sağlama zorunluluğu bir süreç olarak ortaya çıkmaktadır (Prinz vd., 2016).

Akıllı fabrikalar, mevcut fabrikalara göre büyük oranda kaynak kullanımını yükseltmekte, stoklamayı ve üretim firesini azaltmakta, üretim süresini de kısaltmaktadır (Wan ve Zhou, 2015).

Bu yeni nesil fabrikalarda üretilen ürünler de akıllı üretim sistemleri gibi gömülü bilgilere sahip olduğundan dolayı, bu bilgiler ürünün hem üretim sürecindeki takibini hem de ürün yaşam döngüsü boyunca izlenebilirliğini sağlamaktadır. Ürünlerin son kullanıcıya iken dahi anlık takibinin yapılması, arıza ve noksanlık durumunda tespit yapılarak çözüm üretilmesi mümkün olmaktadır. Ürünün tüketiciye ulaştıktan sonraki aşamalarında tüketiciye fiziksel yakınlık gerektiren durumların haricinde bazı konularda uzaktan destek sağlanmasına olanak sağlamaktadır.

Akıllı fabrikanın bileşenlerini oluşturan bazı akıllı sistemlerin bir fabrika içerisinde tekil olarak üretimin çeşitli kademelerinde görev yapıyor olması, fabrikayı tümüyle akıllı fabrika yapmamaktadır. Ancak diğer yandan fabrikanın sadece bazı bölümlerinin akıllı

sistemlerle faaliyetine devam edip diğer kısımların geleneksel yöntemlerle çalışıyor olması o fabrikayı akıllı fabrika yapmasa da sadece o bölüm bağımsız olarak akıllı fabrika birimi olarak adlandırılabilir. Örneğin bir otomotiv fabrikasında; otomobil üretilirken atılan punta kaynak sayısının yüzde kaçının robot, kaçının insan tarafından gerçekleştirildiğine bakılarak fabrikanın ne kadar akıllı olduğu yaklaşık olarak tespit edilebilir. Bu durumda fabrikanın akıllılık oranından ya da akıl düzeyinden bahsedilebilir. Yani otomobil üretiminde atılan punta kaynağın %60'ını robot, %40'ını insan gerçekleştiriyorsa bu fabrikaya yaklaşık olarak %60 akıllı diyebiliriz. Yaklaşık diyebiliyoruz çünkü bu hesaplar yapılırken üretimin diğer süreçlerinde de akıllı sistemlerin ne kadar kullanıldığı göz ardı edilmemeli ve bu hesaba dahil edilmelidir (Çapa, 2017). Kullanılan her akıllı yöntem, fabrikanın akıl düzeyini artıracaktır. Hangi fabrika düzeyine gelindiğinde bu fabrikaya akıllı fabrika denilebileceğine dair net bir bilgiye rastlamak mümkün değildir.

Ancak Lee ve arkadaşları (2017) yaptıkları çalışma ile belirledikleri kriterler üzerinden değerlendirmeler yaparak fabrikanın akıl seviyesinin belirlenebileceğini savunmuşlardır. Bunu yaparken çok kriterli karar analizinde kullanılan Analitik Hiyerarşi Sürecinin daha genel bir biçimi olan Analitik Ağ Süreci(ANP) yöntemini kullanmayı tercih etmişlerdir. Bu sayede kriterler arasındaki etkileşim dikkate alınabilmektedir. Çünkü değerlendirmeyi yapan bazı kişilere göre akıllı fabrika için kalite yönetimi ve üretim planlaması öncelikliken bazı kişilere göre de bilgi sistemleri yüksek önceliklidir. Fabrikanın akıl seviyesini belirleyebilmek için öncelikle; liderlik, proses, sistem ve otomasyon, performans gibi ana kriterler belirleyip sonra bunların alt kriterleri olan liderlik ve strateji, bilgi sistemi, ürün geliştirme, proses kontrolü, üretim planlama, tesis otomasyonu, performans değerlendirme vb. alt kriterler tayin etmişlerdir. Alt kriterlerin değerlendirilebilmesi için ise değerlendirme kalemleri belirlemişlerdir. Bu kalemler içinde; CEO liderliği, ürün geliştirme prosedürü, ürün bilgilerinin yönetimi, teknik bilgilerin yönetimi, ana üretim planlaması, üretim tesislerinin otomasyonu, lojistik tesislerin otomasyonu, değerlendirme ve test tesislerinin otomasyonu, tesisler için bilgi ağının otomasyonu, enerji, güvenlik ve çevre yönetimi gibi faktörler yer almaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere fabrikanın akıllılık oranını tespit edebilmek için birçok kıstasın kapsamlı şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bütün bileşenler göz önünde bulundurularak bir fabrika akıllılık oranı belirlenebilmektedir.

Bu tür karma işletmelerde geleneksel İSG kurallarının geçerliliğinin yanında insan-robot-drone-bilgisayar gibi etkileşimlerin olabileceği noktalar için mevzuatın öngöremediği ek kuralların da olması gerekebilecektir.

### 3.1. Akıllı Fabrika ve Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Akıllı fabrikaların bileşenleri denildiğinde aslında Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden (Şekil 0.5 **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**) bahsetmek gerekmektedir. Çünkü akıllı fabrikalar Endüstri 4.0'ın bileşenleri olan nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, bulut bilişim sistemi, büyük veri, artırılmış gerçeklik, simülasyon, siber güvenlik, otonom robotlar ve eklemeli üretimin bir araya gelerek hayata geçirdiği yeni nesil fabrikalardır. **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**



Şekil 0.5. Endüstri 4.0 Bileşenleri (Sağbaş ve Gülseren, 2019)

#### 3.1.1. Nesnelerin interneti (Internet of things / IoT)

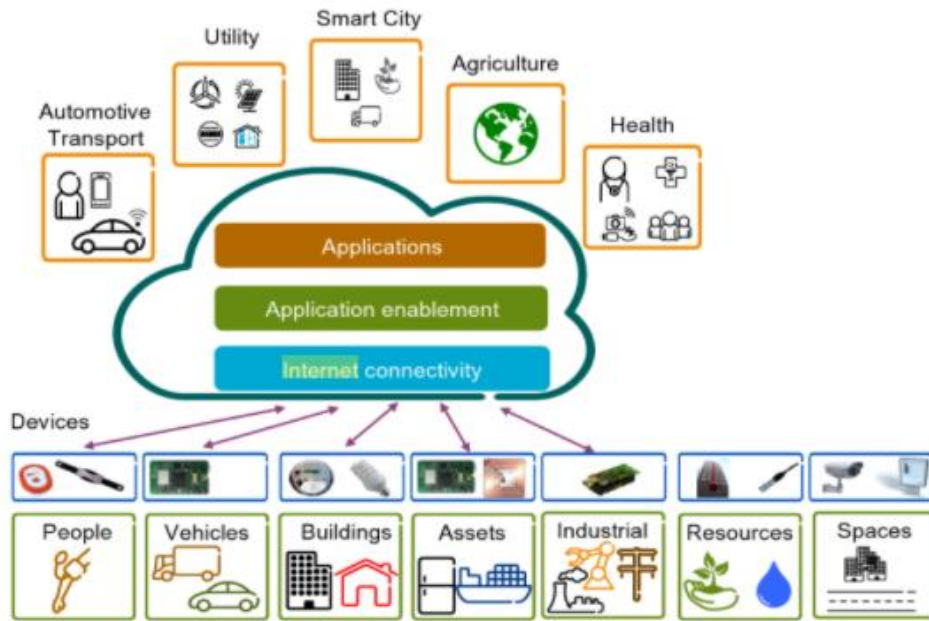
Nesnelerin İnterneti kavramının ilk kez 1999 yılında Procter & Gamble (P&G) şirketine yapılan sunum sırasında dile getirildiği bilinmektedir (Bakan ve Şekkeli, 2018). Bu sunumda Kevin Ashton, P&G'nin tedarik zincirinde kullanılması planlanan Radyo Frekanslı ile Tanımlama (RFID- Radio Frequency Identification) teknolojisini internete bağlamanın iyi bir yöntem olacağını düşünerek Nesnelerin İnterneti kavramını tercih etmiştir (Ashton, 2009). Nesnelerin İnterneti bünyesinde RFID özelliği olan çok sayıda bilgisayar, fiziksel ve mobil cihaz bulunmaktadır. Radyo frekanslı tanımlama etiketlerinin normal barkod okuyucularına oranla daha fazla tercih edilmesinin nedenleri, nesnelerin konum ve durumlarını uzaktan takip etme özelliğine sahip olması ve maliyetlerinin düşük

olmasıdır. Nesnelerin tanımlanması ve tanımlanan nesnelerin bu yolla internete bağlanması için RFID etiketleri önemli bir unsurdur (Khalil ve Özdemir, 2018).

Nesnelerin İnterneti sistemlerinin internete ya da bulut sistemine bağlanmak için kablosuz iletişim kullanma zorunluluğu olmasa da genellikle kablosuz iletişim teknolojileri kullanılmaktadır. IoT kavramıyla küresel bir ağ üzerinde birbiri ile etkileşim halinde olan makine ve cihazlar anlatılmak istenmektedir (Lee ve Lee; 2015).

Nesnelerin İnterneti; nesnelerin içinde gömülü halde veya üstünde bulunan sensörlerin herhangi bir yöntem ile internete bağlanmalarına ve bu nesnelerin birbiri ile iletişim kurmasına imkan veren bir sistemi ifade etmektedir (Gülşen, 2019).

IoT teknolojisi; akıllı imalat yapılan fabrikalarda işyerinin operasyon verimliliğini, üretimin optimize edilmesini, iş sağlığı ve güvenliğinin artırılmasını sağlamaktadır. Bu teknolojinin akıllı fabrikaların haricinde önemli uygulama alanları Şekil 0.6'da da görüldüğü üzere; akıllı ev sistemleri, ulaşım, akıllı sağlık uygulamaları, akıllı tarım uygulamaları, enerji yönetimi, atık yönetimi, giyilebilir teknolojiler, suçla mücadele, otonom arabalar, insan kaynakları ve akıllı şehirler olarak sıralanabilir.



Şekil 0.6. Nesnelerin İnterneti teknolojisinin uygulama alanları(Holler vd, 2014)

Günlük hayatımızda yer alan araba, buzdolabı, kamera, ütü, televizyon, saat, fırın, modem gibi birçok cihazın farklı yöntemler ile internete bağlanıp birbirleri ile iletişim kurarak hayatımızı kolaylaştıracağı ve bazı alanlarda işleyişi daha verimli hale getireceği yadsınamayacak bir sonuç haline gelmiştir (Erdem, 2015). Bu gelişmeler, insanların evde

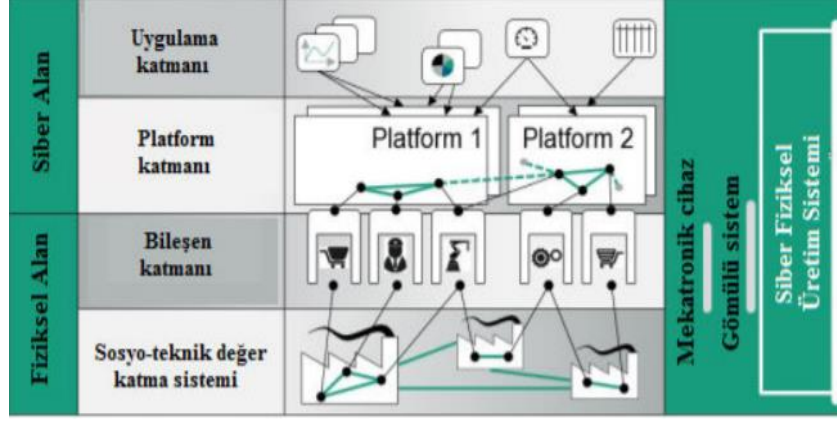
değilken evdeki klima gibi elektronik cihazları yönetebilmesi gibi işlemleri mümkün kılmaktadır. Eve gelmeden önce evin ısısının kaç derece olmasını istiyorsak yanımızda bulunan akıllı telefon, bileklik ya da saat gibi cihazlarla klimamızı açıp istediğimiz ayarlamayı yapmak ya da fırını çalıştırmak artık sıradan bir olay haline gelmiştir.

Akıllı fabrikalarda nesnelere interneti teknolojisine bir talaşlı imalat uygulaması şu şekilde örnek olarak gösterilebilir. Akıllı testerenin uç kısmına konumlanmış bir silindirik çubuk belli bir boyda kesilir, kesilen parça bir robot kol yardımıyla alınarak CNC tornanın aynasına konumlandırılır. Parçanın konumlandığını algılayan bir sensör yardımıyla torna aynası parçayı sıkarak tutar ve tanımlanmış programa göre çeşitli tornalama operasyonları gerçekleşir. Daha sonra ayna gevşetilerek parça bir robot yardımıyla ters çevrilerek parçanın arka kısmı tekrar torna aynasına takılır. Parçanın ikinci tarafı da tornalandıktan sonra parça alınarak içerisine kama yuvası açılmak için tığ çekme presine konur. Parçanın konumlandırılmasını presin sensörünün algılaması neticesinde tığ çekme işlemi gerçekleştirilir ve farklı bir robot kol bitmiş parçayı alarak gerek geçer geçmez masterlarla doğruluk kontrolü gerekse temaslı veya temassız CMM tezgahları ile boyutsal doğruluk ölçümüne tabi tutulur. Çıkan sonuca göre başarılı üretilen ürün veya ıskarta ürün olarak sınıflandırılarak süreç tamamlanır.

### **3.1.2. Siber-fiziksel sistemler (SFS/Cyber physical system/ CPS)**

Siber-fiziksel sistemi(SFS) kavramı, gerçek dünya ile etkileşimli bilgisayar sistemlerinin önemini ne derece arttırdığını vurgulamak için ABD’de Lee (2006) tarafından ilk kez kullanılmıştır.

Siber fiziksel sistemler, üretimde bilgi alışverişini artıran tümleşik bir kavram olarak tanımlanmaktadır (Bakan ve Şekkeli, 2018). SFS, geniş bir iletişim ağı yaratarak gerçek dünya ile sanal dünya arasındaki engelleri aşmaktadır. Kullanmakta olduğumuz akıllı telefonların internet bağlantısı ile birçok veriye ulaştığımız, diğer akıllı cihazlarla farklı ortamlarda bağlantı kurduğumuz gibi Endüstri 4.0 da makinelere Siber Fiziksel Dünyalar arasındaki iletişimi uyarlamaktadır. Bunun en iyi örneği akıllı fabrikalardır. Akıllı fabrikalarda Şekil 0.7’de görüldüğü gibi gerçek ortam ile sanal ortamın birleşmesiyle oluşan üretim sistemleri kullanılmaktadır.



Şekil 0.7. Siber-fiziksel üretim sistemleri (KMO, 2019)

SFS fabrikalardaki klasik üretim proseslerinde ya da diğer proseslerde kullanılınc, geleneksel fabrikalar Siber Fiziksel Üretim Sistemlerine (CPPS – Cyber-Physical Production Systems) yani akıllı fabrikalara dönüşmüştür (Lee ve Lee, 2015). Sensörlerle donatılmış bileşenleri içeren SFS, değişken verilerin aynı zamanda bir bulut sisteminde birbirine bağlandığı akıllı sistemlerdir. Siber sistemlerde, üretim prosesi için insan zekasına benzer şekilde işleyen makina arayüzü kullanılmaktadır (Alçın, 2016).

### 3.1.3. Bulut bilişim sistemi (Cloud computing)

Bulut bilişim teknolojisi, sanal bilgi paylaşım platformu olarak ifade edilebilir. Veriler; sanal ortamda internet yoluyla paylaşılmakta böylece uygun koşullarda istenilen cihaz ve kişiler tarafından ulaşılabilir duruma gelmektedir (Şekkeli ve Bakan, 2018). Bulut sistemi bilgiye hızlı ve kolay şekilde erişilmesini sağlamaktadır. Bu sistem sayesinde saklanmak istenilen bilgilere bilgisayarda bellek ayırmaya gerek kalmadan depolamak mümkündür.

Bulut bilişim; Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nün (NIST, 2009) yaptığı tanıma göre, yapılandırılabilir bilişim kaynaklarından oluşan ortak bir havuza, uygun şartlarda istenilen zaman ve yerden erişime imkan veren bir modeldir (Mirzaoğlu, 2011).

Bulut Tabanlı İmalat(Cloud Based Manufacturing) ise günümüz rekabet ortamında sürekli değişkenlik gösteren müşteri talebine cevap verebilmek için kullanım ömrü maliyetlerini düşüren, verimliliği artıran ve en uygun kaynağın seçilmesine izin veren, geçici ve sürekli yapılandırılabilir siber-fiziksel prosesler oluşturulan bir üretim modeli olarak tanımlanabilir. Bir ağa bağlı olarak çalışan bu üretim modelinde çeşitli üretim kaynaklarına talep üzerine erişim sağlanmaktadır(Yıldız, 2018).

### **3.1.4. Büyük veri (Big data)**

Büyük veri, zaman içerisinde düzenli ya da rastgele olarak elde edilmiş işlemde geçirilmiş veya ham veriler bütününe denilmektedir. Büyük veri; mevcut bilgi sistemlerinin anlamlandırılmayacağı kadar karmaşık veri topluluğunu ifade etmektedir (Özsoylu, 2017).

Teknolojinin gelişmesiyle, çok büyük miktarda bilginin aynı anda analiz edilmesi geleneksel yöntemlerle mümkün olmayan bir hızla gerçekleşmektedir. Büyük veri, bu yüksek miktardaki bilginin işlenmesine olanak tanıyan teknolojiye verilen isimdir.

Makine ve cihazlar aracılığı ile üretilip bulut altyapılı sistemler içerisinde depolanan veriler, ihtiyaç duyulduğunda işyerleri ya da günlük hayatta insanlar tarafından kullanılabilir. Siber-fiziksel sistemlerde akıllı makineler ile kesintisiz olarak bilgi üretimi ve depolaması yapılacağından günümüzde var olan ağlardaki verilerin büyüklüğünün ilerleyen yıllarda artacağı düşünülmektedir. Bu verilerin analiz edilmesi, ölçülmesi ve yapılandırılması gereksinimi büyük veri analizini yani veri madenciliğini ön plana çıkarmaktadır (Pamuk ve Soysal, 2018).

