

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI
ENDÜSTRİ 4.0 SANAYİ UYGULAMASI**

FATİH EROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ENGİN AYÇİÇEK**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI ENDÜSTRİ 4.0 SANAYİ UYGULAMASI

Fatih EROĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 23/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Engin AYÇİÇEK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Engin AYÇİÇEK

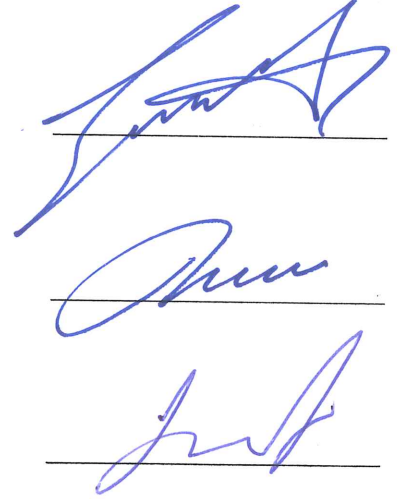
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nur BEKİROĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Sevilay ÇETİN

Pamukkale Üniversitesi



ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında destek ve teşviklerini her zaman şükranla anacağım, danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Engin AYÇİÇEK'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yine tez çalışması süresince kendisinden büyük destek gördüğüm Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selin ÖZÇİRA ÖZKILIÇ'a değerli katkıları için teşekkür ederim.

Uygulama çalışması aşamasında yardımlarını esirgemeyen Brandit Yazılım Kurucusu Sayın Özgür ASLAN'a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca her zaman maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan ve çalışmalarım sırasında bana gösterdikleri sabır ve desteklerinden dolayı anneme, babama ve kardeşlerime teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmam süresince verdikleri desteklerden dolayı Türk Telekom ailesine ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ağustos, 2019

Fatih EROĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Orijinal Katkı.....	4
BÖLÜM 2	
ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ	5
2.1 Birinci Endüstri Devrimi	7
2.2 İkinci Endüstri Devrimi	10
2.3 Üçüncü Endüstri Devrimi	16
BÖLÜM 3	
ENDÜSTRİ 4.0	19
3.1 Endüstri 4.0'ın Faydaları	22
3.2 Endüstri4.0'ın Zorlukları.....	23
3.3 Endüstri 4.0'ın Prensipleri.....	23
3.4 Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	24
3.4.1 Nesnelerin İnterneti	25
3.4.2 Büyük Veri.....	30
3.4.3 Bulut Bilişim	32
3.4.4 Artırılmış Gerçeklik	33
3.4.5 Otonom Robotlar.....	35
3.4.6 3D Yazıcılar.....	38

3.4.7	Simülasyon.....	39
3.4.8	Siber Güvenlik.....	40
3.4.9	Yatay-Dikey Yazılım Entegrasyonu	41
BÖLÜM 4		
TÜRKİYE’DE MEVCUT DURUM		43
4.1	İmalat Sanayi.....	43
4.2	Girişimcilik ve Kobilere.....	43
4.3	Organize Sanayi Bölgeleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri	44
4.4	Ar-Ge Merkezleri.....	45
4.5	Anket Çalışmaları	46
BÖLÜM 5		
TÜRKİYE’DE SEKTÖREL BAZLI RAPORLAR.....		50
5.1	Endüstri 4.0’ın Etkileri.....	52
5.1.1	Endüstri 4.0’ın Verimlilik Üzerine Etkileri	52
5.1.2	Endüstri 4.0’ın Büyüme Üzerine Etkileri.....	52
5.1.3	Endüstri 4.0’ın Yatırım Üzerine Etkileri.....	53
5.1.4	Endüstri 4.0’ın İstihdam Üzerine Etkileri	53
5.2	Endüstri 4.0’ın Sektörel Bazlı Etkileri ve Potansiyelleri.....	55
5.2.1	Endüstri 4.0’ın Otomotiv Sektörü Üzerine Etkileri	55
5.2.2	Endüstri 4.0’ın Beyaz Eşya Sektörü Üzerine Etkileri	57
5.2.3	Endüstri 4.0’ın Makine Sektörü Üzerine Etkileri	58
5.2.4	Endüstri 4.0’ın Gıda ve İçecek Sektörü Üzerine Etkileri	60
5.2.5	Endüstri 4.0’ın Tekstil Sektörü Üzerine Etkileri	60
5.2.6	Endüstri 4.0’ın Kimya Sektörü Üzerine Etkileri.....	61
BÖLÜM 6		
TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 ALANINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR		63
6.1	T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına Verilen Görevler	63
6.2	TÜBİTAK’a Verilen Görevler	64
6.3	Türkiye’de 2017 Yılında Yapılan Çalışmalar	67
6.4	Türkiye’de 2018 Yılında Yapılan Çalışmalar	67
BÖLÜM 7		
ENDÜSTRİ 4.0 SANAYİ UYGULAMASI		69
7.1	Mikrolift Şirket Tanıtımı	69
7.1.1	Fabrikanın Ürün Çeşitleri	69
7.2	Mevcut Üretim Sistemlerinin Tanıtımı.....	71
7.2.1	İstanbul Üretim.....	71
7.2.1.1	Otomatik Hat(SMD Dizgi Hattı)	71
7.2.1.2	Manuel Dizgi Hattı.....	74
7.2.1.3	70 S Hattı	75
7.2.1.4	Test ve Stok	76

7.2.1.5	Paketleme	77
7.2.1.6	Teknik Servis.....	77
7.2.2	Konya Üretim.....	77
7.2.2.1	Manuel Dizgi Hattı.....	78
7.2.2.2	Test ve Stok	78
7.2.2.3	Paketleme	78
7.3	Endüstri 4.0 Uygulama Süreci	78
7.3.1	Uygulama Öncesi Fabrikanın Durumu	78
7.3.2	Yapılan Uygulamanın Amacı	79
7.3.3	Yapılan İşlemler	79
7.3.4	Yeni Oluşan Üretim Sistemi	81
7.4	Thingworx Tanıtımı	83
7.5	Akış Diyagramları	85
7.6	Oluşturulan Modüller	91
7.6.1	Mikrolift Panel / Üretim İzleme Ekranı.....	91
7.6.2	Takip Ekranı	93
7.6.2.1	Kullanıcı Talepleri	93
7.6.2.2	Ürün / Yarı Ürün Adetleri Product / Semi Product Quantity	94
7.6.2.3	Ana Stok İşlemleri	95
7.6.2.4	İstasyon Stok İşlemleri / Otomatik (SMD) Hat	96
7.6.3	Yönetim Ekranı.....	96
7.6.3.1	Talep Havuzu	96
7.6.3.2	Müşteri Siparişleri	96
7.6.4	Üretim Emirleri Yönetimi.....	97
7.7	Sonuçlar	99
7.7.1	Hammadde Tedarik ve Stok İzleme	99
7.7.2	Üretim Planlama	99
7.7.3	Üretim Yönetimi	100
7.7.4	Satış Sonrası Hizmetler	100

BÖLÜM 8

SONUÇ VE ÖNERİLER	101
-------------------------	-----

KAYNAKLAR	104
-----------------	-----

EK-A

JAVA KODLARI	107
--------------------	-----

A-1 İlk Barkod Girişi.....	107
----------------------------	-----

A-2 Barkod Girişi	116
-------------------------	-----

A-3 Barkod Kontrol	121
--------------------------	-----

ÖZGEÇMİŞ	128
----------------	-----

KISALTMA LİSTESİ

AG	Artırılmış Gerçeklik
BCG	Boston Consulting Group
BTYK	Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayar Sayımlı Yönetim)
CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
DOS	Disk Operating System (Disk İşletim Sistemi)
ERP	Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IAB	Internet Architecture Board (İnternet Mimarisi Kurulu)
IOT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi
MES	Manufacturing Execution System (İmalat Yönetim Sistemi)
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Kontrolörler)
PLM	Product Lifecycle Management (Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi)
RDIF	Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı ile Tanımlama)
SG	Sanal Gerçeklik
TGB	Teknoloji Geliştirme Bölgeleri
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜRKPATENT	Türk Patent ve Marka Kurumu
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
YÖK	Yükseköğretim Kurulu

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Endüstri devrimleri tarihsel süreci	7
Şekil 2. 2 Birinci endüstri devrimi bir tekstil fabrikasından görünüm	9
Şekil 2. 3 İlk buharlı lokomotif	10
Şekil 2. 4 Ford motor fabrikasında işçiler otomobil toplarken.....	13
Şekil 2. 5 Henry Ford'un montaj hattı	14
Şekil 3. 1 Almanya'da Endüstri 4.0 ile uyumlu BMW fabrikası	21
Şekil 3. 2 Endüstri 4.0'ın bileşenleri	25
Şekil 3. 3 Nesnelerin interneti genel yapısı	27
Şekil 3. 4 Cihazdan cihaza iletişim modeli	28
Şekil 3. 5 Cihaz bulut iletişim modeli.....	28
Şekil 3. 6 Cihaz-ağ geçidi iletişim modeli.....	29
Şekil 3. 7 Arka uç veri paylaşı modeli	29
Şekil 3. 8 Bulut bilişim	32
Şekil 3. 9 Artırılmış gerçeklik uygulaması	35
Şekil 3. 10 Otonom robot örneği.....	36
Şekil 3. 11 3D yazıcı örneği.....	38
Şekil 3. 12 Katmanlı üretim	39
Şekil 4. 1 TGB'lerdeki işletmelerde yürütülen dijital teknoloji projelerinin dağılımı ..	45
Şekil 4. 2 Ar-Ge Merkezlerinde yürütülen dijital teknoloji projelerinin dağılımı	46
Şekil 4. 3 İşletmelerin üretimde dijital teknoloji kullanım durumları	47
Şekil 5. 1 Pilot sektörler.....	52
Şekil 5. 2 Pilot sektörlerde Endüstri 4.0 uygulamaları.....	53
Şekil 5. 3 Türkiye için işgücü öngörüsü	56
Şekil 5. 4 Otomotiv sektöründe potansiyel verimlilik artışı.....	58
Şekil 5. 5 Beyaz eşya sektöründe potansiyel verimlilik artışı.....	59
Şekil 5. 6 Makine sektöründe potansiyel verimlilik artışı.....	60
Şekil 5. 7 Yiyecek ve içecek sektöründe potansiyel verimlilik artışı.....	61
Şekil 5. 8 Tekstil sektöründe potansiyel verimlilik artışı.....	62
Şekil 5. 9 Kimya sektöründe potansiyel verimlilik artışı.....	63
Şekil 6. 1 Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu Yapısı.....	66
Şekil 6. 2 İşletmelerin dijital teknolojilerde entegrasyon seviyeleri.....	67
Şekil 6. 3 Sanayinin dijital olgunluk seviyesi.....	68
Şekil 7. 1 Kontrol kartı ML65X.....	70
Şekil 7. 2 Üretim genel akışı.....	71
Şekil 7. 3 Serigrafi lehim makinesi.....	72

Şekil 7. 4	SMD dizgi hattı.....	73
Şekil 7. 5	Kürleme fırını.....	73
Şekil 7. 6	SMD konveyör hattı	74
Şekil 7. 7	Dalga lehim makinesi.....	75
Şekil 7. 8	70S hattı.....	76
Şekil 7. 9	Test birimi.....	77
Şekil 7. 10	Manuel hat başı üretim izleme ekranı.....	80
Şekil 7. 11	SMD hattı üretim izleme ekranı.....	82
Şekil 7. 12	ThingWorx platformu.....	84
Şekil 7. 13	SMD hattı iş akış diyagramı 1.....	86
Şekil 7. 14	SMD hattı iş akış diyagramı 2.....	87
Şekil 7. 15	SMD hattı iş akış diyagramı 3.....	88
Şekil 7. 16	SMD hattı iş akış diyagramı ürün iptali.....	89
Şekil 7. 17	Manuel hat iş akış diyagramı.....	90
Şekil 7. 18	Manuel hat iş akış diyagramı ürün iptali.....	91
Şekil 7. 19	Mikrolift panel üretim izleme ekranı.....	92
Şekil 7. 20	Otomatik hat üretim izleme ekranı.....	92
Şekil 7. 21	Takip ekranı kullanıcı talepleri.....	93
Şekil 7. 22	Takip ekranı onaylananlar.....	93
Şekil 7. 23	Ürün/yarı ürün adetleri ekranı.....	94
Şekil 7. 24	Ürün/yarı ürün üretim durumları ekranı.....	94
Şekil 7. 25	İstasyonlardaki stok miktarları ekranı.....	95
Şekil 7. 26	Ana stok işlemleri ekranı.....	96
Şekil 7. 27	İstasyon stok işlemleri üretime gönderme ekranı.....	96
Şekil 7. 28	İstasyon stok işlemleri ekranı.....	97
Şekil 7. 29	Talep havuzu ekranı.....	97
Şekil 7. 30	Üretim emirleri yönetimi ekranı.....	98
Şekil 7. 31	Yeni üretim emirleri yönetimi ekranı 1.....	98
Şekil 7. 32	Yeni üretim emirleri ekranı 2.....	99

NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI ENDÜSTRİ 4.0 SANAYİ UYGULAMASI

Fatih EROĞLU

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Engin AYÇİÇEK

Endüstriyel alanda yaşanan büyük teknolojik yenilikler üretim sistemlerinin tamamen değişmesine yol açmış ve bu değişimler sonucu yaşanan gelişmeler tarihsel süreçte endüstri devrimleri olarak adlandırılmıştır. Günümüze gelene kadar üç sanayi devrimi yaşanmıştır. Özellikle üçüncü sanayi devriminde bilişim, iletişim ve haberleşme alanlarında yaşanan teknolojik gelişmeler, Endüstri 4.0 olarak adlandırdığımız ve içinde bulunduğumuz dönemi kapsayan dördüncü sanayi devriminin altyapısını oluşturmuştur. Almanya tarafından ortaya atılan Endüstri 4.0 kavramı, kısa süre içerisinde ülkelerin gelecek planlamalarında yer almaya başlamış, dünya bu yeni teknolojiyi üretim sistemlerine entegre ederek verimliliklerini, büyümelerini ve istihdamlarını artırıcı çalışmaları hızlandırmıştır.

Bu çalışmada T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK tarafından yapılan anket çalışmalarının sonuçlarından yola çıkarak Türkiye’de Endüstri 4.0 sürecinde mevcut durum analizi yapılmış, TÜSİAD’ın sektörel bazlı raporları incelenerek sektörlerin potansiyelleri değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasının uygulama kısmı, nesnelerin interneti teknolojisini kullanarak bir fabrikada üretim süreçlerinin anlık olarak izlenebilmesi, stok kontrolünün anlık olarak takip edilebilmesi ve bu sayede fabrikada verimliliğin artırılarak enerji tasarrufu sağlamak için yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, sanayi devrimi, nesnelerin interneti



INDUSTRY APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 BASED ON INTERNET OF THINGS

Fatih EROĞLU

Department of Electrical Engineering
MSc. Thesis

Advisor: Asst. Prof. Dr. Engin AYÇİÇEK

Major technological innovations in industry pave the way for great changes in production systems. The developments caused by these great changes are called as industrial revolution in historical process. There has been three industrial revolutions until today. Technological developments in information transmission and communication fields of third industrial revolution have formed the infrastructure of the fourth industrial revolution which we are facing the beginning period of it. The concept of Industry 4.0, which was proposed by Germany, has been included into the future plans of the countries in such a short time. They aim to improve their growth, efficiency and employment by integrating this new technology into their production systems.

In this study, current situation of the Industry 4.0 in Turkey is analysed and the study is based on the survey studies of Ministry of Science, Industry and Technology and TUBITAK. Also sector based reports are examined and potentials of each sector are determined.

Implementation section of this thesis has been made in order to monitor the production process, to control the stock in a factory by using internet of things technology, to improve efficiency and to save energy in a factory.

Keywords: Industry 4.0, industrial revolution, internet of things



1.1 Literatür Özeti

Endüstri 4.0, daha düşük maliyetli ve daha kaliteli ürünler üretilebilmek için üretim aşamasında bulunan bütün bileşenlerin kendi aralarında haberleşmesine, tüm verilerin depolanmasına, depolanan verilere anlık olarak erişim sağlanmasına ve siber fiziksel bağlantılı sistemler ile internet aracılığıyla bu verilerin analiz edilip yeni değişkenler tanımlanarak üretim sürecinin yeniden dizayn edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Yani aslında endüstri 4.0, otomasyon sistemleri, anlık veri paylaşımı ve bu verilerin analiz edilerek yepyeni bir üretim teknolojisinin sağlandığı kolektif bir terimdir [1].

Dijital sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0; sanayinin ve bilişim teknolojilerinin bir bütünü olup imalat ve endüstride dördüncü sanayi devrimini temsil etmektedir. Kendi aralarında haberleşen, sensörleri vasıtasıyla ortamı algılayan ve veri analizi yapan akıllı robotların öncülüğünde, yapay zeka teknolojisinin gelişimiyle birlikte insandan kaynaklanan hataların minimize edilmesini, 3D yazıcılar aracılığıyla üretimin fabrikalardan ev ve ofis ortamlarına taşınmasını, hem daha tasarruflu hem daha ucuz hem de daha kaliteli bir üretim yapmayı sağlamaktadır [2].

Nesnelerin interneti, benzersiz şekilde adreslenebilen nesnelerin kendi aralarında oluşturdukları, evrensel yaygın bir ağ ve bu ağda bulunan nesnelerin belirli bir protokol yardımıyla aralarında iletişim halinde olmaları şeklinde tanımlanabilir. Nesnelerin interneti, insanların herhangi bir müdahalesine ve herhangi bir veri girişine gerek kalmadan cihazların, makinelerin yani üzerinden gömülü sistemler veya sensörler yardımıyla veri alınabilen bütün nesnelerin kendi aralarında veri iletişimde

bulunduğu, veri topladığı ve toplamış olduğu veri ve bilgiler ışığında kararlar verdiği bir ağ yapısıdır [3].

Muhammed Emre Tuğlu, fabrikalarda dijital dönüşümün nasıl yapılacağına yönelik bulgulara ulaşmak amacıyla bir alüminyum döküm fabrikasında Endüstri 4.0 uygulaması yapılmıştır. Nesnelerin interneti, büyük veri ve analizi, siber fiziksel sistemler ve bulut sistemleri kullanılarak yapılan bu uygulamada yapay zekâ ve iş süreçleri aracı ile ERP (Kurumsal Kaynak Planlama)'nin Endüstri 4.0 uygulamalarında kullanılabileceği ispatlanmış ve ERP'nin bu devrimin temel yapı taşlarından biri olacağı vurgulanmıştır. Zamanla PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolörler)'lerin öneminin azalacağı, tezgahlardaki PLC'ler tarafından yapılan işlerin bundan sonra ERP üzerinden yapılarak server ana PLC olarak tüm tezgahları IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazları ile yöneteceği belirtilmiştir. Klasik metod ile günde yalnızca birkaç defa yapılabilen imalat yönetimi faaliyetlerinin Endüstri 4.0 süreci ile birlikte günde binlerce defa yapılabileceği ispatlanmıştır. Çalışmada MES (İmalat Yönetim Sistemi) kullanılmamış olup bütün sistem ERP üzerinden yürütölmüştür [4].

Meryem Taşkesen, wi-fi ve nesnelerin interneti teknolojilerini kullanarak güncel hava durumu verileri ile tarla sulama sistemi gerçekleştirmiştir. Farklı ortam koşullarından toplanan veriler analiz edilmiş ve sistemin performansına göre gerekli olan enerji ve su hesabı önerilerek bir sulama sistemi tasarlanmıştır. Yapılan uygulama neticesinde zamana ve çevresel faktörlere dayanarak sulama yapılabilmiş, her bir bitki türüne farklı işlem yapılarak ürünlerin verimlerinde artış sağlanmıştır. Anlık yapılan ölçümler neticesinde sulama için doğru zaman tespit edilmiş ve iş yükünde azalmalar sağlanmıştır. Hava durumu tahmin raporlarına göre yağış beklentisi bulunan günlerde sulama ertelenmiş, istisnai hallerde ise kullanıcı uyarılarak sulamanın aksamaması sağlanmıştır. Genel olarak yapılan çalışma sonucu su ve enerji tasarrufu sağlanmıştır [5].

İsmail Yoşumaz, "Endüstri 4.0'a Geçiş Sürecinde Kurumsal Hafızanın Rolü" konulu bir tez hazırlamış ve tezin sonucunda Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde işletmelerin karşılaştıkları sorunları dört ana başlık altında toplamıştır. Bunlardan ilki bu konuda bilgili yetişmiş insan kaynağı eksikliğidir. Bu konunun çözümü için işletmelerin eğitim

faaliyetlerine ağırlık vermesi gerektiği belirtilmiştir. İkinci büyük sorun işletmelerin Endüstri 4.0'a entegrasyonu sürecinde çıkan yüksek maliyettir. Bunun için işletmelerin Endüstri 4.0 sürecine geçiş aşamasında bir anda ciddi yatırımların yapılması yerine, öncelikle daha küçük çaplı yapılacak yatırımların işletmeye faydalarını analiz ederek Endüstri 4.0 sürecinde ilerlenmesinin daha yararlı olacağının altı çizilmiştir. Üçüncü problemin tedarikçilerle karşılaşılan problem olduğu belirtilmiştir. Bir işletmenin Endüstri 4.0 alanındaki başarısının özellikle yatay entegrasyonun sağlanabilmesi için tedarikçilerinin de bu alanda başarılı olmasıyla mümkün olabileceği düşünülmektedir. Dördüncü problem ise standartlardır. Endüstri 4.0 süreci ile ilgili piyasada net bir standart olmadığı görülmektedir. Her sektörün kendi yapısına uygun çözümün, kendi mühendisleri ile bu mümkün değilse danışmanlık hizmeti almak suretiyle, madde madde tespit edip uygulanarak bu süreçte yaşanabilecek olumsuzlukların önüne geçilmesi gerektiği vurgulanmıştır [6].

1.2 Tezin Amacı

İçinde bulunduğumuz dönemi kapsayan ve henüz başlarında olduğumuz Endüstri 4.0 süreci ile ilgili tüm dünyada ciddi çalışmalar yapılmakta, ülkeler yeni üretim anlayışında pozisyonunu önceden alıp pazar payında geriye düşmemeyi, hatta pazar paylarını artırmayı hedeflemektedirler. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye de durumun ciddiyetini görmüş ve Endüstri 4.0 süreci ile ilgili yol haritaları belirlemiş, bazı teşvikler vererek yeni bir sanayi politikası oluşturma konusunda yol almaya başlamıştır.

Bu çalışmada, öncelikle resmi kurumlar tarafından yapılan çalışmaların irdelenerek Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecinin neresinde olduğunun tespit edilmesi, Türk sanayisinin Endüstri 4.0 konusunda ne kadar bilinçli olduğunun ortaya konulması ve sektörlerin potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca bu tez çalışması, henüz Endüstri 4.0 sürecine geçmemiş bir üretim tesisinde dijital dönüşüm yapılarak, süreç sonunda elde edilen avantajların somut bir şekilde ortaya konulması, bu potansiyelin ülke geneline yayılması durumunda Türk ekonomisine yapacağı katkıların gözler önüne serilmesi amacıyla yapılmıştır.

1.3 Orijinal Katkı

Bu tez çalışmasında, bir fabrikada üretimde plana uyum oranının artırılıp aynı zamanda enerji maliyetinin de düşürülebilmesi için bir çözüm ortaya konulmuştur. Asansör elektronik kartı üreten bir tesisin üretim akışı incelenmiş, üretim sürecinde yaşanan sorunlar tespit edilmiştir. Fabrikada stok, üretim, sipariş ve servis hizmetlerinin canlı olarak izlenebilir ve raporlanabilir hale getirilmesi ile üretimdeki aksamaların giderileceği ve birim enerji maliyetinde ciddi derecede azalma sağlanacağı öngörülmüştür.

Üretim aşamasındaki her istasyonun giriş ve çıkışına barkot okuyucular yerleştirilerek tüm üretim aşamalarının tam zamanlı olarak izlenebilmesi hedeflenmiştir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile sahadan anlık olarak toplanan tüm verilerin geliştirilen yazılım programı ile anlamlandırılması sağlanmıştır.

Ayrıca yüksek miktarda enerji harcayan SMD hattının boşta çalışma süresinin minimuma indirilerek enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmiştir. Bunun için de SMD hattında bulunan üretim bandına konumlandırılan sensörler vasıtasıyla kartların üzerinde bulunan komponentler tespit edilmiş, bunlar SMD cihazının haznesinde bulunan stoktan düşülmüştür. Azalmakta olan her komponent için operatör ekranına uyarı verilmiş ve yerine yenisinin takılması suretiyle cihazın boşta çalışması engellenmiştir. Bu sayede yüksek güç çeken fırının da boşta çalışması engellenmiş ve önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmıştır.

BÖLÜM 2

ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ

Endüstrideki değişimden ve sanayi devrimlerinden önce insanlar her şeyi ya elle ya da elle çalışan tezgâhlarda üretirlerdi. O dönemde, şu anda günümüzde endüstride kullandığımız makinelerin hiçbiri henüz icat edilmemişti. Endüstri devriminden ilk söz eden ve sanayideki dönüşümü başlatan ülke İngiltere olmuştur. İngiltere insan gücü ile yapılan üretimden makineli üretime geçmiştir. İlerleyen zamanlarda üretim aşamalarında insan gücü önemli miktarda azalmış, endüstriyel makine kullanımı ve imalatı yaygınlık göstermeye başlamıştır. Bundan önce yaşanan tüm sanayi devrimlerine baktığımızda, her bir dönemde insan emeğine olan gereksinim azalırken vasıflı eleman gereksinimi giderek artmaktadır. Süreç ilerledikçe insanların yerini yavaş yavaş makineler alırken, imalat denetimi ile mevcut kaynakların organizasyon süreçleri de yazılım sistemine geçmeye başlamıştır. Yani, sanayi tesislerinde çalışan personel sayıları fazlalığı yerine, bu personellerin kabiliyetleri ön plana çıkmaya başlamıştır. Makineli üretim, üretim miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Zanaatkârların yapmış olduğu küçük çaplı imalatlar yerini fabrikalarda yapılan büyük imalatlara bırakmıştır. Güçlü makinelerin üretimde kullanılmasıyla birlikte hammadde üretiminde büyük bir artış yaşanmıştır. Bu durum ürün çeşitliliğini artırmış, ticareti geliştirerek canlandırmıştır. Tüketici ve satıcı sayısında yaşanan artış yeni sermaye sahiplerinin doğmasına yol açmıştır. Bu sermaye sahipleri de makine ve işçi sayılarını artırarak bu dönemde büyük şirketler kurmuşlardır. Endüstri devrimiyle birlikte köylerden kentlere göç artmış, yeni bir üretim ve tüketim sınıfı doğmuş, insanların alışkanlıkları giderek

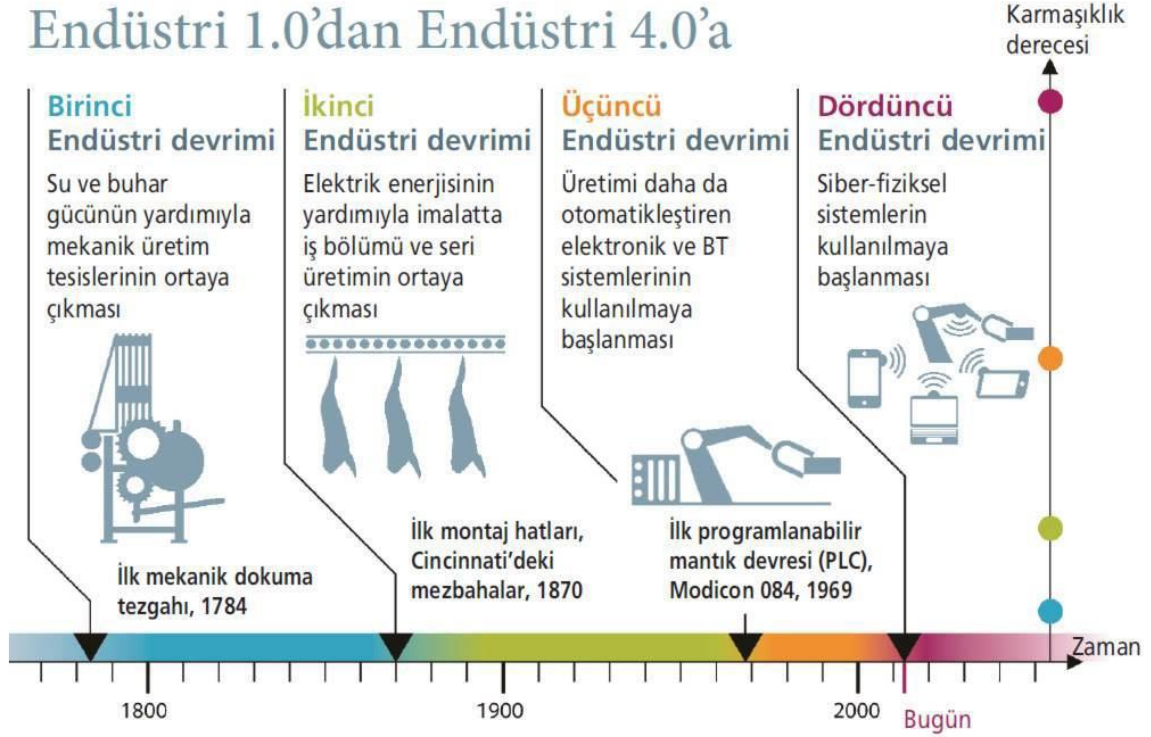
değişerek hayatlarında köklü değişiklikler meydana getirmeye başlamıştır. Genel olarak ekonomik büyüme yaşanmış ve insanların hayat kaliteleri artmıştır.

Endüstri devrimi kavramı ilk defa 6 Temmuz 1799 yılında Louis-Guillame Otto tarafından yazılan bir mektupta geçmektedir. Mektupta Fransa'nın endüstriyel rekabete başladığına değinilmiştir. Endüstri devrimi, ilk kez Fransızlar tarafından düşünülmeye rağmen 19. yüzyılın başlarında İngiltere, teknolojideki yeni gelişmelerle birlikte birinci sanayi devrimine öncülük eden ülke olmuştur. Bu süreçte tekstil endüstrisi başta olmak üzere makineleşmenin getirdiği etkiyle beraber aynı sayıda işçi çalışan bir tesisin üretimi ortalama kırk kat seviyesinde artış göstermiştir. Bu süreçte buhar gücünün endüstrilerde kullanılmasıyla fabrikalar seri üretime geçmiş ve üretim miktarlarında çok büyük artışlar gözlemlenmeye başlamıştır [7].

Günümüze kadar gelen süreç içerisinde üç sanayi devriminin tam anlamıyla yaşandığını ve dördüncü devrimin hemen başında olduğumuzu söyleyebiliriz. Buradan anlaşılacağı gibi üretim ve pazarlama kavramları üç defa çok katı dönüşümler yaşamış, bu dönüşüme adapte olabilen ülkeler ekonomik olarak büyük ilerlemeler gösterirken adapte olamayan ülkeler kaybeden tarafta olmuşlardır ve bundan sonra da kaybetmeye mahkûm olacaklardır. İkinci sanayi devrimiyle beraber teknolojik yenilikler en önemli unsur haline gelmiştir. Teknolojik yeniliklere ayak uyduran ve bu gelişmelere katkıda bulunan ülkeler sürecin içerisinde kalabilmişlerdir.

Şekil 2.1'de endüstri devrimlerinin tarihsel süreçleri gösterilmiştir:

Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a



Şekil 2. 1 Endüstri devrimleri tarihsel süreci

2.1 Birinci Endüstri Devrimi

Endüstri devriminden önceki süreçte insanlar genelde köy ve kasabalarda yaşamakta, tarım ve hayvancılık yaparak hayatlarını sürdürmekteydiler. Üretim, insan gücüyle kimi zaman da basit araç-gereçler kullanarak evlerde yapılmıyordu. Dönemin şartlarına uygun olarak birinci endüstri devrimi, dünya genelinde yoğun tekstil talebi olmasından dolayı öncelikle tekstil sektöründe başlamıştır. Bunu demir-çelik sektörü takip etmiştir. Birinci sanayi devriminde en çok kullanılan buhar makineleri yalnızca bu iki sektörde değil, zamanla ulaşım sektörü (özellikle yük vapurları ve buharlı lokomotifler) ile iletişim ve bankacılık sektörlerinde de kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Devrimin ortaya çıkmasıyla beraber daha çok ve çeşitli ürünler imal edilmiştir. İnsanların yaşam biçimleri değişmiş, yaşam kaliteleri artmıştır. Fakat bu durum beraberinde fakir bir işçi sınıfının da doğmasına yol açmıştır. Her devrim gibi sanayi devrimi de toplumsal alanda sancılı ve travmatik bir süreç yaşanmadan gerçekleşmemiştir. İnsanların hayat kalitesinin artmasına karşın, bu durumdan hoşlanmayan kesimler teknolojik ilerlemeye karşı protestolar yapmışlardır. Zaman zaman bu protestolar İngiltere’de bulunan sanayi tesislerine saldırılarak maddi zarar verilmesine kadar ileri boyutlara ulaşmıştır [7].

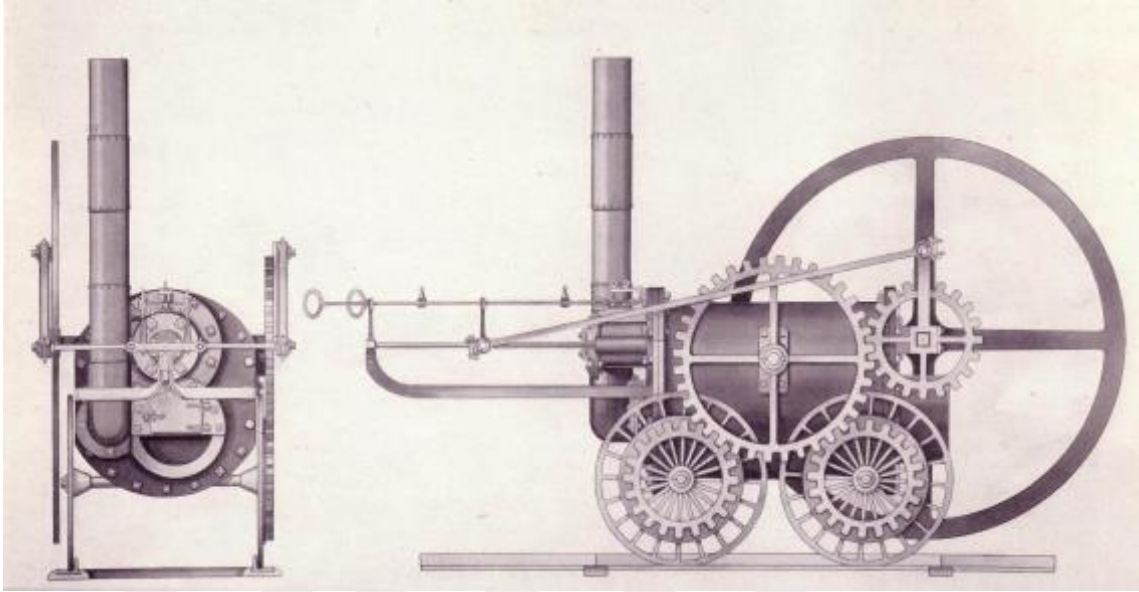
Birinci sanayi devriminin İngiltere’de ortaya çıkmasının başlıca nedeni kömür ve demir rezervlerinin bu ülkede çok fazla olmasından kaynaklanmıştır. Üretim arttıkça insanların ihtiyaçları ve istekleri de artış göstermiştir. Bu ihtiyaçlara cevap verebilmek için çok daha verimli makineler üretmek gerekiyordu. Zaman içerisinde yapılan geliştirmelerle makineler daha güçlü ve verimli hale getirilmiştir. İnsan gücünden çok daha az yararlanılan bu üretim sisteminde, çok fazla miktarda ve birbirinden farklı hammaddelerle farklı ürünler üretilmeye başlanmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi bu dönemde en önemli ve talep patlaması olan sektör tekstil sektörüydü. Tekstil sektöründe büyük fabrikaların kurulmasıyla beraber, bunlarla rekabet edemeyen küçük çaplı atölyeler kapanmış buradaki zanaatkarlar da bu fabrikaların yetişmiş iş gücünü oluşturmuşlardır. İş gücü sorununu bu şekilde çözen tekstil sektörü için hammadde ve yarı mamul ihtiyacı doğmuştur. Bu durum iplik eğirme tezgâhının icat edilmesine yol açmış, böylece yalnızca iplik ve kumaş üreten fabrikalar ortaya çıkmış ve sektörün yarı mamul ürün ihtiyacı büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. 1764’te İngiliz James Harrgravaes’in bulduğu motor ile iplik makarasında seri üretime geçilmesinin ardından 20 yıl gibi kısa süre geçtiğinde, İngiltere’de 20.000’in üzerinde bu makineden bulunduğu görülmüştür. Bu durum devrimin meydana getirdiği değişim ve dönüşümün ne kadar yüksek boyutta olduğunu gözler önüne sermektedir. Harrgravaes’in icat ettiği makine bir başka İngiliz mühendis tarafında geliştirilirken teknolojik gelişmeler bir öncekinin üzerine koyarak sürekli gelişme katetmiştir. Aynı dönemde bez dokuması, çelik üretimi gibi alanlarda da Birleşik Krallık sınırlarında farklı makineler üretilmeye devam etmiş, gelişim farklı sektörlerde de etkisini göstermiştir [7], [8].