Veri madenciliği; mevcut karmaşık veri topluluğu içinde gizlenmiş, önceden fark edilmeyen, içgüdü ve tecrübeyle tahmin edilebilen ayrıca bilinmesi halinde işyerine büyük fayda sağlayacak değerli bilginin gün yüzüne çıkarılmasıdır (Demir ve Dinçer, 2020).

### **3.1.5. Simülasyon**

Simülasyon, gerçekte var olan verilerin internet ağlarıyla kurulan sanal ortama taşınması yöntemiyle gerçek sistemdeki özelliklerin takip edilebilmesine izin veren bir modelleme tekniğidir. Rekabet ortamının çok yoğun olduğu günümüzde bu teknik üreticilere zaman ve maliyet yönünden tasarruf sağlamaktadır. Yeni geliştirilen bir ürün en uygun seviyeye geldiğinde üretime geçilmektedir. Simülasyonun tasarım ve mühendislik safhalarının yanı sıra üretim aşamalarında da kullanılmaya başlanması kısa sürede doğru karar verebilmeyi desteklediği için geri dönüşü oldukça maliyetli olan hatalardan kaçınmayı sağlayacaktır (Çelen, 2017).

### **3.1.6. Artırılmış gerçeklik (Augmented reality)**

Artırılmış gerçeklik; fiziksel dünya ile sanal imgelerin birlikte oluşturduğu, eş zamanlı olarak gerçek ve sanal nesnelere arasında etkileşimin gerçekleştiği teknoloji şeklinde tanımlanmaktadır (Azuma, 1997). Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile hayali bir

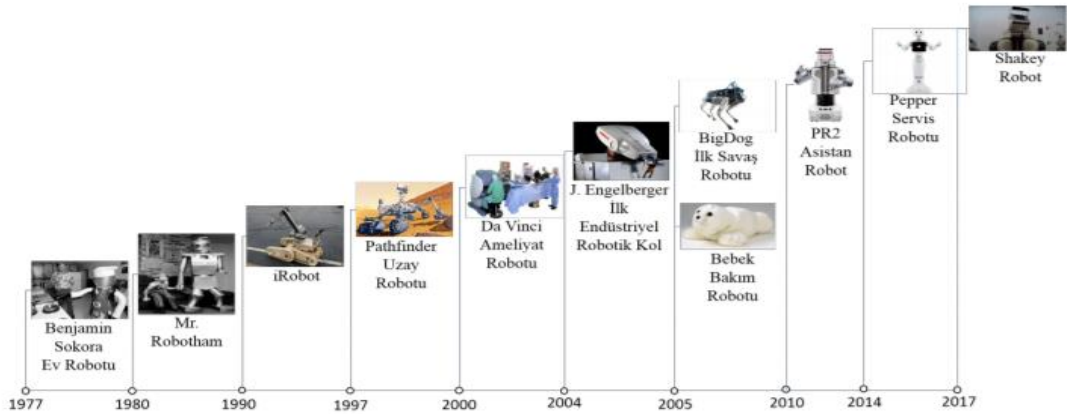


dünyada gerçek varlıklarla birleştirilmiş sanal bir ortam yaratılabilmektedir. Bu teknoloji sanal ortamları; gerçek görüntülere metin, ses, resim vb. eklenmesi ile canlı görüntüymüş gibi hissettirmektedir (Gonzato vd., 2008).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile istenilen bilgiye direkt ya da dolaylı olarak ulaşılabilmekte ve gerçek dünya ortamına bilgisayar tarafından üretilen sanal bilginin gönderilmesi ile kullanıcı üzerinde gerçeklik oluşturulmaktadır. Günümüzde oldukça rağbet gören bu teknoloji reklam, tıp, bakım ve onarım, sağlık, robot tasarımı, eğlence, bilişim, uçak navigasyonu, ve eğitim alanlarında sıkça kullanılmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi gerçek dünyayla sanal dünyayı birleştirerek kusursuz bir ara yüz oluşturmaktadır (Turan, 2019).

### 3.1.7. Otonom robotlar (Autonomous robots)

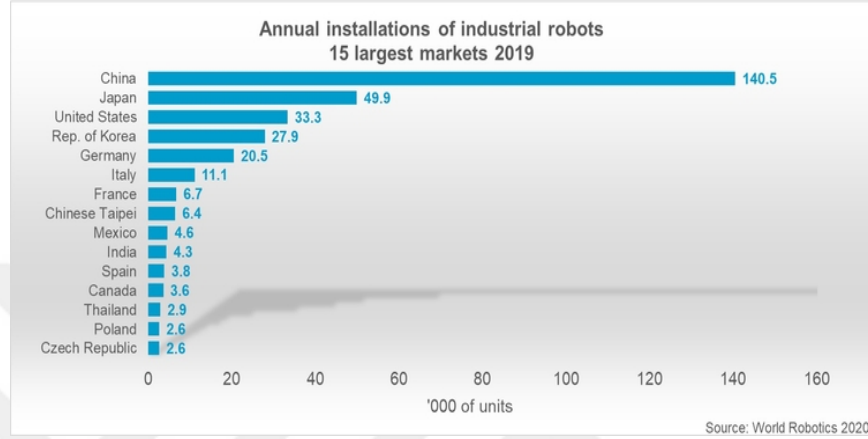
Robotlar akıllı üretim sistemlerinin olmazsa olmaz unsurlarından olarak değerlendirilebilir. Otonom robotlar, genellikle doğrudan bir operatör yönetiminde, bir yazılım vasıtasıyla ya da bağımsız bir biçimde daha önceden kodlanmış görevleri hayata geçiren elektro-mekanik cihaz olarak tanımlanmaktadır (Şekkeli ve Bakan, 2018). Robotik sistemlerin gelişimi (Şekil 0.8), ilk ev robotu olarak bilinen ve 1977 yılında Benjamin Sokora tarafından yapılan robot ile başlayıp günümüze kadar uzanmaktadır (Görçün,2018).



Şekil 0.8. Robotik sistemlerin gelişim süreci (Görçün,2018)

Otonom robotlar ya da otonom makineler yardımıyla; çalışan ile üretim sistemi, sürekli iletişim halinde olabilmekte ve kolay izlenilebilmektedir. Bu nedenle dünya genelinde robotların tercih edilme oranı gün geçtikçe artmaktadır. Uluslararası Robotbilim Federasyonu (IFR-International Federation of Robotics) tarafından yayınlanan Dünya Robotik Raporu 2020'ye göre; dünya genelindeki fabrikalarda çalıştırılan sanayi

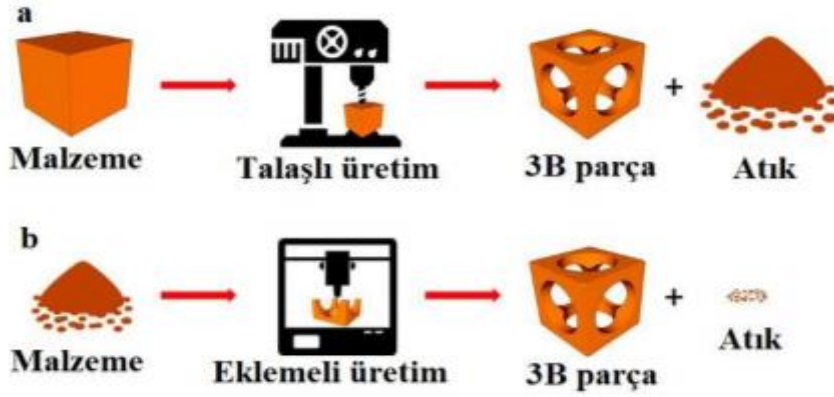
robotlarının sayısı 2,7 milyonu aşarak rekor seviyeye ulaşmıştır. Uluslararası Robotbilim Federasyonu Başkanı Milton Guerry, son beş yıl içinde (2014-2019) dünya çapında montajı yapılan robotların sayısının yaklaşık %85'lik bir artış gösterdiğini ve insan-robot işbirliğinin gün geçtikçe daha fazla benimsendiğini belirtmektedir. Şekil 0.9'da en büyük pazara sahip 15 ülkeye ait yıllık endüstriyel robot kurulumlarını gösteren bir grafik bulunmaktadır(IFR, 2020).



Şekil 0.9. En büyük pazara sahip 15 ülkeye ait yıllık endüstriyel robot kurulumları (IFR,2020)

### 3.1.8. Eklemeli üretim (3D yazıcılar / 3D printer)

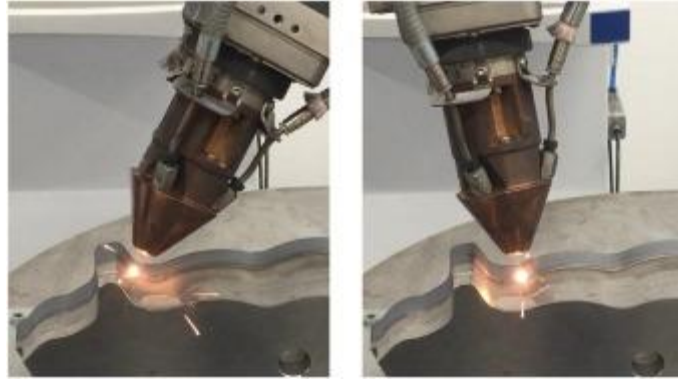
3D yazıcılar, ürün katmanlarının bilgisayar ile kontrol edilerek oluşturulduğu, malzemeleri üst üste biriktirerek üç boyutlu nesne üretmeye yarayan makinelerdir. Bu makineler yardımıyla karmaşık yapıdaki parçaların üretimi doğrudan bilgisayar modellerinden üretilebilmektedir. Üç boyutlu CAD (Computer Aided Design) modellerle belirlenmiş geometrinin oluşturulması için her tabakanın ergitildiği bu teknolojiye, bir takım veya fikstür kullanımına gerek kalmadan ve atık malzeme oluşmadan, çok karmaşık yapıya sahip parçaların bile üretimi mümkün olmaktadır (Ermurat,2009; EKTAM,2020).



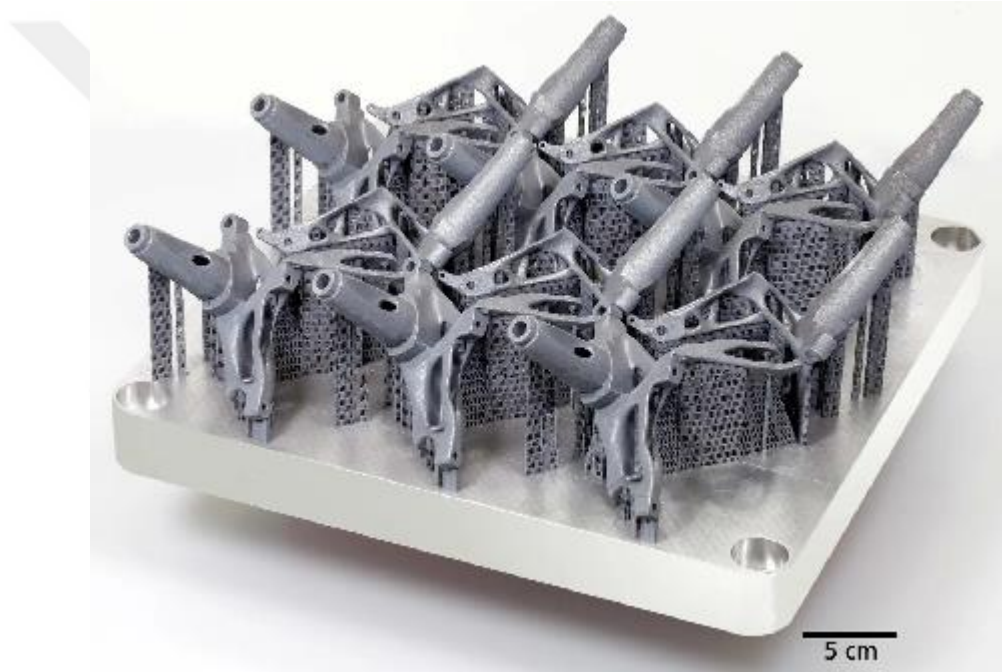
Şekil 0.10. Üretim Yöntemleri a) Talaşlı Üretim, b) Eklemeli Üretim (Özer,2020)

Eklemeli üretim yöntemleri (Şekil 0.10-b), geleneksel talaşlı üretim yöntemlerine (Şekil 0.10-a) göre tek bir cihazla ve minimum atıkla çok daha fazla ürün (çok büyük parçalar hariç) ortaya çıkarmakta ve yüksek tasarım serbestliği sağlamaktadır. Eklemeli üretim, parçaların üretilebilmesi için farklı makinalarda farklı üretim proseslerine tabi tutulmasına gerek duyulmadığından dolayı (son işlemler hariç) diğer imalat yöntemlerine nazaran bir parçanın tek seferde yekpare bir şekilde ve otomatik olarak üretilmesine olanak tanınması bakımından üretim sahasında farklı makinalar arasında malzeme, ekipman ve personel kullanımının ve dolaşımının da en aza indirildiği özel bir üretim yöntemidir.

Üretilen parçaların yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal doğruluk gibi elverişsiz durumlar nedeniyle bir takım ikincil operasyonlara (son işlemler) olan gereksinimin yanı sıra malzeme çeşitliliğinin de henüz geleneksel imalat proseslerindeki kadar geniş perspektifte kullanılamıyor olması en büyük çıkmazları olsa da Eklemeli Üretim, üretimde geometri sınırlaması olmaması, esnek bir üretim yöntemi olması ve çok farklı sektörlerde çığır açacak farklı alternatifler sunması bakımından Endüstri 4.0 bileşenleri arasında gösteriliyor olmasının anlamlı olduğu muhakkaktır. Şekil 0.11’de Direkt Enerji Yığıma prosesinde eklemeli imalat kafasının farklı pozisyonlarda metal parça üretim gerçekleştirmesi ve Şekil 0.12’de ise Lazerli Seçmeli Ergitme prosesi ile tek seferde farklı geometride ve sayıda metal parça üretilmiş olmasına yönelik görselleri içermektedir.



Şekil 0.11. Direkt Enerji Yığma Eklemeli imalat ile üretim esnasında robotik kafanın farklı pozisyonları (Plakhotnik, 2019)



Şekil 0.12. Seçmeli Lazerli Ergitme prosesi ile üretilen ve tek seferde birden çok parçanın eklemeli imalat ile çelik malzemeden üretilmesi (Boiocchi,2018)

### 3.1.9. Siber güvenlik

Nesnelerin interneti ile birçok cihazın sanal ortamda izlenebilmesi ve konumunun belirlenebilmesi veriler açısından güvenlik zafiyetini beraberinde getirmiştir. İşyerlerine, özellikle rekabet açısından başka kişilerle paylaşılmaması gereken gizli bilgilerini ele geçirmek için zararlı yazılımlar vasıtasıyla siber saldırılar düzenlendiği haberleri ile günümüzde sıkça karşılaşılmaktadır. Bu durum siber güvenlik kavramının bilgi teknolojilerine geçiş sürecinde öncelikli değerlendirilmesi gereken konulardan biri olduğunu göz önüne sermektedir. Siber güvenlik; bilginin, operasyonel süreçlerin,

bilgisayarların, ağların ve bu ağlara bağlı tüm cihazların güvenliğini kapsamaktadır. Dışarıdan gelecek herhangi bir tehdit unsuruna karşı geliştirilen koruma yazılımlarının bütününe siber güvenlik adı verilmektedir.



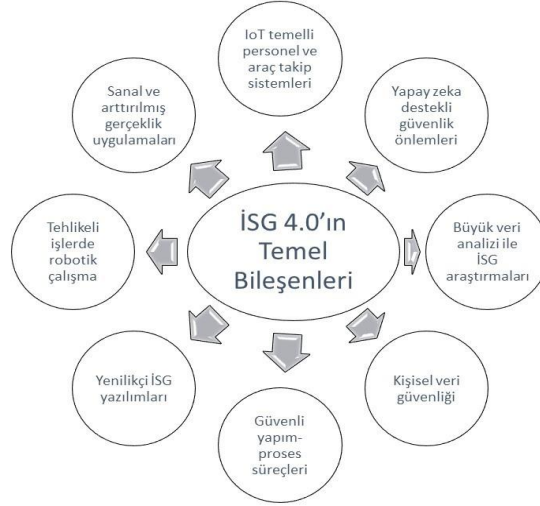
#### 4. AKILLI FABRİKALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

İnsan faktörü, üretim sistemlerinin gelişmesi nedeniyle üretim alanlarından uzaklaştıkça iş güvenliği konusuna yaklaşım açısı tamamen değişmektedir. Önceden makinelerden veya üretim süreçlerinden kaynaklı tehlikelerden çalışanı korumak gerekirken yeni üretim sürecinde, insan sayısı minimumda tutularak, üretimin makineye yaptırılması söz konusu olduğu için akıllı üretim sistemlerini takip veya kontrol eden çalışanların güvenliğini sağlamak gerekmektedir. Endüstriyel gelişim ve üretim sistemlerinin karmaşıklığının sürekli artması, bir yandan geleneksel fabrikalardaki bazı bilindik kaza faktörlerini tarihe gömerken diğer yandan da öngörülemeyen acil risk faktörlerini beraberinde getirebilir.

Literatürde ayrı ayrı akıllı fabrika ve iş sağlığı ve güvenliği konuları ele alınmış ancak iki olgunun birbirinden nasıl etkilendiği konusuna yok denecek kadar az değinilmiştir. Bu çalışmada bu iki olgunun etkileşimi ele alınmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği denilince öncelikli olarak akla gelen unsurlar; makine, kimyasal maddeler, parlayıcı patlayıcı ortam, iş ekipmanı vb. iken akıllı üretimle birlikte bunlar yerini daha çok robot-insan ilişkisi, uzun süre monitörlerle çalışma, psikolojik baskı gibi konulara bırakmaktadır. Tabi ki tehlikeli kimyasal maddeler gibi risk faktörlerinin yaratabileceği olumsuz durumlar yine gözetilmek durumundadır. Her ne kadar akıllı fabrikalarda üretim tamamen kapalı sistemlerle ve insansız olsa bile bu kimyasalların hammadde olarak fabrikaya ilk giriş ya da ürün olarak fabrikadan çıkışlarında insanla ya da çevreyle teması söz konusu olabilir.

Endüstriyel dönüşümün temel yapı taşlarının tamamen iş sağlığı ve güvenliği alanına entegre olması sonucunda oluşan kavramın İSG 4.0 olarak tanımlanabileceğini savunan Uzun (2018), İSG 4.0'ın bileşenlerini Şekil 0.1'deki gibi tanımlamıştır. Şüphesiz ki dijital dönüşümün ortaya çıkardığı akıllı fabrikalarda klasik iş sağlığı ve güvenliği kurallarını uygulamak hem bir yönüyle gereksiz hem de diğer yönüyle yetersiz kalacaktır. Gerekli mevzuatsal değişikliklerin de yapılması sağlanarak iş sağlığı ve güvenliğine bakış açısını değiştirmek gerekmektedir.



Şekil 0.1. İSG 4.0'ın temel bileşenleri (Uzun, 2018)

İsg 4.0'ın bu bileşenleri ile ele alınacak olursa; insana ya da araca yerleştirilen gömülü zeka sayesinde “IoT temelli personel ve araç takip sistemleri” ve “yapay zeka destekli güvenlik önlemleri” ile çalışanların mevcut durumları ve lokasyonları sürekli ve kesintisiz izlenebilir hale gelmektedir. Buna göre herhangi bir üretim alanında personel ve üretimde kullanılan çeşitli araç, makine ve robotların belirli zaman dilimlerinde paylaşacakları aynı konumun yapay zeka ile tahmini yapılarak olası kazaların yaşanması engellenebilir.

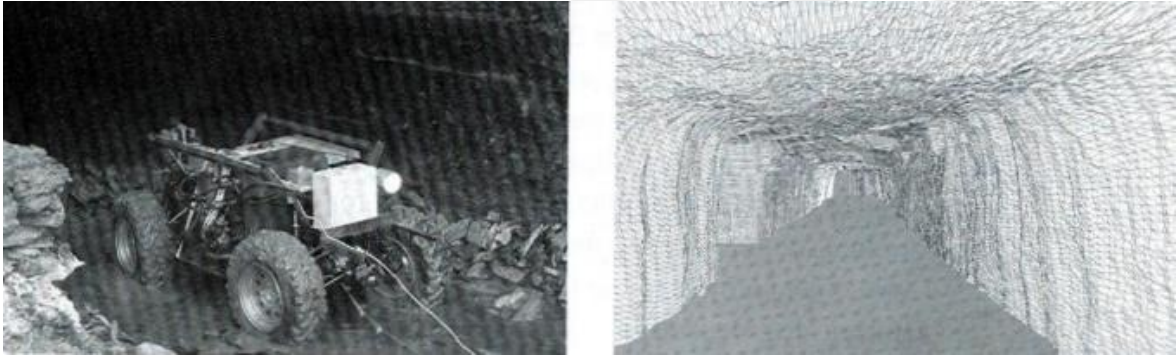
Özellikle maden ocakları gibi tehlikeli çalışma ortamlarında, Radyo Frekansı ile Tanımlama ve Nesnelerin İnterneti teknolojilerinden faydalanılarak geliştirilen konum belirleme sistemleri sayesinde iş süreçleri ve ortamlarını anlık takip imkanı doğmaktadır. Örneğin; bu alt yapı ile maden ocakları gibi tehlikeli çalışma ortamlarında çalışanların konumu, araç ve ekipmanların yeri ve ne kadarının kullanılır durumda olduğu, kaçış ve sığınma odalarının konumu ve ekran üzerinde yol tarifinin yapılabilmesi, çalışanların bulunduğu ortamın ısı, nem, zehirli ve tehlikeli gazlar ve oksijen seviyesi gibi bilgilerin anlık olarak takip edilmesi sağlanabilir. Bunun yanı sıra sistem tarafından tespit edilemeyen bireysel yaşanan sorunlarda çalışanlar, kendi üzerinde bulunan bir cihazdaki yardım butonuna basarak kişi ve konum bilgisi ile yardım isteyebilmektedir. Bu sayede madenlerde her türlü süreç güvenli bir şekilde kontrol altında tutulabilir. Şekil 0.2'de bir firma tarafından maden sektörü için geliştirilerek pazara sunulan ve burada bahsedilen bazı özellikleri bünyesinde barındıran bir ürün görülmektedir.





Şekil 0.2. Mobil kişi, ekipman ve ölçüm cihazları (www.wipelot.com)

Terkedilmiş ya da üretimi bitmiş yeraltı maden ocaklarında gaz birikmesi ya da göçük olabileceğinden bu ocaklara insanların girmesi oldukça tehlikelidir. Böyle ocaklarda çalışma yapmadan önce gerekli ölçümlerin yapılması ve yol haritasının çıkarılması için maden robotları (Şekil 0.3) kullanılmaktadır. Yapay zeka ile donatılmış robotlar sayesinde çalışanlar maden ocağına girmeden önce galeri yüksekliği, eğimi, kaçış yolları ve bu yollardaki engeller ile ilgili bilgi sahibi olunarak yaşanabilecek iş kazalarının önüne geçmek için önceden tedbirler alınabilmektedir (Özfiyat, 2010).



Şekil 0.3. Maden robotu ve elde ettiği veriler ile oluşturulan üç boyutlu maden haritası (Özfiyat, 2010)

İsg 4.0 çözümlerine başka bir örnek olarak; yapay zeka desteği ile fabrikaların kamera sistemine dahil edilecek hareketli görüntü işleme teknolojisi sayesinde elde edilen veri üzerinden alev görüntüsünün tespitini yapma imkanı sağlayabilen erken uyarı sistemleri verilebilir. Yangınlara erken müdahale edilmesini sağlayarak can ve mal kayıplarını minimuma indirmektedir. Bu akıllı sistemler olmadan önce fabrikaların özellikle hiç kimsenin bulunmadığı ya da çok az sayıda kişinin çalıştığı depo gibi geniş alanlardan oluşan bölümlerinde meydana çıkan yangınlar büyük hasarlara ve can



kayıplarına neden olabilecek kadar büyüdüktan sonra fark edilmekte ve müdahale edilmektedir.

Yeni nesil fabrikalarda; hareketli iş makinelerinin çalışma alanında bulunan çalışanlar ile ya da ortamdaki diğer makinelerle çarpışmalarını önlemek amacıyla iş güvenliğini olumlu şekilde etkileyen dijital haberleşme ağları kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarz uygulamalar iş makinelerinde kullanılan basit geri vites sirenlerinin ya da tepe lambalarının kullanımı gibi iş sağlığı ve güvenliği önlemleri karşısında çok daha etkin rol oynamaktadır (www.meganova.com).

Sürekli öğrenen akıllı fabrikalarda, o zamana kadar yaşanmış tüm iş kazaları ve ramak kala olaylar ya da yangın gibi acil durumlardan “büyük veri” yardımıyla faydalanılarak proaktif önlemlerin alınması kolaylaşacaktır. “Büyük veri analizi”, fabrikaların iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili bütün karmaşık verilerinin analizini yapmaya yardımcı olacaktır. Diğer yandan, işyerlerinin karşılaşacağı siber saldırılar göz önünde bulundurulduğunda iş sağlığı ve güvenliği alanında, çalışanların özellikle sağlık kayıtlarının bulut sistemlerde depolanacağı düşünülürse “kişisel veri güvenliği” önem kazanacaktır. Bu konuda çeşitli önlemlerin alınması ve gerekli yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Akıllı fabrikalarda iş sağlığı ve güvenliği alanında “güvenli proses süreçleri” oluşturulması, performansın artırılması ve izlenebilmesi için sistemle entegre olabilen “yenilikçi İSG yazılımları” geliştirilmektedir. İsg 4.0 kavramında, çalışan sağlığını korumak ve işleyişin güvenli bir şekilde devam etmesi için “tehlikeli işlerde robotik çalışma” felsefesine uygun olacak şekilde tehlikeli ve riskli tüm işlerin robotlar tarafından yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ergonomik anlamda insanı zorlayacak hareketler gerektiren işlerde de yine robotların kullanılması işin daha kolay gerçekleştirilebilir olmasını sağlamasının yanı sıra çeşitli iş kazası risklerini de ortadan kaldırmaya yardımcı olacaktır. İsg 4.0 uygulaması olarak kullanılan “sanal ve artırılmış gerçeklik”, özellikle iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerindeki zaman ve mekan gibi kısıtların önemini yitirmesini sağlayacaktır. İşveren çalışanına vermesi gereken işbaşı ya da periyodik eğitimleri istediği zaman istediği yerde verebilecek, esnek çalışma modelleri uygulansa dahi çalışana her yerden ulaşabilecektir. Ayrıca sanal gerçeklik ortamında çalışana sıfır riskle uygulama yapma imkanı sağlanmış olacaktır(Uzun, 2019).

Günümüzde yaşanan Covid-19 gibi salgın hastalıkların insanların birbiri ile teması sonucu yayılması toplu olarak çalışılması gereken fabrikalarda iş sağlığı ve güvenliği açısından sorun teşkil etmektedir. Toplu çalışılması gereken bölümlerde robotların devreye

alınması riski azaltan bir önlem olarak değerlendirilmektedir. Yine aynı şekilde taşıma işlemlerinde kullanılacak drone lar sayesinde çalışanların birbiri ile teması minimize edilerek bulaşma riski ortadan kaldırılacaktır (Yiğitöl ve Sarı, 2020).

Akıllı üretimle her ne kadar insan gücüne gereksinim azalsa da, uzaktan erişimin yanı sıra bazen de üretim sahasında insan kontrolünde olması ve takip edilmesi gereken bazı süreçler varlığını korumaktadır. Tehlikeli durumları, sensörler aracılığıyla daha önce üretim sistemi belleğine işlenmiş normal değerlerin dışına çıkılmasıyla tespit etmek işleyişi oldukça kolaylaştırmaktadır. İnsan gözüyle kontrol ya da koruyucu ekipmanlarla alınan önlemler kaza potansiyelini azaltsa da istenen seviyeye indirememektedir. Ancak akıllı donanımlarla kaza riskini sıfıra yaklaştırmak mümkün olacaktır.

Bu bölümün bundan sonraki kısmında akıllı fabrikalarda iş sağlığı ve güvenliği ilişkisi bazı konu başlıklarında ele alınarak endüstriyel bazı uygulamalardan örneklemeler verilecektir.

#### **4.1. Akıllı Fabrikalarda İnsan-Makine İlişkisi Bakımından İş Sağlığı ve Güvenliği**

Günümüzde imalat sektöründe robotların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bazı durumlarda robotlar kendilerine ayrılan alanda diğer robotlarla haberleşerek eşzamanlı veya ardışık çalışabildiği gibi bazı durumlarda da robotlarla insanlar aynı alanı kullanmak durumunda kalabilir. İnsanlar ve robotların birlikte çalıştığı durumlarda en önemli sorun güvenlidir. İnsanları çarpışma riskinden korumak için genelde geleneksel yöntemler olarak lazer tarayıcılar, kafes sistemleri ya da ışık bariyerleri gibi donanımlar kullanılmaktadır. Fakat bu tedbirler insanın robotla entegre çalışmasını engellemekte ve üretim esnekliğini ortadan kaldırmaktadır. Söz konusu tedbirler 3. Sanayi Devrimi tedbirleridir. Son sanayi devriminin kabiliyetleri çerçevesinde, özellikle gerek görüntü gerekse akustik, manyetik, optik ve ihtiyaç duyulan çok daha farklı ve sayıda sensörlerin kullanılması ile ortaya çıkan büyük verinin yapay zeka uygulamaları ile kısa sürede analiz edilip kullanılabilir olması ve robotların bu veriyi belirli bir algoritmaya göre gerçekleştirmesi robotları ve robot uygulamalarını daha akıllı hale getirmekte ve giderek yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir. Bu kapsamda, görüntü tabanlı güvenlik tedbirleri geliştirilerek insan ortamında çalışabilen robotlar yani insan-robot işbirliği (Human-Robot Collaboration/HRC) sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu sayede aynı ortamda ve aynı zamanda insanı fiziksel olarak zorlayabilecek işler robot tarafından; zeka ve yetenek gerektiren veya robot tarafından yapılması zor olup da insan tarafından yapılması

çok kolay olan işler ise insan tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Yapay zeka tabanlı alınan tedbirler ve insan-robot işbirliği kurulumu sayesinde, çalışanın fiziki sağlığını etkileyecek, meslek hastalığına yakalanmasına neden olacak risk faktörleri ortadan kalkmış olacaktır (Duman ve Düven, 2019).

Sensörler yardımıyla tüm üretim proseslerinden elde edilen her bir bilgi işi bir sonuca taşımaktadır. İleriyi görebilme ve inovasyon süreci için bu verilerin analizleri yol gösterici olmaktadır. Akıllı fabrikalarda kendi analizini yapan, inovasyonunu gerçekleştiren, önlemini ve eylem kararını kendiliğinden oluşturan sistemler ortaya çıkmaktadır. Akıllı fabrikalar tam otomatik robotik sistemlerden oluştuğu için çalışandan bağımsız bir üretim süreci gerçekleştirmekte ve kişiye bağlı hataların ortadan kalkmasını sağlamaktadır (optimak.com, 2020).

Otomotiv sektörü hem ağır, tehlikeli ve hassas üretim işlemlerin söz konusu olduğu hem de kalite ve güvenlik meselelerinin ön planda olduğu seri imalata dayalı çok önemli bir sektör olması nedeniyle çeşitli otomasyon çözümlerinin uzun yıllardır çok yoğun bir şekilde uygulandığı bir sektördür (Doruk vd, 2016). Bu yönüyle akıllı üretime en yakın ve üretimde akıllılık oranının büyük oranlarda uygulanabileceği, hatta belirli oranlarda uygulanmakta olan ve diğer sektörlerin de bu yönde gelişmesini tetikleyici bir sektör olduğu söylenebilir. Otomasyon ve robotik uygulamaların çoğunlukla ön planda olduğu ve günümüz dünyasında vazgeçilmez olan gövde üretimi aşamasında gerek araçların taşınması ve gerekse ilgili robotun çalışma alanına girerek robotların montaj (Şekil 0.4) ve kaynak yapma (Şekil 0.5) işlemleri tamamen otomatik taşıma sistemleri ile gerçekleştirilmektedir.



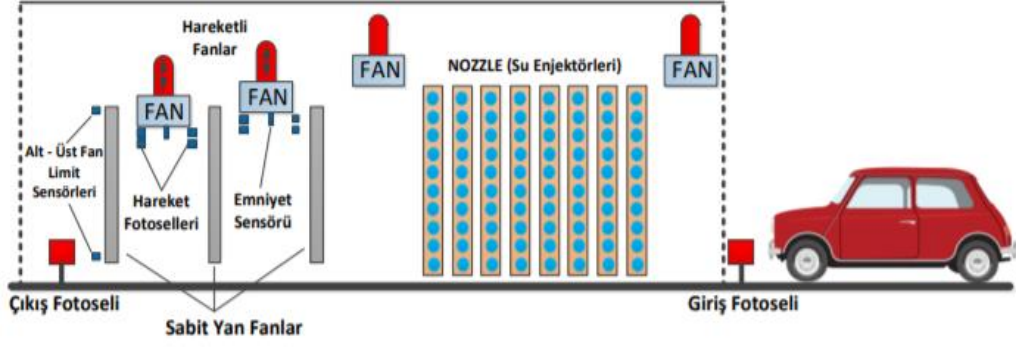
Şekil 0.4. Otomotiv sektöründeki montajda kullanılan çeşitli robotik uygulamaları. (Solda) Mercedes-arka diferansiyel montajı, (sağda) BMW-kapı montajı (Müller, 2014)



Şekil 0.5. Otomotiv sektöründeki otomasyon ve robotik kaynak uygulamaları (Doruk vd, 2016)

Hangi aracın ne aşamada üretim kabineye girdiği ve tam olarak hangi işlemlerin gerçekleştirileceği, robotun önceden programlanan koordinatlardan hangilerinde ve hangi özelliklerde kaynak yapacağı da nesnelerin interneti çerçevesinde gerçekleştirilen güzel örneklerdendir. Burada söz konusu otomasyon teknolojileri daha çok üretim kalitesi ve sürekliliğinin sağlanması bakımından kullanılıyor olsa da bütün bu işlemleri yapmak için ilgili alanda insan bulunmaması, sistemin uzaktan takip ve kontrol edilmesi gerek ağır olan işlemlerin gerekse kaynak gibi kimyasal ve göz bakımından risk teşkil edecek işlemlerin insana yaptırılmaması bakımından muhtemel iş kazası ve meslek hastalık riskini de ortadan kaldırmaktadır.

Otomotiv üretim tesislerinde üretilen araçlar belirli kalite kontrol testlerinden geçmektedir. Bu testlerden biri olan sıvı sızdırmazlık testinin üretimi kesintiye uğratmadan yapılması için Ayaz vd. (2018) tarafından bir otomasyon sistemi (Şekil 0.6) tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sistemde, bir konveyöre gelen aracın sensör ile algılanması sonrasında su enjektörlerinden basınçlı suyun araca püskürtülmesi, bunun akabinde de fanların devreye girerek aracı kurutması faaliyetleri gerçekleşmektedir. İşlemleri biten aracın konveyörden çıkmasından sonra, hattın sonunda yer alan operatörün aracı manuel muayene etmesi gerekmektedir. Bu kontrol aracın iç kısmında, bagaj ve motor bölümünde kaçak olup olmadığını tespit etmektedir. Operatör iş yükünü azaltan bu sistem hem manuel hem de otomatik olarak çalışmaktadır.



Şekil 0.6. Su sızdırmazlık testi sistem şeması (Ayaz vd.,2018)

Sızdırmazlık testinde operatörün gözle kontrolünü ortadan kaldıran başka bir teknoloji ise Turck firmasının kullandığı erişilmesi zor yerlerde bile okunabilir olan ve neme tepki veren RFID etiketlerdir. Aracın su püskürtme kabinine girmeden önce bir RFID kapısından geçerek farklı noktalarına yapıştırılan etiketlerin okunması sağlanır. Püskürtme işleminden sonra araç ikinci bir RFID geçidinden geçerek (Şekil 0.7) sistem hem okuma işlemi gerçekleştirir hem de ilk okuma ile arasında fark varsa bunları tespit eder. Bu tutarsızlıklar, aracın o etiketin bulunduğu bölgeden nem aldığını işaret eder. Bu yüzden etiketler özellikle aracın sızdırma yapabileceği birleşme noktalarına yakın yerlere yerleştirilir. Böylece tam otomatik bir sızdırma testi gerçekleştirilerek operatörün sadece kontrol merkezinde uzaktan takip yapabileceği bir sistem oluşturulabilmektedir. Sistem çalışanı iş sahasından uzaklaştırdığı için kaza riskini minimuma indirmektedir (Turck, 2020).