Şekil 2. 2 Birinci endüstri devrimi bir tekstil fabrikasından görünüm

Birleşik Krallık topraklarında bu gelişmeler yaşanmaya devam ederken tarihe yön verecek asıl gelişme 1777 yılında, James Watt isimli bir İskoç'un buhar gücü ile çalışan bir makine icat etmesiyle yaşanmıştır. Zaten sanayisi buna hazır olan İngiltere bu buharlı makine üretim süreçleri içerisindeki yerini almıştır ve bu olay da birinci sanayi devriminin başlangıcı kabul edilmiştir. İlerleyen süreçte taleplerin sürekli olarak artmasıyla yarı mamul ihtiyacı da gene artış göstermeye başlamıştır. Asıl çözüm ise 1784 yılında iplik fabrikasında buhar gücünün kullanılması ile sağlanmıştır. Amerikalı Robert Fulton, ilk ticari gemiyi üreterek lojistik ve taşımacılık sektörlerinde de devrimin etkilerinin hızla görülmesini sağlamıştır. 1800'ün ilk yıllarında Richard Trevithick, Şekil 2.3'te gösterilen buharla çalışan lokomotifi bulmuştur. Aradan geçen yaklaşık 100 yılda devrim hızla ilerlemiş farklı farklı çok sayıda makine üretilmiştir. Günümüzde endüstriyel tesislerde kullandığımız pek çok makinenin geçmişi bu dönemde üretilen makinelerle dayanmaktadır. İngilizler çıkardıkları mevzuat ve yönetmeliklerle kendi yetişmiş personellerinin ve teknolojik birikimlerinin Birleşik Krallık dışına çıkmasını engellemeye çalışsalar da yeni teknolojik gelişmelerin kısa sürede Avrupa'nın diğer ülkelerine ve Amerika'ya kadar yayılmasına engel olamamışlardır. Böylece sanayi

devrimi artık bütün dünyada hissedilmeye başlamış, ülkeler her alanda sıkı bir rekabet içerisine girmişlerdir [7], [9].



Şekil 2. 3 İlk buharlı lokomotif

Endüstri devrimleri örneğin Fransız Devrimi, Amerikan devrimi gibi diğer devrimlerden farklı olarak tek bir tarihte yaşanmadığı, zamana yayılan değişim ve dönüşüm dönemlerini gösterdiği için başlangıç ve bitiş tarihleri için net bir sınır çizilememektedir. Ancak birinci endüstri devrimine bir sınır çizmemiz gerekirse, 1784 yılında İngiltere’de bulunan bir ipek fabrikasında buhar gücü ile üretim yapan mekanik dokuma tezgâhının kullanılmasıyla başlayan birinci sanayi devrimi 1870’li yıllarda gerçekleşen ikinci devrime kadar sürmüştür diyebiliriz. Yaklaşık 100 yıl süren bu dönemde buhar, su ve makineleşme dönemlerinden geçilmiş, işçiler belirli alanlarda uzmanlaşarak kalifiye olmuşlardır.

2.2 İkinci Endüstri Devrimi

Küreselleşmenin ikinci etabı hiç kuşkusuz ikinci endüstri devrimidir. İkinci endüstri devrimi sürecinin, 1870 yılında başlayıp 1989 yılında sona erdiği genel kabul görmektedir. Birinci endüstri devriminde yakıt maddesi olarak kömür, hammadde olarak da demir kullanılmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi birinci endüstri devriminin İngiltere’de gelişme ortamı bulmasının temel nedenlerinden biri de yüksek miktarda kömür ve demir rezervlerine sahip olmasından kaynaklanmıştır. Kömür, endüstriyel

faaliyetlerin artmasıyla birlikte artık eskisi kadar sanayinin ihtiyaç ve gereksinimlerine cevap veremez hale gelmiştir. Kömürün üretimi, taşınma süreçleri çok zordu ve üretilip sanayi tesislerine taşınana kadar geçen süre yüksek bir maliyet gerektiriyordu. Bu durum büyük fabrikaları alternatif bir yakıt maddesi bulmaya itmişti. Bu yakıt maddesinin adı petroldü. Petrol aslında insanların uzun yıllardır bildikleri bir maddeydi. Ancak bilinmeyen şey, bunun sanayi tesislerinde yakıt maddesi olarak kullanılabilecek olmasıydı. Petrolün sanayi alanında enerji kaynağı olarak kullanılacağına ortaya çıkmasıyla dünyada yepyeni bir süreç başlamış oldu. Ayrıca ilerleyen teknolojiyle birlikte petrol artık kuyular açılarak yeryüzüne çıkarılabilecek hale gelmişti. Kısa bir süre içinde birçok petrol şirketi kuruldu ve petrol arama faaliyetlerinde gözle görülür bir artış sağladı. Petrol sıvı olduğu için taşımalarının kömüre oranla çok daha kolay ve düşük maliyetli olması sebebiyle, üretim tesislerinde kullanılmaya başlandı. Bu durum doğal olarak petrol ve petrol tarzı yakıtlarla üretim yapan makinelerin artmasına ve geliştirilmesine olanak sağladı. Petrol artık kömür yerine endüstriyel tesislerde suyun ısıtılması amacıyla kullanılıyordu fakat istenilen verim bir türlü alınamıyordu. Bilim insanlarının verimi artırabilmek için yaptıkları uzun çalışmalar sonucu, 1892 yılında içten yanmalı bir motor icat edildi. Alman mühendis olan Rudolf Diesel tarafından icat edilen bu motor, endüstrinin ihtiyaçlarına büyük oranda cevap vermeyi başarmıştı. Bu icatla beraber artık buhar makinelerine olan rağbet azalmış, ulaşım sektörü de (özellikle demiryollarında) dâhil olmak üzere hemen bütün sektörlerde kullanımı sonlanmıştı. İçten yanmalı motorların kullanım alanlarının artmasıyla beraber en çok ulaşım alanında gelişmeler yaşandı. Güçlü motorlarla çalışan araçların daha hızlı hareket etmesiyle beraber hammadde temin sürelerinde inanılması güç düşüşler yaşandı, bu durum da üretim hızının artmasını beraberinde getirdi. Ulaşımda yaşanan güçlükler nedeniyle önceki dönemlerde hammaddelerin gereğinden fazla alınarak depolanması sağlanır, bu da gereksiz maliyete sebebiyet verirdi. Ulaşımda kazanılan bu hız sayesinde hammadde stokları azalarak gereksiz maliyetlerin de önüne geçilmiş oldu. Buharlı makineler çok büyüktü ve fabrika içerisinde çok yer kaplıyordu. Petrolün yoğun şekilde çıkarılmasıyla beraber fabrikaların içten yanmalı motorları üretimde kullanması ile tesislerde alan optimizasyonu yapılmış, boşalan alanlara daha fazla makine konulmuş ve üretimde büyük artışlar gözlemlenmiştir [8], [10].

İkinci endüstri devrimi sürecine damgasını vuran iki ilke Taylorizm ve Fordizm olarak kayıtlara geçmiştir. Taylorizm, üretim süreçlerini küçük parçalara ayırarak her bir işçiyi farklı bir alanda uzmanlaştırmayı hedeflemiştir. Bunun için her bir iş bölümüne ait zaman çizelgeleri oluşturulmuş, işçilerin işleri bu zaman aralıklarında yapmaları zorlanmıştır. Bunun amacı, insan gücünün olabildiğince üst seviyede kullanılarak üretimde işlerin çok fazla hızlanacağını düşünülmesiydi. Fordizm ise Taylorizmden farklı olarak yalnızca emeğin maksimum düzeyde kullanılmasını değil, endüstriyel tesislerdeki makineli üretimin de yeniden tasarlanmasını ön görüyordu. Ford, işleri Taylor'un yaptığından çok daha küçük parçalara ayırmış (vida sıkma seviyesine kadar), bu işleri de Şekil 2.4'te görüldüğü gibi belirli işçilere vermişti. Ford son olarak üretilen parçaların işlem göreceği diğer tezgâha taşınmasının çok zaman aldığını fark ederek bant tipi üretim sistemine geçiş yapmıştır. Bu üretim tipinde bir öncekine göre yaklaşık sekiz kat hız kazanılması, rakiplerine çok büyük fark atmasını sağlamıştır. Böylece üretim maliyetleri azalırken bu da satış fiyatlarına önemli ölçüde yansımıştır. Bu iki ilkenin çıkmasının ve endüstride büyük ilgi görmesinin temel nedeni, endüstrilerin halktan gelen talebi karşılayamıyor olmasıydı. Sürekli olarak daha fazla nasıl üretim yapılacağı düşünülüyor ve eldeki kaynakların daha etkili nasıl kullanılacağı ve taleplere nasıl cevap verileceği araştırılıyordu. Ancak süreç içerisinde ekonomik problemler yavaş yavaş artmaya başlamış, gitgide tüm dünyada etkisini göstermişti. Ekonomik problemler o dönemde dünyaya yayılmış milliyetçilik akımıyla birleşince 1914 yılında I. Dünya Savaşı'nın yaşanmasına sebebiyet verdi. İlk bakışta endüstriyel gelişimi sekteye uğratacağı düşünülen bu durum, sektör için herhangi bir problem teşkil etmediği gibi aksine fabrikalar sahip oldukları teknolojik birikimi savunma sanayisinde kullanarak çok büyük kazançlar elde ettiler. Savaşın endüstriye doğrudan tek olumsuz etkisinin ise savaş sonunda yaşanan büyük insan kaybı nedeniyle işçi sayısında yani iş gücünde meydana gelen azalmalar olduğu söylenebilir. Savaş sonundaki tabloya baktığımızda İngiltere, Fransa ve Almanya'nın borçları çok fazla idi. Bu ülkeler dışardan borçlarını tahsil edemediğinden borsaya ağırlık vererek iç borçlanma yöntemini tercih ettiler. Borsada çok yüksek karlar görüldü (özellikle ABD). Ancak 1929 yılındaki ekonomik kriz tüm dünyada etkisini gösterdi ve Büyük Buhran olarak anıldı. ABD'de başlamasına rağmen etkileri tüm dünyada görüldü. Bu durum ikinci endüstri devriminin kesintiye

uğramasına neden oldu. Aslında borsaların çökmesi olarak görülen bu büyük ekonomik krizin asıl sebebi endüstrinin satamadıkları ürünler dolayısıyla çökmesiydi. Akabinde bu borsaları etkilemiş ve büyük bir buhran yaşanmasına sebebiyet vermiştir [8].



Şekil 2. 4 Ford motor fabrikasında işçiler otomobil toplarken

İkinci endüstri devrimine damgasını vuran kişi tartışmasız Ford şirketinin kurucusu Henry Ford olmuştur. Şekil 2.5'te montaj hattı gösterilen Ford, orta direk Amerikan halkının zorlanmadan satın alabileceği bir otomobilin üretimini gerçekleştirmeyi başarmıştır. İlk otomobili icat eden kişi ise Alman bilim insanı Karl Benz olmuş, ilk motor ve otomobil patentleri kendisi tarafından alınmıştır. Günümüzde Almanların otomotiv sektörüne damga vurmasının temeli Benz'in ikinci endüstri devrimi sırasındaki icatlarına dayanmaktadır. İkinci endüstri devrimi sürecinde ulaşım araçlarının gelişmesiyle birlikte insanlar konforlu ve hızlı seyahat etme fırsatı yakalamışlardır. Bebek ölüm oranı azalmış, insan yaşamı süresinde artış gözlemlenmiştir [7].



Şekil 2. 5 Henry Ford'un montaj hattı

Tarihin en kanlı savaşı olarak bilinen ikinci dünya savaşı, büyük buhran sonrası büyük ekonomik kriz yaşayan endüstriler için birinci dünya savaşında olduğu gibi büyük bir fırsat haline dönüşmüştür. Bu süreçte endüstriler kendilerini çok çabuk yenileyerek savaş endüstrisine adapte olmuşlardır. Örneğin savaş öncesi süreçte otomobil üreten tesisler savaş esnasında tank üretimine geçmiştir. İkinci dünya savaşının bitmesiyle birlikte ekonomik olarak derin bir nefes alan endüstriye damgasını vuran olay o döneme kadar genellikle aydınlatmada kullanılan elektriğin, endüstriyel tesislerde enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlaması olmuştur. Elektrik teknolojinin hızla ilerlemesi, petrol kökenli fosil yakıtların yerine üretimdeki bantlarda ve makinelerde bu teknolojinin kullanılmasına yol açmıştır. Elektrik enerjisinin fosil yakıtlara oranla daha denetlenebilir olmasından dolayı, üretim bantlarında elektrik enerjisinin kullanılmasıyla beraber daha sistemli ve tek tip üretim sistemine geçilmiştir. Üretimde esneklik ve kontrol edilebilirliğin artmasıyla, üretim bantları parçalara ayrılarak gereksinime göre farklı şekillere dönüştürülmeye başlamıştır. Bu durum fabrikaların yapısal özelliklerinde değişmelere yol açmıştır. Böylece elektrik enerjisinin endüstrilerde kullanılmasıyla beraber fabrikalarda aynı anda klasik bant ve değişken bant olmak üzere iki üretim

tipine rastlamak mümkün hale gelmiştir. Zamanla endüstriler üretim sistemlerini bantlar yerine müşteri taleplerine hızlı cevap veren yüksek esnekliğe sahip parçalara ayrılabilen iş istasyonları olarak yapılandırmaya başlamışlardır. Tedarik süreçlerini de aynı esnekliğe uyumlu hale getirip üretim ve tedarik süreçlerini aynı talep ve tüketime göre biçimlendirip fabrikalarını buna göre dizayn ederek üretimde çok büyük artışlar sağlamışlardır. Esnek üretim ve tedarik zincirleriyle beraber endüstriler satışları artırıp daha fazla üretim yapabilmek için reklam endüstrisini etkili bir şekilde kullanmaya başlamışlardır. Üretim ve tedarik süreçlerindeki esnekliğin taşıma sistemlerine de aktarılması zorunlu bir hal almış, gemilerin kapasiteleri artırılarak deniz taşımacılığında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Taşımacılıktaki en büyük artış ise karayolu taşımacılığında olmuştur. Karayolu taşımacılığı, geçmiş dönemin en önemli taşıma unsuru olan demiryolu taşımacılığının yerini almıştır. Petrokimya endüstrisinin gelişmesiyle birlikte petrol ürünleri çeşitli hammaddelere dönüştürülmüş, elde edilen hammaddeler, hemen her sektöre ilişkin çeşitli ürünlerin üretilmesine olanak sağlayarak tüm yaşamımızı derinde etkilemiştir. Bu dönemin elektrik kadar önemli bir diğer kavramı da petrol türevi olan ve elimizi attığımız hemen her şeyde kullanılan plastiktir. Plastik sektörünün gelişmesi endüstrilerin dönüşümünde büyük rol oynamıştır. Dolaylı da olsa tedarik, dağıtım ve taşıma gibi lojistik faaliyetleri büyük ölçüde etkilemiştir. Daha düşük maliyetli ambalajlar üretilmesini sağlamıştır. Üçüncü sanayi devrimine yaklaşırken neredeyse hayatımızın tümü plastikle kaplanmıştı. Plastik teknolojisi ilerledikçe yarı iletken malzemelerin bulunmasına olanak sağlamıştır. Bu da bilgisayar, cep telefonu gibi teknolojilerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır. İletişim ve haberleşme alanlarında önemli gelişmeler yaşanmış, bilgisayar teknolojisinde önemli atılımlar gerçekleştirilmiştir [8].

Genel olarak ikinci sanayi devrimi, elektrik enerjisinin üretim alanında kullanılması ile üretim süreçlerinin kontrol edilmesini mümkün hale getirmiştir. Ayrıca kitlesel standart üretim anlayışından vazgeçilmiş, yerini müşteri bazlı üretim sistemleri almaya başlamıştır. İkinci endüstri devrimi birinci devrimin oldukça sınırlı ve yerelleşmiş başarılarını faaliyet ve ürün yelpazesi açısından daha geniş bir alana taşımıştır. Yaşam standartları ve satın alma gücü hızla artmıştır. Yeni teknolojiler daha önce hiç olmadığı kadar orta ve işçi sınıfının gündelik yaşantısına girmiştir.

Üçüncü sanayi devrimine yön verecek gelişmelerin tohumları ikinci sanayi devriminin son dönemlerinde atılmaya başlamıştır. Bunların başında elektronik sistemler ve veri işleme unsurları olmuştur.

2.3 Üçüncü Endüstri Devrimi

Toplumların hayatlarında da insanlarda olduğu gibi önemli dönüm noktaları vardır. Bunlardan biri 1989 yılında Berlin Duvarı'nın yıkılarak çift kutuplu dünyanın ortadan kaldırılmasıyla yaşanmıştır. Bunu 1991 yılında SSCB'nin dağılması takip etmiştir. 2000 yılının başlarında ise komünizm ve devletçi ekonomilerin etkisi tamamen silinmiştir. Böylece kapitalist endüstriler için çok büyük bir pazar ve düşük maliyetli bir iş gücü ortaya çıkmıştır. Bundan önceki dönemde belirleyici unsur üretim iken, bu dönemde endüstrilerin karşısına çıkan devasa tüketici kitlesi ve bu kitlelerin her birinin sahip olduğu farklı alışkanlıklardan dolayı üçüncü sanayi devrimi sürecinde belirleyici unsur tüketim faktörü olmuştur. Tüketiciler artık standart ürünler değil, kişiselleştirilmiş ürünler talep ediyordu. Standart bant tipleriyle bu ürün çeşitliliğine sahip olmak mümkün değildi. Ayrıca tüketiciler en kaliteli ve en ucuz ürünü tercih etmekteydiler. Bu da küresel rekabet ortamında endüstrileri maliyetlerini düşürme arayışına itti. Önceleri üretim faaliyeti yapan tüm endüstriler tedarik ve satın alma sürecinden başlayarak ürünün müşteriye teslimine kadar tüm faaliyetleri kendi öz kaynaklarıyla yapıyorlardı. Üçüncü endüstri devrimi sürecinde mevcut her bir maliyet kalemi endüstriler tarafından tek tek kontrol edilerek maliyeti artırıcı etkisi bulunan departmanları (nakliye, depo, dış ticaret, gümrük vb.) dış kaynaklara yönlendirilmeye başladılar. Endüstriler üretim faaliyetlerini, küçük parçalara ayırıp bütüncül yaklaşımdan uzaklaşıp hızlı bir şekilde mikro düzeyde iş parçacıklarından oluşmuş süreçler haline getirmeye başladılar. Önceki dönemde Henry Ford da faaliyetleri parçacıklara ayırmıştı. Fakat ikisi arasındaki fark, Henry Ford parçalanan bu işleri aynı endüstrideki çalışanlara yaptırırken, bu dönemdeki endüstrilerin bu işleri işletme dışı unsurlara devretmesiydi. Yani bir endüstrideki tüm iş parçacıkları tek tek değerlendiriliyor, eğer stratejik bir özelliği yoka ve maliyet avantajı getiriyorsa bu işin yapılması için öz kaynaklar yerine dış kaynaklar kullanıyordu. Hatta zamanla bu durum üretim süreçlerinin de iş gücünün ucuz olduğu ülkelere outsource edilmesine yol açmış, tedarik zincirleri git gide küresel

bir nitelik kazanmaya başlamıştı. Böylece büyük endüstriler sadece marka geliştirmeye odaklanmışlardır. Bu dönemin temel özelliklerinden birisi endüstrilerin geçmişte olduğundan daha fazla küresel markalar haline gelmeleri ve yeni markalar yaratmalarıdır. Bazı araştırmacılar bu süreci marka çağı olarak da adlandırmaktadır. Üçüncü sanayi devrimi sürecinde markalar dış kaynak kullanımı sayesinde hayal bile edemedikleri şekilde büyüyüp gelişmişlerdir [8], [11].

Bundan önceki dönemde çok cılız bir şekilde gelişen iletişim ve haberleşme teknolojisi üçüncü sanayi devrimi sürecinde inanılmaz şekilde gelişmiş, elektronik devrim birdenbire gelmiştir. Bu sürecin yaratmış olduğu değişim karşı konulamayacak derecede güçlüydü. İlk olarak bilgisayarlar küçülerek evlerde ve ofislerde rahatlıkla kullanılacak seviyeye geldi. Ancak bilgisayarlarda DOS 'disk operating system' kullanılıyordu ve bilgisayar dili bilmeden bunu kullanabilmek mümkün değildi. Ve bu dönemde bir bilgisayar dâhisi olan Bill Gates, 1985 yılında komutlar yerine pencerelerden oluşan bu nedenle adına Windows dediği bir yazılım geliştirdi. Bu durum bilgisayar yazılımları açısından tam bir devrimdi ve Windows 1.0 yazılımı kısa sürede tüm dünyayı değiştirdi. İleriki süreçte hemen her elektronik aygıt Windows ile uyumlu halde üretildi. Steve Jobs, 1960'larda icat edilen 'mouse'u ticari ve endüstriyel hale getirerek klavye temelli bilgisayarları, fare temelli bilgisayarlar haline getirerek bilgisayar kullanıcı sayısının artmasında önemli bir misyon edindi. Bilgisayar alanındaki bir diğer gelişme de mikroçip teknolojisinde yaşandı. Önceki süreçte kullanılan transistörler yerine CPU adı verilen mikroçipler kullanılmaya başlandı. İntel firması mikroçipleri sliksondan üretmeye başladı. Bugün tüm bilgisayarlarda kullanılan mikroçipler silikon temellidir ve ünlü Slikon Vadisi adını buradan almaktadır. Pahalı tristörlerin yerine silikon temelli mikroçiplerin kullanılması, bilgisayarların küçülmesine ve ucuzlamasına neden oldu. Neredeyse tüm endüstrilerin tedarik, üretim, lojistik gibi süreçlerinde kullanılmaya başlayan bilgisayarlar sayesinde insan kaynaklı hatalar gitgide azaldı. Zamanla bilgisayarlar sade bireylerin de kullanacağı hale getirildi, önceleri genellikle askeri alanlarda kullanılan internetin de geliştirilip (Bob Metcalfe Ethernet tarafından) yaygın olarak kullanılmasıyla beraber dijital dünya denilen süreç başladı. Bilgisayar ve internetin dışında bu sürece etki eden bir diğer unsur da telefonun önemli ölçüde geliştirilmesi oldu. Telefon hatlarının yaygınlaşması, fiber

optik kablolar kullanılarak hızlı ve veri kaybı olmaksızın iletim sağlanması, iletişim ve haberleşme teknolojisini hızla küresel bir niteliğe kavuşturdu. Zamanla analog telefonların yerini dijital telefonlar aldı, küçüldü ve taşınır hale geldi. 1990'lı yıllarda cep telefonları kişisel kullanıma sunuldu. İletişim ve haberleşme teknolojilerindeki bu gelişim endüstrileri ve tedarik zincirlerini de fazlasıyla etkiledi. Son derece karmaşık olan tedarik zinciri süreçleri kontrol edilebilir ve izlenebilir seviyeye geldi. Endüstriler özellikle autocad vb. yazılımlarla her türlü tasarım faaliyetini bilgisayarlar ile yapmaya başladılar. Bu süreçte büyük bir ivme kazanan e-ticaret sayesinde müşteriler internet üzerinde alışveriş yapmaya başladı. Bu döneme damgasını vuran bir başka önemli gelişme ise sosyal medya kullanımının hızla yayılması oldu [8].

Üçüncü endüstri devrimi sürecine tümüyle bakıldığında, süreci etkileyen temel faktörlerin iletişim ve haberleşme ve bilgi iletişim sistemleri alanındaki büyük gelişmelerin endüstri alanına doğrudan uygulanması ile taşıma sistemlerinin çok hızlı ve efektif hale gelmesi olduğu söylenebilir.

BÖLÜM 3

ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri devriminin üçüncü aşamasında bilişim, iletişim ve haberleşme alanlarında elde edilen gelişmelerin hızlanması ve bunların sanayi alanında kullanılmaya başlanması, üçüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan dönemin bitip yeni bir dönemin başladığını işaret etmekteydi.

Dijitalleşmeyle birlikte tüketicilerin eğitim seviyelerinde ve gelirlerinde gözle görülür bir artış meydana gelmiştir. Bu durum tüketici taleplerinin hızla değişmesine yol açmıştır. Önceki dönemlerde tüketici taleplerini göz önüne almadan imalat yapan üreticiler serbest piyasada rekabet edebilmek için, hızla değişen bu talepleri karşılamak zorunda kalmışlardır. Böylece müşterilerin talepleri piyasada belirleyici rol oynaya başlamıştır. Temel olarak Endüstri 4.0'ın ortaya çıkma nedeni, hızlı bir şekilde değişen bu tüketici taleplerinin aynı hızla karşılanması için üreticilerin üretim anlayışlarında değişikliğe gitme ihtiyacıdır.

Üretim anlayışında değişikliğe gidilmesi aşamasında özellikle yazılım alanında büyük gelişmeler yaşanmıştır. Mekanik ve elektriksel alanlar ile bilişim alanlarında yaşanan gelişmeler bundan önce yaşanan üç sanayi devriminin ortaya çıkmasına sebep olduğu gibi, dijital dünyada meydana gelen devasa gelişmeler ve nesnelerin interneti ile siber fiziksel sistemlerin üretim alanında kullanılmaya başlanması da dördüncü sanayi devriminin ortaya çıkmasına sebep olmuştur [12].

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dördüncü endüstri devrimi, yukarıda tarihsel süreçleri anlatılan diğer üç endüstri devriminden farklı olarak dönemi etkileyen toplumsal bir olay ile meydana gelmemiş, üçüncü sanayi devriminde temelleri atılan gelişmelerin

devamı niteliğinde ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0, halen içerisinde bulunduğumuz süreci ifade etmekle birlikte henüz sonlanmamıştır ve gelişerek devam etmektedir.

Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı 2011 yılında ülkelerinin gelişip kalkınmasına katkı sağlamak amacıyla sürdürülebilirlik, yeni enerji kaynaklarının kullanımı ve akıllı teknoloji içerikli 10 adet proje tasarlamış ve bu projeleri “Yüksek Teknoloji Stratejisi 2010’un Gelecek Projeleri” adıyla yayımlamıştır. Yayımlanan bu 10 projeden biri de Endüstri 4.0’dır ve 2011 yılında düzenlenen Hannover fuarında ilk kez dile getirilmiştir. Dolayısıyla 2011 yılında düzenlenen bu fuar Endüstri 4.0’ın başlangıcı olarak kabul edilebilir [13].

Endüstri 4.0’ın kuramsal başlangıcı ise Kagermann’ın 2011 yılında kaleme aldığı “Endüstri 4.0: Nesnelerin interneti ile 4. Endüstri Devrimine Giderken” adlı makale olarak kabul edilmektedir. Kagermann tarafından öne sürülen teori Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi’nin 2013 yılında konuyu “Endüstri 4.0 Stratejik İnisiyatifinin Uygulanmasına Yönelik Tavsiyeler” başlıklı manifesto olarak yayımlamasıyla kuramsal bir hale bürünmüştür [14].

Endüstri 4.0, daha düşük maliyetli ve daha kaliteli ürünler üretilebilmek için üretim aşamasında bulunan bütün bileşenlerin kendi aralarında haberleşmesine, tüm verilerin depolanmasına, depolanan verilere anlık olarak erişim sağlanmasına ve siber fiziksel bağlantılı sistemler ile internet aracılığıyla bu verilerin analiz edilip yeni değişkenler tanımlanarak üretim sürecinin yeniden dizayn edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Yani aslında endüstri 4.0, otomasyon sistemleri, anlık veri paylaşımı ve bu verilerin analiz edilerek yepyeni bir üretim teknolojisinin sağlandığı kolektif bir terimdir [15].

Tedarik, üretim ve tüketim aşamalarının dönüşümünü büyük oranda sağlayan Endüstri 4.0 sürecinde üretim, müşteri talep ettiği anda başlayacak ve talep karşılandığında bitirilecektir. Müşterinin istediği kadar üretim yapılacaktır ve şirketler minimum stokla faaliyet göstereceklerdir. Böylece hem talep edilen miktar ürünün maliyetine etki etmeyecek hem de gereksiz yatırımların önüne geçilmiş olacaktır.

Günümüzde endüstride yaşanan gelişmelere baktığımızda sensörler ile gömülü sistemlerin, internet ağı üzerinden anlık datalar toplayarak üreticilere farklı çalışma alternatifleri sunduğunu, operasyonel teknolojilerle enformasyon teknolojilerinin

giderek bütünleştğini görmekteyiz. Bu sayede üreticiler iş süreçleri ile iş güçlerini yeniden yapılandırabilmekte, ürünlerinin üretim durumlarını sayısal olarak planlayıp projelendirebilmektedirler [16].

Dördüncü endüstri devriminin başlıca değişikliklerinden biri, yazılımla donatılarak iletişim aracı haline getirilen akıllı makinelerdir. Makineler arasındaki iletişimi ağ üzerinden sağlamak, verimliliği artırmakla beraber bu makineleri operasyonel düzeyde yönetmek için harcanan işgücünü azaltmaktadır. Bu işgücü daha nitelikli alanlara kaydırılarak insan kaynakları daha etkin kullanılabilir. Bu akıllı makinelerin ikinci önemli avantajı, kendi durumları hakkında raporlar vermesi sayesinde arızaların önceden tespit edilip kestirimci bakım yapılmasına olanak sağlamasıdır. Kestirimci bakım sayesinde, arızalar daha ortaya çıkmadan makinelerin bakımları yapılmakta böylece makinelerin duruş süreleri önemli ölçüde azaltılmaktadır. Akıllı makinelerin üçüncü önemli avantajı ise ürünlerin de yazılım donatımlı olmasıyla müşterilerin ürün kullanımları hakkında bilgi sahibi olarak müşteri memnuniyeti kapsamında çalışmalar yapılmasına olanak sağlamasıdır [17].



Şekil 3. 1 Almanya’da Endüstri 4.0 ile uyumlu BMW fabrikası

Eski nesil endüstriyel tesisleri, insan müdahalesi olmadan kendi aralarında eş zamanlı olarak iletişim kuran ve uyum içerisinde çalışan otomasyon sistemleri ile tüketicinin değişen tüm taleplerine anlık olarak cevap verebilen üretim sistemleri haline getirmek için Endüstri 4.0 dönüşümü yapmak gerekmektedir. Endüstri 4.0 dönüşüm projesi yapmak için ilk olarak tesisteki operasyonel teknolojiler ile bilişsel teknolojilerin birbirlerine eklemlenmesinin nasıl yapılacağı konusunda bir yaklaşıma sahip olunması gerekmektedir. Her işletmenin operasyonel ve bilişsel teknolojilerinin entegrasyonu hususunda organizasyonel birtakım özel durumları olması kaçınılmazdır.

Dijital sanayi devrimi olan Endüstri 4.0; bilişim teknolojilerinin ve endüstrinin ortaklaşa bir bütünü olup imalat ve endüstride dördüncü sanayi devrimini temsil etmektedir. Kendi aralarında haberleşen, sensörleri vasıtasıyla ortamı algılayabilen ve veri analizi yapabilen akıllı robotların üretimi devralarak, yapay zeka gelişimiyle birlikte insandan kaynaklanan hataların minimize edilmesini, üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla üretimin fabrikalardan ev ve ofis ortamlarına taşınmasını, hem daha ucuz hem daha kaliteli hem de daha fazla tasarruf yapan bir üretim yapmayı sağlamaktadır [2].

Üçüncü sanayi devriminde belirleyici rol oynayan bilgisayar donanım ve yazılımı ile dijital teknolojinin ivme kazanarak gelişmesiyle, endüstriyle birlikte toplumsal yapı ve ekonomi de hızlı bir şekilde değişmiştir. Çok hızlı bir şekilde gerçekleşen teknolojik ilerlemeler, üretim yapısıyla birlikte tüm endüstrilerde, tedarik zincirlerinde, toplumsal ve bireysel yaşam koşullarında köklü değişiklikler yapmaya devam etmektedir. Endüstri 4.0 ile onun yol açtığı gelişmelere ve değişikliklere uyum sağlayamayan şirketlerin ve ülkelerin rekabet ortamının dışında kalarak büyük kayıplara uğraması kaçınılmaz görünmektedir.

3.1 Endüstri 4.0'ın Faydaları

- Oluşabilecek arızaların tespiti kolaylaşmış, kestirimci bakım faaliyetleri artmıştır.
- Üretim anlayışı tamamen değişmiş, tüketicilerin değişen taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak üzere tasarlanmış tüketici odaklı esnek bir üretim anlayışına geçilmiştir.
- Hammadde, kaynak ve malzeme tüketimi azaldığından maliyetler de azalmış ve verimlilik artmıştır.

- İnsan kaynakları yönetiminde meydana gelen değişim ile birlikte yeni hizmet alanları ve iş modelleri geliştirilmiştir.
- Kendi kendini yönetebilen akıllı üretim sistemleri ile birlikte insandan kaynaklı hata payı önemli derecede azalmıştır [18].

3.2 Endüstri4.0'ın Zorlukları

- Yatırım maliyeti yüksektir ve kazanılacak ekonomik faydaların ölçümünü yapmak çok zordur.
- Sektörde yetkinliğini kazanmış personel eksikliği vardır.
- Uluslararası standartlar yetersizdir.
- Yatırımcılar için vergi teşvikleri yetersizdir.
- Network altyapısında iyileştirmeler yapılması gerekliliği vardır.
- Veri kullanımları ile ilgili kanuni düzenlemeler yetersizdir.
- Ar-Ge çalışmalarına teşvikler yetersizdir.
- Gelecekte farklı becerilere sahip insanlara ihtiyaç duyulacağından bu becerilere sahip iş gücünün yetiştirilmesi için hükümetlerin Endüstri 4.0 alanıyla ilgili eğitimleri desteklemesi gerekmektedir [19].

3.3 Endüstri 4.0'ın Prensipleri

Endüstri 4.0'da temel hedef, insanı devreden çıkarıp, üretim süreçlerini ve fabrikaları kendini yönetebilen bir noktaya taşıyarak tam bir standardizasyon sağlamaktır. Bu durumda akıllı fabrikalar ortaya çıkacak olup insandan kaynaklanan hatalar minimum düzeye inecektir. Endüstri 4.0'da farklı PLC'ler tarafından yönetilen makinalar birbirleriyle haberleşerek ana yönlendirici bir bilgisayar sayesinde bir bütün halinde hareket edebileceklerdir. Bunu sağlamak ise ancak nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemler ile mümkündür [4].

Endüstri 4.0'ın temel prensipleri aşağıda sıralanmıştır:

- **Karşılıklı Çalışabilirlik:** Nesnelerin internetinin kullanılmasıyla beraber otonom fabrikaların insanlarla karşılıklı iletişim kurması sağlanmaktadır.
- **Sanallaştırma:** Akıllı fabrikaların birebir kopyası olarak kurulan sanal bir veri merkezi ile sistemin, sensör verilerine sanal bir tesis ve simülasyon modeli oluşturularak ve iç içe yapı kurularak iyileştirme yapılması için çalışmalar yapılır.
- **Yerinden Yönetim:** Siber fiziksel sistemlerin, otonom fabrikalar ile beraber kendi kararlarını verebilecek yeteneğe kavuşması sağlanmaktadır.
- **Gerçek Zamanlı Yetenek:** Verilerin anlık olarak toplanıp analiz etme yeteneği olarak önümüze gelen yapı anlayışı seri bir şekilde oluşturulur.
- **Hizmet Oryantasyonu:** Hizmetlerin interneti olarak siber fiziksel sistemlerin, akıllı fabrika ve insanlara servis edilmesiyle görülür.
- **Modülerlik:** Bireysel olarak modüllerde değişen gerekliliklerle beraber akıllı fabrikaların adaptasyon sisteminin sağlanmasıyla oluşur [19].