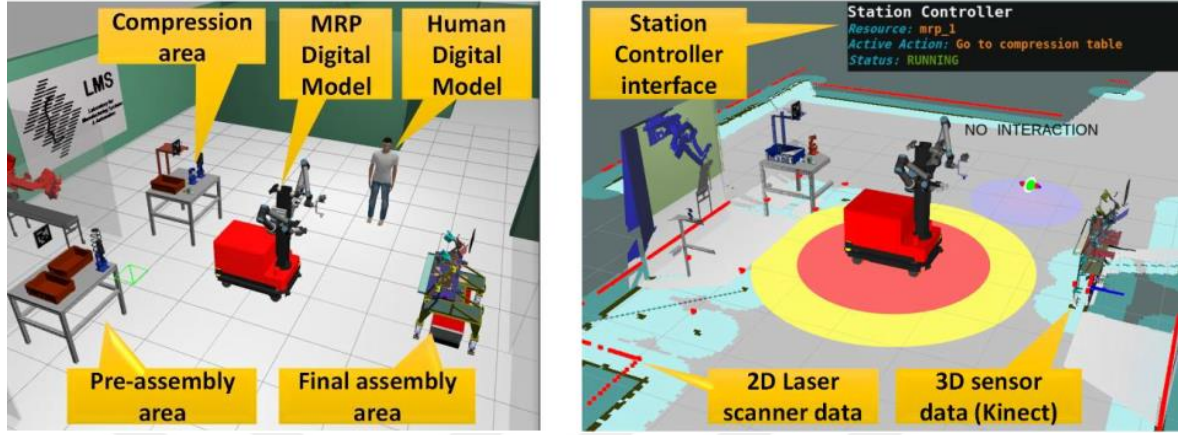


Şekil 0.7. RFID tanımlı etiket kullanılarak sızdırmazlık testi (Turck, 2020)

Robotların kullanıldığı sektörlerde robotlar bazen insanların ulaşamayacağı kendilerine ayrılmış alanlarda çalışırken bazen de insanlarla aynı veya yakın alanları kullanabilirler. Bu durumda üretimde sırf robot kullanımından kaynaklı iş kazalarının olması muhtemel olacaktır. İnsan-robot etkileşiminin modellenerek analizinin gerçekleştirilmesinde de artırılmış gerçeklik uygulamaları kullanılmaya başlanmıştır



(Kousi vd. 2019). Artırılmış gerçeklik teknolojisi çerçevesinde ortak çalışma sahasında insan-robot etkileşiminin modellenmesi ve analizi üzerine yaptıkları çalışmada (Şekil 0.8) insanlar için güvenli ve çalışılması gereken alanların önceden planlanmasını gerçekleştirmişler ve robot-insan haberleşmesi üzerine bir model oluşturmuşlardır.



Şekil 0.8. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin insan-robot etkileşiminde kullanılması (Kousi vd., 2019)

Kuka firmasının geliştirdiği; Dingolfing'deki BMW fabrikasında kullanılan Şekil 0.9'daki LBR iiwa adlı robot, insan robot işbirliğine en iyi örneklerdendir. Bu robot sayesinde çalışanın yoğun iş yükü azalmaktadır. Önceden çalışanların kendi başlarına ağır konik dişlileri ön aks dişli kutuları için kaldırıp birleştirmek zorunda kaldıkları yerde, şimdi robotla işbirliği sayesinde dişlilerin yerleştirilmesi gibi ağır işler robot tarafından, daha hafif işler ise çalışanlar tarafından yapılarak işlem gerçekleştirilmektedir. Bu tür uygulamalar otomotiv sektörü başta olmak üzere ağır iş gerektiren ve sıklıkla tekrarlanan yerlerde oldukça kullanılmaya başlanmıştır ve bu örnekler çoğaltılabilir. Bu sayede çalışanların ağır yük kaldırmalarına bağlı olarak yaşayabilecekleri kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ya da ayağın üzerine yük düşmesi, elin yük altında kalması gibi yaşanabilecek iş kazası ve meslek hastalıkları minimize edilmektedir. Ayrıca çalışanın fiziksel olarak daha az yorulması stres yükünü de azaltacağından iş aidiyetini ve motivasyonu da artırmaktadır.



Şekil 0.9. LBR iiwa adlı robot ile çalışma (Robotics and Automation, 2017)

Üretimdeki dijitalleşme gıda sektöründeki üretim sürecinde de kendini oldukça fazla göstermektedir. Şekil 0.10'daki gibi robot sistemleri birçok gıda ürünü üretiminde pratik çözümler sunmaktadır. Tavuk çiftliklerinde yetiştirilen tavukların parçalanmasında kullanılan bu sistem çalışanların keskin yüzeylerin kesmesi sonucu yaralanmalarını ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda çalışanın ürünle teması sıfırlandığı için biyolojik risklerden (bakteriler, virüsler, mantarlar vb.) de korunmuş olacaktır.



Şekil 0.10. Gıda imalatında Endüstri 4.0 uygulamalarına örnek (Dişlitaş,2015)

Gıda endüstrisi için yeni bir alan olan nanoteknolojinin başka alanlarda geliştirilen teknolojiler ile birleştirilerek sektöre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

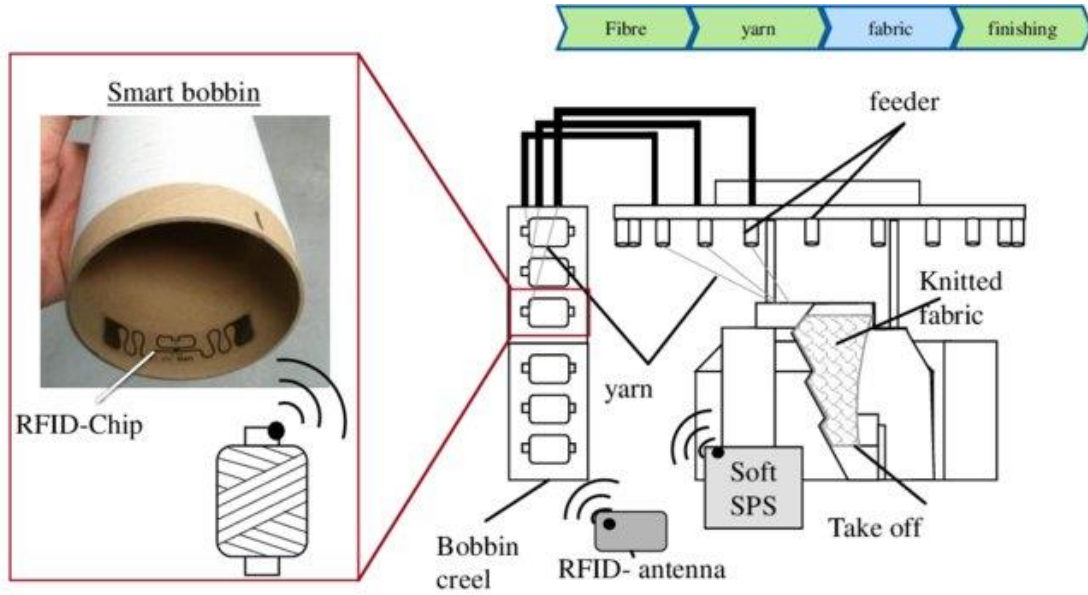
Gökırmaklı ve Bayram (2018), gıdaları mikroorganizmalarından arındırmak için yüksek basıncın kullanılması, üretilen gıdaların radyofrekans elektromanyetik dalgalar ile sterilizasyonu ve pastörizasyonu, ısı ve irradasyon teknolojilerinin birlikte kullanılması, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için ısı ve irradasyon teknolojilerinin beraber kullanılması gibi pek çok yeni teknolojik gelişimin gıda endüstrisinde kullanılmaya başlayacağını öngörmektedir. Bu yeni ve akılcı üretim metodları iş sağlığı ve güvenliği kapsamında değerlendirildiğinde mevcut üretim tekniklerinde yaşanmayan ve öngörülmeven ve çalışanlar için tehlike oluşturabilecek risk faktörlerini (radyasyona maruziyet vb.) beraberinde getirecektir.

İplik, örme, dokuma, terbiye ve hazır giyim olarak çok farklı alt sektöre sahip olan tekstil sektöründe otomasyonun özellikle iplik, örme, dokuma ve terbiye sektörlerinde çok ileri seviyeye gelmiş olmasından dolayı akıllı fabrika uygulamalarına çok hazır bir sektördür.

İplik üretiminde balyaların açılarak karıştırılması, otomatik besleme, fitil ve ring makinalarında otomatik takım çıkarma, bobinlerdeki kopmalara müdahale ve bobin değişimi, iplik hatalarının tespiti gibi işlemlerin otomasyon uygulaması ile otomatik bir şekilde yapılabiliyor olmasının yanı sıra makinaların arıza ve üretim miktarlarının sensörler kullanılarak yazılımlarla kontrol edilmesi akıllı fabrika uygulamasına çok yakın bir sektör olduğu sonucunu doğurmaktadır (İlhan, 2018). Ancak, ring iplik eğirme makinalarındaki kopan ipliklerin otomatik olarak düğümlenememesi ve iplik üretim sürecindeki üretim kademeleri arasında otomatik taşıma işleminin çok maliyetli olması akıllı fabrika uygulaması önündeki en önemli sorunlar olarak görülmektedir (Tianyong, 2017).

Örme işletmelerinde daha çok bireysel olarak çalışan örme makinalarında akıllı fabrika uygulamaları daha çok çipli bobinlerin RFID teknolojisi ile üretim sürecinin takibinde kullanılması (Şekil 0.11) ile üretim hızının ayarlanabilmesini, cağılıktaki ipliklerin hammadde, renk, uzunluk, numara ve gerilim özelliklerinin ve iplik gerginlik hatalarının takip edilmesi gibi konularda uygulanabilir olduğu görülmektedir (İlhan, 2018, Simonis vd, 2016).





Şekil 0.11. Akıllı bobinin örme alanında RFID ile kullanımı (Simonis, 2016)

Dokuma işletmelerinde çözgü, haşıl, dokuma ve kalite kontrol aşamalarının hepsinde çeşitli otomasyon uygulamaları halihazırda kullanılmaktadır. Otomatik bant yerleştirme, frenleme, iplik gerilimi, nem ve sıcaklık kontrolü, levend yükleme ve değiştirme, atkı kopuk tespit ve onarımı, kumaş hata tespiti (Şekil 0.12) ve çözgü kopuş tespiti gibi çeşitli otomasyon çözümlerinin yanı sıra tüm bu işlemlerin çeşitli sensörler ve yazılımlarla uzaktaki bilgisayardan takip ve kontrol edilebilmelerine de olanak tanınması ile dokuma sektörünün de akıllı fabrika uygulamasına çok yatkın olduğu sonucunu doğurmaktadır (İlhan, 2018 ve Gloy vd, 2013).



Şekil 0.12. Kumaş hata denetleme sistemi (solda), tespit edilen hata (sağda) (İlhan, 2018)

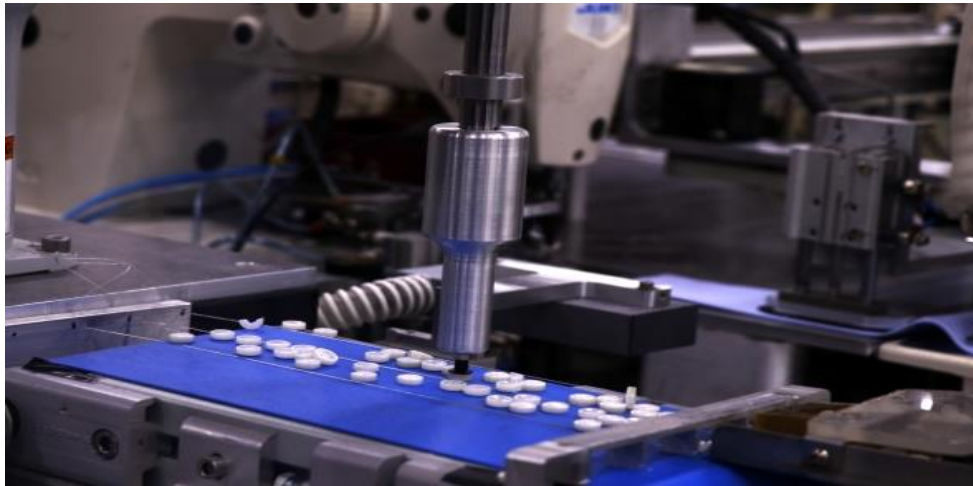
Terbiye sektöründe otomasyonun kullanılması üretim hızı ve kapasitesinden daha çok özellikle zararlı kimyasallara maruz kalan çalışan sağlığı bakımından ele alınan önemli bir alt sektördür. Gerek boyar maddelerin gerekse diğer kimyasal maddelerin taşınması ve kullanılması gibi işlemlerin otomasyonla yapılması çalışan sağlığını koruyucu bir sonuç doğurmasının yanı sıra su tüketiminden, kimyasalların yeteri kadar kullanımını sağlaması

ve enerji tüketiminin minimuma indirecek çeşitli uygulamalara da imkân vermektedir. Diğer yandan, kimyasal karışımların otomatik olarak gerçekleştirilmesi de kumaşların aynı renk haslığını sağlamasına ve dolayısıyla üretim sürekliliğine katkı sağlaması bakımından önemli bir uygulama alanıdır (İlhan, 2018).

Tekstil sektörü içinde emek yoğunluğunun en üst düzeyde gerçekleştiği hazır giyim alanında da otomasyon uygulamaları yavaş yavaş kendini göstermeye başlamıştır. Sektördeki rekabet, üretimin hızlı ve kusursuz olma gerekliliğini beraberinde getirdiğinden birçok firma yapay zeka teknolojilerini kullanma gereksinimi duymaktadır. Üretilen ürünün tamamını olmasa da ince işçilik isteyen, hata payı yüksek ya da belli bir standardizasyonu olan bazı işlerin robotlarla yapılması sağlanmaktadır.

Bu üretim şekline örnek olarak İzmir'deki Almanya merkezli Hugo Boss fabrikası verilebilir. Fabrika, kendi geliştirdikleri Şekil 0.13'teki gömlek manşetlerine ilik ve düğme diken robot ile manşetleri diken ve bunu makineye besleyen robot kolu sayesinde, insan kas sistemini ve gözlerini yoran ince işlerden kaçınarak iş güvenliği açısından da oldukça önemli bir gelişme elde etmektedir.

Bu örnekte de olduğu gibi insan makine etkileşimi azaldığından iş kazası ve meslek hastalıklarının da azalması sağlanmış olacaktır. Buna benzer çalışmalarla insan gücünün bu işler yerine robotların işletilmesinde ve yönetim sistemlerinde kullanılması ve hata oranının sıfırlanması amaçlanmaktadır.



Şekil 0.13. Hugo Boss fabrikasında kullanılan gömlek manşetine düğme diken robot (star.com)

Adidas Spor giyim şirketinin, SoftWear Automation tarafından geliştirilen ve Sewbot adı verilen robot sayesinde günde 800 bin tişört üretebileceği belirtilmektedir. Tek

bir insan kontrolünde çalışan bu robotun 1 saatte 17 insanın yaptığı sayıda tişört yapabileceği ve her 22 saniyede 1 tişört üretebilecek kapasiteye sahip olacağı vurgulanmaktadır. Kumaşın kesim işleminden başlayarak dikiş süresinin de içinde olduğu üretim sürecinin toplam dört dakika olacağı belirtilmektedir. Üretim kapasitesindeki artışı %300'e çıkaracak bu akıllı uygulama ile iş sağlığı ve güvenliği anlamında da olumlu gelişmeler doğacaktır. Şekil 0.14'te görülen eski usül kesim ve dikim yöntemleriyle yapılan üretimlerde çalışanlar yüksek miktarda tekstil tozuna ve gürültüye maruz kalarak meslek hastalıklarına ya da sürekli oturarak çalışmadan kaynaklı bazı eklem rahatsızlıklarına yakalanabilmektedir. Bu akıllı sistem sayesinde 16 insan gürültülü ve tozlu çalışma ortamından uzaklaştırılmış ve iş sağlığı ve güvenliği açısından risk faktörleri minimize edilmiş olacaktır (Elen ve Avuçlu,2019).



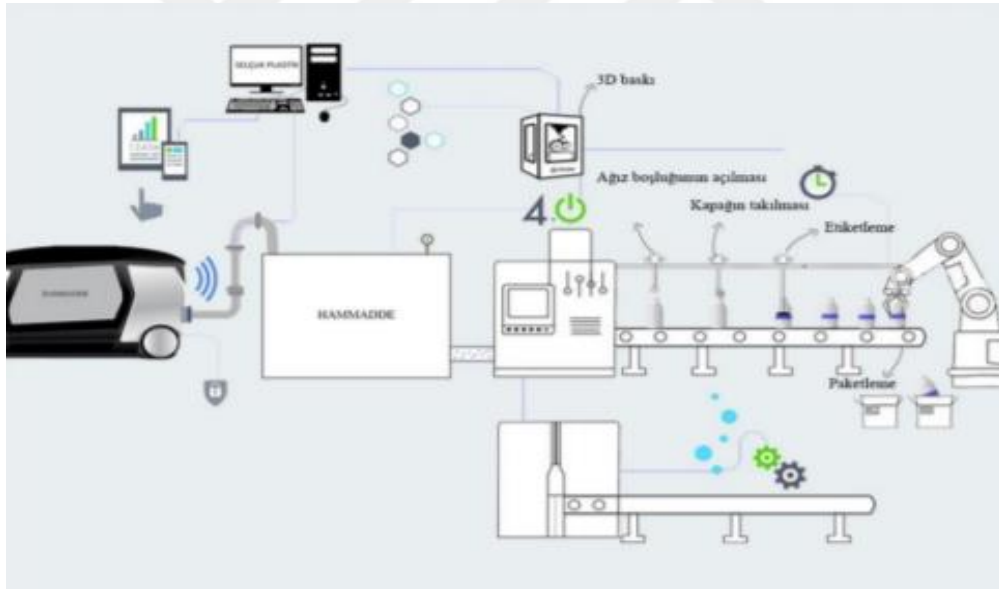
Şekil 0.14. Sewbot tekstil robotunun üretimde yarattığı değişim (Elen ve Avuçlu,2019)

Plastik fiç ve bidon üretimi yapan bir firma üzerinde araştırma yapan Oğrak ve Şık (2020); kurgusal bir Endüstri 4.0 fabrika örneği ile meydana gelebilecek avantaj ve dezavantajları öngörmüşlerdir. Kısıtlı teknolojik altyapısı ile üretim yapan bahse konu firmada, Ø80mm ve Ø120mm'lik iki adet bodinoz (plastik şişirme) makinası, 200gr'lık kapasiteye sahip bir adet enjeksiyon makinası, 800 litre 1000 akü kompresör tek motor çift kafa, iki adet freze, bir adet 60cm'lik plastik kırma makinası, iki adet bir tonluk tanklı kalıp devir daim motorlu soğutma ünitesi bulunmaktadır. Üretim emek yoğun gerçekleştiği için işletme tam kapasite çalıştığında gerekli işgücü işverene mali külfet yaratacağından firma hiçbir zaman tam kapasite ile çalışmamaktadır. Firmada plastik bidonların gövde kısımları ekstrüzyon şişirme teknolojisi kullanılarak Şekil 0.15'teki gibi bodinoz makinesinde üretilmektedir.



Şekil 0.15. Bodinoz makinesi (Oğrak ve Şık,2020)

Firmada mevcut üretim modeli yerine Şekil 0.16'daki gibi geliştirilen kurgusal bir Endüstri 4.0 fabrika modeli kullanıldığında insanın daha az müdahil olduğu entegre bir sistem içerisinde üretim yapılması nedeniyle iş kazaları, meslek hastalıkları en aza inmiş olacak bunun yanında üretim kapasitesi, ürün çeşitliliği ve dolayısıyla rekabet gücü artacaktır. Tek bir çalışan ile kontrol sağlanabileceğinden personel denetimi de kolay hale gelecektir (Oğrak ve Şık, 2020).



Şekil 0.16. Kurgusal Endüstri 4.0 fabrika modeli (Oğrak ve Şık, 2020)

Son yıllarda video ve fotoğraf çekimlerinde geliştirilen yetenekleriyle günlük hayatta sıklıkla kullanılan insansız hava araçları (drone) birkaç yıl içinde geliştirilerek çok çeşitli alanlarda kullanılmaya devam etmektedir. Otomotiv sektöründe de (Şekil 0.17) kendilerine yer edinmeye başlamışlardır. Audi, Almanya'nın Ingolstadt kentindeki fabrikasında, drone'lar kullanmaya başlamıştır. Seri üretimde acil ihtiyaç duyulan parçalar önceden belirlenen rotaları takip eden insansız hava araçlarıyla taşınmaktadır. Audi otomobil şirketi, akıllı fabrika kapsamında kapalı tesislerinde kamera, GPS ve sensör

teknolojileri ile donatılmış drone'ları acil parçaların teslimatı ve fabrika içinde ulaşılması güç bölümlerin tamirat ve bakımında veya acil bir durumda ilk yardım gerekmesi halinde ilgili alana gerekli tıbbi malzemelerin hızlı bir şekilde ulaştırılmasında kullanmayı amaçlamaktadır (www.audi.com).



Şekil 0.17. Otomotiv sektöründe kullanılan insansız hava aracı(www.audi.com)

İş sağlığı ve güvenliği kapsamında, çeşitli sektörlerde risk faktörleri için akıllı fabrikalarda alınan önlemler bakımından da pek çok değişiklik görülmektedir. Örneğin mobilya imalat sektöründe tamamen insan kontrolünde olan şerit testere, daire testereler yerine; günümüzde rekabetten ötürü kullanılması kaçınılmaz hale gelen tam otomasyon ve robotik işlemlerden oluşan Şekil 0.18'deki gibi mobilya üretim hatları kullanılmaktadır (Öztürk ve Koç). Burada malzeme besleme ve boşaltma işlemleri otomatik olarak gerçekleşmektedir. Eski yöntemde hem açık testereler kullanıldığı için uzuv kayıpları yaşanmakta hem de ağır yükler elle kaldırıldığı için kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Akıllı fabrika konseptinde üretimle çalışanın sadece uzaktan gözlemlediği olası bir aksaklık durumunda müdahil olduğu bir üretim süreci oluşmaktadır. Taşıyıcı bantlarla ahşap bloklar üretim bantlarına taşınarak daha önceden programlandığı şekilde kesim noktalarından kesilip işlenerek otomatik olarak bant üzerinden istif noktasına boşaltılır. Burada çalışanın herhangi bir uzvunun kesilmesi ya da yük kaldırma nedeniyle sakatlanma durumu tamamen bertaraf edilmiş olmaktadır. Bu ve buna benzer akıllı üretim hatları birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır.





Şekil 0.18. Mobilya sektöründe akıllı üretim sistemlerine örnek(www.agtteknik.com)

Maden sektöründe de akıllı sistemlerin etkileri görülmeye başlanmıştır. Maden firmaları çalışma koşulları zor olan maden ocaklarından cevher çıkarırken ve işleme yapılırken drone, sürücüsüz kamyon ve araç kullanımı gibi yeniliklerle çalışanların riskli işlerden uzak durmasını sağlamaktadır.

Bu verilen örnekler dışında farklı sektörlerde tamamen akıllı fabrika mantığıyla kurulan işletmelerde insan-makine ilişkisi neredeyse sıfıra inmektedir. Bu tür insansız fabrikalarda çalışan, makine kaynaklı risklerden tamamen korunmuş olmaktadır. Diğer yandan işleyişin kontrolü sırasında karşılaşılabilecek ergonomik riskler, uzun süreyle monitör karşısında çalışmanın getireceği riskler ya da psikolojik riskler devam edecektir.

#### **4.2. Akıllı Fabrikalarda Kişisel Koruyucu Donanımlar Bakımından İş Sağlığı ve Güvenliği**

Klasik iş sağlığı ve güvenliği önlemleri kapsamında kullanılan maske, gözlük, iş ayakkabısı gibi kişisel koruyucu donanımların bazıları akıllı fabrika konseptinde anlamını yitirmiş ve yetersiz olacaktır. Bunların yerini yeni nesil akıllı üretim sistemlerine entegre olarak çalışabilecek yapay zeka ile donatılmış gözlükler, akıllı cihazlar, akıllı baretler gibi izlenebilir giyilebilir teknoloji ürünlerinin alması kaçınılmazdır.

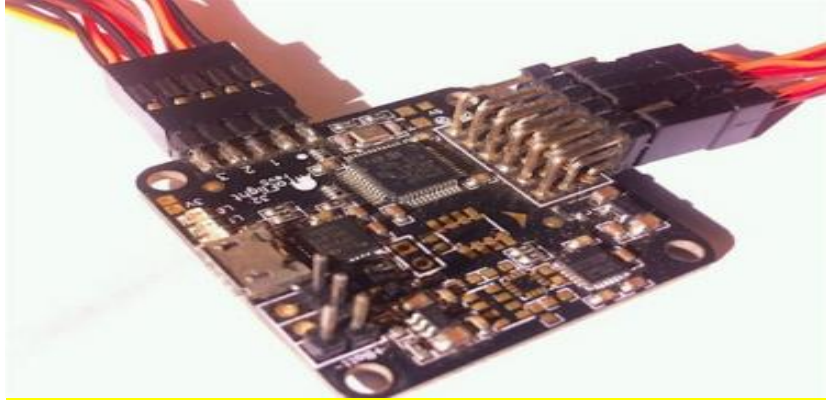
İşyerlerinde düşme veya bayılma durumlarının tespiti, çalışanın üzerinde bulunan ivme sensörlü herhangi bir giyilebilir teknoloji ürünüyle oldukça pratik şekilde yapılabilmektedir. Bu ürün bir baret, bir gözlük ya da akıllı bir saat olabilir. Eş zamanlı olarak çalışanın lokasyonu belirlenebileceğinden erken müdahale olanağı sağlayacaktır. Bulunduğu çalışma ortamında yalnız olan çalışanın yüksekte düşerek iş kazası yaşaması

ya da bayılması durumunda çalışana anında müdahale edilebilmektedir. Bu durumda geç müdahalede can kaybı yaratabilecek veya kan kaybı gibi ilkyardım gerektirecek durumların önüne geçilebilmektedir.

Fiziksel etmenlere (titreşim, ses, ışık, ısı gibi) maruziyetin tespit ve takip edilmesinde Şekil 0.19'da bir örneği gösterilen sensör füzyonların kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu yolla çalışanın titreşim ve gürültü maruziyetinin ya da işyerinin aydınlatma düzeyi ve termal şartlarının sürekli ölçülerek kabul edilebilir değerlerde olup olmadığı değerlendirilecek ve işveren tarafından alınması gerekli önlem sistemden çıktı olarak alınabilecektir. Gerekli önlemler kısa sürede alınarak çalışanın sağlığını olumsuz etkileyebilecek titreşim, gürültü, sıcaklık, yetersiz aydınlatma gibi durumlara çalışan uzun sürelerle maruz edilmemiş olacaktır.

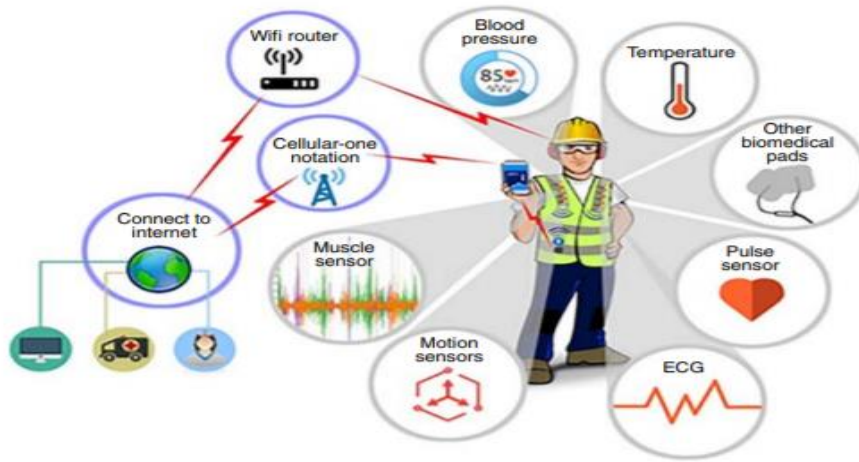
Örneğin akıllı üretim sistemleri kullanılan fabrikada günün farklı saatlerinde ışık seviyesinin çok yüksek ya da çok düşük olması durumunda; sistemin ışık sensörlerinden aldığı bilgileri anlamlandıracağı merkezi kontrol noktasına aktarması ile ortamın ışık seviyesini tespit ederek optimum düzeye getirmesini sağlayacak yazılımlar kullanılabilir. Üretim sürecinin, kontrol merkezlerinde sürekli görsel olarak sanal ya da gerçek ekranlardan takip edilecek olması sebebiyle akıllı fabrikalarda aydınlatma iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Dijitalleşen fabrikalarda satın almadan üretime, üretimden satışa ve satış sonrası desteğe kadar bütün işler sanal ortamda takip edilerek gerçekleştirildiğinden ekranla çalışma süreleri oldukça aratacak ve çalışanların yapay ışığa maruz kalarak göz sağlığı olumsuz etkilenecek, ergonomik olmayan yanlış oturma pozisyonlarından kaynaklı baş, boyun ve eklem ağrıları ortaya çıkacaktır. Önlem olarak yine yapay zeka donanımına sahip çalışanın gözüne yansıyacak ışığın dalga boyunu optimize edecek akıllı gözlükler kullanılabileceği öngörülmektedir.



Şekil 0.19. Sensör füzyonu örneği (www.elektrikport.com)

Sensörler günümüzde halen geliştirilmeye çalışılan giyilebilir teknolojilerin de temelini oluşturmaktadır. Giyilebilir teknoloji ürünleri ile birçok alanda iş güvenliği önlemi almak da kolaylaşmaktadır. Bunlar aslında sensörlerle donatılmış taşınabilir akıllı teknolojiler olarak değerlendirilebilir. Giyilebilir teknoloji ürünlerine örnek olarak akıllı saat, bileklik, gözlük, ayakkabı ve kablosuz kulaklık sıralanabilir. Bu ürünleri giyen çalışanların sağlık durumlarının anlık olarak raporlanması (tansiyon, ateş, kalp ritmi ölçümü vb.) mümkün olacaktır (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**). Toplumsal ulaşıcılığı olan salgın hastalık gibi durumlarda (Covid-19 vb.) çalışanların ateşinin ve diğer sağlık verilerinin sürekli ölçülebilir olması erken teşhisi destekleyeceğinden diğer çalışanları da bulaşma riskinden korumuş olacaktır. Mesafe/konum sensörleri ve yön bulma algoritmaları sayesinde, çalışandan sinyaller alınarak işyerinin neresinde olduğu, çalıştığı alanın yüksekliği kolayca tespit edilebilecektir. Herhangi bir kaza durumunda yine çalışanın yeri ve genel sağlık durumu hakkında bazı bilgilere kolayca ulaşılabilecektir.



Şekil 0.20. Çalışanların giyilebilir teknoloji ürünleri ile takibi (Edirisinghe, 2019)



Akıllı bir barette (Şekil 0.21) ya da herhangi bir giyilebilir ekipmanda bulunan termal sensörler yardımıyla vücut ısısı anlık olarak takip edilerek çalışanın stres altında olup olmadığı kontrol altında tutulabilecektir. Bu gibi uygulamalar işyerinde görevli işyeri hekiminin de işini kolaylaştıracak, uzaktan bile olsa çalışanların sağlık durumlarının takibini basit bir uygulama ile akıllı telefonundan ya da bilgisayarından görüntüleyebilecektir. Yapması gereken birçok sağlık kontrolünü işyerinde olmasa ya da çalışan ile aynı ortamda olmasa dahi yapabilecektir.



Şekil 0.21. Akıllı baret örneği (www.safetylinker.com)

Akıllı fabrikalarda ses izolasyonları yapılmış olsa dahi gürültü çalışanların sağlığına zarar verecek düzeylerde olabildiği için kulak tıkaçları kullanılması kaçınılmazdır. Ancak ortamın gürültü düzeyine göre koruyuculuğu değişebilen yapay zeka ile donatılmış kulaklıkların kullanılması neticesinde çalışan sağlığının korunmasının sağlanacağı öngörülebilmektedir.

Tehlikeli kimyasal maddelere maruziyetin engellenmesinde giyilebilir teknolojiler yine büyük bir iş sağlığı ve güvenliği desteği olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışanın iş elbisesi üzerinde bulunan gaz, buhar algılama sistemleri bu zararlı maddelerin ortamdaki yoğunluğunu ölçerek insan sağlığına zarar verecek düzeylere geldiğinde hem çalışanı hem de merkezi izleme ekranlarına uyarılar vererek ilgili kişileri durumdan haberdar edecektir. Özellikle kimya sanayisinde bu tür akıllı teknolojiler ile iş sağlığı ve güvenliği alanında hızlı ve önleyici tedbirler alınabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yani bu giyilebilir akıllı teknolojiler sadece kontrolü yapan kişilere ve buluta bilgi akışı sağlamakla kalmamakta aynı zamanda uyar vererek çalışanı da haberdar etmektedir.

Günümüzde kullanılan geleneksel kişisel koruyucu donanımların yanlış kullanımına ilişkin herhangi bir kontrol mekanizması bulunmamaktadır. Örneğin bir baretin çalışanın baş bölgesini ya da bir maskenin solunum bölgesini tam olarak kapatıp

kapatmadığının kararı tamamen o donanımı kullanan kişiye bırakılmaktadır. Kontrolü sadece görsel olarak yapılabilir. Bu durum kişisel koruyucu donanımın etkinliğini azaltacaktır. Ancak akıllı kişisel koruyucu donanımlar bunu giyen ya da taşıyan kişiye doğru bir şekilde kullanılıp kullanılmadığına dair bilgi verebilecek yapay zekaya sahip olabilecektir.

#### 4.3. Akıllı Fabrikalarda Eğitim Açısından İş Sağlığı ve Güvenliği

Akıllı fabrikalar ile birlikte çalışanlara eski alışılmış düzende iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verilmesi bu sistemin mantığına aykırı olacağı gibi çok yavaş kalacak bir yöntem haline gelecektir. Esnek çalışma sistemlerinin de artacağı göz önünde bulundurulursa; eğitim verilecek çalışanları her an işyerinde bulmak mümkün olmayacaktır. Bu nedenle artırılmış gerçeklik uygulamaları sayesinde geliştirilen Şekil 0.22’de görülen akıllı gözlükler gibi teknolojiler yardımıyla çalışanların eğitimleri pratik şekilde tamamlanabilecektir. Bu cihazlar ile çalışan o işi ilk kez yapıyor olsa dahi uzaktan anlık eğitimler veya yönlendirmeler verilerek iş ve işlemin gerçekleştirilmesi kolaylaşacak ve bu durum işveren açısından hem zamandan hem de işgücünden tasarruf sağlayacaktır.



Şekil 0.22. Giyilebilir teknolojilere örnek bir gözlük (blog.logo.com)

Gerçek zamanlı simülasyon sistemleri ile çalışan hem görüp – duyacağı hem de anında uygulayabileceği için eğitimin etkinliği artacaktır. Zaman, mekan ve ekipman kısıtı ortadan kalkmış olacaktır. Vardiyalı çalışma sistemi ya da evden çalışma sistemi olsa dahi

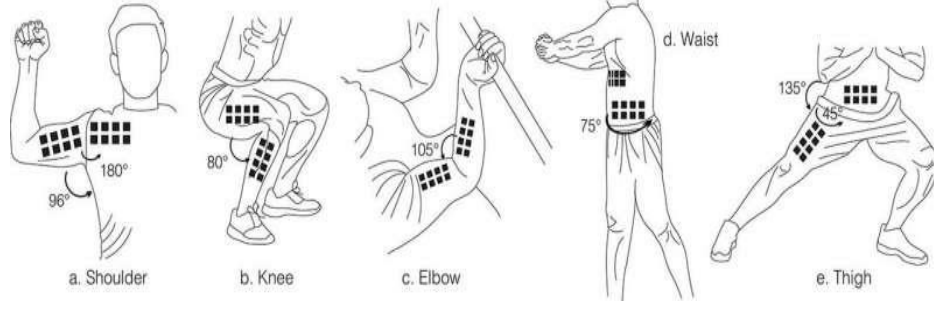
eğitim verilmesi gerekli konularda çalışanlara istediği an ulaşılıp ortak paylaşım platformlarından simülasyonlar üzerinden eğitimler verilebilecektir. Şekil 0.23'te görüldüğü gibi uygulamalı eğitim esnasında kaza ve yaralanma riski sıfıra inecektir. Eğitimler kaydedilebilir, ölçülebilir, tekrarlanabilir hale gelecek ve üretimi aksatmayacaktır. Bu tür sanal uygulamaların sadece ilk kurulum maliyetleri olduğundan sürekli olarak eğitime bir btce ayrılmasına işverenlerin eğitim masraflarından kaçınmalarına gerek kalmayacaktır.