3.4 Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Endüstri 4.0, çok geniş kapsamlı bir terim olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer endüstri devrimlerinde görülmeyen bir şekilde çok sayıda yan unsuru bir arada bulundurmaktadır. Endüstri 4.0'dan en yüksek düzeyde verim alabilmek ve beklentileri tamamiyle karşılayabilmek, bu bileşenlerin birbirleriyle uyumlu çalışmaları ve aralarındaki entegrasyonun üst düzeyde olması ile mümkün olacaktır.

Endüstri 4.0'ın Şekil 3.2'de gösterildiği gibi dokuz temel bileşeni vardır:

- Nesnelerin İnterneti
- Büyük Veri
- Bulut Bilişim
- Artırılmış Gerçeklik
- Otonom Robotlar
- 3D Yazıcılar

- Simülasyon
- Siber Güvenlik
- Yatay-Dikey Yazılım Entegrasyonu



Şekil 3. 2 Endüstri 4.0'ın bileşenleri

3.4.1 Nesnelerin İnterneti

MIT bünyesinde kurulan Auto ID Center'in kurucularından Kevin Aston, 1999 yılında P&G firması için günlük hayatımızda kullanmış olduğumuz objelere RDIF ve diğer sensörleri ekleyip kendi aralarında haberleşmelerini sağlayarak nesnelerin interneti uygulaması oluşturulmasının firmaya katacağı yararlarını anlatan bir sunum hazırlamıştır. Bu sunumda nesnelerin interneti kavramından ilk kez bahsettiği için Kevin Aston bu kavramın mucidi olarak kabul edilmiştir. İlk kez 1999 senesinde bahsedilen bu kavram, nesnelerin içerisine monte edilecek sensörlerin maliyetlerinin çok yüksek olması ve internette kullanılacak adres adedinin sınırlandırılmış olması sebeplerinden dolayı dünya üzerinde yeterince ilgi görmemiştir. Endüstri 4.0 süreci ile birlikte bilgi teknolojileri alanında yaşanan önemli gelişmeler sonucunda Ipv6 protokolü geliştirilmiş ve Ipv4 protokolündeki 4,3 milyar adet ile sınırlanan adres sayısı bu yeni protokol sayesinde 340 desilyona çıkarılmıştır. Bu sayı 2025 yılına kadar internete bağlanacağı öngörülen 2 trilyon cihazın her birine farklı adres tanımlaması yapılması için kat ve kat fazlasıyla yeterlidir [20].

Ipv6 protokolünün geliştirilerek farklı adres adedi probleminin çözülmesi yanında, gelişen teknoloji ile beraber kablosuz ağlar, sensörler ve gömülü sistemlerin her geçen gün ucuzlaması nesnelerin interneti kullanımını inanılmaz oranda artırmıştır.

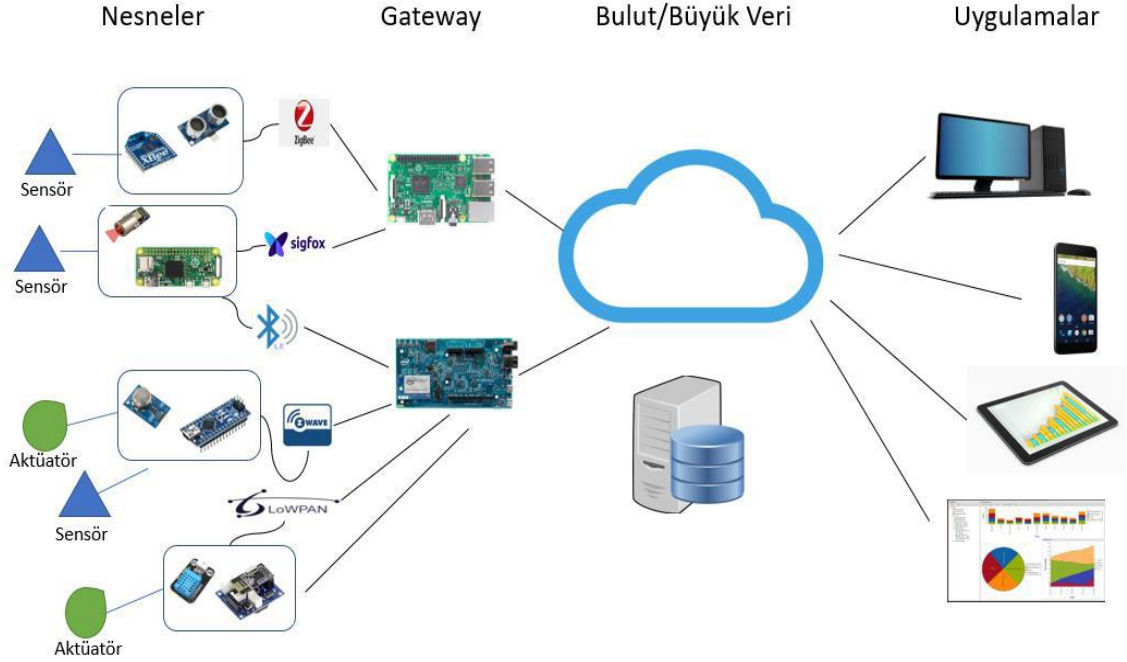
Peki hemen hemen her sektörde kullanılabilen ve bir çığ etkisiyle kullanım oranı artan nesnelerin interneti nedir? Nesnelerin interneti yani IoT, benzersiz şekilde adreslenebilen nesnelerin kendi aralarında oluşturdukları, evrensel yaygın bir ağ ve bu ağda bulunan nesnelerin belirli bir protokol yardımıyla aralarında iletişim halinde olmaları şeklinde tanımlanabilir. Nesnelerin interneti, insanların herhangi bir müdahalesine ve herhangi bir veri girişine gerek kalmadan cihazların, makinelerin yani üzerinden gömülü sistemler veya sensörler yardımıyla veri alınabilen bütün nesnelerin kendi aralarında veri iletişimde bulunduğu, veri topladığı ve toplamış olduğu veri ve bilgiler ışığında kararlar verdiği bir ağ yapısıdır [3].

Genel yapısı şekil 3.3'te gösterilen IoT sisteminin çalışmasını kısaca tarif edecek olursak, bir hareket meydana geldiğinde akıllı etiketler ve sensörler aracılığıyla bu hareket sisteme iletilir ve sistem bu harekete karşılık gelen tanımlanmış davranışı yapması için makinelere çeşitli komutlar gönderir. Örneğin, markette alışveriş yapan bir müşteri raftan bir adet sıvı yağ aldığı esnada rafta bulunan sensörler bu veriyi alarak sisteme gönderir. Sisteme gönderilen veriler, farklılık yaratan her bir durum için farklı şekilde tanımlanmış algoritmalara bağlı olarak işlemsel hale getirilip tedarik zincirinde bulunan bütün unsurlara farklı komutlar gönderebilir. Mesela malzeme tedarik edilen bir şirkete gönderilen komut, fabrikaya belirli miktarda malzemeyi göndermesi şeklinde olurken, fabrikada çalışan makinelerle üretim süreçlerini başlatması komutu gönderilebilir.

Endüstri 4.0 sürecinin başlamasından önce endüstriyel süreçler insandan insana (P2P) iken ilerleyen süreçte insandan makinelerle (P2M) şekline dönüşmüş, Endüstri 4.0 sürecinde ise nesnelerin interneti ile bu perspektifte teknolojiler kullanılarak makineden makineye (M2M) halini almıştır.

Günümüzde endüstriden askeri alana, eğitim ve sağlık uygulamalarından otomobil ve ev elektroniğine kadar birçok alana uzanmış olan nesnelerin interneti teknolojisinin bu kadar popüler olmasının nedenleri arasında; son yıllarda geliştirilen devre kartlarının daha küçük boyutlu, yüksek hızlı ve ucuz olması, bulut hizmetlerinin hızlı bir şekilde

yaygınlaşması, yeni algoritmalar geliştirilmesi, depo alanlarının, işlem gücünün, lisanslı ve lisanssız kablo iletişim servislerini artması gösterilebilir.



Şekil 3.3 Nesnelerin interneti genel yapısı

Sistem içerisinde bulunan her cihaz direkt olarak veya dolaylı yollarda birbirleriyle haberleşebilir, herhangi bir sistem ya da bir kullanıcı tarafından yönetilebilirler.

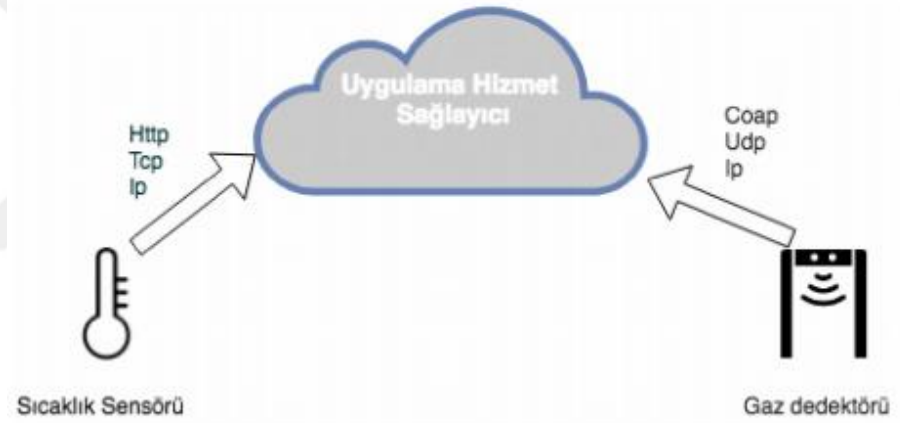
İnternet Mimarisi Kurulu (Internet Architecture Board-IAB) tarafından 2015 yılının mart ayında Iot ağında bulunan cihazların birbirlerine nasıl bağlandıkları ve nasıl iletişim kurdukları hakkında bir doküman yayımlanmıştır [21].

- **Cihazdan Cihaza İletişim (Device-to-Device Communication):** Herhangi bir sunucu ihtiyacı olmaksızın, iki veya daha fazla cihazın direkt bir şekilde birbirlerine bağlı ve iletişim halinde olmalarıdır. Bu iletişim modelinde cihazlar genellikle birbirleriyle iletişim kurmak için Bluetooth, Z-Wave, veya ZigBee iletişim teknolojilerinden yararlanırlar. Genellikle Şekil 3.4'te gösterildiği üzere ev otomasyonu gibi veri alışverişinin düşük olduğu uygulamalarda tercih edilir. Buradaki kritik konu kullanıcıların cihazlarını seçerken hangi protokollerle uyumlu çalıştığına dikkat ederek seçimlerini ona göre yapmalarıdır. Örneğin Bluetooth teknolojisi kullanarak haberleşen bir otomasyona yeni eklenecek bir cihaz ZigBee protokolünde haberleşme sağlayamaz [21].



Şekil 3. 4 Cihazdan cihaza iletişim modeli

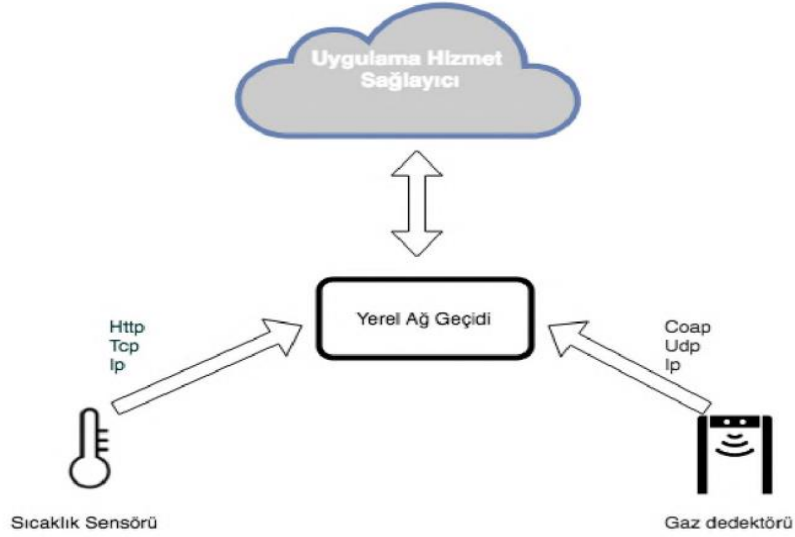
- **Cihaz Bulut İletişimi (Device to Cloud Communication)** : Bu modelde cihazlar, Şekil 3.5'te gösterildiği gibi direk bir şekilde bulut hizmet sağlayıcısına bağlanırlar. Cihazlar, kablolu (Ethernet) kablosuz (Wi-Fi) haberleşme teknolojilerinden yararlanılarak internete bağlanır ve bağlantı halinde oldukları bulut servisine kaydolup internet ortamında anlık kontrol edilebilir ve yönetilebilirler [21].



Şekil 3. 5 Cihaz bulut iletişim modeli

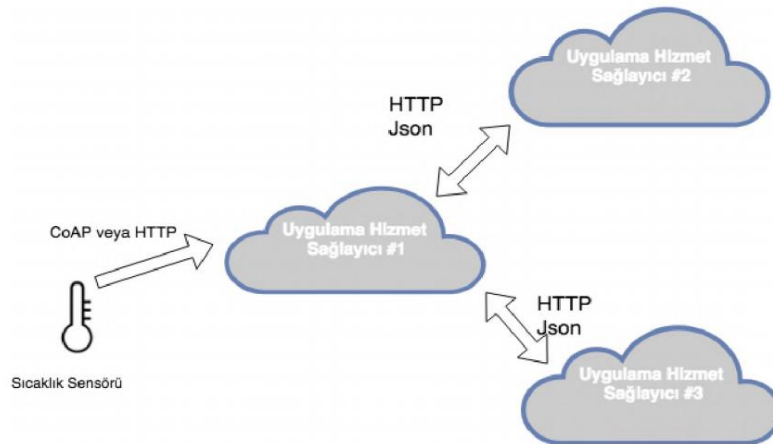
- **Cihaz Geçiş Yolu İletişimi (Device to Gateway Communicaton)** : Bu modelde, cihazlarla bulut servisi arasında Şekil 3.6'da gösterildiği gibi bir geçiş yolu (gateway) bulunmaktadır. Bu geçiş yolunu koymak, güvenliği sağlayıp fonksiyonelliğin artmasını sağlar. Cihazlar ile bulut servis arasında bulunan geçiş yolu aynı zamanda, cihazlar arasındaki iletişimi ve protokol dönüşümlerini de sağlamaktadır.

Çoğu zaman geçiş yolu bir akıllı cep telefonu olabilmektedir. Akıllı cep telefonunda çalışan bir uygulama, cihazlarla Bluetooth veya Wi-Fi ile haberleşerek elde edilen verileri bulut servislere yüklerler. Örneğin, kişisel sağlık takip uygulamaları, vb. [21].



Şekil 3. 6 Cihaz-ağ geçidi iletişim modeli

- **Arka-Uç Veri Paylaşım Modeli (Back-End Data-Sharing Model)** : Cihaz bulut iletişiminin bir uzantısı olan bu modelde, cihazlar farklı uygulama servisleri ile Şekil 3.7’de gösterildiği gibi direkt bir şekilde ya da dolaylı yollardan bağlantı kurarlar. Bu bağlantı modelinde cihazlar, farklı servislere veri gönderip bu verileri uygulama program ara yüzleriyle (API) paylaşabilmektedirler. Örnek olarak bir sağlık takip uygulaması düşünürsek farklı servislerin farklı kaynaklarından veriler toplanarak, yapılan analiz ve birleştirmeler sonucu bu verilerin sunumunun yapılması denilebilir. Arka-uç veri paylaşım modeli sayesinde servisler birbirleriyle yardımlaşarak çalışabilirler [21].



Şekil 3. 7 Arka uç veri paylaşı modeli

Nesnelerin interneti teknolojisi ile birlikte cihazların birbirleriyle sürekli bir iletişim halinde olması, her geçen saniye veri üretilmesine ve ortaya çok büyük miktarda bir verinin çıkmasına sebep olmuştur. Bu noktada artık bu verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi önemli bir hal almış, bu da büyük veri kavramının doğmasına neden olmuştur.

3.4.2 Büyük Veri

Endüstri 4.0'ın gelişiminde ve sistemlerin dönüşümünde önemli rol oynayan bileşenlerden biri hiç kuşkusuz “büyük veri” dir. Bundan önceki üç sanayi devrimine baktığımızda, gücü elinde tutmanın ve devrime yön vermenin en önemli göstergesi her zaman zengin hammadde kaynaklarını elinde bulundurmak olduğunu görebiliriz. Mevcut teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında çağımızın en önemli hammaddesi veridir diyebiliriz.

2003 senesinde Google tarafından temelleri atılan Büyük Veri kavramı, ilerleyen süreç içerisinde diğer şirketlerin açık kaynak kodlu yazılım araçları tarafından çoğaltılmıştır. Yani aslında büyük veri, üçüncü endüstri devrimi sürecinde kullanılmaya başlamış ve Endüstri 4.0 sürecinde hızlı bir gelişme sağlayarak bu sürecin başrolünde yer almış bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır [7].

Büyük bir işletme ortamında farklı robotik ve siber fiziksel sistemler ile internet istatistikleri vb. kaynaklar tarafından aynı anda toplanan veriler, akıllı ve bağlantılı nesneler vasıtasıyla sunucu merkezlerindeki veri depolarına iletilmektedir. İşte bir işletmedeki çok çeşitli kaynaklardan gelerek veri depolarına iletilen bu karışık ve yapılandırılmamış veri yığınlarına “Büyük Veri” denilmektedir. Karışık ve karmaşık yapıda bulunan bu veri yığınlarının ayıklanarak işlenmesi ve analizlerinin yapılması için “Analitikler” adında özel yazılımlar kullanılır. İnternet sunucu bilgisayarlara ait günlük kayıtlarını, internetteki istatistikleri, sensörlerden gelen ölçüm sonuçlarını, sosyal medya paylaşımlarını, bolgıları, fotoğrafları, ağ günlüklerini, videoları, sistem loglarını ve benzer yerlerden gelen verileri içinde bulunduran büyük veri; doğru seçilmiş yöntemlerle analiz edilip yorumlanırsa kurumların riskleri daha iyi yönetebilmelerine, stratejik kararlar alarak üretim alanında daha esnek olabilmelerine olanak sağlamaktadır [17].

Mevcut tanımların çoğunda “Büyük Veri”nin sadece boyutu ön planda tutulsa da aslında büyük veri, 4V kavramıyla ifade edilmektedir. Bu 4V’den birincisi “Volume” yani büyüklüktür. Verinin en çok bilinen özelliği olarak verinin miktarını tarif etmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte nesnelerin interneti kavramının hayatın her alanına yayılmasıyla artan veri yoğunluğu neticesinde ExaByte, ZettaByte gibi çok büyük değerler ile ifade edilmektedir. İkinci V, “Variety” yani çeşitlilik. Bu özellik verinin sosyal medya, mobil cihazlar, sensörler vb. gibi hangi kaynaktan elde edildiğini belirtmektedir. Üçüncü V, “Velocity” yani hızdır. Hızlı bir şekilde sağlanan yeni veri akışı eski verilerin çok seri bir şekilde işlenmesini gerektirmektedir. Örnek olarak kullandığımız araçlarda aktif olarak veri sağlayan 200 adet sensör varsa, bunlardan anlık olarak gelen veriler çok hızlı bir şekilde işlenerek bir sonraki işleme karar verilmelidir. 4V den sonuncusu ise “Value” yani kalitedir. Gelen verinin doğruluğunu ölçmekte olan önemli özelliklerden bir tanesidir. Bunlara ek olarak; Veracity (güvenilirlik), Variability (değişkenlik) ve Visulation (görselleştirme) da büyük verinin diğer karakteristikleri olarak geçmektedir. Farklı kaynaklarda bu özellikler 4V, 5V veya farklı şekillerde de ifade edilebilmektedir [20], [22].

Yukarıda belirtilen bu dört ana başlıktaki değişimler büyük veri kullanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Endüstri 4.0 içerisinde bulunan robotik sistemler ile siber fiziksel ürünlerin hemen hepsi makine verisi üreterek işlemlerine devam etmekte, veriler süratli bir şekilde birleşerek ortaya devasa bir veri yığını çıkmaktadır.

Hemen hemen her alanda hızlı bir değişim ve gelişim sürecinden geçtiğimiz şu günlerde müşterilerin beğeni ve beklentileri de sürekli değişmekte, işletmeler bu değişikliklere cevap verebilmek için birtakım stratejik kararlar almak zorunda kalmaktadır. Bu stratejik kararların mümkün olduğunca hızlı bir şekilde alınıp uygulamaya geçirilmesine imkân sağlayacak yeterli bilgiye sahip olmak işletmeler açısından son derece önemlidir. Müşteri beğeni ve beklentileri, ürünler, ürün özellikleri, ürünlere yüklenen fonksiyonlar, buna bağlı olarak üretim metotojileri ve tedarik zinciri yapıları dâhil bütün süreçlerin hızla evrildiği günümüzde işletmelerin rekabette geriye düşmemeleri ve bu değişimler karşısında hızlı bir şekilde aksiyon alabilmeleri için elde edilen verilerin sisteme transferi, işlenmesi ve kullanımının kabul edilebilir bir hızda olması gerekmektedir [9].

Endüstri 4.0 bundan önceki üç başlığı kendisi tamamlıyor ancak veriden elde edilecek değeri bizim tamamlamamız gerekiyor. Çok fazla çeşitlilik içerisinde hızlı bir şekilde ve yüksek hacimde elde edilen bu verilerden anlamlı bir bilgiye sahip olabilmek bu bilgilerden elde edilen doğru analizlerle modelleme yapabilmek işletmeler için hayati derecede önem taşımaktadır.

3.4.3 Bulut Bilişim

Bulut bilişim en basit anlamda, kurumların bilişim sistemlerinden bekledikleri uygulama, veri saklama, yedekleme, iletişim, işbirliği, bilgi işleme, geliştirme vb. hizmetlerin üçüncü taraflardan internet alt yapısını kullanarak yararlanabilmesi olarak tanımlanabilir.



Şekil 3. 8 Bulut bilişim

Bulut bilişim sistemleri sayesinde kullanıcılar, işletmelerde kullanılması gerekli olan uygulamaları kurum içerisindeki veri merkezleri yerine, servis sağlayıcılarında bulunan bilgisayarlar vasıtasıyla internet aracılığıyla istedikleri anlarda kullanabilmektedirler. Bu durum verilerin daha esnek ve daha ekonomik şekilde yönetilebilmelerini sağlamaktadır.

Bulut bilişim sistemlerinde birbirleriyle etkileşim içerisinde olan üç bileşen bulunmaktadır. Bunlar tüketici, servis sağlayıcı ve servis geliştiricilerdir. Tüketici; altyapı servisi, yazılım gibi servis sağlayıcılar tarafından sunulan altyapı servisi, yazılım vb. hizmetleri kullanan bireyler veya kuruluşlardır. Servis sağlayıcılar; servisin planlanmasını ve kurulumunu yaparak tüketiciye ulaştırılmasını sağlarlar. Servis sağlayıcılar tarafından sunulan servisler, yazılım (SaaS), platform (PaaS) ile altyapı (IaaS) servisleridir. Servis geliştiriciler tarafından hazırlanan uygulamalar altyapı, yazılım ve platform üzerine kuruludur. Servis geliştiriciler ise servis sağlayıcılarca sunulan servisleri alarak yepyeni uygulamalar veya servisler oluşmasını sağlarlar [23].

Bulut bilişim sistemleri, büyük depo alanları ile ileri seviye hesaplama olanakları tanıyan uygulamaları bünyesinde bulundurması, analizlerinin yapılabilmesi, güvenli bir şekilde saklanabilmesi gibi sebeplerden dolayı tüm altyapı ihtiyaçlarına yanıt verebilmektedir. Nesnelerin interneti aracılığıyla akıllı makinelerin birbirine entegre olması ve bunların da bulut bilişim hizmetiyle birlikte çalışması devrim olarak nitelendirilmektedir.

Akıllı telefonlar veya bilgisayarlar vasıtasıyla sunucularda bulunan veriye her zaman ve her yerden ulaşım imkânı sağlayan bulut bilişimin 4 farklı geliştirme modeli bulunmaktadır. Bunlar genel bulut (public cloud), özel bulut (private cloud), melez bulut (hybrid cloud) ve topluluk buluttur (community cloud). Genel bulut (public cloud), internet üzerindeki sunucularla kurulan bulut bilişim teknolojisidir. Orta ve küçük ölçekli firmaların kullandığı kadar ödeme yaptıkları modeldir. Özel bulut (private cloud), bilgileri çok önemli olan büyük ölçekli firmaların kullandığı bulut teknolojisidir. Melez Bulut (hybrid cloud), genel ve melez bulutun birleşmesiyle ortaya çıkan bulut teknolojisidir. Topluluk Bulut ise (community cloud) birkaç şirketin ortaklaşa kullandığı ve tüm topluluk üyelerinin verilere ulaşabildiği bulut teknolojisidir [24].

3.4.4 Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçekliğin başlangıcı bir sinematograf olan M.Heiling tarafından 1962 yılında "Sensoroma" adı verilen bir SG (Sanal Gerçeklik) cihazının prototofinin üretilerek patentinin alınmasına dayanmaktadır. Sensoroma bir sanal gerçeklik cihazı olmasına rağmen, sanal gerçeklik ile artırılmış gerçekliğin birbirlerine benzer cihazları

kullanmaları nedeniyle AG (Artırılmış Gerçeklik)'nin tarihçesi içinde çok önemli bir yer teşkil etmektedir [25].

İlerleyen süreçte farklı bilim adamları tarafından SG ve AG örnekleri geliştirilmeye devam edilmiştir. Günümüzdeki AG teknolojisine benzeyen ilk çalışma, bir elektrik fabrikasında elektrik kablolarının takılmasına rehberlik etmesi için 1992 yılında Tom Caudell tarafından tasarlanan AG uygulamasıdır [26].

Azuma, 1997 yılında yaptığı çalışma ile gerçekliğin sınırları ile içeriğini çizip niteliksel özelliklerini belirlemiştir. Artırılmış gerçekliğin tanımını ilk olarak Azuma (1997) yapmış ve gerçek dünyanın sanal nesneler ile bütünleştiği ve eş zamanlı etkileşimle kullanılabildiği gerçek teknoloji olarak ifade etmiştir. Başka bir ifadeyle, gerçek dünya görüntüsünün üzerine bilgisayar tarafından üretilen grafik, animasyon, ses, resim gibi sanal nesnelerin eklenerek eş zamanlı olarak birleştirilmesi ve etkileşim sağlanabilmesi olarak tanımlanabilir [27].

Günümüzde sanal gerçeklik ile artırılmış gerçeklik kavramları genellikle karıştırılmaktadır. Bu durum temel olarak artırılmış gerçekliğin, içerisinde sanal objeler barındırmasından kaynaklanmaktadır. Sanal gerçeklik, herhangi bir ortamın bilgisayarlar tarafından birebir benzerinin oluşturulmasıdır. Yani aslında sadece bilgisayar tarafından oluşturulan görsellikten ibarettir. Artırılmış gerçeklik ise gerçek dünyanın, bilgisayar teknolojisi kullanılıp sanal eklemeler yapılarak zenginleştirilmesidir. Yani aslında birisi yalnızca sanal ortamdan ibaretken diğeri sanal eklemeler yapılarak (ses, görüntü, grafik vb.) mevcut olan gerçekliğin artırılmasıdır, gerçekle sanal iç içe geçmiştir.



Şekil 3. 9 Artırılmış gerçeklik uygulaması

Artırılmış gerçekliğin ön plana çıkan avantajları arasında gerçek yer ve nesneleri zenginleştirilmesi, gerçek nesnelere derinlik anlam ve bilgi katması, günlük yaşamdaki deneyimleri derinleştirip gerçekliği yalnızca görünür nesnelerden ibaret olmaktan çıkarması, yaratıcılığı farklı bir boyuta taşımaya imkân tanınması, etkileşime ve kullanıcı deneyimine odaklanması, keşfetmeye açık, keyifli ve eğlenceli bir deneyim sunması ile kavramları somutlaştırarak anlamayı kolaylaştırıp öğrenme kalitesini artırması sayılabilir [28].

Artırılmış gerçeklik, tasarımcıların işlemlerini tamamlamadan önce tasarlamak üzere oldukları işleyişi test etme olanağı sağlamaktadırlar. Örneğin, Volkswagen firması öngörülebilir ve gerçek çarpışma testlerini artırılmış gerçeklik uygulaması kullanarak yapmaktadır. Bunun yanında artırılmış gerçeklik, endüstride montaj hatlarının iyileştirilmesinde ve birden çok katmana sahip büyük makinelerin bakım aşamalarının kolaylaştırılmasında kullanılmaktadır. Yeni bir teknoloji olmasına rağmen çok kısa sürede rağbet gören artırılmış gerçeklik uygulamaları, her ne kadar içinde bulunduğumuz dönemde gelişimini tamamlayamamış olsa da, gelecek dönemlerde şirketler bu teknolojiyi daha yoğun olarak kullanacaklardır [4].

3.4.5 Otonom Robotlar

Geçmişten günümüze doğru bakacak olursak robotlarla ilgili birçok çalışma yapıldığını rahatlıkla görebiliriz. Bunlardan ilki, 12. yy da El-Ceziri tarafından yapılan çalışma olarak

kayıtlara geçmiştir. Fakat günümüzde kullanılan robot terimi, 1921 senesinde kaleme alınan 'Rossum's Universal Robots' isimli tiyatro oyununda ilk kez geçerek literatüre girmiş, bundan sonraki süreçte 1940'lı yıllarda otomatik olarak kontrol edilen boya makinesi ve endüstriyel robotların farklı çeşitleri geliştirilerek endüstride kullanılmaya başlanmıştır. 20. yüzyılın ikinci yarısında otomasyon, elektronik ve haberleşme teknolojilerinin hızla gelişmesi robot teknolojisini de etkilemiş, özellikle yapay zekâ teknolojisinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle robotlar akıllı hale gelmeye başlamıştır. Hiçbir insan müdahalesi olmadan kendi kendine karar alıp bu kararlar doğrultusunda eyleme geçen ve 'Elmer ve Elsie' olarak adlandırılan ilk otonom robotlar, William Gray Walter adlı bilim insanı tarafından İngiltere'ye bağlı Brisol şehrinde bulunan Burden Norolojik Enstitüsünde geliştirilmiştir [29].



Şekil 3. 10 Otonom robot örneği

Bu dönemde üretilen robotlar tamamiyle insan faktörüne dayanmakta olup operatör yardımı olmadan hiçbir işlem yapamamalarına rağmen kaynak, montaj vb. farklı üretim alanlarında önemli bir verim ve performans artışı sağlamışlardır. Bunların diğer endüstriyel alanlara nasıl entegre edilebileceği konusunda yapılan kapsamlı çalışmalar sonucu, zamanla vasıf aranmayan çok sayıda endüstriyel faaliyet insanlardan robotlara

devredilmiştir. İşlerini robotlara devreden insanlar artık bu robotların bakımından programlanmasına kadar farklı görevler üstlenmeye başlamışlardır. Günümüze gelene kadar yüksek risk ihtiva eden komplike işlerde operatörler tarafından yönetilmeye devam eden robotlar artık günümüzde yapay zekanın da etkisiyle insani özellikler kazanmış, veri depolama, analiz ve algılama konularında daha yetenekli hale gelmişlerdir [9], [29].

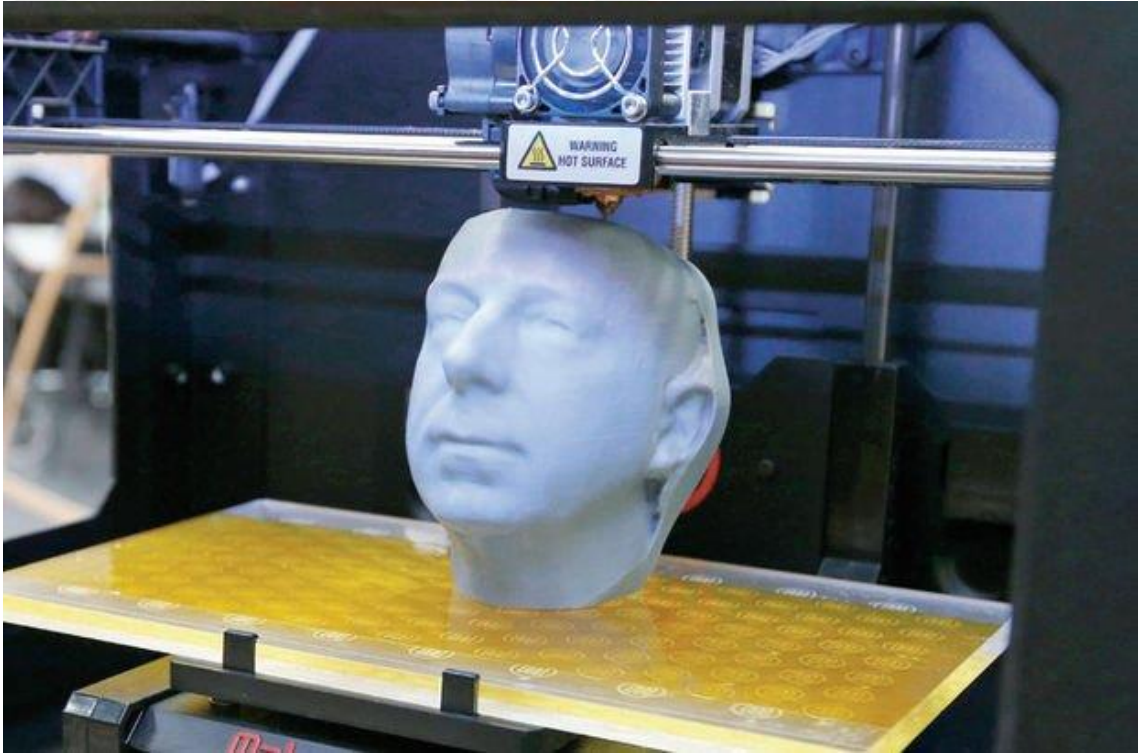
Bir robota otonom robot diyebilmemiz için görmesi, düşünmesi ve harekete geçebilmesi gerekmektedir. Genel olarak bu üç işlevden herhangi birini yerine getiremeyen bir robot otonom robot olarak tanımlanamaz. Nasıl ki insanlar önlerine çıkan engelleri gözleri ile tespit edip bu engellere çarpmadan yollarına devam ediyorlarsa, robotlar da aynı şekilde etraflarında bulunan nesnelerin ısı, ışık, gerilim, manyetizma, akım, hız vb. fiziksel büyüklüklerini sensörleri ile algılayarak, elektriksel sinyallere dönüştürüp elektronik karar mekanizmasına göndererek yazılım desteği ile bu elektriksel sinyallerin değerlerine göre mekanik sistemlerin nasıl hareket etmesi gerektiğine karar vermektedirler. Sensörleri bulunmayan bir robotun mantıklı bir şekilde hareket edebilmesi mümkün değildir. Sensörlerden gelen verileri alarak karşısına çıkan bir engeli tespit eden robot bu aşamada nasıl hareket edeceğini düşünmeye başlar. Görme ve düşünme işlemlerinden sonra son olarak bir robot, tekerlekleri veya entegre olmuş parçaları aracılığıyla harekete geçmelidir [30].

Nesnelerin interneti, yapay zekâ, algılama sistemleri gibi teknolojilerle donatılan robotlar, insanlar ve operatörler olmaksızın kendi başlarına üretim faaliyetlerinde bulunmaya başlamış, bu durumda fabrikalarda insandan kaynaklı hatalar önemli miktarda azalmış ve üretimde daha standart bir durum oluşmuştur.

Müşterilerden gelen işlenmemiş tüm veriler bulut sistemlerinde depolanıp burda ayıklandıktan sonra analizleri yapılarak siber fiziksel sistemler tarafından otomatik bir şekilde robotlara iletilmekte, robotlar ise herhangi bir insan ve operatör müdahalesi olmaksızın hangi üründen ne kadar üretilmesi gerekiyorsa üretimi bu şekilde başlatmaktadırlar.