Şekil 0.23. Sanal gerçeklikle uygulamalı eğitim rneği(epnext.com)

#### **4.4. Akıllı Fabrikalarda Ergonomi Açısından İş Sağlığı ve Güvenliği**

Duruş bozukluklarının tespiti ve bunun sonucu olarak ortaya çıkabilen hastalıkların önlenmesinde de sensörler büyük destek sağlamaktadır (Pavon vd., 2018). İmalat sektöründe, çalışanlar kas gücünü kullanarak yük kaldırma, işlem yapma, ekipman kullanma vs. işlerini yapmaktadırlar. Özellikle çalışanın kas ve iskelet sisteminin zorlanmasını gerektiren işler kişilerde bazı rahatsızlıkların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Kaldırma işini yaparken, insan anatomisine aykırı duruş (ergonomik olmayan) ile ağır yüklerin tespiti ve takibi için RFID teknolojileri kullanılabilir, Şekil 0.24 (z vd., 2020).



Şekil 0.24. Çalışanların duruş bozukluklarının RFID teknolojisi ile takibi (Öz vd., 2020)

Şekil 0.25'te bir örneği görülen giyilebilir robotlar, çalışanın vücuduna binen yükün hem azalmasını hem de insan anatomisine zarar vermeyecek şekilde dağılmasını sağlayabilir.



Şekil 0.25. Yükleri taşıırken kolaylık sağlayan robot(m.segye.com)

Bütün üretim sektörlerinin olmazsa olmazlarından depo yönetimi alanında da yine akıllı teknolojilerin izleri görülmektedir. Teknolojideki dönüşüm, üretim sisteminin hangi prosesinde, hangi malzemeye, ne kadar ihtiyaç var ise; kodlamalar sayesinde ilgili yönetim noktalarına gerekli bilgi akışı sağlanarak bu ihtiyaçların giderildiği, sonrasında da üretilen ürünlerin yine aynı yöntemle son mamül depoların ilgili bölümlerine taşındığı otomatik depolama ve boşaltma sistemlerini beraberinde getirmiştir. Bu sistemler (Şekil 0.26) bütün olarak kullanılabildiği gibi modüler olarak da kurulabildiği için parça parça kullanmak da mümkün olmaktadır. Şekil 0.26'da küçük boyutlu malzemeler için tasarlanmış bir otomatik depolama ve boşaltma sistemi görülmektedir (Soyaslan vd.,2015). Bu akıllı depolar sayesinde hem insana dayalı üretim hataları ve zaman kaybı hem de çalışanın yüksek noktalara uzanarak malzeme almaya çalışırken kendini zorlaması, kas ve iskelet sistemi



rahatsızlıklarının meydana gelmesi, malzemeyi üstüne düşürerek yaralanması gibi risk durumları ortadan kalkmaktadır.



Şekil 0.26. Otomatik depolama ve boşaltma sistemleri (Soyaslan vd., 2015)

Çalışanın kas ve iskelet sistemini koruyacak bir diğer teknolojik çözüm de taşıyıcı robotlardır. Şekil 0.27’de gösterilen bu robotlar depo alanı içerisinde serbestçe dolaşarak ürün toplama işi gerçekleştirmektedir. Aldıkları komutlar doğrultusunda talep edilen ürünlerin bulunduğu mobil rafları bir yerden alıp başka bir yere taşıyarak çalışanın iş yükünü azaltmaktadır. Bu robotlar hem doğru ürünlerin seçilmesi hem de ortamda bulunan insanlara çarpmaması açısından tarayıcı kamera ve sensörlerle donatılmaktadır (Görçün,2018).



Şekil 0.27. Mobil raflar ve taşıyıcı robotlar (Görçün,2018)

Fabrika otomasyon sistemleri ile birleşik malzeme dolaşım sistemleri sayesinde kusursuz stok yönetimi, 0 stok kaybı, zaman tasarrufu, depolama alanından tasarruf ve azalan maliyetler dolayısıyla karlılığın artması sağlanacaktır. Aynı zamanda üretim sürecinde insan dolaşımı, fiziksel zorlama ve yorgunluk azalacağı için iş kazası ve meslek hastalıklarının da azalması sağlanmış olacağından iş sağlığı ve güvenliği alanında da özellikle ergonomi sorunlarına çözüm getirmektedir.

#### **4.5. Akıllı Fabrikalarda Yangın, Parlama ve Patlama Önlemleri Bakımından İş Sağlığı ve Güvenliği**

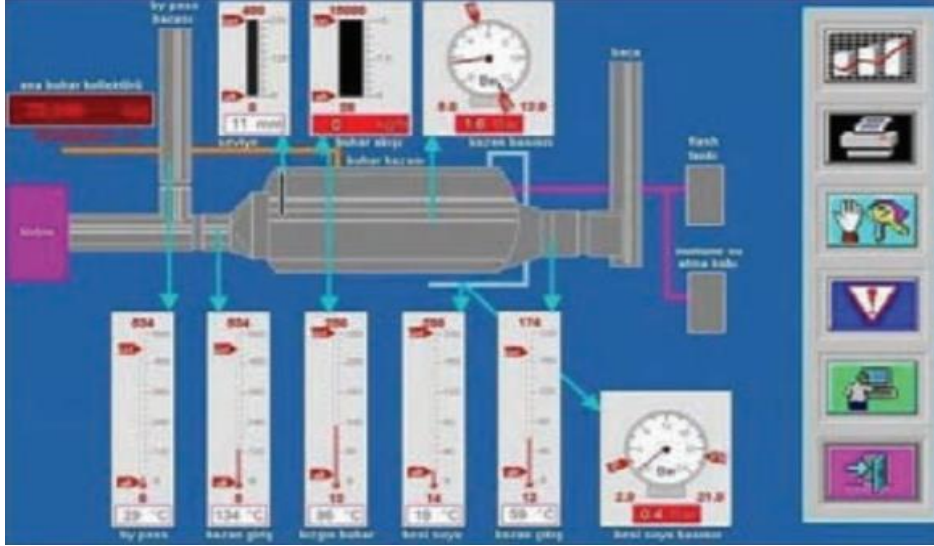
Yangınların en yıkıcı özelliği bilindiği üzere yayılma özelliğidir. Bu nedenle yangınlarda hızlı ve güvenilir duman algılama son derece önemlidir. Yeni nesil fabrikalarda yangın algılama alanında da daha gelişmiş akıllı teknolojilerle daha verimli çözümler elde edilmektedir. Bosch'un, akıllı video analizi üzerine inşa edilen dinamik IP video kamera tabanlı yangın algılama sistemiyle zorlu ortamlarda günümüzdeki en erken alev ve duman algılamasını sağlayan Aviotec (Şekil 0.28) bu çözümlere iyi bir örnek oluşturmaktadır. Akıllı yazılım algoritmaları, video kamera görüntülerini doğrudan kamerada analiz etmektedir. Geleneksel detektörler için dumanın bu detektörlerin bulunduğu noktaya ulaşması gerekmektedir. Video tabanlı yangın algılama sistemi, duman sistemin görüş alanına girer girmez yangını tespit eden önemli bir teknolojik gelişimdir. Dumanın ya da alevlerin yayılmasını ve detektörlerin bulunduğu yere ulaşmasını beklemeden yangını başladığı yerde algılayan sistem, hem insan hayatını hem de bulunduğu tesisi maddi hasarlardan korumaktadır. Kayıtlı videolar sayesinde kök-neden analizleri yapılması ile iş sağlığı ve güvenliği alanında proaktif (önleyici) yaklaşım sergilenmesine olanak sağlamaktadır ([www.boschsecurity.com](http://www.boschsecurity.com)).

Aynı mantıkla insan üzerine giyilebilen teknolojik ürünler sayesinde çalışanın bulunduğu ortamdaki duman yoğunluğunu anlık takip etmek ve zamanında müdahale ile hem boğulma hem de yanma tehlikesinden korumak mümkün olabilmektedir.



Şekil 0.28. Bosch'un AVIOTEC adlı akıllı yangın algılama sistemi  
([www.boschsecurity.com](http://www.boschsecurity.com))

Üretim tesislerinde sıkça karşılaşılan iş kazalarından olan buhar kazanı patlamaları can ve mal kayıplarını beraberinde getirmektedir. Aktürk ve Fidan (2009), buhar kazanlarında basınç, sıcaklık, besi suyu sıcaklığı ve basıncı, kızgın buhar sıcaklığı gibi önemli verilere anlık veya tehlike anında ilgili kişiler tarafından ulaşılmasını sağlayan bir uzaktan görüntüleme sistemi üzerinde çalışmışlardır. Bu sistem sayesinde insan hatasından ya da anlık takip edilemeyen risk faktörlerinden kaynaklanan buhar kazanı patlamalarının önüne geçilmiş, iş sağlığı ve güvenliği alanında gelişme sağlanmış olacaktır. Ayrıca sistemin uzaktan kumanda edilebilir ve önceden belirlenen komutlarla basınç ve sıcaklık değerlerinin istenilen düzeyde tutulabilir olması operatörün uzak mesafelerdeki tesisi ziyaret etmeksizin yönetebilmesini sağlayacaktır, Şekil 0.29 (Aktürk ve Fidan, 2009).



Şekil 0.29. Buhar kazanı otomasyon sistemi (Aktürk ve Fidan, 2009)

Klasik yöntemlerle alınan iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinde örneğin; kimya sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada parlayıcı/patlayıcı özelliği olan kimyasal dolu tankın taşma durumuna karşı, tankın etrafına taşma havuzları ve emici bariyerler yapılmaktadır. Ancak akıllı sistemler sayesinde kimyasal tankındaki ısı, basınç, akış hızı gibi değerlerin ölçülerek seviye tespit ve alarm cihazları ile taşma ve patlama riski tamamen bertaraf edilebilmektedir.

#### 4.6. Akıllı Fabrikalarda İş Sağlığı ve Güvenliği Kontrolü

Yeni nesil akıllı sistemler ile birlikte hayatımıza iyice yerleşmeye başlayan sensörler, hem düşük maliyetli olması hem de elde edilen bilgilerin kolay işlenebilir olması nedeniyle işyerlerinde de birden çok sensörün bir araya gelerek oluşturduğu sensör füzyonlar şeklinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanı oldukça yaygın olan bu sensör füzyonların daha önce de bahsettiğimiz gibi iş sağlığı ve güvenliği alanında da birçok kolaylık sağladığı bilinmektedir.

Üretim proseslerinin takibinde, sensörler aracılığı ile durum tespiti yapılarak eş zamanlı analize olanak sağlanmakta ve eşzamanlı karar verebilen mekanizmalar kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti teknolojisi ile prosesler ve çalışanlar arasındaki iletişim kesintisiz hale gelmektedir.

Big data ile beslenen nesnelerin interneti sayesinde üretimde uzun yıllardır bağımsız kullanılan robot sistemlerinin işletme içinde birbirleriyle iletişime geçerek her birinin kendi sırası geldiğinde yapması gereken işlemi kusursuz bir şekilde



gerçekleştirmesi sağlanmaktadır. Bir tezgahta besleme yapılmasına ya da tezgahta işi biten parçanın diğer işleme geçmesi için herhangi bir çalışanın taşınmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Yani üretimin her bileşeni birbirleri ile haberleşerek ardışık veya paralel şekilde işlemlerini tamamlamaktadır. Çalışanın makine başında durmasına, müdahale etmesine gerek kalmamakta, üretim süreci uzaktan izlenerek anında yine uzaktan müdahale edilebilmektedir. Operatörün makineler arasında gezinmek zorunda olduğu durumlarda da kaza ve meslek hastalıklarından korunması için yine akıllı teknolojiler (akıllı saat, akıllı baret vb.) yardımıyla proaktif önlemler alınabilmektedir.

Akıllı fabrikanın fiziki olarak kurulumu gerçekleştirilmeden önce dijital bir fabrika olarak kurulması ve bu fabrika üzerinde simülasyonların gerçekleştirilmesi; fabrikada ortaya çıkabilecek iş sağlığı ve güvenliği risk faktörlerini görmemize yardım edecektir. Böylece risk faktörleri göz ardı edilerek kurulan eski fabrikalarda iş sağlığı ve güvenliği açısından yaşanan yapısal sorunlar tekrar yaşanmayacaktır. Örneğin; 40 yıl önce acil çıkış kapıları hesaba katılmadan, bitişik nizam hangarlar şeklinde kurulan bir fabrikada, en başa dönüp büyük değişiklikler gerektirecek mimari çalışmalar işveren açısından çok maliyetli olacağından kabul edilemez bir çözüm yolu olmaktadır. Ancak dijital fabrikalarda, simülasyonlar kullanılarak, yaşanacak acil durumlarda fabrikanın hangi bölümlerinde, hangi güvenlik eksiklerinin olduğu tespit edilebilecek ve bu risklere karşı daha proje aşamasında çözüm üretilebilecektir. Bu örnek akıllı makinelerin konumlandırılması, yangın algılama detektörlerinin yerlerinin belirlenmesi, acil durumlarda kullanılacak toplanma yerinin belirlenmesi, sosyal tesislerin konumlandırılması şeklinde çeşitlendirilebilir.

Akıllı cihazların geliştirilmesi, siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, bilgisayar alanındaki gelişmeler iş sağlığı ve güvenliği alanında birçok girişimde bulunulmasına neden olmuştur. Bu girişimler sonucunda kullanılan akıllı cihazlar çalışma yöntemlerinde ve üretim süreçlerinde daha fazla karmaşıklık yaratmıştır. İSG kapsamında; bu karmaşıklıklara yanıt verebilecek daha dinamik, öngörülü ve daha çok kişiselleştirilmiş risk yönetimlerinin kullanılması gerekmektedir. Çünkü mevcut risk analiz yöntemleri yeni doğacak riskleri tahmin etmekte yetersiz kalmaktadır (Badri vd, 2018).

Bahsettiğimiz dijital gelişmeler sayesinde nesnelerin interneti kavramıyla işyerinde tehlikeli durumlar kesintisiz olarak tespit edilebilmektedir. Gisbert vd (2014)'nin de savunduğu gibi; gelişen bilgi teknolojilerinin yarattığı sistemlerin ve kablosuz iletişimin güvenliğini sağlamak ve sistemlerin sorunsuz çalışmasını devam ettirebilmek için

tehlikeleri sürekli tespit edebilen, tüm ağların işleyişini izleyebilen, uzaktan kumanda edilebilen sensör kontrol merkezlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu platformlar, gözetimleri entegre ederek kazaların azalmasını sağlayacaktır. Sistemin güvenliğinin sağlanması içinde bulunan çalışanların da güvenliğini sağlamaya yardımcı olacaktır. Herhangi bir kimyasal sızıntısı, parlama-patlama tehlikesi, yangın gibi tehlikelerin bir kontrol merkezinden izlenebilir ve kısa sürede kontrol altına alınabilir olması çalışanların sağlık ve güvenliğini korumakta etkili olacaktır.

Bu kontrol merkezleri, işveren ile işyerinde görevlendirilen iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin (iş güvenliği uzman, işyeri hekimi ve diğer sağlık personeli) çalışanları, işleyişi ve risk faktörlerini izlemeleri açısından büyük fayda sağlayacaktır.

Siber saldırılar ise akıllı fabrikalarda öngörülemeyen risk faktörlerini beraberinde getirmektedir. İşletme parametreleri üzerinde yapılacak en küçük bir değişiklik bile yüksek ısı, basınç gibi risk faktörleri nedeniyle büyük bir patlama, yangın gibi feci kazalara neden olacağından iş sağlığı ve güvenliğinin kontrol dışına çıkması söz konusudur.

#### **4.7. Akıllı Fabrikaların İnsan Sağlığı Üzerindeki Psikolojik Etkileri**

İş sağlığı ve güvenliği denilince akla ilk gelen çalışanın bedensel bütünlüğünün korunması olsa da kavram içerisinde çalışanın ruh sağlığının korunmasını da barındırmaktadır. Teknolojik gelişmeler sayesinde akıllı fabrikalarda nesnelere interneti aracılığıyla üretim sürecinin ve çalışanların sürekli izlenebilir olmasının çalışanın üzerinde psikolojik bir baskı oluşturacağı düşünülmektedir. Çalışanın özgürce hareket edemeyeceğini düşünmesi mental olarak onu strese sürükleyecektir.

Geçmişte yaşanan tüm sanayi devrimlerine bakıldığında; ortak değişim olarak çalışanların çalışma sürelerinin azalması ve çalışma hayatında sağlam bir yer edinebilmek için daha yüksek vasıflara sahip olmak gerektiği söylenebilir.

Akıllı fabrikalarda eskiden yapılan ağır ve pis işlerin artık robotlar tarafından yapılması her ne kadar olumlu görünse de mesleklerinin ellerinden alınması ve kendilerine yeni sorumluluklar verilmesi çalışanları bir bakıma depresyona sürükleyecektir (Moore, 2018). Özellikle eğitim seviyesi düşük vasıfsız çalışanların, hem kendilerinin artık işe yaramadıklarını düşünmeleri hem de yeni yapacakları işlerde başarılı olup olamayacaklarının yaratacağı kaygı, ruh sağlıklarını olumsuz etkileyecektir. Ayrıca bu durum iş motivasyonlarını da olumsuz etkileyeceğinden verimliliği de azaltacaktır.