3.4.6 3D Yazıcılar

3D Yazıcılar, üç boyutlu olarak sanal ortamda tasarlanan ürünleri, bir malzemenin plastik veya sıvı reçine gibi üst üste eklenmesi yöntemiyle üç boyutlu cisimlere dönüşmesini sağlayan makinelerdir. 3D Yazıcılar henüz gelişim sürecinde olmakla birlikte şu andaki eksik yanı olan üretim hızlarında artış sağlanması halinde üretim sistemlerinde devrim sağlayacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0'ın CNC makinesi olarak da tanımlayabileceğimiz 3D Yazıcılar, bilgisayar ortamında tasarlanan ürünlerin istendiği zaman istendiği kadar üretiminin sağlanabileceğinden, endüstrilerin bu zamana kadar gerçekleştirmek için çaba harcadıkları sıfır stok anlayışını mümkün hale getirebileceklerdir [9].



Şekil 3. 11 3D yazıcı örneği

3D Yazıcı teknolojisinin gelişmesi ile çoğaltılması istenen nesnenin fotoğrafının çekilerek nesneye ait parametrelerin elektronik ortama otomatik olarak gelmesiyle tasarımcılar tarafında yapılabilecek hatalar da minimuma indirilecektir. Böylece gerçek dünya ile uyumlu ürünler ortaya çıkarılacak, hatta bu ürünler üzerinde elektronik ortamda yapılacak düzenlemeler ile şekil, renk vb. parametreler biçimlendirilebilecektir.

Şekil 3.12’de gösterildiği gibi üretimin kalıp ve model ihtiyacı duymadan kat kat malzeme ekleyerek gerçekleşmesi sebebiyle katmanlı üretim teknolojisi olarak da tanımlanan bu teknoloji sayesinde ekstra maliyet olmadan değişiklikler yapılabilecek, tasarımda pek çok sınır ortadan kalkacak ve hayata geçmesi zor görünen birçok geometrik yapı ürün haline getirilebilecektir [31].



Şekil 3. 12 Katmanlı üretim

3D Yazıcı teknolojisinin devrim niteliğinde olmasının sebepleri arasında, ürün geliştirmenin daha az maliyetle yapılacak olması, az miktarda ürün ihtiyacı için kalıp yapmadan üretim yapılabilmesi, tasarım ile imalat arasındaki sürecin ortadan kaldırılarak tasarım aşamasından hemen üretim aşamasına geçilebilmesine olanak sağlaması, kalıp teknolojisi ile üretilemeyen karmaşık ürünlerin bile üretilebilecek olması ve herkesin 3D yazıcısı ile evinde veya ofisinde imalat alanı kurabilecek olması sayılabilir.

3.4.7 Simülasyon

Simülasyon, tasarı aşamasında olan bir uygulamaya ait sebep ve sonuç ilişkilerini bilgisayar aracılığıyla önceden modellemek suretiyle tasarlanan modellerin farklı değişkenler altındaki davranış ve sonuçlarını gözlemleyip en uygun tasarıma karar verilmesi için kullanılan bir sistemdir.

Endüstriyel tesislerde problemsiz bir üretim hattının kurulup uzun süre işletilebilmesi için ihtiyaç analizinin çok iyi yapılması gerekmektedir. Doğru planlamaların yapılarak problemsiz bir üretim hattının kurulabilmesi için, proje aşamasında simülasyon programı kullanarak tasarlanan sistemlerin çalışma şekillerini önceden görme şansı

yakalanmış olur. Böylece sistem kurulmadan önce gerekli revizyonların yapılabilmesine olanak sağlanır. İmalat esnasında karşısına çıkabilecek sorunları önceden görüp gerekli düzenlemeleri yapan işletmeler, zaman, işçilik ve malzeme kayıplarını en aza indirerek rekabet ortamında bir adım öne geçme şansı yakalarlar.

Yani aslında simülasyon ile gerçek zamanlı verilerin kullanılmasıyla sanal olarak modellenen dijital bir fabrikanın sistemi test edilmiş ve optimizasyonu sağlanmış olur.

3.4.8 Siber Güvenlik

Nesnelerin birbirleriyle haberleşmesinde, yeni ve eski cihazların güvenli ve sorunsuz bir şekilde birbirlerine bağlanması önemli bir faktördür. Bu konuda yaşanabilecek olası sorunlar bilgi güvenliği ihlallerine yol açar ve bu durum tüm üretimin aksamasına sebep olabilir. Endüstri 4.0'da veriler yalnızca yetkili kişilere açılmakta olup bu durum veri kaynaklarının ve bütünlüğünün doğrulamasını önemli hale getirmektedir. Endüstrideki bütün cihazların erişim kaynaklarının katı güvenlik önlemleriyle korunması gerekmektedir. Her bir işletme için hayati değer taşıyan bu bilgileri bulut ortamında saklamak, bu bilgilere uzaktan erişim sağlama yöntemi günümüzde fazlasıyla önemli bir hal almıştır. Bu imkânların sürdürülebilir olması için güvenlik konusu üst noktada dikkate alınmalıdır [32].

Siber güvenlik, kurum içinden ya da dışından gelebilecek bütün siber tehditler ya da siber saldırılarla mücadelenin yanında, bilgi ve iletişim teknolojilerinde bulunan, sistem yöneticileri, kullanıcı ya da üreticilerin yapmış oldukları hatalardan kaynaklı güvenlik risklerini minimuma indirmeyi amaçlamaktadır. Siber savunma ise, düşmanın herhangi bir saldırısı sırasında, elektronik ve bilgi sistemlerine siber uzayda yapılması muhtemel tehdit ve saldırıların olumsuz tüm etkilerinin önlenmesi ve sistemlerin devamlılığının sağlanması için alınması gereken tedbirlerin bütünü olarak tanımlanmaktadır [4].

Siber güvenlik; ağ güvenliği, veri güvenliği, uç nokta ve kullanıcı güvenliği, kimlik ve erişim güvenliği, uygulama güvenliği, güvenlik yönetimi, sanallaştırma ve bulut güvenliği gibi her biri farklı uzmanlık dalı olan başlıklar altında sınıflandırılır. Siber güvenlik ihtiyacı iki farklı aşamada çözülür. Birincisi, akıllı ve bağlantılı nesneler kendi mahremiyetlerini ve güvenliklerini sağlamaktan sorumludur ki bu sorumluluk nesnenin

geliştiricisi tarafından sağlanır. İkincisi ise ağı ve ağda bulunan nesnelerin yazılımsal ve donanımsal olarak bir bütün halinde güvenliğinin sağlanmasıdır [33].

Huxtablea ve Schaefera (2016) yaptıkları çalışmalarda üretim endüstrisine yoğunlaşmış, işletmelerin siber saldırılar hususunda dikkat etmesi gereken unsurları aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- İşletmeler tarafından siber güvenlik stratejilerine önem vermesi,
- Siber saldırıları önleyebilmek için risk yönetiminin oluşturulması,
- Siber tehditlerin izlenebilmesini ve algılanabilmesini sağlayan yazılım ve donanımların işletmelerce sağlanması,
- Siber saldırılar sonrasında hasarların sınırlandırılıp daha fazla saldırının önlenmesi için siber olay tepkisinin verilmesi,
- Gerçekleşebilecek saldırı ihtimalini azaltmak için işletmede gerekli eğitimlerin verilmesi,
- İşletme tarafından siber güvenlik paketlerinin satın alınmasıdır [34], [35].

3.4.9 Yatay-Dikey Yazılım Entegrasyonu

Yatay entegrasyon, müşteri tipleri birbirinin aynısı olan farklı işletmeler arasındaki entegrasyondur. Genellikle pazarda müşteri portföyü düşük olan yeni şirketler tarafından tercih edilen yatay entegrasyonda asıl amaç, birleşmenin etkisiyle şirketlerin pazar paylarını artırmaktır [36].

Şirketlerin yatay entegrasyon sistemine dahil olmasının sebepleri, belirsizlikleri minimize etmek, pazarlama maliyetlerini düşürmek, Ar-Ge faaliyetlerine ağırlık vererek rekabet etme güçlerini ve piyasa değerlerini artırmaktır. Bu sistemdeki en büyük risk tekelleşmedir. Fakat şirketler 1990'lı yıllardan beri şirketler genellikle tekelleşmenin yerine milli ve uluslararası piyasalarda pazar paylarını artırmak ve ucuz hammadde bulmayı tercih etmektedirler [37].

Dikey entegrasyon ise, aynı pazara ait birbirinden farklı alt sektörel kolları müşteri olan şirketlerin birleşme şeklidir. Geriye doğru, ileriye doğru ve dengeli dikey dikey

entegrasyon olarak üç farklı çeşidi bulunmaktadır. Geriye doğru entegrasyon, girdi kaynaklarına yönelik gerçekleşen entegrasyonu; ileriye doğru entegrasyon, üretmiş oldukları ürünleri son tüketiciye bir adım daha yaklaştıran büyümeyi; dengeli entegrasyon ise çok nadir olarak görülen ve firmaların hem girdi kaynakları hem de pazarlama kısımlarının birleşmesini ifade eder [38].

Dikey entegrasyona örnek olarak otomobil üreticisi bir firmanın direksiyon üreticisiyle birleşmesi örnek olarak gösterilebilir.

Yatay ve dikey entegrasyonlar vasıtasıyla kaynak verimliliğinde artış sağlanır, Endüstri 4.0 sayesinde üretimde meydana gelen değişikliklere ivedi bir şekilde adapte olunması sağlanır, tedarik zincirlerinden maksimum verim alınması sağlanır ve müşteriye özel üretim kolaylaşır yani esneklik sağlanır.

TÜRKİYE'DE MEVCUT DURUM

4.1 İmalat Sanayi

2017 verilerine göre imalat sanayinin GSYH'deki payı % 17,5'tir. Bu sanayinin toplam ihracattaki payı ise % 93,7'dir. İmalat sanayisinde ihracat alanındaki yüksek teknolojlili ürünlerin payı %3,9 olarak belirlenmiştir. Türkiye dünya ihracatında %0,97'lik pay ile yerini almıştır. 2016 verilerine bakıldığında 3,7 milyon kişi ile % 13,6 oranında toplam istihdam oluştuğu görülmektedir. Bu oran % 24,4 olan dünya ortalamasının oldukça altında kalmıştır. 2016 yılında açıklanan küresel imalat rekabetçilik endeksine bakıldığında Türkiye'nin 16. sırada yer aldığı görülmektedir. Türkiye'nin rekabetçi konumunun daha iyi bir yere ulaşması ve dünya ihracatında payını artırabilmesi için üretim ve ihracatımızın yüksek katma değere sahip olması, bunun yanında teknolojik bir yapıda ilerlemesi gerekmektedir. KOBİ'lerin de gelişebilmesi için imalat sanayinin yapısal olarak dönüşüme ihtiyacı vardır. Türkiye ekonomisinin, dünyanın ilk 10 büyük ekonomisinden biri olabilmesi ve Ar-Ge alanında yapılan harcamalarının GSYH'deki oranının %1 seviyesinden %3 seviyesine çıkarılabilmesinde başlıca araçlardan biri dijitalleşme olacaktır. Dijitalleşme faaliyetlerinin ekonomik katma değer sağlayabilmesi için imalat sanayisinin nitelikli bir yapıda olması gerekmektedir [39].

4.2 Girişimcilik ve Kobiler

2016 verilerine göre Türkiye'deki toplam girişimlerin %99,1'i ve toplam istihdamın da %54,5'i KOBİ'lerden oluşmaktadır. Ülke ekonomisi içerisinde çok önemli bir yere sahip olan KOBİ'ler yatırımların %55'ini, katma değer %53,5'ini ve ihracatın %55,1'ini

karşılacaktır. Dijitalleşme, KOBİ'lerin rekabet edebilirliği ile vasıflı işgücü ve finansmana olan ihtiyacını artıracaktır. Türkiye'nin dünya ihracatındaki payının artırılması ve daha rekabetçi bir konuma gelebilmesi, üretimimizin ve ihracatımızın katma değeri yüksek ve teknolojik bir yapıya getirilebilmesi ve KOBİ'lerin üretim ve yönetim yapılarında gelişme sağlanabilmesi için imalat sanayisinde kökten bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır [39].

4.3 Organize Sanayi Bölgeleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri

Türkiye'de imalat sanayisinde faaliyet halinde olan KOBİ'lerin büyük bir bölümü organize sanayi bölgelerinde, Ar-Ge ve teknoloji alanlarında faaliyet gösteren firmaların önemli bölümü ise teknoloji geliştirme bölgelerinde yer almaktadır. Bu iki planlı bölge KOBİ'lere altyapının yanında destekleyici başka hizmetler de sunmaktadır ve sayılarında önemli artışlar yaşanmaktadır. Ülkemize özgü bir model olan organize sanayi bölgeleri kentleşme ve sanayileşmenin en önemli politika araçlarından. Gerekli olan altyapıyı ve yatırım yerini girişimcilere sunma görevi olan OSB'lerin sayıları son yıllarda büyük artış göstermiş, ilan edilen 312 OSB'nin 2017 yılı sonunda 177 tanesi tamamlanmıştır. Bu 177 bölgede 50 binden fazla firma faaliyet göstermektedir ve bu firmalarda 1,7 milyonun üzerinde istihdam sağlanmaktadır. Verimliliğe dayalı ekonomiden, dijitalleşmeye ve yenilikçiliğe dayalı ekonomik sisteme geçiş sürecinde organize sanayi bölgeleri ile bu bölgelerde faaliyet halindeki işletmelerin ihtiyaç ve önceliklerinde de değişiklikler yaşanmaktadır. Küresel pazarlama, dijitalleşme ve Ar-Ge gibi alanlar öncelikli hale gelmiştir. Bu bağlamda OSB'lerin dijitalleşmeyle beraber yeniden yapılandırılması, dijital kapasitelerinin ve verimliliklerinin artırılması gerekmektedir. Son yıllarda teknoloji geliştirme bölgelerinde önemli bir artış olmuş, aktif TGB sayısı 56'ya yükselmiştir. Buralarda faaliyet halinde olan 4.916 işletme bulunmaktadır. Bu işletmeler 57,8 milyar satış yapmıştır ve 3,4 milyar dolar ihracata katkı sunmuştur. Ar-Ge çalışmalarında görevli 37.525 personel toplam personelin büyük bölümünü oluşturmaktadır. Ayrıca TGB'lerde 27.749 proje tamamlanmış ve 8.316 adet proje devam etmektedir. Teknoloji Geliştirme Bölgelerindeki işletmelere sektörel olarak bakacak olursak iletişim, yazılım ve bilgisayar sektörlerinin ön plana çıktığını görebiliriz. Bu bölgelerdeki özellikle dijital teknolojiler alanında proje yürüten

şirketlerin dağılımı Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekilde gösterilen firma sayılarına göre yapay zekâ, büyük veri ve ileri analitik ile sanallaştırmanın ön plana çıktığı görülmektedir [39].



	TGB Firma Sayısı
Yapay Zeka	94
Büyük veri ve ileri analitik	70
Sanallaştırma (artırılmış/sanal gerçeklik)	62
Bulut Bilişim	46
Nesnelerin interneti	27
Siber Güvenlik	22
Endüstriyel Otomasyon ve Robotik Teknolojiler	13
Yeni nesil (akıllı) sensör teknolojileri	13
Eklemeli imalat	7
Toplam	354*

Şekil 4. 1 TGB’lerdeki işletmelerde yürütülen dijital teknoloji projelerinin dağılımı

4.4 Ar-Ge Merkezleri

Türkiye sanayisinin modern, rekabetçi ve üretim kapasitesi daha da yüksek bir şekle bürünebilmesi için Ar-Ge faaliyetleri son derece önem arz etmektedir. Ar-Ge Merkezleri sanayimizin araştırma, geliştirme ve yenilikçilik alanlarındaki ihtiyaçlarını karşılamak için çalışmalar yürütmekte olup, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca desteklenmektedir. Bu merkezler, sanayi alanında yaşamakta olduğumuz dijital dönüşüm sürecinde gereksinim duyulan teknolojilerin geliştirilip kullanıma sokulması aşamasında ön plana çıkan en kritik yapılardandır. Ülkemizde toplamda 893 adet Ar-Ge Merkezi bulunmakta olup bu merkezlerde yaklaşık olarak 47.000 personel çalışmaktadır. İstanbul, Kocaeli, Bursa, Ankara ve İzmir sırasıyla en çok Ar-Ge Merkezine sahip olan illerdir. Ar-Ge Merkezlerinin %23’ü yazılım, bilgi ve iletişim teknolojileri ile elektronik sektörlerinde faaliyet göstermektedir. Ar-Ge Merkezlerinde bilgi ve iletişim, yazılım gibi dijital teknoloji alanlarında proje faaliyeti gösteren işletmelerin dağılımı Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi bu Ar-Ge Merkezlerinin

en fazla büyük veri, ileri analitik, nesnelerin interneti, yapay zekâ ve artırılmış gerçeklik alanlarında projeler yürütmektedirler [39].



	Ar-Ge Merkezi Sayısı
Yapay Zeka	22
Büyük veri ve ileri analitik	32
Sanallaştırma (artırılmış/sanal gerçeklik)	15
Bulut Bilişim	8
Nesnelerin interneti	15
Siber Güvenlik	4
Endüstriyel Otomasyon ve Robotik Teknolojiler	7
Yeni nesil (akıllı) sensör teknolojileri	8
Ekleme imalat	14
Toplam	125*

Şekil 4. 2 Ar-Ge Merkezlerinde yürütülen dijital teknoloji projelerinin dağılımı

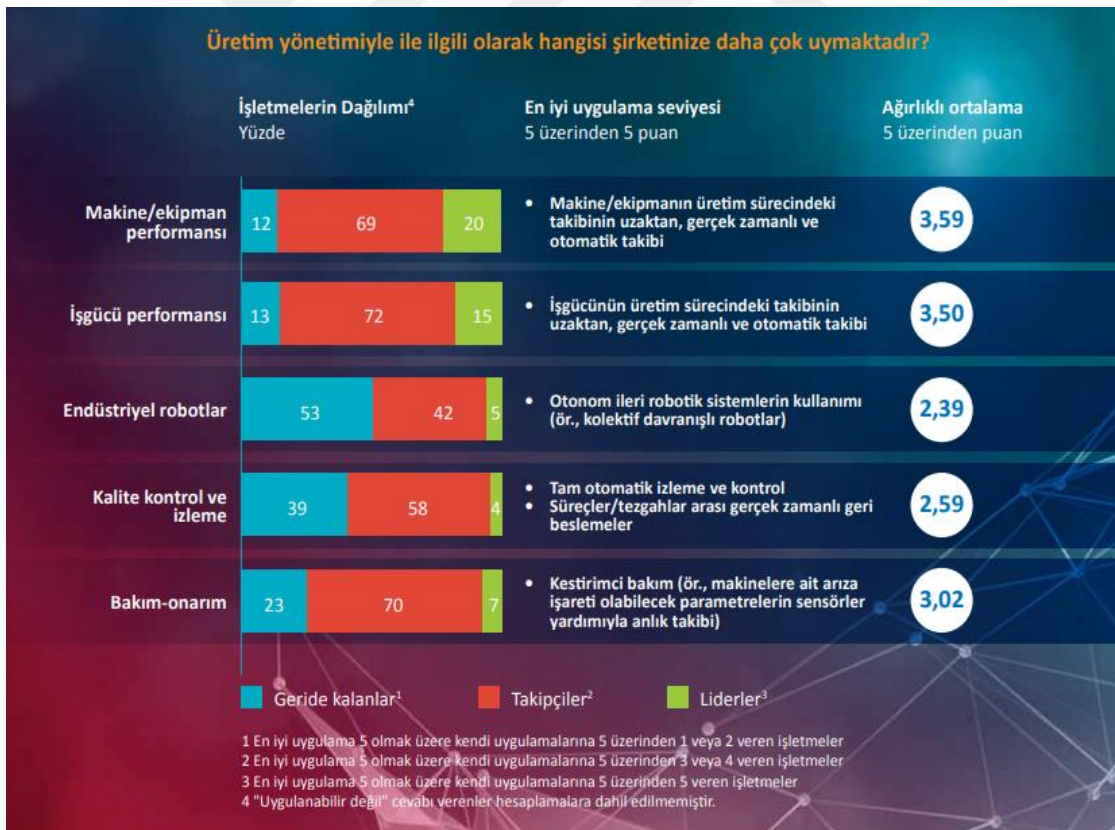
4.5 Anket Çalışmaları

İmalat sanayisinin mevcut durumunu ortaya koyup dijital dönüşüm kapsamında atılacak adımları ve yol haritasını çıkarmak amacıyla T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından bir anket çalışması yapılmıştır. Binden fazla işletmeye gönderilen dijitalleşme anketine 250 işletme katılım sağlamıştır (144'ü kullanıcı, 106'sı ise tedarikçi) [39].

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Anket sonuçlarına göre, şirketlerin % 50'si ürün geliştirme alanında Ar-Ge yazılımları kullanmakta fakat bu oran 3D yazıcılarda 1/3 oranına düşmektedir. Ürün geliştirme alanında ileri analitik yöntemleri en az kullanılan teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Kullanıcılar talep tahmini, tedarik ve üretim planlaması uygulamalarına önem vermekte (geride kalan oranları %20-25) ancak en iyi dijital uygulamalarda henüz çok fazla varlık gösterememektedir (en iyi uygulama oranları %4-6).

- Anket sonuçlarına göre şirketlerin değer zincirindeki en zayıf oldukları nokta tedarik zinciri ve lojistiklerdir. Şirketlerde stok takipleri sistemli bir şekilde yapılmasına rağmen dijital uygulamalar konusunda geri kalmışlardır.
- Türkiye’de imalat sanayisinde makine ve işgücünün takibine çok fazla önem verilmektedir. Bu durum, uzaktan izlemeyle anlık veri takibi ve geri bildirimleri olarak verimlilik artışı potansiyelini gözler önüne sermektedir.
- İşletmelerin endüstriyel robotlardan yararlanma oranları çok düşüktür (Yalnızca %4,8’i gelişmiş robot sistemleri kullanmakta, yarıdan fazlası ise robotları işletmelerinde hiç kullanmamaktadır). Bu durum ülkemizde yüksek bir otomasyon potansiyelinin açıkta olduğunu göstermektedir.
- İşletmelerde kestirimci bakım ve kalite kontrol konularında nesnelerin internetinden ve ileri analitik yöntemlerinden yeterince yararlanılamadığı görülmüştür. Kestirimci bakım uygulayan şirket oranı yalnızca %6’dır.



Şekil 4. 3 İşletmelerin üretimde dijital teknoloji kullanım durumları

- Yapılan bu anket çalışmasına satış ve pazarlama yönüyle bakıldığında, CMR uygulaması tüm uygulamalar arasından en fazla lider şirket içeren uygulama olarak görülmüştür. “CRM müşteriyle temasın olduğu her aşamadan elde edilen müşteri bilgilerini içerir; ileri analitik kullanılmak suretiyle satış ekibi yönetimi, müşterinin tanınması, müşteriye özel ürün/fiyat teklifi, talep tahmini gibi fonksiyonları besler” seviyesini yakaladığını ifade eden kullanıcıların oranı %23,7’dir.
- Ankete göre imalat sanayisinde faaliyet göstermekte olan işletmelerin %42’si dijital pazarlama yapmamakta veya çok temel düzeyde yapmaktadır.
- İmalat sanayisinde faaliyet göstermekte olan işletmelerin önemli bir bölümünün müşterilerine ürün kataloglarına erişme, görüş ve şikâyetlerini bildirme gibi temel dijital işlevsellikleri sunmuş olmalarına rağmen; bu işletmelerin yapay zekâ içeren sanal yardımcılar, anlık kişiye özel promosyon veya teklif verme gibi dijital pazarlama ve müşteri ilişkileri yönetimi açısından ileri uygulama olarak kabul edilen dijital teknolojileri kullanmadıkları görülmektedir.
- Ankete katılmış olan 144 imalat sanayisi işletmesinden 60’ı, satış sonrasında herhangi bir hizmetlerinin olmadığını belirtmişlerdir. Ülkemizde en yaygın satış sonrası hizmeti olan uzaktan bakım hizmeti veren şirketlerin çoğu makine ve teçhizat sektöründedir. Uzaktan bakım dışında ise satış sonrası hizmetlerinde dijital teknoloji kullanım oranı oldukça düşüktür [39].

2016 yılının Haziran ayında TÜBİTAK tarafından yaptırılan ankete göre (ilgili teknolojik alanlarda TÜBİTAK’tan Ar-Ge desteği almış olan yaklaşık 1000 özel sektör kuruluşuna yaptırılan):

- Firmaların yalnızca % 22’si Endüstri 4.0 konusunda kapsamlı bilgiye sahiptir.
- Farkındalığı en yüksek 3 sektör: Elektronik, Yazılım ve Malzeme sektörleridir.
- Firmaların % 50’sinin önümüzdeki 3-5 yıl içerisinde ilgili teknolojileri entegre etme stratejileri bulunmaktadır.
- Dijital olgunluk seviyesi en yüksek 3 sektör: Malzeme (Kauçuk ve Plastik), Bilgisayarlar, Elektronik ve Optik Ürünler ile Otomotiv ve Beyaz Eşya Yan Sanayiidir.

- En Çok Katma Değer Sağlayacağı Değerlendirilen 3 Teknoloji: Otomasyon ve Kontrol Sistemleri, İleri Robotik Sistemler ile Eklemeli İmalattır.
- Katma Değerin En Yüksek Olacağı Değerlendirilen 3 Sektör: Makine ve Ekipman, Bilgisayarlar, Elektronik ve Optik Ürünler ile Otomotiv ve Beyaz Eşya Yan Sanayiidir [39].



TÜRKİYE’DE SEKTÖREL BAZLI RAPORLAR

TÜRKONFER ve SEDEFED ortaklığında Türkiye ekonomisinin öncü sektörleri olduğu kabul edilen otomotiv, tarım ve tekstil sektörlerindeki dijitalleşme yol haritasını gösteren Dijital Anadolu 2: Sektör Bazlı Dönüşüm Yol Haritası Raporu’nda yapılan anket çıktılarına göre, Türkiye’de Endüstri 4.0’a en yakın olan sektör otomotiv olarak açıklanmıştır. Anket 191 firmayla, üç ayrı şehirdeki çalıştay sonuçları ve 47 farklı şirket ile yapılmıştır. Rapora göre tekstil, teknik altyapı, akıllı üretim ve insan organizasyonunda Endüstri 2.5 düzeyine yaklaşırken, seracılık ise akıllı üretim ve organizasyonda Endüstri 2.0’ın biraz üzerinde yer almıştır. Raporda sunulan politika önerileri arasında sektörel yatay ve dikey işbirliklerinin kalitesinin artırılması, sektörel verimliliğin artırabilmesi için kamu kurumlarından sektörel topluluklar ve üniversitelere kadar tüm taraflar arasında diyalog başlatılması ile özellikle KOBİ’lerin Ar-Ge ve inovasyona yatırım yapabilmelerinin önündeki engellerin aşılması adına ekosistem işbirlikleri yapılması bulunmaktadır [40].

Endüstri 4.0’ın genel felsefesini, Türkiye açısından potansiyelini tartışmak ve üzerinde düşünmeye başlamak amacıyla TÜSİAD VE BCG’nin ortak olarak yaptıkları bir çalışmada pilot olarak altı farklı sektör seçilmiş ve bu sektörlerden 25 imalat şirketiyle görüşmeler yapılmıştır. Bu altı sektör belirlenirken öncelikli olarak kamu kurumları tarafından hazırlanmış olan politika belgelerinde bulunan endüstri sektörleri değerlendirilmiştir. Bunun dışında Endüstri 4.0 dönüşümündeki yetkinlik alanları, istihdam boyutu, teknoloji perspektifi, tedarik zinciri içindeki rol ve iktisadi büyüklük gibi unsurları da

içeren çeşitli sosyo-ekonomik değerlendirmeler sonucu belirlenen bu altı pilot sektörler Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

- Otomotiv ve otomotiv yan sanayi
- Beyaz eşya
- Makine
- Gıda ve içecek
- Tekstil
- Kimya olacak şekilde belirlenmiştir [41].

Detaylı araştırma için altı sanayi sektörü Türkiye ekonomisine katkılarına göre pilot olarak seçildi

6 sanayi	Katma değerde pay	İstihdamda pay	Toplam faktör verimliliğinde artış	İhracatın ithalata oranı	İhracatın ithalatı karşılama oranı
 Otomotiv	12 %	6 %	7 %	0.9	0.9
 Beyaz Eşya	3 %	1 %	9 %	0.9	0.7
 Makine sistemleri	5 %	5 %	5 %	0.9	0.6
 Tekstil	8 %	13 %	-0.5 %	1	2.4
 Gıda & Tarım	10%	12 %	-4 %	0.9	1.9
 Kimyasallar	5 %	2 %	1 %	1	0.2

Şekil 5. 1 Pilot Sektörler

Birbirinden farklı sektörleri içeren bu değerlendirme raporu ile Endüstri 4.0’ın sunmuş olduğu fırsatların pratikte de mümkün olduğu ve ülkemiz için önemi gözler önüne serilmiştir. Yapılan görüşmeler esnasında, pilot olarak seçilen bu altı sektörün tümüne ait farklı ölçekte ve farklı teknolojik düzeyde birçok şirkette, Endüstri 4.0’ın kimi unsurlarını içeren somut adımların atılmaya başlandığı görülmüştür. Şekil 5.2’de bu adımlar detaylı şekilde gösterilmektedir [41].

Sanayi 4.0 Türkiye’de birçok üretici için halihazırda bir gerçek

Sanayi 4.0 göstergeleri	Sektör	Örnekler
1 Entegre, otomasyonlu ve mükemmel üretim akışı	Beyaz Eşya	Entegre kalite yönetimi Ürünler üretim süreci sırasında takip edilerek ve ön üretim sonrasında yapılan testlerde çıkan hata verilerine dayanılarak fire azaltılıyor ve işleme süreci iyileştiriliyor
	Makine sistemleri	Entegre tasarım verileri Üretim sürecinde, operasyonları optimum hale getirmek için tasarımdan üretim hattı sonuna kadar dikey veri entegrasyonundan faydalanılıyor
	Beyaz Eşya	Yatay veri entegrasyonu Tedarikçilerin bazı ERP verilerini görmesi sağlanarak entegre üretim sürecine daha yaklaşılmış oluyor
2 Sanal ürün tasarımı	Otomotiv	Sanal fabrika ve ürün tasarımı Gerçek üretim ihtiyaçlarına dayanan fabrika simülasyonlarıyla üretimi optimum hale getirmek için, fabrika ve ürün tasarımını entegre eden bir ortak çözüm sunuluyor
3 Esnek üretim	Beyaz Eşya	Esnek üretim robotları RFID tabanlı akıllı ürünlerle iletişim kuran ve aletleri ve üretim görevlerini ürün çeşidine göre ayarlayan bir üretim hattı uygulamaya geçirildi
4 Akıllı ve otomatize lojistik	Otomotiv	Lazer yönlendirmeli otomatik yönlendirmeli araç (AGV) Sunucu bilgisayarın envanteri ve üretim programını ve teslimatları kontrol ettiği ve AGV’leri yönlendirdiği lazer yönlendirmeli lojistik sistemler kullanılıyor
5 Öğrenen süreçler	Kimyasallar	Kendini optimize eden süreç akışı BT algoritması kullanılarak, temel malzeme karışımındaki sorunlar tanınarak, nihai ürün sürecinin kalitesi optimize ediliyor

Şekil 5. 2 Pilot sektörlerde Endüstri 4.0 uygulamaları

5.1 Endüstri 4.0’ın Etkileri

Endüstri 4.0’ın endüstri sektörüne sunmuş olduğu fırsatlar dört temel alanda fark yaratacaktır:

5.1.1 Endüstri 4.0’ın Verimlilik Üzerine Etkileri

TÜSİAD’ın raporunda, Türkiye’deki sektörel veriler ışığında geliştirdikleri modele göre Endüstri 4.0’ın başarılı bir şekilde uygulanması durumunda endüstriyel sektörlerin verimliliğinde 50 milyar TL’ye yakın bir fayda sağlanması potansiyeli mevcut olduğu belirtilmiştir. Bahsedilen analizin temelinde, toplam üretim maliyetinin göz önünde bulundurulduğunda verimlilikte %4-7 arasında artış sağlanacağı beklentisi bulunmaktadır. Yalnızca dönüşüm maliyeti değerlendirilirse, verimlilikte sağlanacak artışın % 5-15 dolaylarında olacağı beklenmektedir. Her bir sektörün başlangıç noktaları ve yapılarına göre, değer yaratma ve iyileştirme potansiyellerinde farklılıklar bulunmaktadır [41].

5.1.2 Endüstri 4.0’ın Büyüme Üzerine Etkileri

TÜSİAD’ın raporuna göre; kişiye özel ürünlerde yaşanan talep artışı, ürünlerin her an bulunabiliyor olması ve küresel entegrasyonun artmasıyla küresel değer zincirinden çok

daha fazla pay alınması, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyümesini tetikleyici faktörlerdir. Her ne kadar gelir artışını sayısal olarak hesaplamak zor da olsa, kazanılacak olan rekabet avantajının global değer zincirlerine entegrasyonunun sağlanması ve Endüstri 4.0 çevresinde gerçekleşecek ekonomi yolu ile imalat sanayisinde yıllık olarak yaklaşık % 3'e varan bir artışa yol açması beklenmektedir. Bu büyüme ise Türkiye'nin GSYİH'sinde %1 ve daha üzeri ek bir büyümeye denk gelmektedir. Bu da 150-200 milyar TL civarında ek bir gelir anlamına gelmektedir. Fakat bu kazanımların gerçekleşebilmesi için Endüstri 4.0'ın yalnızca şirketler düzeyinde kalmaması, genel bir sanayi politikası ve dönüştürme programı uygulanması gerekmektedir [41].

5.1.3 Endüstri 4.0'ın Yatırım Üzerine Etkileri

TÜSİAD'ın raporuna göre Türk üreticilerin, önümüzdeki on yılda Endüstri 4.0 teknolojilerini üretim aşamalarına dâhil etmeleri için yaklaşık olarak yılda 10-15 milyar TL (üretici gelirlerinin yaklaşık olarak %1-1.5'i) yatırım yapmaları gerektiği belirtilmektedir [41].

5.1.4 Endüstri 4.0'ın İstihdam Üzerine Etkileri

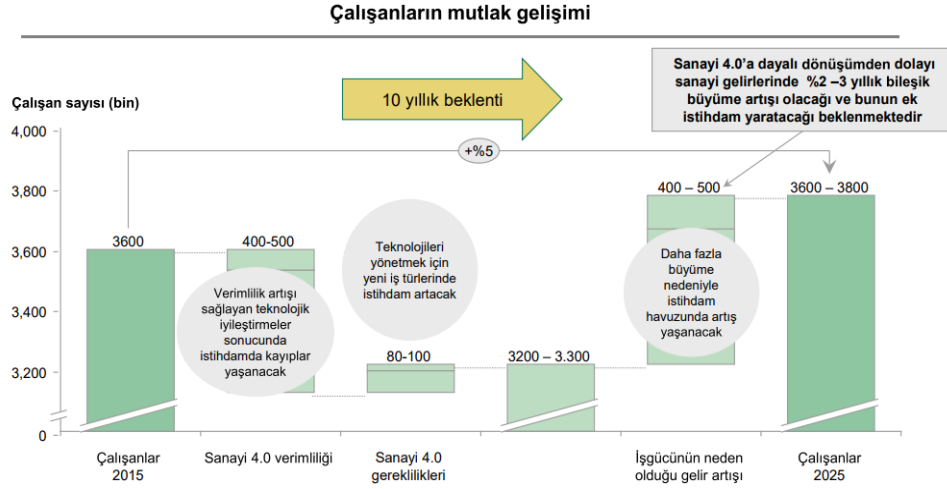
Endüstri 4.0'ın yayılması ile birlikte özellikle üretim, bakım ve kalite alanlarında çalışan vasıfsız personellerin yerini otomasyon sistemleri alacaktır. Uzun vadede ise değer zincirinin belli başlı noktalarında bu değişimin etki oranının % 20-30 civarında olması beklenmektedir. Diğer taraftan otomasyon sistemlerinin yaygınlaşması, fiziksel gücün ağır şekilde kullanıldığı işlerde ergonomik iyileştirmeler yapmak suretiyle çalışan personellere yardımcı olacaktır. Örneğin, ağır yüklerin kaldırılmasında ya da hassasiyet isteyen parçaların montajlarında robotlar kullanılabilir. Böylece, hem işçiler katma değeri yüksek başka işlere sevk edilebilirler hem de güvenlik ve genel sağlık standartları yükseltilebilir. Önleyici bakım yöntemlerinin kullanılması sayesinde daha farklı işlerde değerlendirebilirler. Tüm parçalar ile tüm makine ve diğer ekipmanlar, çalışma esnasında anlık olarak toplanan verilerle anlık olarak sürekli takip edilebilir ve böylece denetlemelerin ve sorun tespitlerinin yapılabilmesi için üretim alanında fiziksel olarak işçi bulundurma ihtiyacı azalabilir. Artırılmış gerçeklik kullanarak teknisyenler, uzaktan yapacakları yönlendirmelerle bakım onarımı gerçekleştirebilir ve yaptıkları çalışmaları

otomatik olarak kâğıt kullanmadan belgelendirebilirler. Aynı şekilde, makine tamirinde gerekli olan yedek parça siparişleri için teknisyenlerin makinenin yanına gitme zorunluluğu kalmaz ve kazanılan bu zamanda teknisyenler daha verimli işlere yönlendirilebilirler [41].