Robotların, sensör füzyonların, kablosuz iletişimin ağırlıklı olduğu bu yeni nesil fabrikalarda en büyük risk faktörünün işyerlerine yapılabilecek siber saldırıların olabileceğini söyleyebiliriz. Bilişim sistemlerinin yaygınlaşması bu teknolojileri kullanan insanlara özgür bir alan tanırken, diğer bir taraftan da meydana gelen güvenlik açıkları nedeniyle kötüye kullanılabilmesine ve suç işleme yöntemi haline gelmektedir (Alaca, 2008). Deutsche Telekom tarafından 2015 yılında Almanya’da yayınlanan Siber Güvenlik Raporu’nda, şirketlerin yüzde 90’ının birtakım siber saldırılara maruz kaldığı ve bunların sadece yüzde 60’ının bu saldırılara tam anlamıyla hazır oldukları belirtilmektedir. Bu rapordan da yola çıkarak, Endüstri 4.0 dönüşümünün artması ile benzer saldırıların şiddeti de artarak devam edecektir (Arıksoy, 2016).

Siber riskler; bilgisayar korsanı olarak bilinen hackerlar, güvenli şekilde şifrelenmemiş taşınabilir cihazlar, sahte elektronik postalar, yetersiz bilgi güvenliği sistemleri gibi faktörlerden oluşmaktadır (allianz.com.tr). Çalışanların kendi oluşturdukları bu sistemlerin dış etkiler nedeniyle zarar görmesi ya da bilgilerinin sızdırılması riskleri hep var olduğundan psikolojik olarak baskı altında çalışacaklar ve ruh sağlıkları olumsuz etkilenebilecektir. İşverenlerin bu tehditlere karşı siber güvenlik tedbirleri alması gerekmektedir. Teknolojideki sürekli ve hızlı gelişme sonucunda alınan önlemler ve yapılan yasal düzenlemeler bu gelişimlerin gerisinde kalabilmektedir. İşin uzmanı kişiler tarafından destek alınarak tüm çalışanlara bu saldırılara yönelik siber güvenlik eğitimleri verilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu bölümde bazıları uzun yıllardır uygulanmakta olan çeşitli otomasyon tekniklerinin üretimin çeşitli safhalarında kullanılmasının yanı sıra son yıllarda teknolojinin olanakları ile bütünleşik denebilecek çeşitli otomasyon uygulamalarının bir arada uygulanabilir olması ve özellikle Endüstri 4.0 olarak da adlandırılan son sanayi devriminin kabiliyetleri çerçevesinde hayata geçirilen ve halen de geçirilmekte olan akıllı üretim sistemlerinin ve akıllı fabrikaların İş Sağlığı ve Güvenliği kavramına yapacağı etki üzerinde durulmuştur.

## 5. AKILLI FABRİKALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARININ MEVZUAT YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ülkemizdeki mevcut düzenlemelere baktığımızda 4857 sayılı İş Kanunu ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bunlara dayalı olarak çıkarılan yönetmeliklerle işverene; çalışanların haklarını, sağlık ve güvenliklerini korumak adına çeşitli yükümlülükler yüklemektedir. Eski yöntemlerle ilerleyen bir fabrikada bu yükümlülüklerin yerine getirilmesi mümkündür. Ancak yeni nesil fabrikalarda bu mevzuatların uygulanma noktasında sorunlar yaşanması beklenmektedir.

Akıllı fabrikalar uzaktan yönetmeye çok müsait yapıdadırlar. Fabrika yöneticilerinden ya da çalışanlarından biri evden ya da herhangi bir yerden hatta yurtdışından fabrikadaki işlerini yürütmek isteyebilecektir. Böyle bir durumda yurtdışında çalışanın başına gelebilecek herhangi bir kazada çalışan için hangi ülkenin iş mevzuatı kurallarının uygulanacağı tartışmaya çok açık bir konu niteliği taşımaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği yönünden iş müfettişleri tarafından yapılan yerinde denetimlerin yerini de uzaktan-online denetimlerin alabileceği öngörüsü düşünüldüğünde bu denetimin nasıl olacağına çerçevesinin mevzuatta yer alması gerekmektedir. Bu tür çalışmalar yaşanan ya da yaşanabilecek salgınlar (Covid-19, domuz gribi, kolera vb.) gibi öngörülemeyen süreçler için de hem çalışan hem müfettiş açısından etkili olacaktır. Bu durumda sürekli izlenebilen akıllı fabrikaların ilgili Bakanlık birimleri tarafından entegre bir sistemle izlenebilirliğinin sağlanması için de gerekli çalışmaların yapılması gerekecektir.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'nın geliştirdiği İş Sağlığı ve Güvenliği Bilgi Yönetim Sistemi (İBYS) bu çalışmaların ilk adımı olarak değerlendirilebilir. Sistemin kurulum amacı; ilgili kurumlara sağlanacak karar destek sisteminin ön hazırlığını oluşturmak ve mevcut verilerin anlamlandırılmasını sağlamaktır. İBYS, 2018 yılında İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan bir genelge ile duyurulmuştur. Genelgede (2018-1); 6331 Sayılı Kanununun 27 nci maddesinin üçüncü fıkrasında yer alan "Bakanlık, bu Kanuna göre yapılacak iş ve işlemlere ait her türlü belge veya bilgiyi, elektronik ve benzeri ortamlar üzerinden isteyebilir, arşivleyebilir, bu ortamlar üzerinden onay, yetki, bilgi ve belge verebilir" hükmü gereğince, iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinde görev alan kişilerin elektronik ortamda Bakanlığa göndereceği veriler belirlenmiştir. Bu sistemde işyerleri tarafından; İSG profesyonellerince kullanılacak yazılımları geliştiren ve entegratör firma olarak tanımlanan Bakanlık ile Gizlilik ve Veri

Paylaşım Sözleşmesi yapan firmalar aracılığı ile Bakanlığa veri aktarımı yapılmaktadır. Bakanlığın internet sitesinde yayınlanan veri setlerinde yer alan içerikler doğrultusunda istenen bilgiler entegratör firmalar tarafından sisteme yüklenecektir. Bu çalışmalar ile işyerlerinden toplanacak bilgiler ve mevcut bilgiler doğrultusunda Bilgi Yönetim Sistemi İSG alanında önleyici strateji geliştirilmesine destek verecektir . Bu bilgiler ışığında sektörel ve bölgesel farklılıklara göre alınması gereken önlemlerin öncelik sırası belirlenebilecektir (ibys.csgb.gov.tr).

Yeni nesil fabrikalarda çalışanlara sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile simülasyonlar üzerinden eğitim verilirken; mevzuat gereği bu eğitimlerin belgelendirilmesi, eğitim katılım tutanaklarının düzenlenmesi ve çalışanın imzalaması gerekmektedir. Böyle bir işleyiş içinde evrak düzenleyerek eğitim belgelendirmek akıllı sistemlerin tercih edilme sebeplerine aykırı bir durum olarak tepki çekeceği düşünülmektedir. Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik'te (2013) uzaktan eğitimlerle ilgili hükümler yer almasına rağmen, Yönetmeliğin 12. maddesinde yer alan "İşyerinde ilk defa verilecek temel eğitimler hariç çalışanlara tekrar verilecek temel eğitimler işveren tarafından işe ve işyerine özgü içeriğin hazırlanması ve gerekli uzaktan eğitim yönetim sisteminin sağlanması halinde uzaktan eğitim yöntemi kullanılarak verilebilir." İbaresini nedeniyle ilk eğitimlerin simülasyon üzerinden uzaktan verilmesi hususunda; hem işveren ve İSG profesyonelleri için hem de iş sağlığı ve güvenliği teftişlerini gerçekleştiren müfettişler açısından yine farklı yorumlar çıkabilecek bir durum söz konusudur. Bu bağlamda bir düzenleme yapılması kaçınılmazdır.

İşyerinin kayıtlı bulundurulması zorunlu olan yasal belge ve bilgilerin de artık sanal ortamda tutulacağı düşünülürse işe giriş ve periyodik sağlık muayene raporları, İSG eğitim dokümanları, iş ekipmanlarına ait kontrol raporları gibi bilgilerin siber saldırı sonucu kaybedilmesi işvereni yasal olarak zor durumda bırakabilecektir. Bu konunun da iş sağlığı ve güvenliği mevzuatında yer edinmesi gerekmektedir.

İş kazaları ve meslek hastalıkları bakımından irdelendiğinde de asıl sorumluların tespit edilmesi için mevzuatta yeni düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Örneğin; akıllı sistemler kullanılan fabrikalarda yazılım kaynaklı herhangi bir iş kazası ya da meslek hastalığı durumu olduğunda sorumluluğun; işverene mi, yazılım dışarıdan satın alındıysa yazılım yapan şirkete mi, yazılım işverenin kendi bünyesinde çalışan birilerine yaptırıldıysa bu kişi veya kişilere mi ait olduğu mevzuat hükümlerine dayandırılmalıdır.

Robotların ön plana çıktığı akıllı fabrikalarda yine robotlar nedeniyle meydana gelebilecek iş kazası ve meslek hastalıklarında sorumluluğun kime ait olacağı ile ilgili yasal düzenlemelere gereksinim artacaktır. ABD’de faaliyet gösteren bir otomotiv fabrikasında 2015 yılında kontrolden çıkan robotun bir çalışana ezdiği ölümlü bir iş kazası yaşanmıştır. Ölen çalışanın eşinin; robotu tasarlayan, üreten ve test eden beş şirkete bu iş kazasının meydana gelmesinde sorumlu oldukları iddiasıyla dava açtığı bilinmektedir. Bu olayda robotun kendi kararlarını alıp alamadığı konusu gündeme gelmektedir. Eğer robotun karar mekanizması varsa kazadan üreticiyi, tasarımcıyı ya da test edenleri sorumlu tutmanın anlamlı olup olmayacağı tartışılmalıdır. Bu durumda tasarımcı, üretici ve test edenlerin işverenle birlikte müteselsil sorumluluğu gündeme gelecektir. Önümüzdeki yıllarda buna benzer birçok olayın ve açılan davaların tanığı olacağımız apaçık ortadadır (Er, 2017).

Akıllı üretim teknolojileri ile fabrikalarda makine kullanımının artarak çalışan sayısının azalması mevzuat gereği zorunlu olan işyeri hekiminin çalışma sürelerini azaltacaktır. Bunun aksine akıllı fabrikalarda makine kullanımının artmasına bağlı olarak meslek hastalıkları artacağından işyeri hekimlerinin sorumluluklarının artacağı düşünülmektedir. Bu duruma çözüm olarak mevzuatta düzenlemeler yapılarak işyeri hekimlerinin görevlendirme sürelerinin artırılması gerekmektedir(Çelik, 2019).

Akıllı fabrikaların en büyük risk faktörü olan siber saldırılar; iş sağlığı ve güvenliği kapsamında çalışanların sağlık, eğitim ve diğer kişisel bilgilerinin güvenliği açısından da tehlike oluşturmaktadır. Hem bu bilgilerin başkaları tarafından ele geçirilmiş olması hem de tamamen kaybedilme riski işverenleri yasal olarak da zor duruma düşürebilecektir. Siber saldırılarla ilgili yasal düzenlemelerin iş sağlığı ve güvenliği mevzuatında da yer almasının gerektiği düşünülmektedir.

## 6. SONUÇLAR

Günümüzde hem kişiselleştirilmiş ürünlere talebin artması hem de teknolojinin gelişmesi sanayi sektöründe rekabetin sürekli artmasına neden olmuştur. Teknolojinin gelişmesiyle son sanayi devrimi olarak kabul edilen Endüstri 4.0 kavramı üretim süreçlerinde kendini akıllı üretim sistemleri ile göstermeye başlamıştır. Endüstri 4.0'ın bileşenleri olarak sayabileceğimiz nesnelere interneti, siber fiziksel sistemler, bulut bilişim sistemi, büyük veri, artırılmış gerçeklik, otonom robotlar ve eklemeli üretimin bir araya gelerek hayata geçirdiği akıllı üretim sistemlerini kullanan yeni nesil fabrikalar oluşmaktadır.

Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı açısından akıllı üretim sistemleri kullanılan fabrikalar değerlendirildiğinde bu yeni nesil fabrikalarla ilgili herhangi bir yasal düzenleme görülmektedir. İnsan-robot ilişkilerinin ve siber saldırıların bir risk faktörü olduğu düşünülürse iş sağlığı ve güvenliği mevzuatında bu konuya da yer verilerek yeni düzenleme gereksinimi ortaya çıkacaktır.

Akıllı fabrikalarda kullanılan akıllı cihazlar üretimin hızını, verimliliğini yükseltmekle birlikte; insan faktörü makinelerden uzaklaştığı için, iş sağlığı ve güvenliği alanında da olumlu sonuçlar doğurmuştur. Aynı zamanda giyilebilir teknolojiler sayesinde çalışanların takip edilebilirliği sağlanmıştır. Acil durumlarda çalışanın lokasyonu belirlenerek müdahale etme şansı olacaktır. Çalışanlar için yapılan sağlık kontrolleri; giyilebilir cihazlardan merkezi kontrol sistemlerine aktarılan bilgiler ile izlenebilecek, işyeri hekimi ve iş güvenliği uzmanlarının işi kolaylaşacaktır.

Çalışma ortamının fiziksel koşullarının sensör füzyonlar yardımıyla optimum düzeyde tutulması sağlanarak çalışanların sağlığının olumsuz etkilenmesi önlenebilecektir.

Sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları sayesinde çalışan sanki işin başındaymışçasına eğitimler alabilecek, simülasyonlarla hiçbir risk almadan yapılacak iş önceden test edilebilecektir. Ayrıca çalışan evde ya da işyeri dışında herhangi bir yerde bile olsa eğitim alabilecektir.

Ağır ve zor işlerin otonom robotlara yaptırılması çalışanların kas ve iskelet sistemlerinin sağlığı açısından olumlu sonuçlar doğuracaktır.

Akıllı fabrikaların çalışanların yaşayabileceği iş kazası ve yakalanabileceği meslek hastalıklarını minimize ederken bir yandan da çalışanlarda işini kaybetme korkusu

yaratacağı öngörülmektedir. Robotların kendi yerlerini aldığını gören çalışanlar kendisini işe yaramaz ve yetersiz hissedecek ve ruh sağlıklarının bozulma riski ortaya çıkacaktır. İnsana daha çok bilişim, dijital iletişim, akıllı makinelerin kontrolü ve bakımı konularında gereksinim olacağından çalışanların kendini bu konularda geliştirmesi gerekecektir. Nitelsiz işgücüne ihtiyacın gün geçtikçe azalacağı düşünüldüğünde, çalışanın ruh sağlığını bugünden korumaya başlamak için eğitim ve öğretim kurumlarındaki müfredatların da bu kapsamda geliştirilmesi ve değiştirilmesi gerekmektedir. Bilişim yetkinliklerini geliştirmek için çok küçük yaşlardan başlayarak çocukların eğitim modellerinin analitik düşünce gücünü destekleyecek şekilde tasarlanmasına ihtiyaç duyulacaktır.

Akıllı fabrikaların kurulum aşamasında iş sağlığı ve güvenliği açısından risk faktörleri belirlenebilir ve yazılımlar buna göre şekillenirse birçok iş kazası ve meslek hastalığı önlenmiş olacaktır. Ancak bunlar göz ardı edilerek sadece üretime odaklanarak bir akıllı üretim sistemi kurulursa öngörülemeyen iş kazaları ve meslek hastalıkları ortaya çıkacaktır.

Sonuç olarak akıllı fabrikaların, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında; iş kazası ve meslek hastalığı sayılarını minimize etmek, eğitimde zamandan tasarruf ettirmek, alınacak önlemler açısından maliyetleri azaltmak gibi birçok avantajı olsa da farklı ve öngörülemeyen riskleri beraberinde getireceği gerçeğini kabul etmek gerekmektedir.



## KAYNAKLAR

- Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, (2015). Türkiye`de İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Koşullarının İyileştirilmesi Projesi, Meslek Hastalıkları ve İş ile İlgili Hastalıklar Tanı Rehberi, Ankara.
- Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2018). İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı Sektöründe İş Sağlığı Gözetimi Rehberi, Ankara.
- Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2018). İSGGM Tekstil Sektöründe İş Sağlığı Gözetimi Rehberi, Ankara.
- Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2016). İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Boya Sektörü Kişisel Koruyucu Donanım Rehberi, Ankara.
- Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2016). İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Mobilya Sektörü Kişisel Koruyucu Donanım Rehberi, Ankara.
- Aktürk, T , Fidan, U. (2009). Buhar Kazanı Otomasyon Sistemi için Uzakta Görüntüleme Sistemi Tasarımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 9: 71-78.
- Alaca, B. (2008). “Ülkemizde Bilişim Suçları ve İnternetin Suça Etkisi (Antropolojik ve Hukuki Boyutları İle)”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Antropoloji Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Alçın, S., (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0, Journal of Life Economics, İstanbul. <https://www.researchgate.net/publication/301740147>.
- Alpsoy, L. (2014). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönüyle Metal Sektörü. İstanbul, <https://docplayer.biz.tr/2777313-Is-sagligi-ve-guvenligi-yonuyle-metal-sektoru.html> (E.T.:03.07.2019)
- Arıksoy, G., (2016). Endüstri 4.0: Akıllı Fabrikaların Akıllı Güvenliği, <https://hburturkiye.com/blog/endustri-4-0-akilli-fabrikalarin-akilli-guvenligi>
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal <https://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986>
- Atılğan, A., Ersen N., Peker H., Kahraman N. (2015) Türkiye Mobilya Sanayinde İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesine İlişkin Tavsiyeler, Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi, ISSN:1302-6178, Konya.
- Ayaz, M., Erhan, K., Özdemir, E. (2018). Araçlarda Su Sızdırmazlık Testi için Otomasyon Sistem Tasarımı ve Uygulaması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Kocaeli.
- AYBÜ-İSG Bülteni, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, 2019. İş Sağlığı ve Güvenliği Koordinatörlüğü, , Sayı:4, Ankara.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence. 6(4). 355–385.

- Badri, A., Boudreau-Trudel B., Souissid, A.S., (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern?, Safety Science 109.
- Bakan İ., Şekkeli Z.H., (2018). Endüstri 4.0'ın etkisiyle lojistik 4.0. Journal of life economics, 5(2):17-36.
- Barut, B., Ünver, M., Kayım, C.T., Toprak, E., (2020). Otomotiv Endüstrisinde Akıllı Fabrika Uygulamaları ve Türkiye'de Adaptasyon Süreci, İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi, 1(1), 28-38, Karabük.
- Bauer, G. A., (1556). De Re Metallica, Almanya.
- Beyazıt, S. (2006). İş Sağlığı ve Güvenliği ÇMİS OHSAJ 18001 Projesi. İş Hukuku ve Sosyal Güvenlik Hukuku Türk Milli Komitesi 30. Yıl Armağanı, Ankara, TŞOF Plaka Matbaacılık, 529.
- Boiocchi, F. (2018). Efficient use of Resources in Manufacture of Metal Component, Metalworking World Magazine.
- Camkurt, M. Z., (2013). Çalışanların Kişisel Özelliklerinin İş Kazalarının Meydana Gelmesi Üzerindeki Etkisi, TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi, Cilt: 24, Sayı: 6, Cilt: 25 Sayı: 1-2, Ankara.
- Çapa, E., (2017). Dijital Sanayi - Akıllı Fabrikalar, GE Türkiye. <https://www.youtube.com/watch?v=-BKLQXZ0gNs> (E.T.:07.04.2020)
- Çelen, S., (2017). Sanayi 4.0 ve Simülasyon, International Journal Of 3d Printing Technologies and Digital Industry, 1:1 (2017) 9-26.
- Çelik, N., (2019). Sanayinin Geleceği Endüstri 4.0 ve İş Sağlığı ve Güvenliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, İstanbul.
- Çiçek, Ö., Öçal, M. (2016). Dünyada ve Türkiye'de İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi, Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, Cilt: 5, Yıl: 5, Sayı: 11.
- Demir, E., Dinçer S.,E., (2020). Üretim Sektöründe Veri Madenciliği Uygulamaları: Literatür Taraması, Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi (İŞFAD), Cilt:2 Sayı:1, İstanbul.
- Dişlitaş, S., (2015). Endüstriyel Robot Programlama, Avrupa Birliği EuropeAid/133086/M/ACT/TR referans ve TRH2.2.IQVETII/P-03/921 proje nolu Endüstriyel Robot Programlama Eğitimi ile Mesleki ve Teknik Eğitimin Güçlendirilmesi (ERPE-METEG) Projesi, Çorum.
- Doruk, E., Pakdil, M., Çam, G., Durgun, İ., Kumru, U. C., (2016). "Otomotiv Sektöründe Direnç Nokta Kaynağı Uygulamaları," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 673, s. 48-53.
- Duman, F., Düven E. (2019). Bir Endüstriyel Robotun Kafessiz Çalışmasını Sağlayacak Görüntü Tabanlı Güvenlik Sisteminin Geliştirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 2, Bursa.

- Edirisinghe, R.(2019). Digital skin of the construction site - Smart sensor technologies towards the future smart construction site, Engineering, Construction and Architectural Management Vol. 26 No. 2, 2019, pp. 184-223, Emerald Publishing Limited 0969-9988, DOI 10.1108/ECAM-04-2017-0066.
- Elen, A., Avuçlu, E., (2019). Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar, ISBN 978-605-327-985-3, Bursa.
- Er, A.,S. (2017). Endüstri 4.0 ve Hukuki Etkileri, <http://www.erdem-erdem.av.tr/yayinlar/hukuk-postasi/endustri-40-ve-hukuki-etkileri/> (E.T. 24.09.2020)
- Erdem, Ö. (2015). HoneyThing: Nesnelerin interneti için tuzak sistem. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Şehir Üniversitesi.
- Erkul, İ. (1983), Sosyal Politika Dersleri, Birinci Cilt, Yörük Matbaası, İstanbul.
- Ermurat, M. (2009). Lazerli Doğrudan Metal Parça İmalatı Sisteminin Geliştirilmesi, Üretilen Parça Özelliklerinin İncelenmesi ve Sistemin Optimizasyonu, Doktora Tezi, Kocaeli.
- Firebaugh, Morris W. (1989). Artificial Intelligence, A Knowledge-Base Approach, PSW-Kent Publishing Company, Boston.
- Gerek, H. N. (2008). İş Sağlığı ve İş Güvenliği. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi AÖF Yayınları.
- Gisbert, J.R., Palau, C., Uriarte, M., Prieto, G., Palazón, J.A., Esteve, M., López, O., Correas, J., Lucas Estañ, M.C., Giménez, P., Moyano, A., Collantes, L., Gozávez, J., Molina, B., Lázaro, O., González, A., (2014). Integrated system for control and monitoring industrial wireless networks for labor risk prevention. J. Netw. Comput. Applicat. 39 (1), 233–252.
- Gloy YS, Schwarz A, Gries T., (2013). “Cyber-physical systems in textile production, the next industrial revolution”. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Digital Technologies for the Textile Industry, Manchester, UK, 5-6 September.
- Gonzato J. C., Arcila T., Crespín B., “Virtual objects on real oceans”, In Graphicon'2008, Russia, 49-54, 23-27 Jun, 2008.
- Gökırmaklı, Ç., Bayram, M., (2018). Akademik Gıda 16(3) (2018) 351-360.
- Görçün, Ö . (2018). Lojistikte Teknoloji Kullanımı ve Robotik Sistemler - Technology Utilization in Logistics and Robotic Systems, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10 (24) , 351-368 . DOI: 10.20875/makusobed.397373
- Gülşen, İ., (2019) Nesnelerin İnterneti:Vaatlari ve Faydaları, Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD), ISSN:2148-9963, (6)8, S 106-118.

- Holler, J., Tsiatsis, V., Mulligan, C., Karnouskos S., Avesand, S., Boyle, D.. (2014). From Machine to Machine to the Internet of Things, ISBN:0080994016, 9780080994017, 15.
- International Federation of Robotics, (2020). World Robotics 2020 Report, Frankfurt. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-2.7-million-robots-work-in-factories-around-the-globe>.
- İlhan İ., (2018). Tekstil üretim süreçleri açısından endüstri 4.0 kavramı Concept of industry 4.0 in textile manufacturing processes, Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, doi: 10.5505/pajes.2018.69851.
- İstanbul Sanayi Odası, (2002). Otomotiv Sanayi Sektörü, Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Sürecinde İstanbul Sanayi Odası Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Geliştirilmesi Projesi, İstanbul.
- İstanbul Sanayi Odası, (2014). Elektrikli Teçhizat İmalatı Sanayi, Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Sürecinde İstanbul Sanayi Odası Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Geliştirilmesi Projesi, İstanbul.
- İstanbul Sanayi Odası, (2018). Küresel Rekabette İstanbul Sanayi Odası Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Projesi, İstanbul.
- Khalil, E.A., Özdemir, S. (2018) Nesnelerin internetine genel bir bakış: Kavram, özellikler, zorluklar ve fırsatlar, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Ankara, 24(2), 311-326.
- Kılıkış, İ., (2014)., İş Sağlığı ve Güvenliği, 1.Baskı, Dora Yayınları, Bursa.
- Kousi Niki, Stoubos Christos, Gkourmelos Christos, Michalos George, Makris Sotiris,(2019). Enabling Human Robot Interaction in flexible robotic assembly lines: an Augmented Reality based software suite, Procedia CIRP, Volume 81, Pages 1429-1434, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.328>.
- Lee, E. A., (2006), Cyber-Physical Systems Are Computing Foundations Adequate? NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap, Austin, Texas.
- Lee, In; LEE, Kyoochun, (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons, 58(4): 431-440.
- Lee J., Jun S., Chang T., Park J., (2017). A Smartness Assessment Framework for Smart Factories Using Analytic Network Process, MDPI, Sustainability, 9, 794.
- Mirzaoğlu, A., G., (2011). Bulut Bilişimin Teknik Uygulama ve Düzenleme Boyutuyla Değerlendirilmesi Dünya Örnekleri ve Ülkemize İlişkin Öneriler, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Bilişim Uzmanlığı Tezi, Ankara.
- Moore, V. P., (2018). The Threat of Physical and Psychosocial Violence and Harassment in Digitalized Work, ACTRAV Bureau for Workers Activities. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms\\_617062.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms_617062.pdf)

- Müller Rainer, Vette Matthias, Scholer Matthias,(2014). Inspector Robot – A New Collaborative Testing System Designed for the Automotive Final Assembly Line, Procedia CIRP, Volume 23, Pages 59-64, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.093>.
- Oğrak, Z., Şık, A., (2020). Plastik Üretiminin Endüstri 4.0’da Örnek Vaka Uygulaması Üzerinden İncelenmesi, Tykhe, 2020; 5(8): 35-57, Ankara.
- Onaran, C., (2008). Makine İmalat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarının Mevcut Mevzuatlar Çerçevesinde Değerlendirilmesi, Denizli.
- Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, (2011). Mobilya Sektör Raporu, Ankara.
- Öncül M., Ateş V., (2020). Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi, Cilt: 12 No: 2 Yıl: 2020 ISSN: 1309 -8039 (Online) (ss. 116-132).
- Öz, S., Onursal, F.,S., Terzioğlu, C., (2020). Sektörlerin ve Mesleklerin Geleceği, ISBN 6257845580, 9786257845588, 548s.
- Özer, G. (2020). Eklemeli Üretim Teknolojileri Üzerine Bir Derleme, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, ISSN: 2564-6605, ; 9(1): 606 - 621.
- Özfirat, M . (2010). Robotik Sistemler Ve Madencilikte Kullanımının Araştırılması . TÜBAV Bilim Dergisi , 2 (4) , 412-425 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tubav/issue/21517/230897>.
- Özkara, Y., (2015). Türkiye İmalat Sanayinin 2003-2012 Dönemi Enerji Verimliliği ve Çevresel Performansı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi, Gaziantep.
- Özsoylu, A. F., (2017). Endüstri 4.0, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 21(1):41-64.
- Öztürk, E., Koç K. H., (t.y.). Endüstri 4.0 ve Mobilya Endüstrisi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, ISSN:2147-345, İstanbul.
- Pamuk, N., S., Soysal M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme, Verimlilik Dergisi, Ankara.
- Pavon, I., Sigcha, L., F.,Costa, N., Arezes, P., M., (2018). Wearable Technology for Occupational Risk Assessment Potential Avenues for Applications, DOI: 10.1201 / 9781351008884-79, Universidad Politecnica de Madrid.
- Plakhotnik Denys, Glasmacher Lothar, Vaneker Tom, Smetanin Yury, Stautner Marc, Murtezaoglu Yavuz, van Houten Fred, CAM planning for multi-axis laser additive manufacturing considering collisions, CIRP Annals, Volume 68, Issue 1, 2019, Pages 447-450, ISSN 0007-8506, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.007>.
- Prinz, C., Morlock, F., Freith, S., Kreggenfeld, N., Kreimeier, D., Kuhlenkötter, B., (2016). Learning factory modules for smart factories in industrie 4.0. Procedia CIRP, 54, 113-118.

- Resmi Gazete. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Kanun Numarası:6331, Tarih:30/6/2012, Sayı : 28339.
- Resmi Gazete. İş Kanunu, Kanun Numarası:4857, Tarih :10/6/2003 Sayı: 25134.
- Resmi Gazete. Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu (SSGSSK), Kanun Numarası:5510, Tarih:16/6/2006, Sayı : 26200.
- Resmi Gazete. İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, Tarih: 26.12.2012, Sayı: 28509.
- Rojko A, Industry 4.0 Concept: Background and Overview, International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM) – eISSN: 1865-7923, <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>
- Sağbaş, A., Gülseren, A., (2019). Endüstri 4.0 Perspektifinde Sanayide Dijital Dönüşüm ve Dijital Olgunluk Seviyesinin Değerlendirilmesi, European Journal of Engineering and Applied Sciences, ISSN: 2651-3412 (Print) & 2667-8454 (Online).
- Simonis K, Gloy YS, Gries T., (2016). “Industrie 4.0-automation in weft knitting technology”. 48th Conference of the International Federation of Knitting Technologists (IFKT), Mönchengladbach, Germany, 8-11.
- Soyaslan M., Közkurt C. ve Fenercioğlu A., "Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemleri (ODBS): Depo Kurulumu ve Performans Çalışmaları Üzerine Araştırma", Academic Platform Journal of Engineering and Science, c. 3, sayı. 3, ss. 8-26, Kas. 2015, doi:10.5505/apjes.2015.07379
- Şen, M. (2015). İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı, Tarihsel Gelişimi ve Dayanakları, Melikşah Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 4(1), 117-142.
- Şimşek, M.G., (2015), Tekstil sektöründe meydana gelen meslek hastalıkları ve iş kazalarına yönelik bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tarım, M., (2017) Kimya Sektöründe İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16(32), Güz 2017 <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>, İstanbul.
- Tezcan, E., (2008). Hazır Giyim Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Tehlikeleri, Mühendis ve Makine Dergisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Cilt:49, Sayı:584, 25-27, Ankara.
- Tianyong Z., (2017) “Progress of intelligent yarn spinning technology in China”. Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering, 1(1), 1-3.
- Turan, G., (2019). Otomobil Montaj Hattında Artırılmış Gerçeklik Gözlüğü Kullanımının Üretimde Verimlilik Üzerine Etkisinin Araştırılması, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

- Tunçel, S. ,Candan, Z., (2017). Orman Ürünleri Sanayinde Endüstri 4.0, <http://www.sabittuncel.com/orman-urunleri-sanayinde-endustri-4-0/> (E.T.:15.07.2020)
- Uzun, M., (2018). İSG 4.0'ın Temel Bileşenleri. <https://www.linkedin.com/pulse/isg-40%C4%B1n-temel-bile%C5%9Fenleri-mert-uzun/> (E.T.:02.05.2019)
- Uzun, M.,(2019). İSG 4.0: Dijital İSG çözümleri <https://www.linkedin.com/pulse/isg-40-dijital-%C3%A7%C3%B6z%C3%BCmleri-mert-uzun/>(E.T.:19.02.2020)
- Wan, Jiafu, Zhou, Cai, Hu Keliang. (2015). Industrie 4.0: Enabling Technologies. In: Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT), 2014 International Conference on. IEEE, p. 135-140.
- Yıldırım, Ö. (2019) 2019 İş Sağlığı ve Güvenliği Teknolojileri, OSGB Blogu, <https://airclinicosg.com/is-sagligi-guvenligi-teknolojileri/>.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 546-556, doi:10.16984/saufenbilder.321957.
- Yiğit, A. (2011). İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı (2. Basım), Bursa: Alfa Aktüel Yayınları.
- Yiğit, B , Sarı, T . (2020). KÜRESEL SALGINLAR İLE MÜCADELEDE ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN ROLÜ . Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi , (41) , 53-73 . DOI: 10.30794/pausbed.745767
- <https://blog.logo.com.tr/giyilebilir-teknoloji-hakkinda-bilmeniz-gereken-her-sey/>. (Erişim Tarihi:12.12.2019)
- <http://ektam.gazi.edu.tr/posts/view/title/genel-bilgi-238228?siteUri=ektam> . (Erişim Tarihi:05.09.2020)
- <https://epnext.com/turktraktorde-sanal-gerceklik-egitimleri/>. (Erişim Tarihi: 06.09.2019)
- <https://ibys.cs.gb.gov.tr/>. (Erişim Tarihi:19.03.2020)
- <http://m.segye.com/view/20151123003573> . (Erişim Tarihi:11.07.2019)
- <https://optimak.com.tr/> . (Erişim Tarihi:03.08.2020)
- <https://roboticsandautomationnews.com/2017/06/15/collaborative-robotic-system-makes-monotonous-and-physically-demanding-tasks-at-bmw-easier/12889/>. (Erişim Tarihi: 07.09.2019)
- <https://www.agtteknik.com/mobilya-uretim-I55075> . (Erişim Tarihi:10.08.2020)
- [https://www.allianz.com.tr/tr\\_TR/urunler/diger-urunler/sorumluluk-sigortalari/finansal-sigortalari.html](https://www.allianz.com.tr/tr_TR/urunler/diger-urunler/sorumluluk-sigortalari/finansal-sigortalari.html) . (Erişim Tarihi:25.07.2020)
- <https://www.audi.com.tr/tr/web/tr/audi-dunyasi/haberler/2017/drone-devri-basliyor.html> . (Erişim Tarihi:17.01.2020)

- <https://www.boschsecurity.com/tr/tr/coezuemler/yangin-alarm-sistemleri/>. (Erişim Tarihi:25.06.2020)
- <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/sensor-fuzyonu-nedir/18921#ad-image-0> . (Erişim Tarihi:23.06.2020)
- [https://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/ae6ae989776b6cc\\_ek.pdf](https://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/ae6ae989776b6cc_ek.pdf) . (Erişim Tarihi: 03.01.2020)
- [http://www.meganova.com.tr/?page\\_id=24802](http://www.meganova.com.tr/?page_id=24802) . (Erişim Tarihi:23.08.2020)
- <https://www.safetylinker.com/>. (Erişim Tarihi:22.08.2019)
- <https://www.star.com.tr/yemel-haberler/tektstil-fabrikasinda-yapay-zeka-uygulamasi-184175>. (Erişim Tarihi:21.03.2019)
- <https://www.turck.de/attachment/D900639.pdf> . (Erişim Tarihi:13.07.2020)
- <https://www.wipelot.com/Cozumler/Yalniz-Riskli-Bolgede-Calisan>. (Erişim Tarihi: 22.05.2019)
- <https://www.wipelot.com/Haber/haber-Wipelot-madencilerin-guvenligi-icin-anlik-takip-teknolojisi>. (Erişim Tarihi:12.08.2020)



## ÖZ GEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Yağmur ÖZCAN  
Uyruğu : TC  
Doğum tarihi ve yeri : 20.02.1988  
Medeni hali : Evli  
E-posta : yagmurhasar@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi - Makine Mühendisliği	2021
Lisans	Çukurova Üniversitesi - Endüstri Mühendisliği	2011
Lise	Hacı Ahmet Atıl Lisesi (YDA)	2006

### İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2011	Erman Akademi İş Güvenliği Uzmanlığı ve İşyeri Hekimliği Özel Eğitim Kurumu	Eğitim Koordinatörü
2011-2012	Berdan Cıvata Tic. San. A.Ş.	İç CRM Sorumlusu
2013-devam	Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı	İş Müfettişi

### Yabancı Dil

İngilizce

### Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler

Özcan Y, Ermurat M, The Effect of Industry 4.0 on Occupational Health and Safety Policies, *International Conference on Artificial Intelligence towards Industry 4.0* , 14-16.11.2019, Hatay