Bunların yanında işgücünün kalitesini ve büyüklüğünü destekleyecek olan iki önemli nokta daha mevcuttur:

- Endüstri 4.0 ile birlikte beyaz yakalı ve mavi yakalı çalışanlarda aranacak vasıflar ve yetkinlikler değişecektir. Şirketler, yeni üretim teknolojilerini daha etkili bir şekilde yönetebilmek ve dünya çapında gelirlerini daha da artırabilmek için mevcut işgücünden daha yetkin olan bir işgücüne ihtiyaç duyacaklardır. İşgücünün değişmekte olan bu yapısı sebebiyle Ar-Ge, otomasyon ve BT gibi teknik; pazarlama/satış gibi müşteriye dokunan fonksiyonların daha fazla yaygınlaşması gerekecek, ileri düzeyde tasarım bilgisi ile BT/dijital yetkinliklerine sahip çalışanlara olan talep artacaktır. Böylece şirketler daha vasıflı işgücü sağlanması için yeni istihdam imkânları sağlayabileceklerdir.
- Türkiye'nin yüksek katma değerli üretimde ve küresel rekabet gücündeki payında yaşanabilecek artış, istihdamı ve ekonomik büyümeyi önemli ölçüde artıracaktır. Rakamlar üzereinde yapılan incelemeler sonucuna göre üretim sektörlerinde önümüzdeki 10 yıllık süreç içerisinde vasıfsız işçi ihtiyacında 400-500 bin dolaylarında azalma beklenmekte, bunun yanında yaklaşık olarak 100 bin civarında da vasıflı çalışan ihtiyacı olacağı öngörülmektedir. Ayrıca sanayileşmenin getireceği büyüme sonucu 400-500 bine yakın yeni iş imkânı doğması tahmin edilmektedir. Türkiye'deki üretim sektörlerinin modellemesine dayanarak, Endüstri 4.0 ile birlikte yıllık ek olarak sağlanacak %2-3 oranında yaşanacak büyümenin, istihdamda verimlilikten kaynaklanan kayıpları fazlasıyla telafi edecek düzeyde bir artış sağlaması beklenmektedir. Bu veriler ışığında önümüzdeki on yıl içerisinde, istihdamda % 5 oranında artış yaşanması olasıdır [41].

Türkiye’de işgücü: Uzun vadede mutlak istihdam artışı ve daha nitelikli işgücü



Asıl zorluk, yeterince nitelikli personel bulmak olacak

Şekil 5. 3 Türkiye için işgücü öngörüsü

5.2 Endüstri 4.0'ın Sektörel Bazlı Etkileri ve Potansiyelleri

Seçilmiş olan altı pilot sektör detaylı bir şekilde incelendiğinde, Endüstri 4.0 dönüşümü ile önemli değer yaratma imkânları olduğu ortaya çıkmaktadır:

5.2.1 Endüstri 4.0'ın Otomotiv Sektörü Üzerine Etkileri

- Montaj hatlarına uygulanan otomasyon ve bu hatların daha esnek hale getirilmeleri, üreticilere küçük hacimde üretim yapabilme imkânı tanıyacaktır. Montaj hatları, birbirleriyle ve diğer sistemlerle haberleşebilen ve işbirliği halinde olan akıllı robotlar vasıtasıyla otomatik hale gelecek, farklı parçaların aynı hatta üretilbilmesine olanak sağlayacaktır [41].
- Süreç ve üretim sistemlerinde sağlanacak dikey entegrasyon ile birlikte birden fazla ürünün yaşam döngüsünün ve modelinin eş zamanlı olarak ilerlemesine izin verilmiş olacaktır. Dikey şekilde entegrasyonu sağlanacak olan bu sistemler üzerinden toplanacak büyük veriler, iş takibi aşamasında önemli oranda ilerleme sağlayacaktır. Toplanan büyük veri kümesi, ileri analitik yöntemlerle ele alınarak

önleyici kalite kontrolü, anlık performans izleme ve etkin trend yönetimi birimlerinin doğruluk oranını ve karmaşıklık düzeyini artıracaktır.

- Üreticilerin tedarikçiler ile gerçekleştireceği yatay veri ve sistem entegrasyonu çok sayıda ortak çalışma alanları yaratacaktır. Standartlaşmış süreçlerle zamanında işbirliği yapılması sayesinde hata minimum düzeye indirilecektir. Tedarikçiler, yatay entegrasyon yolu ile operasyonlarını üreticilerden gelen yeni siparişlere göre düzenleyebileceklerdir. Bu durum 'tam-zamanında' lojistik potansiyellerini maksimum düzeye çıkarabilmelerini ve bu yolla lojistik ve operasyon maliyetlerini azaltmalarını sağlayacaktır.
- Akıllı depo ve şirket içi lojistik çözümleri, üreticilerin rekabet etme gücünü artıracaktır. Lojistik operasyonları için optimize edilmiş esnek mimari tasarımlar, simülasyonlarla test edilebilecektir. Artırılmış gerçeklik gözlükleri ise, lojistik ve üretimle bağlantılı verileri personele göstererek, personelin bir sonraki aşamayı doğru seçmesine yardımcı olacaktır. Bu iki gelişmeyle, şirket içi lojistik çalışmalarına daha az zaman ayrılacak olması stok döngüsünü ve teslim sürelerini kısaltacak, işletme sermayesini çok daha güçlü bir hale getirecektir [41].

Şekil 5.4'te açıklanan bilgilere göre otomotiv sektöründe %10-15 oranında potansiyel verimlilik artışı ile toplam maliyette %5-7 oranında verimlilik artışının mümkün olduğu gösterilmiştir.



Otomotiv: % 10-15 oranında potansiyel verimlilik artışı



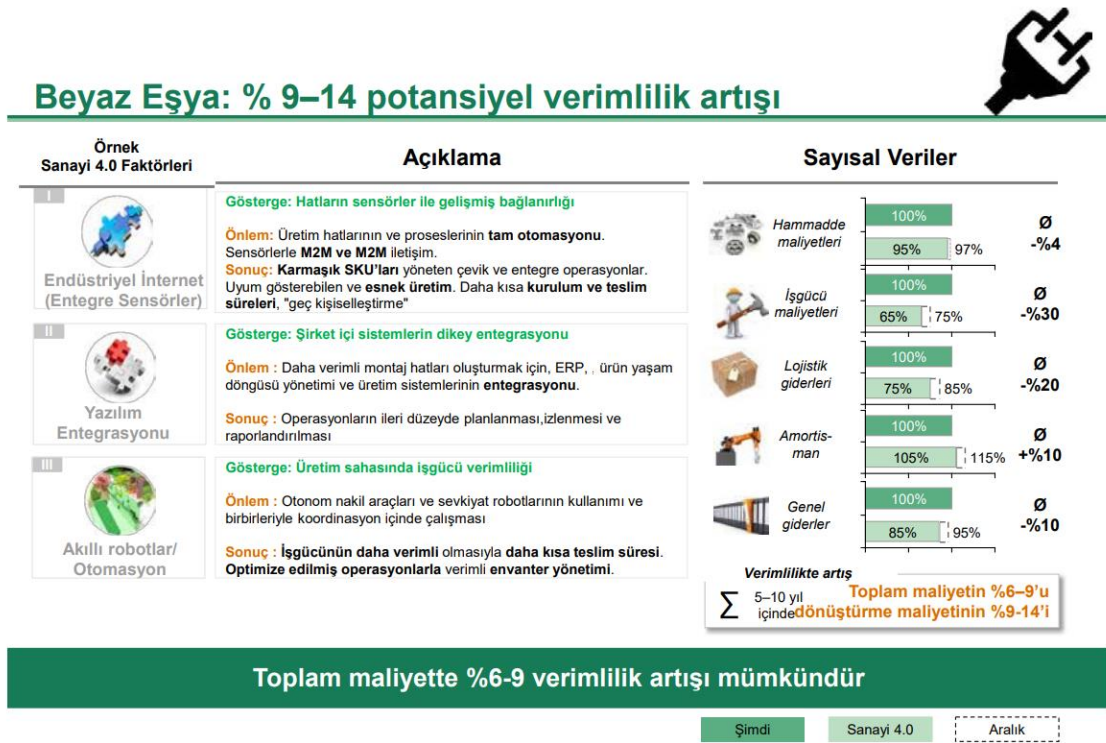
Şekil 5. 4 Otomotiv sektöründe potansiyel verimlilik artışı

5.2.2 Endüstri 4.0'ın Beyaz Eşya Sektörü Üzerine Etkileri

- Parçalar, hatlar ve ekipmanların içine yerleştirilecek olan sensörler, Makine-İnsan (M2H) ve Makine-Makine (M2M) arasında iletişim ağı kurulmasını sağlayacaktır. Uçtan uca süreçlerin daha da bağlantılı hale gelmesi, üretim hatlarının daha hızlı ve uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlayacaktır. Böylece şirketler artan Stok Bulundurma Birimi (SKU)'nin yaratmış olduğu karmaşayı daha etkili bir şekilde yönetebilecek ve tasarım sürecini birden fazla ürün döngüsüne yayabilecektir. Üretim hatlarında artış gösteren bu esneklik ve verimlilik "geç kişiselleştirme"yi mümkün kılacaktır.
- Şirket içindeki sistemlerin dikey entegrasyonu sayesinde, üretim daha verimli hale getirilmiş olacaktır. Kurumsal Kaynak Planlama sistemleri (ERP), Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) ve diğer imalat sistemleri (MOS / MES) ile entegre halde çalışacaktır. Bu üç sistemden toplanan kapsamlı veriler sayesinde detaylı takip ve raporlamalar yapılabilecektir ve böylece şirketlerin hızlı bir şekilde aksiyon almaları sağlanacaktır [41].

- Üretim sahasında işgücündeki verimlilik, sevkiyat robotları ve akıllı nakil araçları sayesinde artacaktır. Kendi aralarında koordineli şekilde çalışacak olan bu araçlar, süregelen operasyonlar esnasında toplanan anlık verileri kullanarak, malzemelerin hedeflerine zamanında varmalarını sağlayacaklardır. Nakil araçları, üretim sahasında lazerli yönlendirme sistemiyle hareket edebilecek ve kablosuz ağlar kullanmak suretiyle diğer araçlar ile iletişim kurabileceklerdir. Sevkiyat robotları da üretim sürecinin diğer adımı için uygun olan malzemeleri otomatik bir şekilde seçecektir [41].

Şekil 5.5'te açıklanan bilgilere göre beyaz eşya sektöründe %9-14 oranında potansiyel verimlilik artışı ile toplam maliyette %6-9 oranında verimlilik artışının mümkün olduğu gösterilmiştir.



Şekil 5. 5 Beyaz eşya sektöründe potansiyel verimlilik artışı

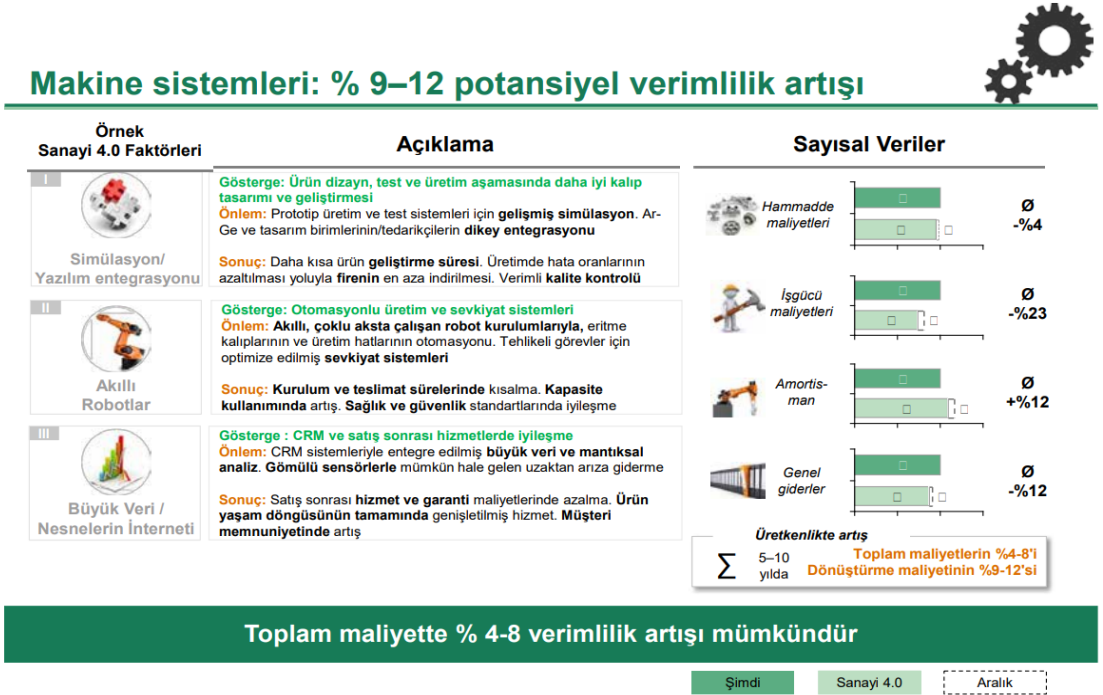
5.2.3 Endüstri 4.0'ın Makine Sektörü Üzerine Etkileri

- Gelişmiş simülasyon programlarının prototip üretim aşamalarında ve test sistemlerinde kullanılması, kalıp tasarımı ile ürün geliştirme süreçlerinde iyileştirme sağlayacaktır. Tasarım, Ar-Ge ve üretim alanlarında sanal ortak çalışma

ortamlarının oluşturulması ürün geliştirme zamanını kısaltacaktır. Fire oranları azalacak, bu da kalite kontrol sistemlerine bağımlılığı en aza indirececektir.

- Eritme kalıplarında ve CNC kullanılan üretim bantlarında otomasyon sistemi kullanılması, kurulum ve teslimat sürelerinin kısalmasına yol açarken, kapasite kullanım oranını da artıracaktır.
- CRM sistemleriyle iç içe geçmiş büyük veri analizinin yapılması, satış öncesi ve satış sonrası hizmetlerini iyileştirecektir. Gömülü sensörler sayesinde arızalar uzaktan giderilecek, bu durum satış sonrası maliyetleri önemli ölçüde azaltacaktır. Sonuç olarak bu durum müşteri memnuniyetini artıracaktır.
- Otonom envanter yönetiminin oluşturulması için simülasyon ve artırılmış gerçeklik kullanılarak depo ve fabrika mimarisi iyileştirilecektir. Siparişlerin lazer yardımıyla yönlendirilen otomatik araçlarla hazırlanması, teslimat sürelerini önemli ölçüde azaltacaktır. Bu durum işgücü kullanım oranlarında iyileştirme sağlayacaktır [41].

Şekil 5.6'da açıklanan bilgilere göre makine sektöründe %9-12 oranında potansiyel verimlilik artışı ile toplam maliyette %4-8 oranında verimlilik artışının mümkün olduğu gösterilmiştir.



Şekil 5. 6 Makine sektöründe potansiyel verimlilik artışı

5.2.4 Endüstri 4.0'ın Gıda ve İçecek Sektörü Üzerine Etkileri

Lojistik, üretim, satış sistemlerinden alınan veriler analiz edilmesi şirketlerin pazarın beklentilerini doğru bir şekilde anlamalarına yardımcı olacaktır. Böylece doğru ürünün, doğru zamanda ve doğru yere gönderebilmelerine olanak sağlanmış olacaktır [41].

Şekil 5.7'de açıklanan bilgilere göre gıda ve içecek sektöründe %9-12 oranında potansiyel verimlilik artışı ile toplam maliyette %5-9 oranında verimlilik artışının mümkün olduğu gösterilmiştir.



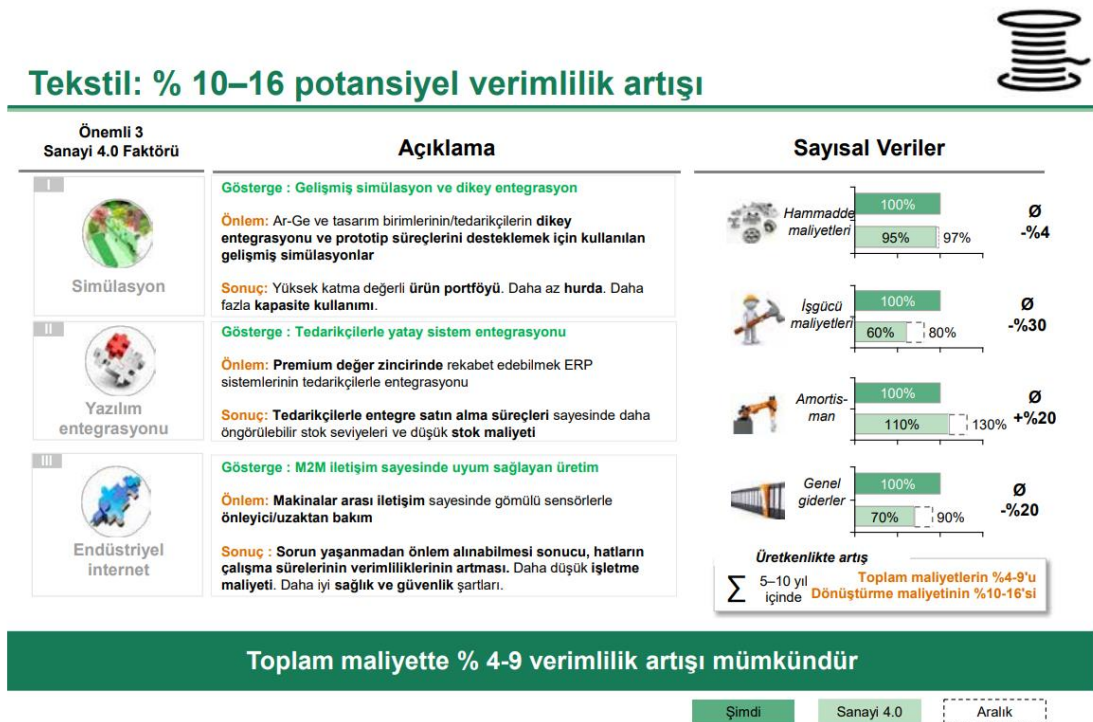
Şekil 5. 7 Yiyecek ve içecek sektöründe potansiyel verimlilik artışı

5.2.5 Endüstri 4.0'ın Tekstil Sektörü Üzerine Etkileri

Tekstil sanayisinde, ürün geliştirme birimleri ile Ar-Ge birimlerinde dikey entegrasyon yapılması ve prototiplerin hazırlanmasında gelişmiş simülasyon programlarının daha fazla kullanım alanı bulması, işbirliği seviyesini artıracak olup şirketlerin premium ürünlerini daha hızlı bir şekilde geliştirmelerine yardımcı olacaktır. Şirketlerin ürün tasarımlarını gelişmiş simülasyonlar sayesinde daha hassas şekilde yaparak kesin sonuçlar almaları hata ve fire oranlarını azaltacak ve bu durum maliyetlere yansımaktadır [41].

- ERP çözümlerinin tedarikçilerle ve müşterilerle yatay entegrasyonu, “Premium” değer zincirinde rekabet edebilmek için gerekli olan müşteri ilişkileri yönetimini sağlayacak. Entegrasyon sonucu şirketler, satın alma döngülerini daha doğru bir biçimde öngörebilecek ve stok maliyetlerini azaltacaktır.
- Adaptif üretimi mümkün kılan M2M iletişimi sayesinde, makine operatörleri üretim hattının ne zaman çalışmayabileceğini öngörebilecek ve sorun daha yaşanmadan önlem alma çalışmalarını başlatabilecektir. Bu sayede hattın çalışmadığı süre kısılacak ve operasyonlar kesintisiz devam edebilecektir[40].

Şekil 5.8’de açıklanan bilgilere göre tekstil sektöründe %10-16 oranında potansiyel verimlilik artışı ile toplam maliyette %4-9 oranında verimlilik artışının mümkün olduğu gösterilmiştir.



Şekil 5. 8 Tekstil sektöründe potansiyel verimlilik artışı

5.2.6 Endüstri 4.0'ın Kimya Sektörü Üzerine Etkileri

Muhasebe, envanter ve üretim sistemlerinde uçtan uca veri entegrasyonunun gerçekleşmesi, şirketlerin düşük hacimli imalat yapabilmelerine ve daha seri üretim

yapabilmelerine olanak sağlayacaktır. Üretim hatlarının anlık takibinin yapılması ve gelişmiş planlama sayesinde işçilerin fazla mesai yapmalarının önüne geçilecektir[40].

Üretim alanından toplanan verilerin ileri düzeyde analizlerinin yapılması özellikle Ar-Ge alanında yeni yöntemlerin kullanılmasını sağlayacak, daha doğru Ar-Ge sonuçları sayesinde de fire oranı azalacak ve üretim süreçlerinde iyileştirmeler yapılması sağlanacaktır [41].

Şekil 5.9'da açıklanan bilgilere göre kimya sektöründe %8-12 oranında potansiyel verimlilik artışı ile toplam maliyette %3-4 oranında verimlilik artışının mümkün olduğu gösterilmiştir.



Şekil 5. 9 Kimya sektöründe potansiyel verimlilik artışı

TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 ALANINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulunun 2016 yılının Şubat ayında yapılan toplantısında alınan kararlar ile Türkiye’de imalat sanayisinde dijital dönüşüm sürecine resmen başlanmıştır. BTYK toplantısında alınan 2016/101 numaralı “Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması” konulu karar doğrultusunda dijital dönüşüm sürecinde Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile TÜBİTAK görevlendirilmiştir. İmalat sanayisinin dijital dönüşümüne yönelik olarak strateji ve politika geliştirilmesi ile uygulamaya yönelik kontrollerin yapılması amacıyla koordinatör kurum olarak Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı belirlenmiştir. Türkiye imalat sanayisinin dijital dönüşüm sürecinin en iyi şekilde gerçekleştirilip uluslararası alanda rekabet gücünün üst seviyelere tırmandırılmasının sağlanması için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK’a birtakım görev ve sorumluluklar verilmiştir [39].

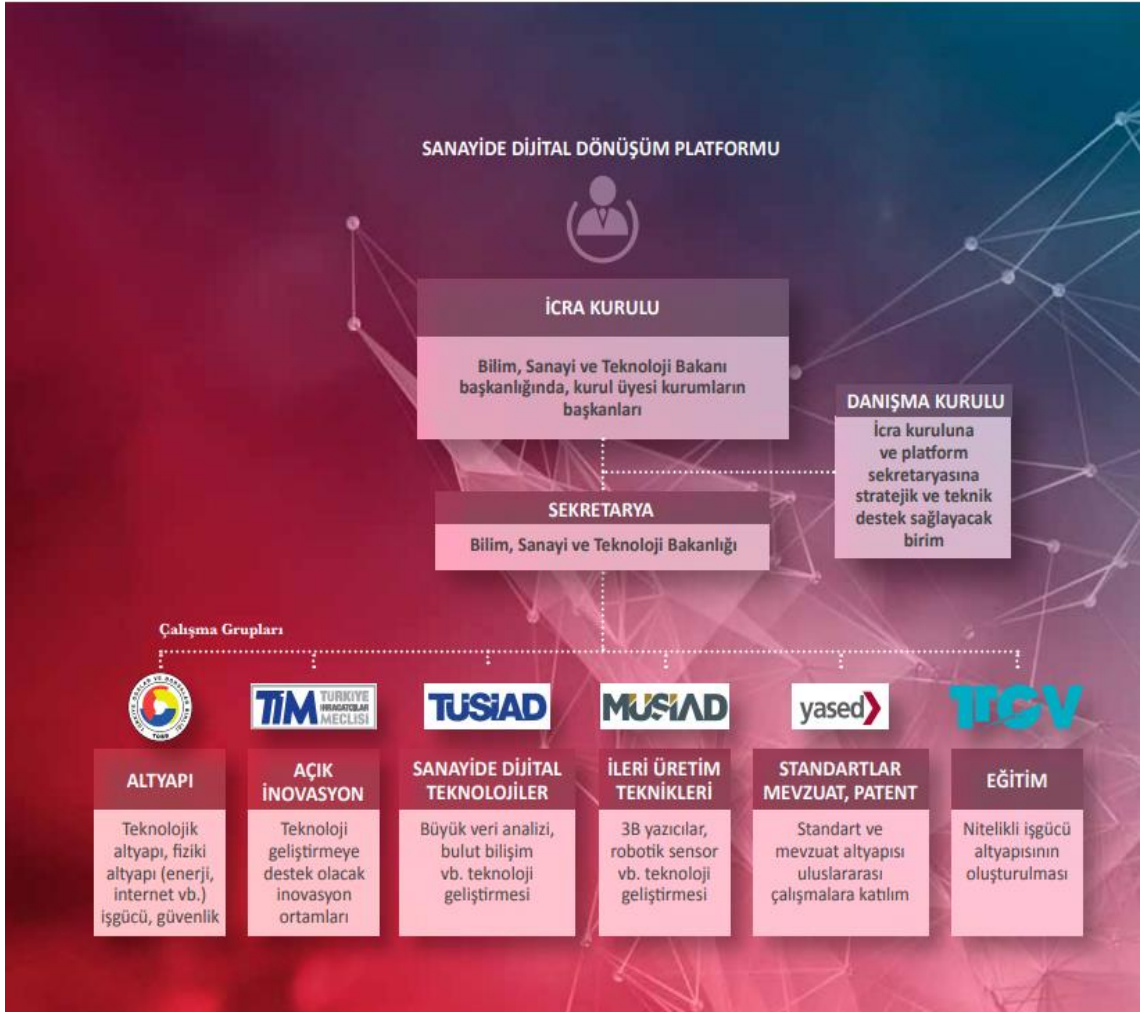
6.1 T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına Verilen Görevler

- Türkiye’nin dinamiklerine uygun olarak uygulama, yürütme ve izleme modelinin, istihdam, eğitim ve sektörel politikalarla ilgili analizleri de içerecek şekilde ilgili sektör paydaşları eşgüdümünde geliştirilmesi,
- Öncü ve kritik teknolojilerin yerli işletmeler tarafından üretilmelerini sağlamak için üretim altyapılarına yönelik, gerekli teşviklerin sağlanması ve destek mekanizmalarının işletilmesi, pilot üretimlerin ve gösterim desteklerinin yapılması [39].

6.2 T B TAK’a Verilen Görevler

-  nc  ve kritik teknolojilerde ( ncelikle yapay zekâ/sensör/robot teknolojileri, siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, siber güvenlik, büyük veri, bulut bilişim vb.) yetkinlik kazanılmasını sağlamak için hedef odaklı Ar-Ge çalışmalarının artırılması konularında sorumlu kuruluş olarak belirlenmiştir [39].

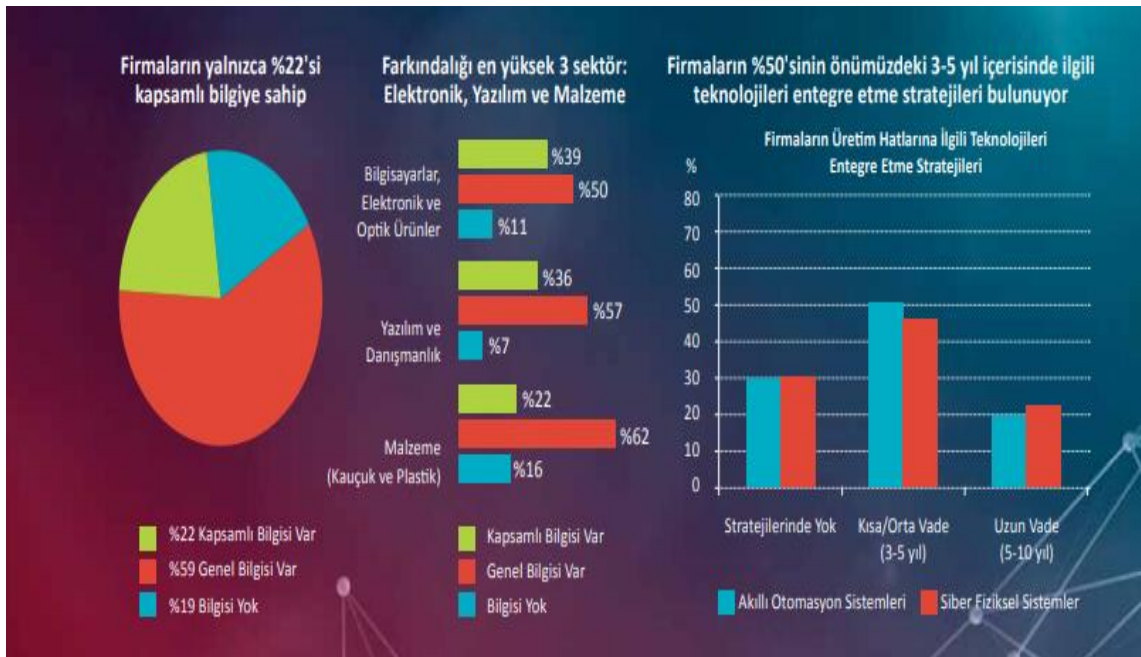
Dijital dönüşüme yönelik çalışmalara, ilgili BTYK kararı çerçevesinde 2016 yılının ilk yarısında Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından başlanmıştır. Öncelikli olarak sanayi alanında dijital dönüşüm sürecini hızlandırılması ve yol haritasının ortaya çıkarılması amacıyla ilgili tüm paydaşları kapsayan “Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu” oluşturulmuş ve bu platform 28 Aralık 2016 tarihinde faaliyetlerine başlamıştır. İmalat sanayisi alanında dijital dönüşümün gerçekleşmesi için planlamalar yapılmıştır. İlk olarak kamu kurum ve kuruluşları ve ilgili sivil toplum kuruluşları ile toplantılar gerçekleştirilmiş, Türkiye’nin mevcut durumu ile diğer ülkelerin yapmış oldukları uygulamalar, politikalar ve hedefler ele alınarak değerlendirilmiştir. Sanayimizin mevcut durumu, gelecek planları paydaşlarla değerlendirilmiştir. Dijital yetkinliklerin iyileştirilerek teknolojinin etkin biçimde kullanımı, teknoloji üretimi ve üretim kapasitesinin güçlendirilmesi hedefi belirlenmiştir. Platformun yapısı ile ilk dönem görev dağılımı şekil 6.1’de yer almaktadır [39].



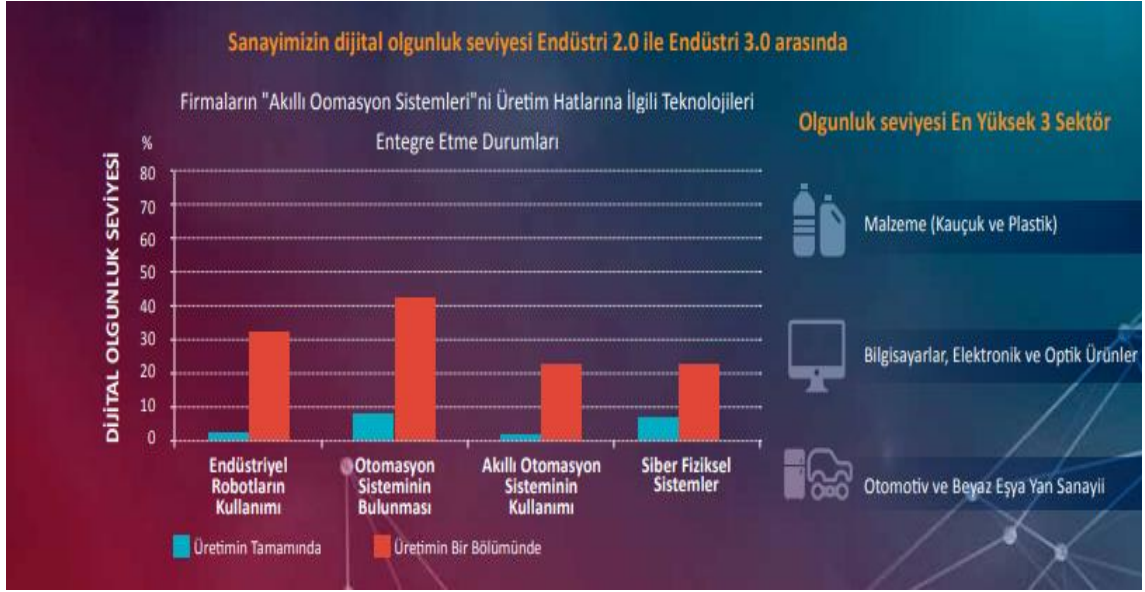
Şekil 6. 1 Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu Yapısı

Platform çatısında sanayi alanında yapılacak dijital dönüşüme yönelik olarak; açık inovasyon, altyapı, sanayide dijital teknolojiler, standartlar, ileri üretim teknikleri, patent eğitim ve mevzuat konularında çalışma grupları oluşturulmuştur. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının koordinasyonunda Kalkınma Bakanlığı, Ekonomi Bakanlığı, Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Milli Eğitim Bakanlığı, TÜBİTAK, TÜRKPATENT, KOSGEB, BTK, TSE, YÖK ile üniversiteler ve özel sektör temsilcilerinden bu çalışma gruplarına katılımlar sağlanmıştır. İmalat sanayisinde dijital dönüşümün gerçekleştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması amacıyla Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü tarafından, 28 Şubat 2017 tarihinde Dördüncü Sanayi Devrimi Dairesi Başkanlığı kurulmuştur. Bu daire başkanlığı, platformun çalışmalarını kolaylaştırmak ve çalışma grupları arasındaki koordinasyonu sağlamak işlevini üstlenmiştir. Platforma ait çalışma grupları, ülkemizdeki mevcut durum analizini yaparak dünyada yaşanan

gelişmeleri incelemiş ve eyleme dönük önerilerinin geliştirilmesi amacıyla çalıştaylar, toplantılar ve etkinlikleri yürüterek raporlamalarını yapmışlardır. Bunun dışında, TÜBİTAK tarafından işletmelerin Ar-Ge ve akıllı üretim konularına olan ilgilerini ve entegrasyon seviyelerini ölçebilmek için 2016 yılında “Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Kilit ve Öncü Teknolojiler Önceliklendirme” anket çalışması yapılmıştır. TÜBİTAK’ın Ar-Ge destek programlarından yararlanan yaklaşık 1.000 yerli işletmenin katıldığı anketin analizini içeren özet bulgular Şekil 6.2’de sunulmuştur. Bu anket çalışmasının sonucunda “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” raporu hazırlanmıştır [39].



Şekil 6. 2 İşletmelerin dijital teknolojilerde entegrasyon seviyeleri



Şekil 6. 3 Sanayinin dijital olgunluk seviyesi

6.3 Türkiye’de 2017 Yılında Yapılan Çalışmalar

- İmalat sanayinde katma değer artışına ve dijital dönüşüme öncü olacak Sektör Odaklı Sanayi Hamlesi başlatılmıştır.
- Dijital Dönüşümde Küresel Yönelimler Analizi tamamlanmıştır.
- Sanayide Dijitalleşme (olgunluk ölçme) Anketi yapılmıştır. Bu doğrultuda KOBİ ve girişimci başta olmak üzere sanayimizin öncelikli sorun ve gelişim alanları belirlenmiştir.
- Ankara, Bursa ve Bilişim Vadisi başta olmak üzere Dijital Model Fabrika kurulumuna başlanmıştır.
- Milli Eğitim bakanlığı ile teknik kolejlere ilişkin iş birliği protokolü imzalanmıştır [39].

6.4 Türkiye’de 2018 Yılında Yapılan Çalışmalar

- Dijital Dönüşüm Yol Haritamız tamamlanmıştır.
- Sektör Odaklı Sanayi Hamlesi kapsamında Odak Sektör Yol Haritaları tamamlanmıştır.

- 10+5 araştırma üniversitesi ile sanayide dijital dönüşümün gerektirdiği alanlarda sürekli eğitim merkezleri açılmasına yönelik protokol imzalanmıştır. 100/2000 YÖK Doktora Programına dijital teknolojiler eklenmiştir.
- TÜBİTAK ile Dijital Olgunluk Seviyesi belirlemeye yönelik pilot çalışma yapılmıştır.
- KOSGEB ve TÜBİTAK programları ile dijital dönüşümü destekleme kararı alınmıştır [39].



ENDÜSTRİ 4.0 SANAYİ UYGULAMASI

Brandit Mühendislik Yazılım şirketinin katkıları ile Mikrolift fabrikasında dijital dönüşüm gerçekleştirilerek nesnelerin interneti tabanlı anlık izlenebilirlik ve stok kontrol modülü oluşturuldu. Bu bölümde, fabrikanın uygulama öncesi ve sonrası üretim süreçleri irdelenerek elde edilen kazanımlar ortaya konulmuştur.

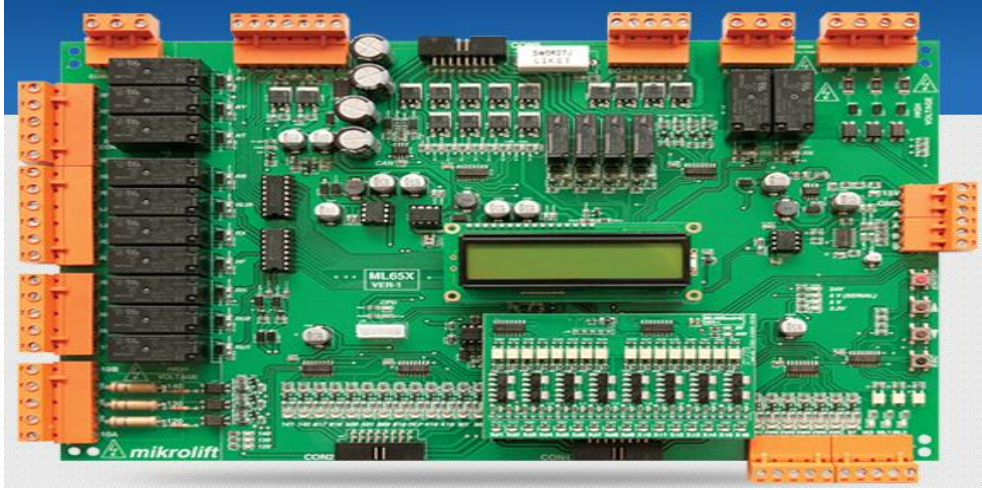
7.1 Mikrolift Şirket Tanıtımı

1998 yılında kurulan Mikrolift Mühendislik Asansör Otomasyon Sist. San. ve Tic. Ltd. Şti., asansör elektroniği imalatı, satış ve teknik destek alanlarında faaliyet göstermektedir. Halen asansör sektörünün önde gelen firmaları başta olmak üzere birçok firmaya hizmet vermekte olup kalite ve üstün hizmet prensiplerini daima koruyarak kurumsal gelişimine devam etmektedir. İstanbul ve Konya’da bulunan iki fabrikada üretimlerine devam etmektedirler.

7.1.1 Fabrikanın Ürün Çeşitleri

- Kontrol Kartları(ML40P, ML65X,ML20ES)

Şekil 7.1’de ML65X kontrol kartı örneği gösterilmiştir.



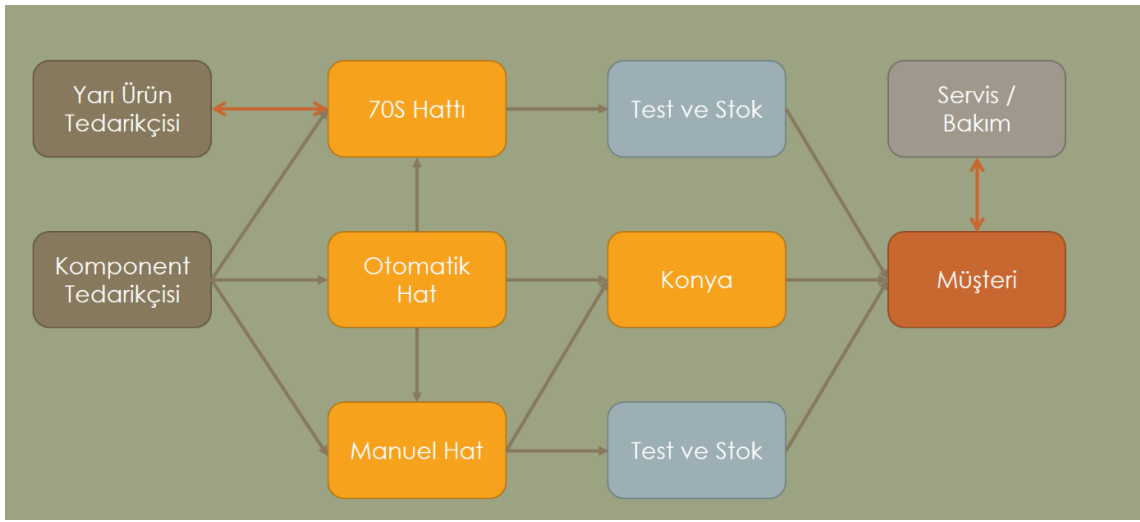
Şekil 7. 1 Kontrol kartı ML65X

- Kabin Seri Haberleşme Kartları (MLSERİ40, MLSERİ65)
- Seri İletişim Kontrol Kartları (ML70S, ML50S)
- Kabin Seri Haberleşme Kartları (MLKABİN50, MLKABİN-RF)
- Kat ve Kabin Göstergeleri (MLKAT-DS, MLKAT-D4M, MLKAT-D4ML, MLKAT-D, MLTFT)
- Kabin Butonu Kontrol Kartı (MLKABİN-K)
- Yardımcı Kartlar (MLKAT-X, MLDUBLEX)
- Acil Kurtarma (MLPOWER, MLKS10-S)
- Boy Fotosel (ELC-24, ELC-35)
- Kapı Kontrol Kartları (MLDCX, MLDOOR-XL, MLDOOR-X)
- Ses Kartları (MLSERİ-SES, MLSES-CAN, MLSES)
- Elektronik Mono Stabil (ML-MS)
- Kapı Köprüleme Kartı (MLKR1)
- Hız Regülatörü Kontrol Kartı (MLA3)
- Kabin Katta Göstergesi (MLKTA)
- Ek Çağrı Kartı (MLINT65 / MLINT40)

- Akü Şarj Kart (MLREV-X)
- Faz Koruma Kartı (MLFAZ-S)
- Gray Kod Dönüştürücü (MLGRAY)
- Kabin Üstü Display Sürücü (MLDISP)

7.2 Mevcut Üretim Sistemlerinin Tanıtımı

Şirketin İstanbul ve Ankara’da olmak üzere iki fabrikası bulunmaktadır. Genel üretim akışı Şekil 7.2’te gösterilmiştir:



Şekil 7. 2 Üretim genel akışı

7.2.1 İstanbul Üretim

İstanbul’da bulunan ana fabrikada, SMD Dizgi Hattı, Manuel Dizgi Hattı, 70S Hattı, Test Birimi, Paketleme Birimi ve Teknik Servis Birimleri bulunmaktadır. İstanbul’da bulunan bu üretim kısımları aşağıda tanımlanmıştır:

7.2.1.1 Otomatik Hat(SMD Dizgi Hattı)

Otomatik hatta sırasıyla:

- DEK Horizon 03ix Otomatik Lehim Serigrafi Makinesi (Şekil 7.3)
- Yamaha YS12 Otomatik SMD Dizgi Makinesi (Şekil 7.4)

- Yamaha YM10 Otomatik SMD Dizgi Makinesi (Şekil 7.4)
- Yamaha YS12F Otomatik SMD Dizgi Makinesi (Şekil 7.4)
- BTU Pyramax 75A Reflow Kürleme Fırını bulunmaktadır (Şekil 7.5).

Serigrafi lehim makinesinde, PCB üzerine krem lehim sürülür. Lehimleme işlemi tamamlandıktan sonra PCB, Şekil 7.6'daki konveyör bant üzerinden geçerek SMD dizgi makinelerinin olduğu bölgeye gelir. Yukarıda marka ve modelleri belirtilen üç SMD dizgi makinesi tarafından komponentler PCB üzerine dizilir. Dizgi işlemi sonrası kartlar kürleme fırınına gelir. Burada uygun ısıda fırınlanan kartlar daha sonra soğutularak son şeklini alır.



Şekil 7. 3 Serigrafi lehim makinesi



Şekil 7. 4 SMD dizgi hattı



Şekil 7. 5 K rleme fırını

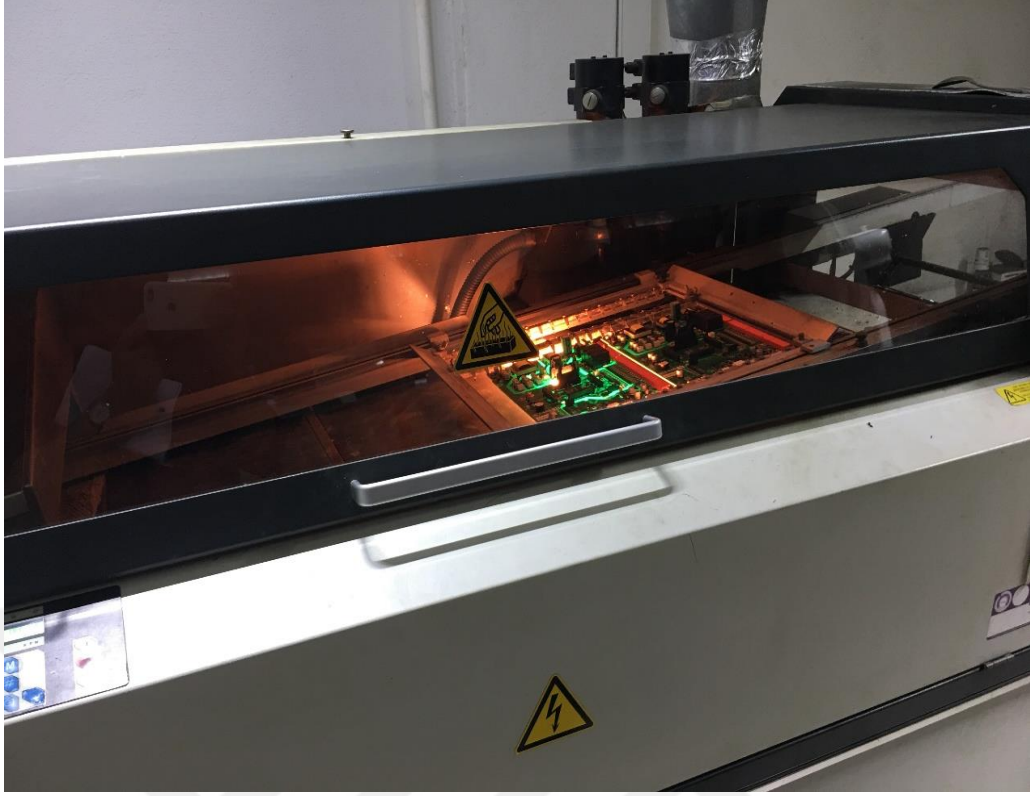


Şekil 7. 6 SMD konveyör hattı

7.2.1.2 Manuel Dizgi Hattı

Otomatik üretime uygun olmayan Th komponentler, manuel dizgi hattında işçiler tarafından monte edilirler.

Lehimleme işlemleri ise, Şekil 7.7’de gösterilen ve hattın sonunda yer alan Ersa marka dalga lehim makinesinde yapılır.



Şekil 7. 7 Dalga lehim makinesi

7.2.1.3 70 S Hattı

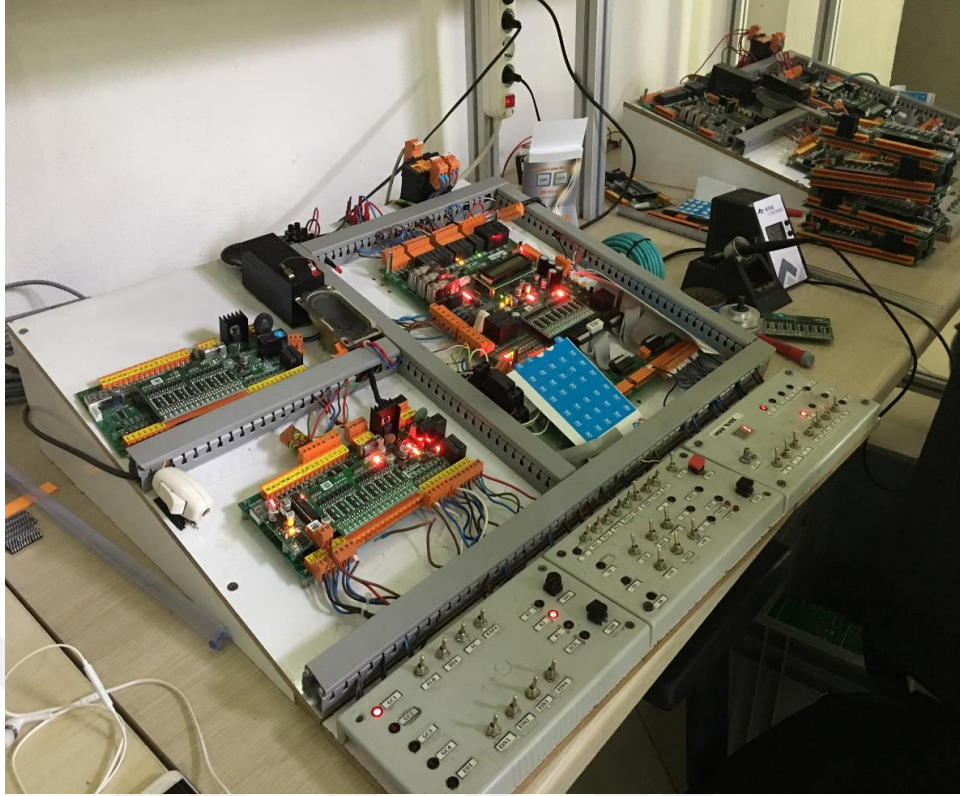
Şekil 7.8’de gösterilen 70S hattında özel sipariş olarak alınan asansör panelleri üretilir. SMD hattından, manuel dizgi hattından veya direk yarı ürün tedarikçisinden gelen yarı ürünler burada birleştirilerek paneller oluşturulur. Bu istasyonun kendi içerisinde test ve paketleme bölümleri bulunmaktadır. Hazırlanan ürünler buradan direk olarak müşteriye sevk edilirler.



Şekil 7. 8 70S hattı

7.2.1.4 Test ve Stok

Manuel hattan gelen kartlar birleştirildikten sonra bu alanda test işlemleri yapılmaktadır. Asansörde gerçekleşen işlemlerin tamamı ve tüm güvenlik önlemleri bu alanda test edilir. Yapılan kapsamlı testler sonucu herhangi bir problemle karşılaşılmayan ürünler, müşteriye gönderilmek üzere paketleme bölümüne gönderilir. Testler sonucunda arızaya rastlanan ürünler ise ıskartaya ayrılarak geri dönüşüme gönderilirler. Şekil 7.9'da testi yapılan kartlar görülmektedir.



Şekil 7. 9 Test birimi

7.2.1.5 Paketleme

Test aşamasından başarı ile geçen kartlar paketleme bölümüne gönderilirler. Burada ürünlerin paketlenmesi yapılarak müşteriye gönderilmek üzere kargoya teslim edilirler.

7.2.1.6 Teknik Servis

Bu bölümde, müşterilerden gelen arızalı kartların kontrolü ve tamiri yapılır.

7.2.2 Konya Üretim

Operasyonu İstanbul'dan yönetilir. Manuel işlem görecektür ürün veya yarı ürünlere ait komponentler İstanbul'dan gönderilir. SMD dizgi hattı yoktur. Manuel dizgi hattı, test bölümü ve paketleme bölümü bulunmaktadır. Konya'da bulunan bu üretim kısımları aşağıda tanımlanmıştır:

7.2.2.1 Manuel Dizgi Hattı

Otomatik üretime uygun olmayan Th komponentler, manuel dizgi hattında işçiler tarafından monte edilirler.

Elle lehimleme işlemleri dijital havyalarla kurşunlu veya kurşunsuz lehimle yapılır.

7.2.2.2 Test ve Stok

Manuel hattan gelen kartlar birleştirildikten sonra bu alanda test işlemleri yapılmaktadır. Asansörde gerçekleşen işlemlerin tamamı ve tüm güvenlik önlemleri bu alanda test edilir. Yapılan kapsamlı testler sonucu herhangi bir problemle karşılaşılmayan ürünler, müşteriye gönderilmek üzere paketleme bölümüne gönderilir. Testler sonucunda arızaya rastlanan ürünler ise ıskartaya ayrılarak geri dönüşüme gönderilirler.

7.2.2.3 Paketleme

Test aşamasından başarı ile geçen kartlar paketleme bölümüne gönderilirler. Burada ürünlerin paketlemesi yapılarak müşteriye gönderilmek üzere kargoya teslim edilirler.

7.3 Endüstri 4.0 Uygulama Süreci

7.3.1 Uygulama Öncesi Fabrikanın Durumu

Öncelikli olarak fabrikaya gidilerek durum tespiti yapıldı. Rastlanan bulgular:

- SMD hattının kontrolü operatör vasıtasıyla yapılıyordu.
- Üretim süreçleri operatörün tuttuğu excell notları ile takip ediliyordu.
- Tüm üretim süreçleri tahmini olarak bu excell notları üzerinden planlanıyordu.
- Stok kontrolü excell programı üzerinden takip ediliyordu.
- İnsan kaynaklı hata oranı yüksekti.
- Ekipman etkinlik hesaplamaları yapılamıyordu.

- Siparişlerin teslim süreleri tam olarak planlanamıyordu. Bu durum müşteri memnuniyetsizliğine yol açıyor ve pazar payında kayıplar yaşanmasına sebebiyet veriyordu.
- Stok kontrolünde sıkıntılar yaşanıyor biten hammadde yerine konulana kadar üretimde aksamalar yaşanıyordu.
- SMD dizgi makinelerinde biten komponentlerin yerine yenileri yüklenene kadar geçen sürede makineler boşta çalışıyor ve bu durum çok büyük enerji kaybı yaşanmasına sebebiyet veriyordu.
- Hangi kartta hangi tedarikçiden alınan hammaddenin kullanıldığı belli değildi. Bu da arızalı veya geri çağrılacak bir ürün oluştuğunda hangi müşterilerde olduğunun tespitinin yapılmasını engelliyordu.

7.3.2 Yapılan Uygulamanın Amacı

- Nesnelerin interneti teknolojileri ile dijital fabrika oluşturulması,
- Yatay-Dikey yazılım entegrasyonu ile stok, üretim, planlama ve servis uygulamaları arasında tam zamanlı iletişim,
- Üretim planlama optimizasyonu ile birim enerji maliyeti azaltma çalışması.

7.3.3 Yapılan İşlemler

- Her ürün için ayrı ayrı üretim planlamaları oluşturuldu.
- Her ürünün içindeki tüm hammadde ürün ağaçları (BOM) çıkarıldı.
- Üretim takibi için üretilecek kartların üzerine barkot yapıştırılması kararlaştırıldı.
- Üretim bandına Zig marka sensörler yerleştirildi.
- SMD hattından geçen kartların üzerindeki barkotlar bu sensörler tarafından okunarak ürün tespiti yapılması sağlandı.
- Şekil 7.10'da görüldüğü gibi her bir istasyonun başına ve sonuna konulan barkod okuyucular sayesinde her istasyonda yapılan işlemler anlık takip sistemine dâhil edilerek anlık stok kontrolü yapılması sağlandı.



Şekil 7. 10 Manuel hat başı üretim izleme ekranı

7.3.4 Yeni Oluşan Üretim Sistemi

Alınan siparişler doğrultusunda öncelikle hangi karttan ne kadar üretileceği emri sisteme girilir. Sistem otomatik olarak üretilecek kart sayısı kadar kart yüzeyine yapışabilen barkot üretir. Komponentler SMD dizgi makinelerine takılır. Bu komponentler SMD'ye takıldığı anda genel stoktan düşülür. SMD üzerinde kartlara montajı yapılan her komponentin ardından, SMD'de anlık bulunan komponent stoğundan otomatik olarak düşülür. Operatörün önünde hammadde stok kontrol ekranı bulunmakta olup SMD'de hammadde azaldığında yeni komponent bloğu eklenmesi konusunda uyarı verir. Operatör yeni komponentleri taktığında barkodunu okutur ve yeni stok makineye tanımlanmış olur. Operatör üretime başlamadan önce önünde bulunan Şekil 7.11'deki ekranda üretime başla sekmesini tıklayarak üretime başlar ve üretimi tamamlama sekmesine tıklamadan üretim diğer istasyona geçemez. Operatörün üretimi tamamlama sekmesine basmasıyla birlikte görev diğer istasyona (manuel dizgi) düşer. SMD'den hatalı olarak üretilen ürünler manuel olarak alınarak ıskartaya ayrılır. Bu aşamada barkot okuyucuya okutulup kullanılan komponentler toplam stoktan düşerken hatalı kart üretilen kart adedinden düşülür. Geri dönüşüme gönderilen kart ayrıştırılarak komponentler tekrar genel stoklara dâhil edilir.

Diğer istasyon ekranda talebi görür ve üretime başla butonuna basarak üretimi başlatır. Manuel dizgi hattında SMD makinesinin dizemeyeceği büyüklükteki komponentler, insan gücüyle kartlara monte edilirler. Hattın sonunda bulunan barkod okuyucuya okutulan kartlarla birlikte kullanılan parçalar genel stoktan düşülmüş olur. Manuel hatta da hatalı üretilen kartlar için aynı geri dönüşüm işlemi uygulanır.

Manuel hattın çıkan kartlar test birimine gelir. Burada asansör hareket halindeyken meydana gelebilecek her türlü olasılık denetlenir. Güvenlik testleri yapılır. Testleri geçen kartlar paketleme bölümüne gönderilir.

Paketleme bölümünde paketleme işlemi yapılan kartlar kargoya verilerek tüketiciye gönderilir.



Şekil 7. 11 SMD hattı üretim izleme ekranı

Müşteriden arıza veya bakım sebebiyle geri gönderilen kartların teknik servis bölümünde önce testleri yapılır. Burda görevli personel yaptığı işleri, kullandığı hammaddeleri yazar. Kartın teknik servise giriş ve çıkış süreleri de otomatik olarak hesaplanıp operatör verimliliği takip edilmiş olur.

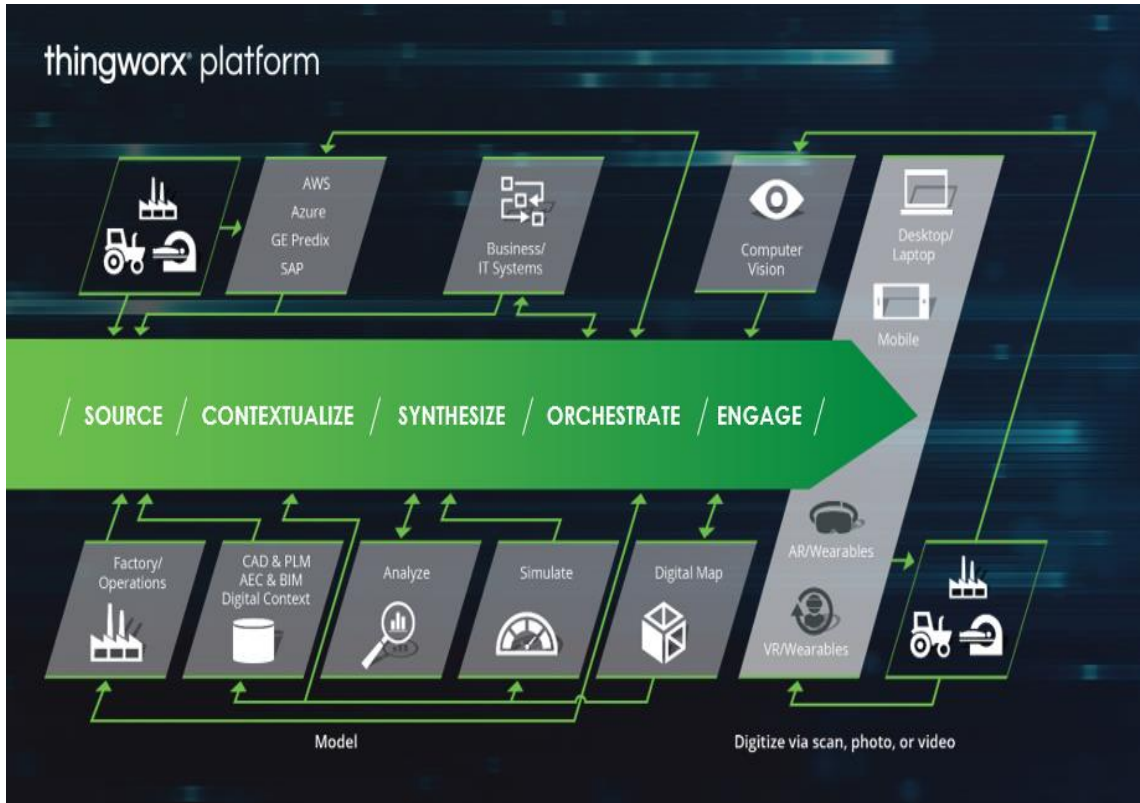
Üst düzey yöneticiler için tanımlanmış olan yönetim modülü sayesinde yöneticiler, üretim aşamalarını ve stok durumunu anlık olarak takip ederler. Hammaddeler genellikle yurtdışından temin edildiği için geleceğe yönelik hammadde ihtiyaç listesi oluşturabilirler. Böylece hammadde eksikliğinden kaynaklanan üretim kesintilerinin önüne geçilmiş olur.

7.4 Thingworx Tanıtımı

ThingWorx, PTC'nin endüstri lideri ödüllü endüstriyel platformudur. Kullanıcıların uygulamaları ve artırılmış gerçeklik (AR) deneyimlerini hızla geliştirmesine, dağıtmasına ve genişletmelerine olanak sağlayan teknolojiler ve araçlar içerir. ThingWorx çeşitli bağlantı seçenekleri, uygulama geliştirme araçları, analitik ve AR teknolojisi dâhil olmak üzere geniş bir özellik kümesi içeren tüm dijital dünyada fiziksel bir nesnenin tek, gerçek zamanlı görünümü etrafında inşa edilmiştir (Nesne Modeli). Platform, geliştiriciler için karmaşık bağlantı, programlama ve dağıtım görevlerini ortadan kaldırır ve yüksek düzeyde yatırım geri dönüşü sağlayan güçlü son kullanıcı çözümleri sunar. Kuruluşlar ThingWorx platformunu kullanarak akıllı, bağlı ürünler, operasyonlar ve yazılımlar oluşturarak işlerini hızlı bir şekilde yeni seviyeye götürebilir.

ThingWorx Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) platform ve AR yetenekleri ile kullanıcıların kendi bağlı ürünleri, operasyonları ve yazılım verileri ile çalışmalarını sağlar. Bu geniş yetenek kümesi, geliştiricilerin ve çözüm üreticilerinin cihazlarını bağlamalarını, analiz etmelerini, uygulama ve kullanıcı ara yüzleri oluşturmalarını, cihazları yönetme ve uzaktan kontrol etmelerini, AR üzerinden yeni tür deneyimler yaşamalarını sağlar. Tek bir yerde bu birçok entegre yetenekleri sağlayarak çözüm geliştirme ve pazara sunma zamanını en aza indirmektedir.

Şekil 7.12'de gösterilen ThingWorx platformunun özellikleri aşağıda açıklanmıştır:



Şekil 7. 12 ThingWorx platformu

- Source - Her yerden veri ekleme ve toplama – Doğrudan sensörlü ürünler ve sistemler, PLC'ler, fabrika katında bulunan IoT ağ geçitleri, mevcut ürün bulutları, 3D tasarım ve mühendislik sistemleri, CRM ve ERP gibi diğer iş sistemleri. Bağlanabilirlik neredeyse tüm IoT çözüm sağlayıcıları için bir zorunluluk haline gelmiş olsa bile, hızlı bir şekilde atölye ve kaynak verilerine kolayca bağlanan endüstriyel bağlantı ile bir farklılaşma sağlar.
- Contextualize – Verileri mantıklı bir şekilde yapılandırma - Fiziksel sistemleri ve ürünlerin dijital verilerini düzenleyerek 3D geometri gibi ek verilerle zenginleştirir.
- Synthesize – Sentezleme – Entegre analitik yeteneklerini veya üçüncü taraf araçlarını kullanarak fiziksel ürün ve sistem davranışlarını ve performansını analiz eder, benzetir ve tahmin edilmesini sağlar. Analytics Modelleyici, ANSYS, Azure vb. gibi diğer çözümlerden modeller getirmeye olanak sağlar.
- Orchestrate – Fiziksel ve Dijital sistemlerde eylem ve sonuç - İş sistemleri verilerini, ürünleri ve fiziksel işlemleri bağlayan işlemleri otomatikleştirir. Örneğin,

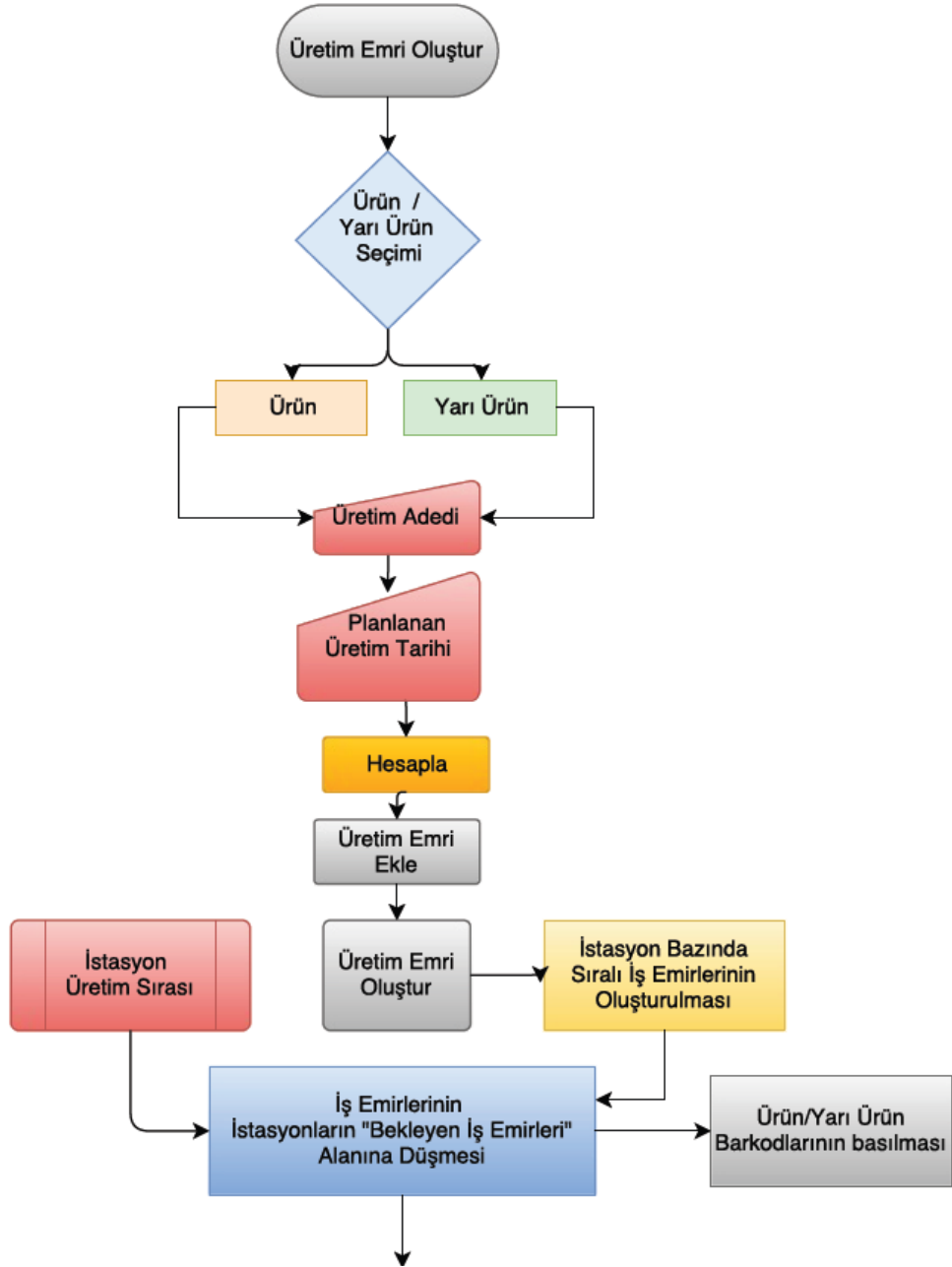
ThingWorx bir fabrika hattını yavaşlatarak veya bir vana kapatarak fiziksel sistemleri yönetebilir ve bir alan yönetim sistemine bir iş emri verebilir.

- Engage – İnsanların daha iyi performans almasına ve daha doğru karar vermesine olanak sağlama – Masaüstü, web ve mobil uygulamalarla ilgili, ilgi çekici bilgiler ve en üstün artırılmış gerçeklik deneyimlerini sunar.

ThingWorx, özellikle piyasa için kurumsal hazır IIoT çözümleri sunmak isteyen yenilikçiler için tasarlanmış ve sektördeki en güçlü ekosistem tarafından desteklenmektedir. ThingWorx Ayrıca, sektördeki tek IoT Marketplace ile hazır eklenti ve uygulamalar sağlar.

7.5 Akış Diyagramları

Aşağıda birbirinin devamı olan şekillerde, Ek-A'da bulunan java kodları ile oluşturulan iş akış diyagramları gösterilmiştir. Şekil 7.13'te gösterilen akışa göre önce üretim emri oluştur ile ürün veya yarı ürün seçimi yapılır. Üretim adedi ve planlanan üretim tarihi girilerek hesapla butonuna basılır. "Hesapla"dan sonra üretim emri ekle butonuna basılır. Üretim emri oluştur kırılımı altında daha önce hazırlanmış olan üretilecek ürün veya yarı ürünün 'ürün ağacına' ve 'istasyon bazlı üretim sırası'na erişilir. Burada kullanılacak hammadde hesaplaması yapılır. Üretim emri her istasyon bazında çoklanır. Sırasıyla istasyonların bekleyen üretim emirlerine düşer ancak bir önceki istasyonda üretim tamamlanmadan sonraki istasyonda üretime başla butonu aktif olmaz. Bu aşamada her kart için ayrı ayrı barkod üretilerek ve kartların üzerine yapıştırılır.



Şekil 7. 13 SMD hattı iş akış diyagramı 1

Şekil 7.14'te SMD hattındaki iş akış diyagramının devamı gösterilmiştir. Buna göre operatörün üretim emrini başlatmasıyla beraber ekranda hat üstü üretim gereksinimleri yani hangi hammaddeden ne kadar kullanılacağı bilgisi görünür. Üretilcek ürün veya yarı ürün üzerindeki barkod, barkod okuyucu ile yeni bir sipariş paketi oluşturulacak şekilde okunur. Çoklu kartlarda tüm barkodların doğru bir şekilde okunması ve bunun operatör tarafından mutlak teyit edilmesi gerekir. Bu aşamada bu paket üretiminin istasyona tanımlanan aktif bir iş emri olup olmadığı sorgulaması

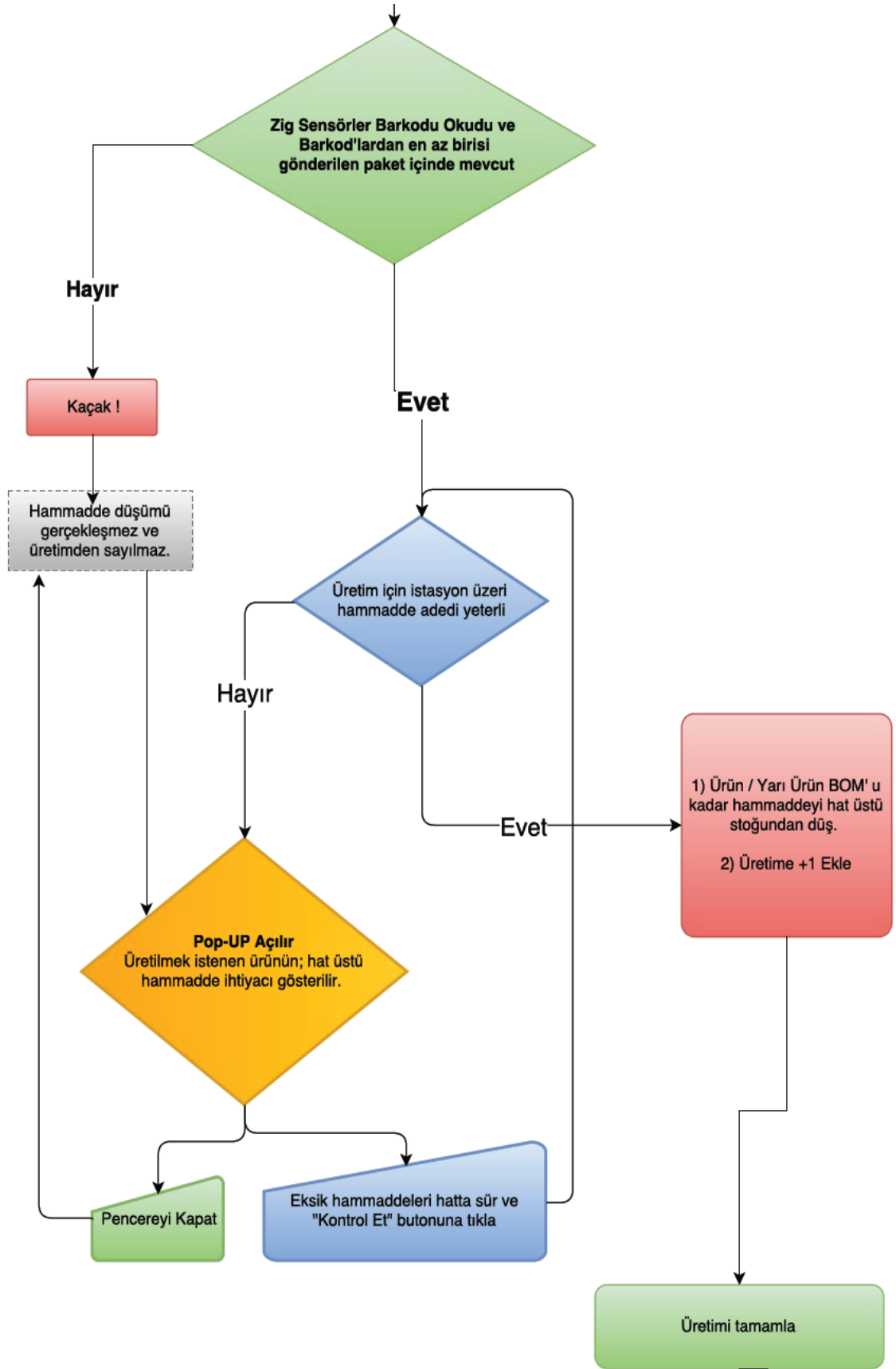
yapılır. Aktif bir iş emri değilse başa dönülür, eğer aktif bir iş emri ise “paket gönder”e basılarak kart üretime gönderilir.



Şekil 7. 14 SMD hattı iş akış diyagramı 2

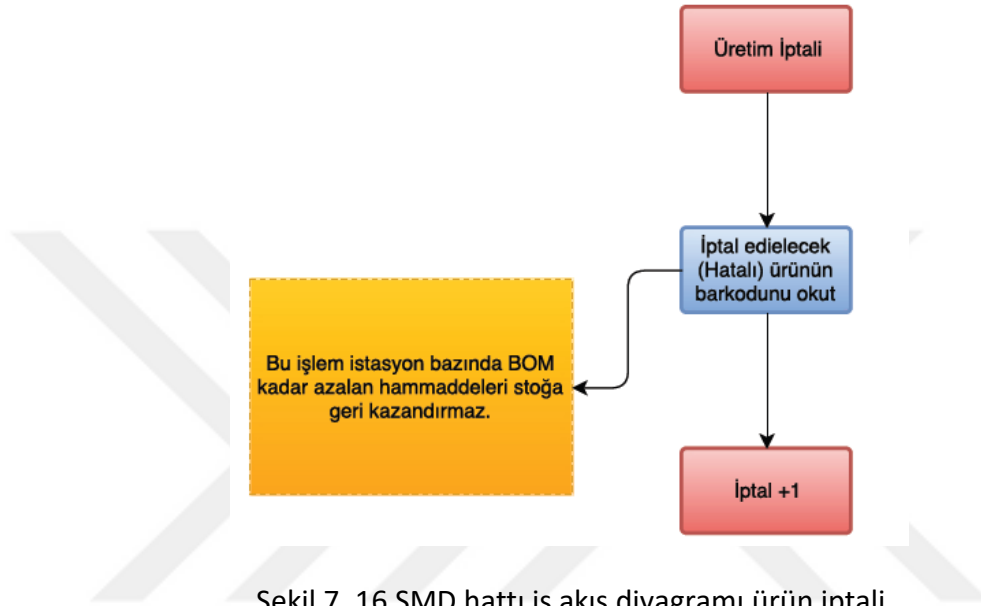
Şekil 7.15’de SMD hattındaki iş akış diyagramının son kısmı gösterilmiştir. Otomatik hat üzerinde bulunan iki adet Zig marka sensör bir önceki aşamada gönderilen paketi baz alır ve tüm pakette kullanılacak hammadde adetlerini hat üzerinden düşer. Bu pakette bulunan kart adedi kadar üretim artırımı yapar. Hat üstünde üretim için yeterli hammadde olmadığı takdirde ekrana bir pencere gelir ve burada operatör üretim için gerekli hammaddeleri hatta çekip tekrar kontrol eder. Bunun sonunda yeterli hammadde var ise üretim sayısı artırılır. Operatör bu pencereyi kapatabilir ancak hammadde düşümü gerçekleşmez ve üretim artmaz. Bu pencere tekrar açılır, bir önceki adım tekrarlanırsa ve yeterli hammadde hat üzerinde sağlanırsa, stoktan hammadde düşümü gerçekleşir ve üretim +1 artar.

İstasyonda üretim tamamlandığında operatörün üretimi tamamlama butonuna basması gerekir. Bununla birlikte ürün diğer istasyona gelir. Bu yapılmadan bir sonraki istasyon üretime başlayamaz.



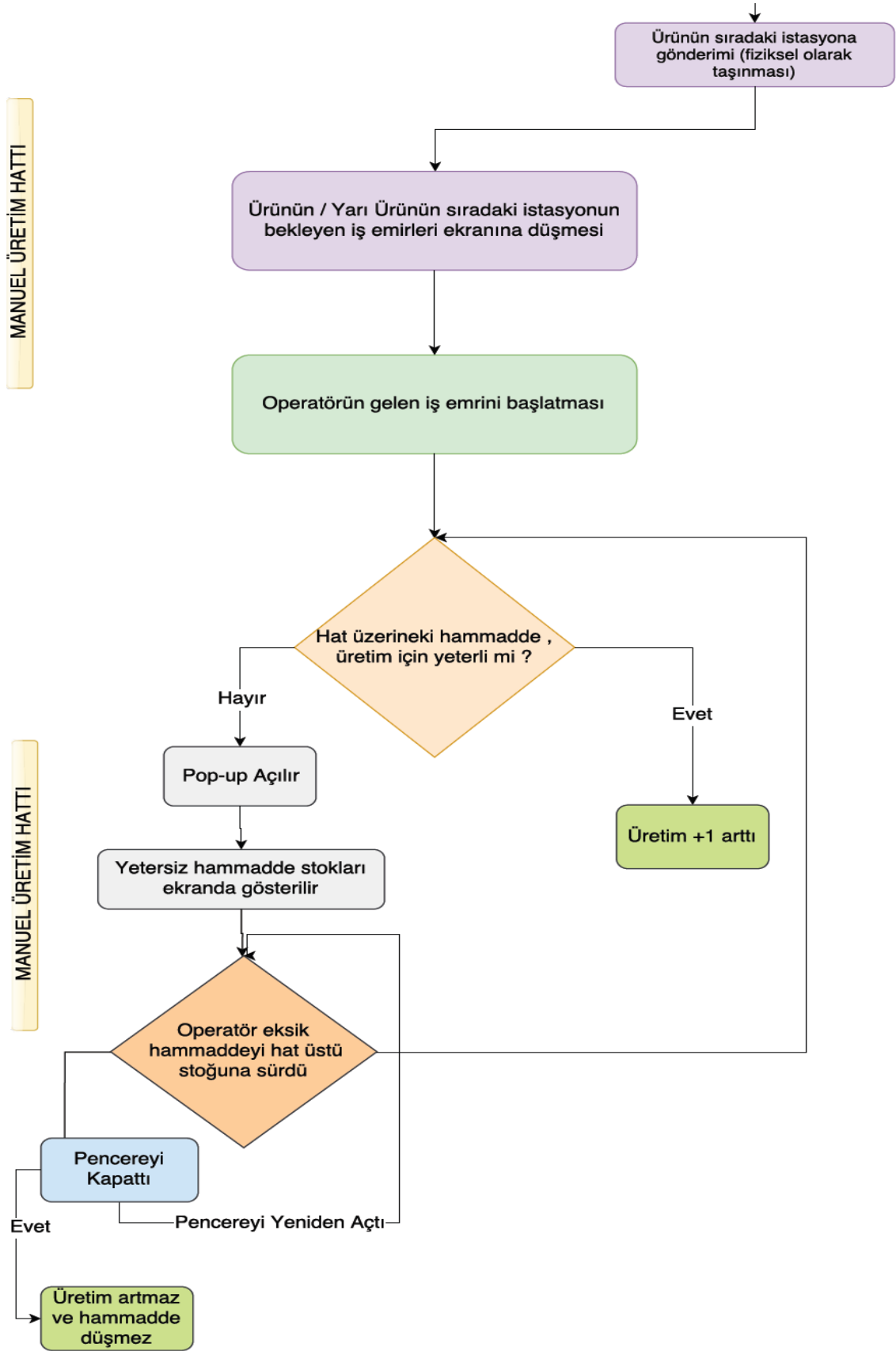
Şekil 7. 15 SMD hattı iş akış diyagramı 3

Şekil 7.16'da SMD hattında hatalı üretim yapılmış bir ürünün iptal diyagramı gösterilmiştir. Üretim iptali ekran üzerinde yapılır. İptal edilecek ürünün barkodu okutulur ve ürün iptal edilir. Bu işlem söz konusu ürün tarafından düşürülen hammadde sayısını geri kazandırmaz. İptal ürün hanesine +1 ilave edilir. İptal edilen ürünler geri dönüşüme gönderilir. Burada yapılan işlemler sonucu hammaddeler genel stoğa eklenir.



Şekil 7. 16 SMD hattı iş akış diyagramı ürün iptali

SMD hattında üretimi tamamlanan ürünler, fiziki olarak sıradaki istasyona yani manuel hatta taşınır. Şekil 7.17'de gösterildiği gibi ürün veya yarı ürün sıradaki istasyonun bekleyen iş emirleri ekranına düşer. Bu aşamada operatör üretimi başlat der ve üretimi başlatır. Ekrana gelen pencerede üretim için gerekli hammadde miktarı belirir. Yeterli hammadde yok ise uyarı pop upı açılır ve operatörden yetersiz hammadde kalemlerini stoğa alması istenir. Operatör pencereyi kapatabilir ve bu işlemi daha sonra yapabilir. Ancak üretimden sayılmaz ve hammadde düşümü gerçekleşmez. Bu pencere tekrar açılır bir önceki adım tekrarlanırsa ve yeterli hammadde hat üzerinde sağlanırsa, stoktan hammadde düşümü gerçekleşir ve üretim +1 artar.



Şekil 7. 17 Manuel hat iş akış diyagramı

Şekil 7.18’de manuel hatta hatalı üretim yapılmış bir ürünün iptal diyagramı gösterilmiştir. Üretim iptali ekran üzerinde yapılır. İptal edilecek ürünün barkodu okutulur ve ürün iptal edilir. Bu işlem söz konusu ürün tarafından düşürülen hammadde sayısını geri kazandırmaz. İptal ürün hanesine +1 ilave edilir. İptal edilen ürünler geri dönüşüme gönderilir. Burada yapılan işlemler sonucu hammaddeler genel stoğa eklenir.



Şekil 7. 18 Manuel hat iş akış diyagramı ürün iptali

7.6 Oluşturulan Modüller

7.6.1 Mikrolift Panel / Üretim İzleme Ekranı

Mikrolift, bir üretim tesisidir. Bu kısım üretim izleme ekranını kapsamaktadır. Tesis altı üretim bölümünden oluşmaktadır: Otomatik (SMD), Manuel, 70S, Test, Paketleme ve Konya şeklindedir.

Şekil 7.19’da Mikrolift panel üretim izleme ekranı görülmektedir. Ekran ikiye bölünmüş olup sol tarafta Üretim Emri No, Ürün / Yarı Ürün Adı, Planlanan Adet, Üretilen Adet, İptal Edilen Adet gibi alanlar bulunmaktadır. Sağ tarafta ise son üretim emirleri ile ilgili bilgileri içeren bir çizelge bulunmaktadır.

mikrolift

Mikrolift Panel

Takip Ekranları

Yönetim Ekranları

Tanım Ekranları

Çıkış

Tümü

Ham Madde

Ürün

Yarı Ürün

MALZEMELER

Hesaplama Gerekli!

Hesapla

Malzeme Kodu	Mikrolift Malzeme Adı	Açıklama / Sipariş Kodu	Malzeme Tipi	Malzeme Stok Tipi	Para Birimi	Malzeme Fiyatı	Malzeme Fiyat Açıklaması	İstasyon	İstasyon	İsta
M000001	Çift taraflı bant 3 cm	Çift taraflı bant 3 cm	Ham Madde	Bant				MAN		
M000002	Bobin 330uH 5mm %10	LPL0813T-331K-C Abco Electronics	Ham Madde	Bobin	USD	0.1800		MAN		
M000003	Buzzer Devreli 12mm 5V	MB1275B05NP HK-Sound	Ham Madde	Buzzer	USD	0.2600		MAN		
M000004	Cam Sigorta 5x20 15A 250V	Cam Sigorta 5x20 15A 250V KLS	Ham Madde	Cam_Sigorta	USD	0.0140		KONYA	MAN	
M000005	Cam Sigorta 5x20 1A 250V	SGT1A Reomax	Ham Madde	Cam_Sigorta	USD	0.0140		MAN	KONYA	
M000006	Cam Sigorta 5x20 3A 250V	SGT3A Reomax	Ham Madde	Cam_Sigorta	USD	0.0140		KONYA	MAN	
M000007	Cam Sigorta 5x20 4A 250V	SGT4A Reomax	Ham Madde	Cam_Sigorta	USD	0.0140		KONYA	MAN	
M000008	Cam Sigorta 5x20 5A 250V	SGT5A Reomax	Ham Madde	Cam_Sigorta	USD	0.0140		MAN	KONYA	
M000009	Cam Sigorta 5x20 7A 250V	SGT7A Reomax	Ham Madde	Cam_Sigorta	USD	0.0140		MAN	KONYA	
M000010	Dipswitch 4ü 8 Pin Dip300	DS1040-048N Confly	Ham Madde	Dipswitch	USD	0.1500		MAN	KONYA	
M000011	Dipswitch 8ü 16 Pin Dip300	DS1040-088N Confly	Ham Madde	Dipswitch	USD	0.2500		MAN		
M000012	Diriç 0R 1/4W %5	CF14(CP) 0R 5% 1/8 LGE Resistor	Ham Madde	Diriç				MAN	KONYA	
M000013	Metal Film Diriç 100K 2W %1	MR225FF1003A10 Royalohm	Ham Madde	Diriç	USD	0.0180		MAN		
M000014	Diriç 100K 1/4W %5	CF14(CP) 100K 5% 1/8 LGE Resistor	Ham Madde	Diriç				MAN	KONYA	
M000015	Diriç 10K 1/4W %5	CF14(CP) 10K 5% 1/8 LGE Resistor	Ham Madde	Diriç				MAN	KONYA	
M000016	Diriç 15K 1/4W %5	CFR0M40153450 Royalohm	Ham Madde	Diriç				KONYA	MAN	
M000017	Diriç 180K 1/4W %5	180K 1/4W %5 Syntom-Tech	Ham Madde	Diriç				KONYA	MAN	

Malzeme Kodu

Mikrolift Malzeme Adı

Malzeme Tipi

Malzeme Tipi Seç

Malzeme Stok Tipi

Malzeme Stok Tipi Seç

Açıklama/Sipariş Kodu

Min. Stok Adedi

Min. Sipariş Adedi

Tedarik Süresi (Gün)

Kullanıldığı İstasyonlar

Güncelle

Sil

Yeni Malzeme Giriş

Stok Tiplerini Yükle

Dilek Kurulum Yükle

Malzemenin Kullandığı BOM'lar

Malzeme Adet ve Toplam Maliyet

Administrator

Designed by BrandIT IoT Technology

Şekil 7. 19 Mikrolift panel üretim izleme ekranı

Bu çizelge içerisinde Malzeme Kodu, Ürün / Yarı Ürün Adı, Planlanan Üretim Adedi, Planlanan Tarih, Başlama Tarihi gibi üretim siparişlerinin detaylarını yer almaktadır. Bir üretim siparişi başladığında, başladığını bildiren yeşil bir vurgu ilgili satır boyunca Şekil 7.20'deki gibi oluşur.

Otomatik Hat Manuel Hat 705 Hatı Test Hatı Paketleme Konya					
Üretim Emri No PT17080AZ163444 Ürün / Yarı Ürün Adı MLOUT VER1.0 Kartı Planlanan Adet 0868 Üretilen Adet 0631 İptal Edilen Adet 0000					
Malzeme Kodu	Ürün/Yarı Ürün Adı	Planlanan Üretim Adı	Planlanan Tarih	Başlama Tarihi	
M000224	MLOUT VER1.0 Kartı	868	07-08-2017	08-08-2017	
M000609	MLELC Power Kartı	200	04-08-2017	---	
M000666	MLELC-3S Power Kartı	200	04-08-2017	---	
M000226	MLGSX Kartı	197	07-08-2017	---	
M000278	MILSERI40	200	07-08-2017	---	
M000235	MLDCK	200	07-08-2017	---	
M000279	MILSERI65	134	07-08-2017	---	
M000678	MLPOWER	200	07-08-2017	---	
M000223	ML40P VER2.0 Kartı	200	07-08-2017	---	

Şekil 7. 20 Otomatik hat üretim izleme ekranı

Bir üretim emri tıklandığında, bu emrin bilgileri ekranın sol tarafındaki kısımda görülebilir.

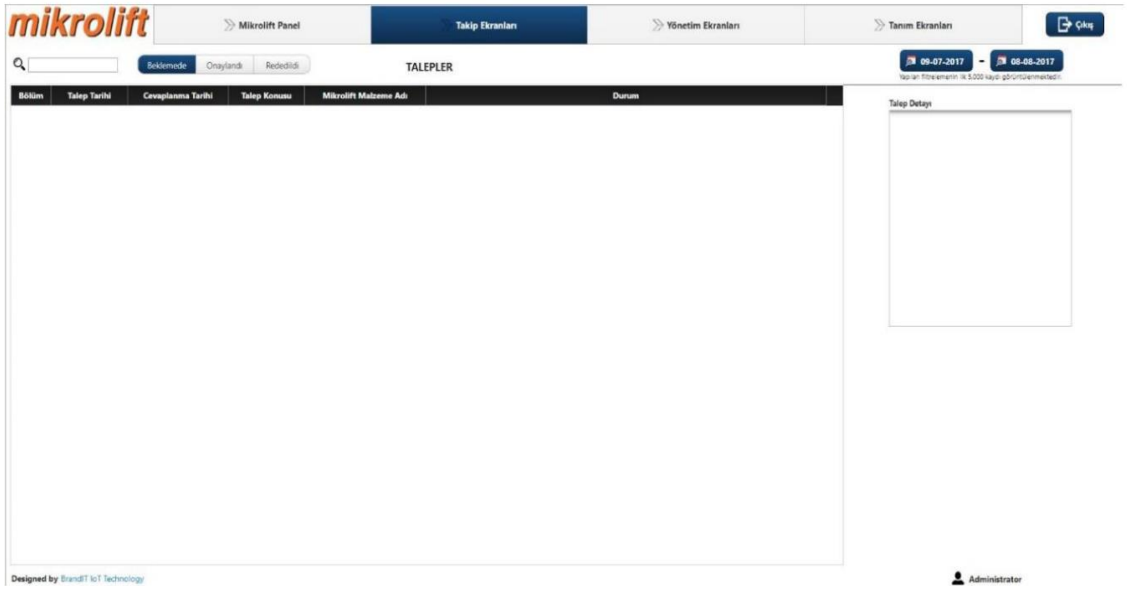
Diğer üretim kısımlarının tasarımı ve kullanılabilirliği otomatik hat ile aynıdır. Her üretim bölümünün kendi üretim emirleri vardır ve kendine ait kısımlarda görülebilir.

7.6.2 Takip Ekranı

Bu kısımda 4 alt menü bulunmaktadır:

7.6.2.1 Kullanıcı Talepleri

Bu kısımda, kullanıcı talepleri Şekil 7.21’de görüldüğü gibi sağ üst köşede belirtilen tarihler aralığında izlenebilir. Üç tip talep mevcuttur: Beklemede, onaylandı ve reddedildi.



Şekil 7. 21 Takip ekranı kullanıcı talepleri

Şekil 7.21’te sağ üst köşede belirtilen herhangi bir tarihler aralığı seçilip, onaylanan sekmesi tıklandığında Şekil 7.22’de gösterilen ekran karşımıza çıkmaktadır. Burada seçilen tarih aralığında onaylanmış olan talepler görülmektedir.

TALEPLER					
Bölüm	Talep Tarihi	Cevaplanma Tarihi	Talep Konusu	Mikrolift Malzeme Adı	Durum
Ana Stok	07-08-17 17:23:48	07-08-17 17:23:57	Stoktan Düşüm		Onaylandı
Ana Stok	07-08-17 17:23:40	07-08-17 17:24:00	Stoktan Düşüm		Onaylandı
Ana Stok	07-08-17 17:23:32	07-08-17 17:24:06	Stoktan Düşüm		Onaylandı
Ana Stok	07-08-17 17:23:22	07-08-17 17:24:09	Stoktan Düşüm		Onaylandı
Ana Stok	07-08-17 17:23:11	07-08-17 17:24:14	Stoktan Düşüm		Onaylandı
Ana Stok	07-08-17 17:22:49	07-08-17 17:24:16	Stoktan Düşüm		Onaylandı
Ana Stok	07-08-17 17:22:24	07-08-17 17:24:20	Stoktan Düşüm		Onaylandı

Şekil 7. 22 Takip ekranı onaylananlar

7.6.2.2 Ürün / Yarı Ürün Adetleri | Product / Semi Product Quantity

Bu bölümde Şekil 7.23'te görüldüğü gibi kutulu ürün ve kartlar olmak üzere iki tür ürün bulunmaktadır. Bunlar ayrı ayrı veya her ikisi birden görüntülenebilmektedir. Altta listeyi ılgarada yenileyen bir buton vardır. Ayrıca bu bölümde üretim durumları adında bir başka buton daha bulunmaktadır. Buton varsayılan olarak devre dışıdır. Açılacak düğmeyi etkinleştirmek için operatör bir ürün seçilmeli ve ürünün/yarı ürünün üretim durumunu görmek için basmalıdır. Bu açılır pencerede ürün/yarı ürün toplam stok, toplam sipariş adımı görüntülenmektedir.

Tümü Kutulu Ürünler Kartlar		ÜRÜN/YARI ÜRÜN ADETLERİ						
Yenile		Üretim Durumları						
Malzeme Kodu	Ürün / Yarı Ürün Adı	Tipi	Stok Tipi	Kullanıldığı İstasyon	İstasyonlardaki Toplam Stok Adedi	Toplam Üretimi Planlanan Adet	Toplam Müşteri Sipariş Adedi	Hesaplama
M000278	MLSERI40	Ürün	Kutulu Ürün	PAK	0	200	158	42
M000644	MLADP VER2.0	Ürün	Kutulu Ürün	PAK	0	400	153	247
M000277	MLSERI-SES	Ürün	Kutulu Ürün	PAK	0	0	128	-128
M000678	MLPOWER	Ürün	Kutulu Ürün	PAK	0	0	70	-70

Şekil 7. 23 Ürün/yarı ürün adetleri ekranı

Bir ürün veya yarı ürün seçilip üretim durumları butonu tıklandığında Şekil 7.24'te gösterilen ekran karşımıza çıkmaktadır. Burada Üretim Emri No, Planlanan Tarih, Planlanan Üretim Miktarı, SMD, MAN, TEST, PAK, KON, 70S'yi içeren bir tablo bulunmaktadır. Belirtilen renkler, üretim durumunu ifade etmektedir. Beyaz renk bekleyen, yeşil renk üretim durumunda ve kırmızı renk tamamlanandır. Bu ekrandan çıkmak için kapat düğmesi kullanılır.

İlgili Ürün/Yarı Ürüne Ait Üretim Durumları

Ürün / Yarı Ürün Adı

MLPOWER

Toplam Stok

0

Toplam Sipariş

70

Üretim Emri No	PlannedDate	Planlanan Üretim Adedi	SMD	MAN	TEST	PAK	KON	70S
PT170804Z165844	07-08-2017	200	1	0	0	0		
PT170728Z142227	31-07-2017	200	200	200	0	0		
PT170721Z172842	23-07-2017	200	200	200	0	0		

☐ Bekleyen

☒ Devam Eden

☒ Tamamlanan

Kapat

Şekil 7. 24 Ürün/yarı ürün üretim durumları ekranı

Operatör seçilen ürün/yarı ürünü çift tıklattığında ortaya çıkan başka bir özellik de vardır. Şekil 7.25'te gösterildiği gibi İstasyonlardaki Stok Miktarları, istasyonlarda bulunan anlık stok miktarlarını kullanıcıya sunar. Ayrıca toplam ürün/yarı ürün miktarına da ulaşılabilir.

İstasyonlardaki Stok Miktarları

Malzeme Kodu	
M000224	
Ürün / Yarı Ürün Adı	
MLOUT VER1.0 Kartı	
Otomatik Hat	Paketleme
0	0
Manuel Hat	70S
420	0
Test	Konya
0	0
Toplam	
420	

Kapat

Şekil 7. 25 İstasyonlardaki stok miktarları ekranı

7.6.2.3 Ana Stok İşlemleri

Mikrolift'in stoklarının çoğunu tuttuğu büyük bir ana stoğu vardır. Şekil 7.26'da görüldüğü gibi stokta 6 farklı durum bulunmaktadır: Stok Girişi, Stok Transferi, Lot Sonu (Stok Bitmesi), Stok Rezervi, Stoktan Düşme, Stok İadesi. Bu durumlardan biri ortaya çıktığında, "Olay" bölümünde farklı renklerle vurgulanmış harflerle bildirir. Ayrıca Takip Barkodu, Olay Tarihi, Mikrolift Malzeme Adı, Tedarikçi, İstasyon, Lot Kodu, Olay, Etiket Adı, Etiketdeki Parça Adedi, Açıklama, Kullanıcı sütunları bulunmaktadır. Liste sağ üst köşeden ayarlanabilen seçilmiş bir tarih aralığındaki son 5000 kaydı veya üst kısmına yerleştirilmiş yatay menüde belirli bir durum seçilip o duruma ait kayıtları göstermektedir. Sol üst köşede, belirli verileri aramak için kullanılabilecek bir arama kutusu bulunmaktadır.

Tümü

Stok Girişi

Stok Transferi

Lot Sonu

Stok Rezerve

Stoktan Çıkarma

Stok İadesi

10-07-2017

09-08-2017

İşlem Filtresinin 14.500 Kayı Gösterilemedi!

Takip Barkodu	Olay Tarihi	Mikrolift Malzeme Adı	Tedarikçi	İstasyon	Lot Kodu	Olay	Etiket Adedi	Etiketli Paha Adedi	Açıklama	Kullanıcı
MT1707242122949N003	07-08-2017 17:50:58	OR27 SW %S Power Film Axiel (Tay Dineç)	MIKROLIFT MUHASAN SAN.	Manuel Hat	T1707242122949	Stok Transferi	1	400	BayramÖzer	
MT1707272095542N002	08-08-2017 12:31:53	10uF 400V 10x16 5mm 105C Elektrolitik Kondansat	MIKROLIFT MUHASAN SAN.	Konya Üretim Me	T1707272095542	Stok Transferi	1	200	BayramÖzer	
MT1707272095542N003	08-08-2017 12:31:53	10uF 400V 10x16 5mm 105C Elektrolitik Kondansat	MIKROLIFT MUHASAN SAN.	Konya Üretim Me	T1707272095542	Stok Transferi	1	200	BayramÖzer	

Şekil 7. 26 Ana stok işlemleri ekranı

7.6.2.4 İstasyon Stok İşlemleri / Otomatik (SMD) Hat

Kullanıcı Şekil 7.27'deki gibi SMD istasyon işlemini görüntüleyebilir. Üretim yatay menüsünde Üretime Gönderme, Stoğa Çekme, Stok Rezerve, Stok İadesi, Malzeme Transferi bulunmaktadır. Diğer üretim hatları bu arayüz ile aynıdır.

Tümü

Üretime Gönderme

Stoğa Çekme

Stok Rezerve

Stok İadesi

Malzeme Transferi

10-07-2017

09-08-2017

İşlem Filtresinin 14.500 Kayı Gösterilemedi

Malzeme Takip Barkodu	Olay Tarihi	Mikrolift Malzeme Adı	Tedarikçi	Lot Kodu	Etiketli Paha Adedi	Olay Paha Adedi	Olay	Transfer İstasyonu	Kullanıcı
MT1707302103426N022	09-08-17 12:36:37	Dişet 6A 800V DO-214AB	MIKROLIFT MUHASAN SAN.LTD.ŞTİ.	T1707302103426	500	500	Üretime Gönderme		Administrator
MT1707302103426N022	09-08-17 12:36:37	Dişet 6A 800V DO-214AB	MIKROLIFT MUHASAN SAN.LTD.ŞTİ.	T1707302103426	500	500	Üretime Gönderme		Administrator

Şekil 7. 27 İstasyon stok işlemleri üretime gönderme ekranı

7.6.3 Yönetim Ekranı

7.6.3.1 Talep Havuzu

Bu bölümde yeterli yetki sahibi kullanıcı, istek havuzundaki istekleri onaylayabilir veya reddedebilir. Talep bilgisi arayüzün sağ tarafındadır ve Talep Sahibi Bölüm, Talep Komutu, Talep Alt Konusu, Talep Tarihi ve Talep Detayı gibi kullanıcıların ihtiyaç duyabilecekleri birkaç veri içermektedir.

Tanım ekranlarında talep yaratıldığında yönetim ekranları kısmında beklemede durumu görüntülenmektedir. Kullanıcı, bu isteği onaylamak için "onay" düğmesine basarak veya reddetmek için hemen sağ alttaki "red" düğmesine basarak karar verecektir. Üst yatay menüde onaylandı veya reddedildi statüsündeki talepleri de görüntülenmektedir.

7.6.3.2 Müşteri Siparişleri

Bu bölümde, kullanıcı Şekil 7.28'de görüldüğü gibi müşteri siparişlerini izleyebilir. Siparişler planlanan ve tamamlanan olarak iki durumda bulunur. Bir sipariş tıklandığında, sağ menüde seçilen sipariş bilgileriyle doldurulacaktır. Kullanıcı, Siparişi

Düzenle'yi tıkladığında, seçilen siparişi düzenlemek için bir açılır pencere açılarak burada sipariş düzenlenebilmektedir.

Müşteri Adı	Mikrolift Malzeme Adı	Sipariş Adedi	Sipariş Tarihi	Teslim Tarihi	Kalan Sipariş Adedi	Teslim Edilen Adet	Açıklama
MİKROLİFT MİHİNASAN SANLİTİSTİ	MILSAZ	13	07-08-2017	08-08-2017	13	0	Kompa
ELACONT ELECTRONIK SANVEY TECL	MILPOWER	5	07-08-2017	11-08-2017	5	0	
ELACONT ELECTRONIK SANVEY TECL	MILASP VERZ-0	25	07-08-2017	11-08-2017	25	0	
ELACONT ELECTRONIK SANVEY TECL	MILSERB4	25	07-08-2017	11-08-2017	25	0	
ELACONT ELECTRONIK SANVEY TECL	MILPOWER	30	07-08-2017	11-08-2017	30	0	
STOP AGANÖR MAKİNAÇI SAKTIC	MILASP VERZ-0	30	07-08-2017	11-08-2017	30	0	
ANILMET AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILASP VERZ-0	50	07-08-2017	11-08-2017	50	0	
ANILMET AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILSERB4	50	07-08-2017	11-08-2017	50	0	
ANILMET AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILSERB-SES	50	07-08-2017	11-08-2017	50	0	
ANILMET AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILPOWER	50	07-08-2017	11-08-2017	50	0	
ANILMET AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILTA	50	07-08-2017	11-08-2017	50	0	
ARGELİFT AGANÖR KUMANDA PANOLARI-ÇİPİP DUMBİL	MILSERB-SES	25	07-08-2017	11-08-2017	25	0	
ARGELİFT AGANÖR KUMANDA PANOLARI-ÇİPİP DUMBİL	MILSERB4	25	07-08-2017	11-08-2017	25	0	
ARGELİFT AGANÖR KUMANDA PANOLARI-ÇİPİP DUMBİL	MILASP VERZ-0	25	07-08-2017	11-08-2017	25	0	
STOP AGANÖR MAKİNAÇI SAKTIC	MILSERB4	20	07-08-2017	11-08-2017	20	0	
STOP AGANÖR MAKİNAÇI SAKTIC	MILSERB-SES	20	07-08-2017	11-08-2017	20	0	
DIAS AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILSERB-SES	25	07-08-2017	11-08-2017	25	0	
DIAS AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILASP VERZ-0	25	07-08-2017	11-08-2017	25	0	
DIAS AGANÖR SAKTIC İDÖŞTİ	MILSERB4	30	07-08-2017	11-08-2017	30	0	

Şekil 7. 28 İstasyon stok işlemleri ekranı

Şekil 7.29'da bekleme durumunda olan taleplerin gösterildiği talep havuz ekranı gösterilmiştir.

İstasyon	Kullanıcı	Talep Tarihi	Talep Konusu	Mikrolift Malzeme Adı	Durum
AR-GE	SancarSencel	2017-08-09 11:59:57.402	Yeni Malzeme	San Oskak Tere Bağlama Elvanı	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:19:18.763	Yeni Malzeme	Kart kasetleri 2 m 2x0.22mm 2.5 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:19:31.120	Yeni Malzeme	Kart kasetleri 1.5 m 2x0.22mm 2.5 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:19:59.986	Yeni Malzeme	Git Götürge Rotor Arası Bağlama Kablo 3 m 3x0.22 2.50 Konnektörlü	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:15:09.939	Yeni Malzeme	Kablo içi Kablo 1.5 m 3x0.22mm UYY	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:14:24.355	Yeni Malzeme	Kablo içi Kablo 1 m 3x0.22mm UYY	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:13:45.189	Yeni Malzeme	Kablo içi Kablo 50 cm 3x0.22mm UYY	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:11:14.620	Yeni Malzeme	Ana Hat 10m 2x0.75mm 3.96 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:09:31.825	Yeni Malzeme	Kabin-X Revizör Kabin Ectoma Arası Bağlama kablo 5m 12x0.50mm 4.20 Konnektörlü	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:07:03.203	Yeni Malzeme	Ana Hat 5m 2x0.675mm 3.96 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:05:30.721	Yeni Malzeme	Ana Hat 5m 2x0.675mm 3.96 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:04:01.555	Yeni Malzeme	Ana Hat 4m 2x0.675mm 3.96 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:03:02.518	Yeni Malzeme	Ana Hat 3.3m 2x0.675mm 3.96 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 11:02:24.970	Yeni Malzeme	Kart kasetleri 1m 2x0.22mm 2.5 Konnektörlü Kablo	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 09:58:19.961	Yeni Malzeme	8X2 005 1/8W 1/1 SMD Dışarı	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-30 09:54:47.673	Yeni Malzeme	1m1205 1/4W 1/5 SMD Dışarı	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-29 15:54:41.297	Yeni Malzeme	100K 005 1/8W 1/1 SMD Dışarı	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-29 15:54:32.491	Yeni Malzeme	1K 805 1/8W 1/1 SMD Dışarı	Beklenmede
AR-GE	SancarSencel	2017-07-29 15:52:58.550	Yeni Malzeme	120R 005 1/8W 1/1 SMD Dışarı	Beklenmede

Şekil 7. 29 Talep havuzu ekranı

7.6.4 Üretim Emirleri Yönetimi

Bu bölümde, Şekil 7.30'da görüldüğü gibi kullanıcı üretim komutlarını görüntüleyebilir ve yönetebilir. Yeni üretim emri, bekleyen durumda eklenecektir.

Şekil 7.31’de görüldüğü gibi operatör ürün/yarı ürünü seçilip istenilen imalat miktarını girilmelidir. Seçilen imalat tarihinden sonra bu prosedürün bir sonraki adımına geçmek için hesapla tuşuna basılmalıdır.

ÜRETİM EMİRLERİ YÖNETİMİ

10.06.2017 08.10.2017

Yarın Kilitlenecek 14.000 kişi görülmektedir.

Üretim Emri No	Mikrolit Malzeme Adı	Planlanan Tarih	Üretim Başlama Tarihi	Üretim Tamamlanma Tarihi	Planlanan Üretim Adedi	Üretilen Adet
PT1703072140757	MLFILTER Kartı	07-09-2017	---	---	800	0
PT1703072140753	ML40P VER2.0 Kartı	07-09-2017	---	---	200	0
PT1703072140748	ML40P VER2.0	07-09-2017	---	---	200	0
PT1703072140810	Karakter LCD 16x2 80x44x13.5mm 11mm Pin	07-09-2017	---	---	200	0
PT1703072140801	Yassı Kablo 16x1 134.5cm (2 ucu klemnelidir)	07-09-2017	---	---	600	0
PT1703072140500	MLKLM65 VER2.0 Kartı	07-09-2017	---	---	200	0
PT1703042165608	MLKLM65-1A Kartı	07-09-2017	---	---	197	0
PT1703042165605	ML65X Kartı	07-09-2017	---	---	197	0
PT1703042165603	ML65X	07-09-2017	---	---	197	0
PT1703042165605	Karakter LCD 16x2 80x44x13.5mm 11mm Pin	07-09-2017	---	---	200	0
PT1703042165651	Karakter LCD 16x2 80x44x13.5mm 11mm Pin	07-09-2017	---	---	70	0
PT1703042165608	Yassı Kablo 16x1 134.5cm (2 ucu klemnelidir)	07-09-2017	---	---	210	0

Üretim Emri No

Mikrolit Malzeme Adı

Açıklama

Yeni Üretim Emri

Üretim Emriyi Düzenle

Üretim Emriyi Sil

Üretim Barkodları

Şekil 7. 30 Üretim emirleri yönetimi ekranı

Yeni Üretim Emirleri

Aug-09-2017 Hesapla

Malzeme Adı	Tipi	Stok Tipi	İstasyonlardaki Toplam Stok	Toplam Üretimi Planlanan Adet	Toplam Müşteri Sipariş Adedi
MLSERI40	Ürün	Kutulu Ürün	0	200	158
ML40P VER2.0	Ürün	Kutulu Ürün	0	400	153
MLSERI-SES	Ürün	Kutulu Ürün	0	0	128
MLPOWER	Ürün	Kutulu Ürün	0	0	70
MLKTA	Ürün	Kutulu Ürün	0	0	50
MLSES	Ürün	Kutulu Ürün	0	0	15
MLFAZ	Ürün	Kutulu Ürün	0	0	13
MLSERI65	Ürün	Kutulu Ürün	0	0	6
MLREV-X	Ürün	Kutulu Ürün	0	279	5
AKLCD33_CM_V11	Ürün	Kutulu Ürün	0	0	0

Kapat

Şekil 7. 31 Yeni üretim emirleri ekranı 1

Şekil 7.32’deki ekranda kullanıcı, istenen ürünün üretilmesi için gerekenleri görebilir. Izgarada bir veya daha fazla ürün/yarı ürünün imalat siparişine verildiği toplam üretimi planlanan adet bölümünde görülmektedir. Belirli bir öge için yeterli stok varsa, bunları yeniden üretmeye gerek olmayabilir. Kullanıcı, seçilen kalemi imal etmek için “Üretim Emri Ekle” butonuna tıklayarak bunu seçebilir. Madde başına kaç adet üretileceği otomatik olarak hesaplanır. Kullanıcı ayrıca bu verileri de değiştirebilir.

“Üretim Emirlerini Oluştur” butonuna basıldıktan sonra, yeni üretim siparişleri ayrı ayrı istenilen yönde oluşturulacaktır.

Yeni Üretim Emirleri

Malzeme Adı	Tipi	Stok Tipi	Top. Müşteri Sipariş Adt.	Top. Stok Adt.	Top. Üretimi Planlanan Adt.	Yeni Üretim Adt.	Level	ParentMatName
ML40P VER2.0	Ürün	Kutulu Ürün	153	0	400	100	0	
ML40P VER2.0 Kartı	Ürün	Kart	0	0	200	100	1	ML40P VER2.0
MLKLM40 VER2.0 Kartı	Ürün	Kart	0	0	200	100	1	ML40P VER2.0
MLFILTER Kartı	Ürün	Kart	0	0	3092	400	1	ML40P VER2.0
Yassı Kablo 16LI 134.5cm (2 ucu konnekt)	Ürün	Kablo	0	0	1513	300	1	ML40P VER2.0
Karakter LCD 16x2 80x36x13.5mm 11mm	Yan Ürün	Kart	0	0	1440	100	2	ML40P VER2.0 Kartı

Malzeme Adı	Planlanan Üretim Adt.	Planlanan Üretim Tarihi	Açıklama
ML40P VER2.0	100	09-08-2017	
ML40P VER2.0 Kartı	100	09-08-2017	
MLKLM40 VER2.0 Kartı	100	09-08-2017	

Ürün/Yan Ürün

MLKLM40 VER2.0 Kartı

Üretim Planlama Tarihi

09-Aug-2017

Üretim Adedi

100

Açıklama

Üretim Emri Ekle

Üretim Emri Çıkar

Üretim Emirlerini Oluştur

Kapat

Şekil 7. 32 Yeni üretim emirleri ekranı 2

7.7 Sonuçlar

7.7.1 Hammadde Tedarik ve Stok İzleme

Firma, ihtiyacı olan hammaddeleri faks, e-posta veya telefonla sipariş etmekte, gelen malzemeler ise excel dosyalarına kaydedilmekteydi. Thingworx ile hazırlanan stok yönetim uygulaması ile sipariş takibi ve hammadde stok yönetimi tek bir yapıda bir araya getirildi. Canlı ve doğru stok izleme sayesinde haftalık stok sayım ve doğrulama işlemlerinin yapılmasına gerek kalmadı. Stoklar azaldığında siparişler

7.7.2 Üretim Planlama

Geliştirilen üretim planlama uygulaması, stok izleme ile entegre edildiğinden, ürün siparişlerine göre yapılan üretim planlama işlemleri, mevcut ve beklenen hammadde miktarlarına göre optimize edilebildi. Üretim planları sisteme girildikçe hangi hammaddenin ne zaman biteceği öngörülerek zamanında hammadde siparişi

verilebilmesi sağlandı. Firma bu sayede stok hatası ve eksikliği sebebiyle yapılamayan veya yarım kalan üretim işlerini önlemiş oldu. Üretimde plana uyum oranı arttı bu da siparişlerin zamanında teslim oranını artırdı ve dolaylı olarak müşteri memnuniyeti ve pazar payında önemli derecede yükseliş meydana geldi.

7.7.3 Üretim Yönetimi

Makineler ve manuel operasyonlardan anlık olarak alınan verilerle, performans ve kullanılabilirlik analizleri yapılabilir. Bu sayede planlanan üretimlerin anlık takibi, plana uyum ve operatör organizasyonu daha aktif olarak yapılabilir.

Stok, planlama ve üretim yönetim uygulamalarının birbirleri ile entegre olması sayesinde firmanın en büyük maliyet kalemi olan SMD hattı fırın enerji sarfiyatı, doğru ve etkili planlama ile optimize edildi. Projenin başında haftada 5 gün çalışan SMD hattı, projenin sonunda daha yüksek kapasitedeki üretimi haftada 3 gün çalışarak tamamlamayı başardı.

7.7.4 Satış Sonrası Hizmetler

Kullanılan hammaddelerin türlerine göre hangi tedarikçilerden alındığı ve hangi kartta kullanıldığı bilgisi izlenebilir hale geldiği için arızalı olan veya arıza çıkarma ihtimali bulunan ürünlerin teslim edildiği müşteri bilgisine rahatlıkla ulaşılabilir. Bu durum geri çağırılması gereken kartların tespitini ve bunlara müdahale edilmesini kolaylaştırdı.

Teknik servis bölümünde ise arızaların çözüm süresi ve müşteriye ne kadar zamanda dönüş yapıldığı bilgisi takip altında olduğu için bu bölümde yaşanan aksamalar anında tespit edildi. Böylece müşteri memnuniyetinde önemli ölçüde artış sağlandı.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstriyel alanda yaşanan büyük teknolojik gelişmeler üretim sistemlerinin tamamen değişmesine yol açmış ve bu değişmeler sonucu yaşanan gelişmeler tarihsel süreçte endüstri devrimleri olarak adlandırılmıştır. Günümüze gelene kadar üç sanayi devrimi yaşanmıştır. Özellikle üçüncü sanayi devriminde bilişim, iletişim ve haberleşme alanlarında yaşanan teknolojik gelişmeler, Endüstri 4.0 olarak adlandırdığımız dördüncü sanayi devriminin altyapısını oluşturmuştur. Endüstri 4.0, halen içerisinde bulunduğumuz süreci ifade etmekle birlikte henüz sonlanmamıştır ve gelişerek devam etmektedir. Endüstriyel alanda internet teknolojisinin etkin bir şekilde kullanılarak dijital dönüşümün gerçekleştirilmesi anlamına gelen Endüstri 4.0 sürecinde nesnelerin interneti, büyük veri ve analizi, 3D yazıcılar, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, otonom robotlar, simülasyon, siber güvenlik, yatay-dikey yazılım entegrasyonu gibi yeni teknolojiler kullanılmakta ve akıllı fabrikalar, siber fiziksel sistemler gibi kavramlar karşımıza çıkmaktadır.

2011 yılında Almanya tarafından ortaya atılan Endüstri 4.0 kavramı, kısa süre içerisinde ülkelerin gelecek planlamalarında yer almaya başlamış, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere çoğu ülke bu yeni teknolojiyi üretim sistemlerine entegre ederek verimliliklerini, büyümelerini ve istihdamlarını artırıcı çalışmaları hızlandırmıştır. T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK tarafından yapılan anket çalışmalarından çıkan sonuçlara göre Türkiye sanayisindeki firmaların çok az kısmının Endüstri 4.0 ile ilgili kapsamlı bilgiye sahip oldukları görülmüştür. TÜRKONFED ve SEDEFED tarafından yapılan çalıştay ve anket çalışmalarından çıkan sonuçlara göre ise Endüstri 4.0'a en

yakın sektör olan otomotiv sektörü dışında kalan diğer sektörlerin Endüstri 2-2,5 seviyeleri arasında konumlandıkları ve Endüstri 3.0 seviyesine bile henüz gelemedikleri görülmüştür. Dünyada endüstri alanında yaşanan bu gelişmeler karşısında Türkiye de hızlı bir şekilde aksiyon almış bu sürecin şirketlerin bireysel çabalarından ziyade genel bir sanayi politikası oluşturularak yürütülmesi amacıyla Endüstri 4.0'la ilgili bakanlık düzeyinde geleceğe yönelik planlamalar ve yol haritaları oluşturulmuştur. Özellikle Ar-Ge Merkezleri ve TGB'lerde önemli dijital teknoloji projeleri yürütülmektedir. Belirlenen pilot sektörlerde yapılan çalışmalar sonucu Endüstri 4.0'ın sunmuş olduğu verimlilik, büyüme, istihdam gibi fırsatların Türkiye için pratikte de mümkün olduğu gözler önüne serilmiş ve sektörlerin potansiyelleri değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, asansör elektronik kartı üretimi yapan bir endüstriyel tesiste Endüstri 4.0 uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulama öncesi üretim süreçleri excell notları ile tutulan, stok kontrolü gene aynı şekilde excell üzerinden takip edilmekte olan tesiste stok takibinde sorunlar yaşanmakta, üretim planlaması tam olarak yapılamamaktaydı. Biten hammaddeler yerine konulana kadar üretimde aksamalar yaşanıyor bu da müşteri memnuniyetsizliğine sebebiyet veriyordu. SMD hattında biten komponentler yerine konulana kadar yüksek akım çeken kütleme fırını boşa çalışıyor ve gereksiz yere enerji harcanmasına sebebiyet veriyordu. Bu durumları önlemek için fabrikada Endüstri 4.0 bileşenlerinden biri olan nesnelerin interneti tabanlı dijital dönüşüm projesi gerçekleştirilerek stok, üretim, planlama ve servis uygulamaları arasında tam zamanlı iletişim sağlandı.

Proje sonunda üretimde plana uyum ve siparişlerin vaktinde teslim edilmesi oranlarında artış sağlandı bu da müşteri memnuniyetini önemli derecede artırdı. Ayrıca bu süreçlerin takiplerini yapan işçiler daha vasıflı alanlarda değerlendirilerek şirkete katma değer sağlanmasına yol açıldı. En önemlisi ise fabrika 5 gün çalışarak yaptığı üretimin daha fazlasını 3 günde yapmaya başladı ve böylece önemli oranda enerji tasarrufu sağlandı.

İçinde bulunduğumuz dönemi kapsayan ve henüz başlarında olduğumuz Endüstri 4.0 süreci ile ilgili tüm dünyada ciddi çalışmalar yapılmakta, ülkeler yeni üretim anlayışında pozisyonunu önceden alıp pazar payında geriye düşmemeyi hatta pazar paylarını

artırmayı hedeflemektedirler. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye de durumun ciddiyetini görmüş ve Endüstri 4.0 süreci ile ilgili yol haritaları belirlemiş, bazı teşvikler vererek yeni bir sanayi politikası oluşturma konusunda yol almaya başlamıştır. Türkiye’de yapılan bu çalışmaların katlanarak devam etmesi bir zorunluluktur. Endüstri 4.0 sürecini Türkiye’nin ıskalama lüksü yoktur. Anket çalışmalarında tespit edildiği üzere firmaların Endüstri 4.0 ile ilgili yeterli bilgisi bulunmamaktadır. Öncelikli olarak firmaların bu konuda bilinçlendirilmesi, gerekli olan eğitimlerin verilerek sanayi alanında Endüstri 4.0 seferberliğinin ilan edilmesi gerekmektedir. Verilecek eğitimlerin akabinde vasıflı işgücü konusunda çalışmalar artırılmalıdır. Dijital dönüşümün bir devlet politikası haline getirilmesi, firmalara verilecek teşviklerin artırılması gerekmektedir. Bunlar yapıldığında küresel piyasada üretim alanında rekabet gücü artırılmış dolayısıyla ülkemizin ekonomik kalkınmasında önemli bir aşama katedilmiş olacaktır.

Bundan sonraki çalışmada, yapılan bu dijital dönüşümün amostisman süresi hesaplanacak olup ne kadar sürede şirketi kâra geçireceği detaylı olarak incelenecektir. Uygulama öncesi ve uygulama sonrası fabrikanın üretim kapasiteleri, enerji sarfiyatları, üretimde plana uyum ve vaktinde sipariş teslim oranları karşılaştırılacak ve yapılan uygulama sonucu elde edilen kazanımlar daha somut bir şekilde ortaya konulacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Özsoylu, A.F., (2017). “Endüstri 4.0”, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 21(1): 41-64
- [2] Ertuğrul, İ. ve Deniz, G. (2018). “4.0 Dünyası: Pazarlama 4.0 ve Endüstri 4.0”, Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7 (1): 143-170
- [3] Aktaş, F., Çeken, C. ve Erdemli, Y.E., (2016). “Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları”, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (1): 37-54
- [4] Tuğlu, M.E., (2017). Endüstri 4.0’ın Bir Alüminyum Döküm Fabrikasında Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [5] Taşkesen, M., (2018). Wi-Fi ve Nesnelerin İnterneti Teknolojileri Kullanılarak Güncel Hava Durumu Verileri ile Tarla Sulama Sisteminin Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale
- [6] Yoşumaz, İ., (2018). Endüstri 4.0’a Geçiş Sürecinde Kurumsal Hafızanın Rolü, Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar
- [7] Özdoğan, O., (2018). Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları, İkinci Baskı, Pusula, İstanbul
- [8] Deane, P. M., (1965). First Industrial Revolution, Cambridge University Press, First Edition, Cambridge
- [9] Görçün, Ö.F., (2017). Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0, İkinci Baskı, Beta Basım, İstanbul
- [10] Stearns, P.N., (2012). The Industrial Revolution In World History, Fourth Edition, Westview Press, Colorado
- [11] Rifkin, J., (2013). The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World, Sixth Edition, Basingstoke
- [12] Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M. and Gorecky, D. (2015) “Towards Industry 4.0 - Standardization as the Crucial Challenge for Highly Modular, Multi-Vendor Production Systems”, IFAC-PapersOnLine 48(3): 579–584

- [13] Fang, F. (2016). "Atomic and Close-to-Atomic Scale Manufacturing—A Trend in Manufacturing Development", *Frontiers of Mechanical Engineering*, 11 (4): 325-327
- [14] Alçın, S., (2016). "Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0", *Journal of Life Economics*, 3(2): 19-30
- [15] Özsoylu, A.F., (2017). "Endüstri 4.0", *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1): 41-64
- [16] Kocsi, B. ve Oláh, J. (2017). "Potential Connections of Unique Manufacturing and Industry 4.0", *LogForum*, 13 (4): 389-400
- [17] Banger, G., (2018). *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*, İkinci Baskı, Dorlion Yayınları, Ankara
- [18] Taş, H.Y., (2018). "Dördüncü Sanayi Devrimi'nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri", *Opus Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9 (16): :2528-9527
- [19] Soylu, A., (2018). "Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32): 43-57.
- [20] Sedefçi, K., (2018). *Endüstri 4.0 Bakış Açısıyla Nesnelerin İnterneti ve Müşteri Deneyimi Açısından İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [21] Bektaş, M., (2019). *Evde Sağlık Uygulamaları İçin Enerji Verimli Nesnelerin İnterneti Protokolü*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- [22] McGovern, T., (2015). *Big Data Now: 2014 Edition, First Edition*, O'Reilly Media, California
- [23] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Bulut Bilişim, <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/slug/bulut-bilisim.pdf>, 9 Haziran 2019
- [24] Wu, C.F. and Huang, L.P. (2011). "Developing the Environment of Information Technology Education using Cloud Computing Infrastructure", *American Journal of Applied Sciences* 8 (9): 864-871
- [25] Kipper, G. ve Rampolla, J. (2013). *Augmented Reality An Emerging Technologies Guide to AR*, 1st Edition, Syngress, Waltham
- [26] Caudell, T.P. and Mizell, D.W. (1992). "Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes", *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, 7-10 January 1992, Kauai Hawaii
- [27] Azuma, R.T. (1997). "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6(4): 355-385
- [28] Özüağ, M., (2018). *Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Temel Elektronik Uygulamalarında Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- [29] Sercan, M.R., (2019). Türkiye'nin Endüstri 4.0 Potansiyeli ve Seçilmiş Ülkeler ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [30] Tsai, C.W., Lai, C.F. and Vasilakos, A. (2014). "Future Internet of Things: open issues and challenges", *Wireless Networks*, 20 (8): 2201-2217
- [31] Çevik, G.Z., (2018). Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz, Yüksek Lisans Tezi, Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [32] Berksun, E., (2018). Sanayide Endüstri 4.0 Süreçleri: Çorum Sanayisinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Çorum
- [33] Banger, G., (2018). Endüstri 4.0 Uygulama ve Dönüşüm Rehberi, Birinci Baskı, Dorlion Yayınları, Ankara
- [34] Huxtable, J. and Schaefer, D. (2016). "On Servitization of the Manufacturing Industry in the UK", *Procedia CIRP*, 52: 46-51
- [35] Lezzi, M., Lazoi, M. and Corallo, A. (2018). Cybersecurity for Industry 4.0 in the Current Literature: A Reference Framework, *Computers in Industry*, 103: 97–110
- [36] Garbie, I., (2016). Sustainability in Manufacturing Enterprises: Concepts, Analyses and Assessments for Industry 4.0, First Edition, Springer International Publishing, Switzerland
- [37] Schwab, K., (2016). "The Fourth Industrial Revolution", World Economic Forum, Geneva
- [38] Arkan, Ö., (2018). Endüstri 4.0 Kavramı ve Endüstri 4.0 Dönüşümünün Üretim Maliyetlerine Etkisi Üzerine Bir Vaka Çalışması: Bebek Bezi Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [39] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü Raporu ve Yol Haritası, <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf>, 10 Mayıs 2019.
- [40] TÜRKONFED, Dijital Anadolu 2: Sektör Bazlı Dönüşüm Yol Haritası Raporu, http://www.turkonfed.org/Files/ContentFile/turkonfed_da_rapor_basin_bulteni.pdf, 10 Mayıs 2019
- [41] TÜSİAD, (2016). Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi, Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576, İstanbul

JAVA KODLARI

A-1 İlk Barkod Girişi

```
var result = "";
```

```
if(Barcode != null && Barcode != ""){ //Barkod girişinin boş olup olmadığının kontrolü.
```

```
var params = {  
    Status: "1" ,  
    ProdID: Barcode.substring(0,15) ,  
    StationID: StationID  
};
```

```
var ProdItemCountData = Things["ProductionOrderItemsDT"].GetData(params);
```

```
if(ProdItemCountData.getRowCount() > 0){ //İş emrinin başlatılmış olması (status =  
1) kontrolü.
```

```
var controlFlag = true;
```

```
var params = {  
    MatID: ProdItemCountData.MatID ,  
    StationID: StationID  
};
```



```

var PreStation = Things["ProductionDefDT"].GetPreStation(params);

if(PreStation != "STT000"){

    var params = {
        Barcode: Barcode ,
        StationID: PreStation
    };

    var BarcodePreStation = Things["BarcodeItemsTable"].Select(params);

    if(BarcodePreStation.Status != "2"){ //Bir önceki istasyonda iş emrinin kapalı
olup olmadığının kontrolü
        controlFlag = false;
    }

}

if(controlFlag == true){ //BarcodeItemsTable ve BarcodePoolTable update, status =
1 - üretim başladı

    var currentDate = new Date();
    var popupFlag = false;

    var params = {
        Status: "0" ,
        Barcode: Barcode,
        StationID: StationID

```

```

};
var ControlCount = Things["BarcodeItemsTable"].Select_Count(params);

if(ControlCount > 0){ //işlem başlatılmamış barkod kontrolü

var params = {
Status: "1" ,
Barcode: Barcode,
StationID : StationID
};

Things["BarcodeItemsTable"].Update(params); // BarcodeItemsTable update

var params = {
Status: "1",
Barcode: Barcode
};

Things["BarcodePoolTable"].Update(params); //BarcodePoolTable update


//Etiket Basılırken Oluşturulan İstasyon-BOM Tablosu
var params = {
Barcode: Barcode ,
StationID: StationID
};
var BOMData = Things["BarcodeBOMsTable"].Select_StationID_Filter(params);


//İstasyondaki Hat Üstü Hammadde Stok Bilgisi
var params = {

```

```

ProductionFlag: "true" ,
StationID: StationID
};
var StoreData = Things["StationStoreTable"].Select(params);

//BarcodeBOMsTable update
var flag = true;
var count = 0;
var tableLength2 = BOMData.rows.length;
var tableLength3 = StoreData.rows.length;

for (var y = 0; y < tableLength2; y++) { //Her barkod için
var row2 = BOMData.rows[y];

for (var z = 0; z < tableLength3; z++) { //istasyon stoğu kontrolü
var row3 = StoreData.rows[z];

if(row2.MatID == row3.MatID){
count++;
if(row3.ProductionMatCount >= row2.BOMQuantity){ //Hat üstü stok bom adedinden fazla veya eşit ise

var params = {
MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,
ProductionMatCount: row3.ProductionMatCount - row2.BOMQuantity ,
StationID: StationID
};
Things["StationStoreTable"].Update_ProductionMatCount(params); //Bom adedi kadar hat üstü stoku azalt

var ProducedTime = new Date();

```

```

var params = {
    Status: "2" ,
    MatID: row2.MatID ,
    Barcode: row2.Barcode ,
    MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,
    InstalledQuantity: row2.BOMQuantity,
        ProducedTime: ProducedTime
};

Things["BarcodeBOMsTable"].Update(params); //BarcodeBOMsTable veri güncelle

if((row3.ProductionMatCount - row2.BOMQuantity) == 0){ //Hat üstü stok bom
adedine eşit ise

var params = {
    MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode,
    StationID: StationID,
    Flag: "true"
};
Things["StationStoreTable"].Delete_Flag_Control(params); //Hat üstü stoğu sıfırla???

var params = {
    StationID: StationID
};

Things["ProductionOrderItemsDT"].SetPropFlag2(params); ///????

}

} else { //Hat üstü stok sayısı bom adedinden az ise

```

```
flag = false;
```

```
var params = {  
    Status: "1",  
    MatID: row2.MatID ,  
    Barcode: row2.Barcode ,  
    MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,  
    InstalledQuantity: row3.ProductionMatCount  
};
```

```
Things["BarcodeBOMsTable"].Update(params); //BarcodeBOMsTable status=1 olarak  
güncelle !!!buraya produced time eklenebilir!!!
```

```
var params = {  
    MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,  
    StationID: StationID,  
    Flag: "true"  
};  
Things["StationStoreTable"].Delete_Flag_Control(params); //??
```

```
}
```

```
break;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
//-----
```

```
if(count == tableLength2){ //barkoda ait bom listesi sonunda
```

```
if(flag == true){ //tüm malzemeler düşüldü ise
```

```
var params = {  
    Status: "2" ,  
    Barcode: Barcode ,  
    StationID: StationID  
};
```

```
Things["BarcodeItemsTable"].Update(params); //BarcodeItemsTable status güncelle
```

```
var params = {  
    Barcode: Barcode  
};
```

```
var BarcodePoolData = Things["BarcodePoolTable"].Select(params); //  
BarcodePoolTable güncelle
```

```
var params = {  
    ProdItemID: BarcodePoolData.ProdID + StationID  
};
```

```
Things["ProductionOrderItemsDT"].ProductionPlus(params); //Üretim adedi sayacını  
arttır
```

```
//Üretim sırasına göre barkodun stoka girilmesi
```

```
var params = {  
    Type: "1" ,  
    StationID: StationID ,  
    ProdID: BarcodePoolData.ProdID  
};
```

```

var ProdTypeData = Things["ProductionOrderItemsDT"].GetData(params);

if(ProdTypeData.getRowCount() > 0){ //eğer mevcut istasyon son istasyonsa

var params = {
MatID: ProdTypeData.MatID,
SerialNo: "",
MatTraceBarcode: Barcode ,
ProductionDate: currentDate,
ProdID: BarcodePoolData.ProdID,
UsageFlag: "true",
Location: (StationID == "STT006")?"1":"0"
};

Things["MikroliftStoreTable"].Insert(params); //barkodu MikroliftStoreTable ekle


var params = {
StationID: StationID
};

Things["ProductionOrderItemsDT"].SetPropFlag2(params); ///??

}

} else { //Tüm malzemeler düşülmedi ise popup aç
popupFlag = true;
}
} else { //bom listesi sonuna gelinmedi ise popup aç
popupFlag = true;
}

```

```
}  
} else {  
    result = "İlgili barkod daha önceden işleme alınmıştır, yeni bir barkod giriniz!"  
}  
  
if(popupFlag == true){  
  
    var params = {  
        StationID: StationID  
    };  
  
    Things["ProductionOrderItemsDT"].SetPopupPropFlag2(params);  
  
}  
  
    } else {  
        result = "İlgili Barkod bir önceki istasyonda gerekli işlemleri tamamlamamıştır!"  
    }  
  
    } else {  
        result = "Barkoda ait iş emrinin başlatılmış olması gerekmektedir!"  
    }  
  
    } else {  
        result = "Barkod girişi yapılması gerekmektedir!";  
    }  
}
```


A-2 Barkod Girişı

```
var obj = JSON.parse(InputJSon);
```

```
for (var x = 0; x < obj.Barcodes.length; x++) {
```

```
    var params = {  
        Status: "0" /* STRING */,  
        Barcode: obj.Barcodes[x].Barcode /* STRING */,  
        StationID: "STT001" /* STRING */  
    };  
    var ControlCount = Things["BarcodeItemsTable"].Select_Count(params);
```

```
    if(ControlCount > 0){
```

```
        var params = {  
            Status: "1" ,  
            Barcode: obj.Barcodes[x].Barcode  
        };  
  
        Things["BarcodeItemsTable"].Update(params);
```

```
        var params = {  
            Barcode: obj.Barcodes[x].Barcode ,  
            StationID: "STT001"  
        };  
        var BOMData = Things["BarcodeBOMsTable"].Select_StationID_Filter(params);
```

```

var params = {
    ProductionFlag: "true" ,
    StationID: "STT001"
};
var StoreData = Things["StationStoreTable"].Select(params);


var flag = true;
var count = 0;
var tableLength2 = BOMData.rows.length;
var tableLength3 = StoreData.rows.length;

for (var y = 0; y < tableLength2; y++) {
    var row2 = BOMData.rows[y];

    var flag2 = false;
    for (var z = 0; z < tableLength3; z++) {
        var row3 = StoreData.rows[z];

        if(row2.MatID == row3.MatID){
            count++;
            flag2 = true;
            if(row3.ProductionMatCount >= row2.BOMQuantity){

                var params = {
                    MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,
                    ProductionMatCount: row3.ProductionMatCount - row2.BOMQuantity ,
                    StationID: "STT001"
                };
                Things["StationStoreTable"].Update_ProductionMatCount(params);
            }
        }
    }
}

```

```

var params = {
Status: 2 /* INTEGER */,
MatID: row2.MatID /* STRING */,
Barcode: row2.Barcode /* STRING */,
MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode /* STRING */,
InstalledQuantity: row2.BOMQuantity /* INTEGER */
};

```

```

Things["BarcodeBOMsTable"].Update(params);

```

```

if((row3.productionmatcount - row2.bomquantity) == 0){

```

```

var params = {
MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode /* STRING */,
StationID: "STT001" /* STRING */
};
Things["StationStoreTable"].Delete_True(params);

```

```

}

```

```

} else {
flag = false;

```

```

var params = {
Status: 1 /* INTEGER */,
MatID: row2.MatID /* STRING */,
Barcode: row2.Barcode /* STRING */,

```

```

MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode /* STRING */,
InstalledQuantity: row3.ProductionMatCount /* INTEGER */
};

Things["BarcodeBOMsTable"].Update(params);

Things["ProductionOrderItemsDT"].STT001_Popup_Flag = true;

var params = {
  MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode /* STRING */,
  StationID: "STT001" /* STRING */
};
Things["StationStoreTable"].Delete_True(params);
}
break;
}
}
if(flag2 == false){
  flag = false;
}

}

if(count > 0){
  if(flag == true){

    var params = {
      Status: "2" ,
      Barcode: obj.Barcodes[x].Barcode
    };

    Things["BarcodeItemsTable"].Update(params);

```

```
var params = {  
    Barcode: obj.Barcodes[x].Barcode  
};
```

```
var BarcodePoolData = Things["BarcodePoolTable"].Select(params);
```

```
var params = {  
    ProdItemID: BarcodePoolData.ProdID + "STT001"  
};
```

```
Things["ProductionOrderItemsDT"].ProductionPlus(params);
```

```
var params = {  
    StationID: "STT001" /* STRING */  
};
```

```
Things["ProductionOrderItemsDT"].SetPropFlag(params);
```

```
}  
}  
}  
}
```

A-3 Barkod Kontrol

```
var obj = InputInfotable;
```

```
try {
```

```
for (var x = 0; x < obj.rows.length; x++) {
```

```
var row = obj.rows[x];
```

```
var params = {
```

```
    Status: "1" ,
```

```
    Barcode: row.Barcode,
```

```
    StationID: StationID
```

```
};
```

```
var ControlCount = Things["BarcodeItemsTable"].Select_Count(params);
```

```
if(ControlCount > 0){
```

```
var params = {
```

```
Barcode: row.Barcode ,
```

```
StationID: StationID,
```

```
Status: "0"
```

```
};
```

```
var BOMData0 = Things["BarcodeBOMsTable"].Select_StationID_Filter(params);
```

```
var params = {
```

```
Barcode: row.Barcode ,
```

```
StationID: StationID,
```

```
Status: "1"
```

```
};
var BOMData1 = Things["BarcodeBOMsTable"].Select_StationID_Filter(params);
```

```
var params = {
    t1: BOMData0 ,
    t2: BOMData1
};
```

```
var BOMData = Resources["InfoTableFunctions"].Union(params);
```

```
var params = {
    ProductionFlag: "true" ,
    StationID: StationID
};
var StoreData = Things["StationStoreTable"].Select(params);
```

```
var flag = true;
var count = 0;
var tableLength2 = BOMData.rows.length;
var tableLength3 = StoreData.rows.length;
```

```
for (var y = 0; y < tableLength2; y++) {
    var row2 = BOMData.rows[y];
```

```
for (var z = 0; z < tableLength3; z++) {
    var row3 = StoreData.rows[z];
```

```
if(row2.MatID == row3.MatID){
    count++;
```

```
if(row3.ProductionMatCount >= row2.BOMQuantity - row2.InstalledQuantity){
```

```
var params = {  
  MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,  
  ProductionMatCount: row3.ProductionMatCount - (row2.BOMQuantity -  
  row2.InstalledQuantity) ,  
  StationID: StationID  
};  
Things["StationStoreTable"].Update_ProductionMatCount(params);
```

```
var producedTime = new Date();
```

```
var params = {  
  Status: "2",  
  MatID: row2.MatID,  
  Barcode: row2.Barcode,  
  MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode,  
  InstalledQuantity: row2.BOMQuantity,  
  ProducedTime: producedTime  
};
```

```
Things["BarcodeBOMsTable"].Update(params);
```

```
if((row3.productionmatcount - (row2.BOMQuantity - row2.InstalledQuantity)) == 0){
```

```
var params = {  
  MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,  
  StationID: StationID,  
  Flag: "true"
```



```

};
Things["StationStoreTable"].Delete_Flag_Control(params);

}

} else {

flag = false;

var params = {
Status: "1" ,
MatID: row2.MatID ,
Barcode: row2.Barcode ,
MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,
InstalledQuantity: row2.InstalledQuantity + row3.ProductionMatCount
};

Things["BarcodeBOMsTable"].Update(params);


var params = {
MatTraceBarcode: row3.MatTraceBarcode ,
StationID: StationID,
Flag: "true"
};
Things["StationStoreTable"].Delete_Flag_Control(params);

}
break;
}
}

```

```
}
```

```
if(count == tableLength2){
```

```
if(flag == true){
```

```
var params = {
```

```
Status: "2" ,
```

```
Barcode: row.Barcode ,
```

```
StationID: StationID
```

```
};
```

```
Things["BarcodeItemsTable"].Update(params);
```

```
var params = {
```

```
Barcode: row.Barcode
```

```
};
```

```
var BarcodePoolData = Things["BarcodePoolTable"].Select(params);
```

```
var params = {
```

```
ProdItemID: BarcodePoolData.ProdID + StationID
```

```
};
```

```
Things["ProductionOrderItemsDT"].ProductionPlus(params);
```

```
var params = {
```

```
Type: "1" ,
```

```
StationID: StationID ,
```

```

ProdID: BarcodePoolData.ProdID
};

var ProdTypeData = Things["ProductionOrderItemsDT"].GetData(params);

if(ProdTypeData.getRowCount() > 0){

    var currentDate = Date();

var params = {
MatID: ProdTypeData.MatID,
SerialNo: "null",
MatTraceBarcode: row.Barcode ,
ProductionDate: currentDate,
ProdID: BarcodePoolData.ProdID,
UsageFlag: "true",
Location: (StationID == "STT006")?"1":"0"
};

Things["MikroliftStoreTable"].Insert(params);

}

var params = {
StationID: StationID
};

Things["ProductionOrderItemsDT"].SetPropFlag2(params);

}
}
}

```

```
}
```

```
var params = {  
  StationID: StationID  
};
```

```
Things["ProductionOrderItemsDT"].SetPopupPropFlag2(params);
```

```
} catch(err) {  
  result = err;  
}
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Fatih EROĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri :01.04.1982, Samsun
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :eroglu.fatih@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Elektrik Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2019
Lisans	Elektrik Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2005
Lise	Fen-Matematik	Kabataş Erkek Lisesi	2000

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012-Halen	Türk Telekomünikasyon A.Ş.	Bakım Onarım Uzmanı
2012	Hema Endüstri	Bakım Mühendisi
2006	Elektrik Mühendisleri Odası	Teknik Görevli