

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA YALIN DİJİTAL DÖNÜŞÜM:
KABLO İMALAT SEKTÖRÜNDE ÖRNEK UYGULAMA

SERKAN ÇALIŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. AYŞENUR BUDAK

MAYIS 2025

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA YALIN DİJİTAL
DÖNÜŞÜM: KABLO İMALAT SEKTÖRÜNDE ÖRNEK
UYGULAMA

SERKAN ÇALIŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. AYŞENUR BUDAK

MAYIS 2025

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

**LEAN DIGITAL TRANSFORMATION WITHIN THE SCOPE OF
INDUSTRY 4.0: EXAMPLE APPLICATION IN THE CABLE
MANUFACTURING INDUSTRY**

SERKAN ÇALIŞKAN

A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. AYŞENUR BUDAK

MAY 2025



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03/02/2025 tarih ve 2025/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 23/05/2025 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Serkan ÇALIŞKAN'ın tez çalışması Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Ayşenur BUDAK

ÜYE

: Doç. Dr. Kemal Dinçer DİNGEÇ

ÜYE

: Doç. Dr. Veysel ÇOBAN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Yalın Üretim bir ürünün oluşum sürecinin başından sonuna kadar işletmenin tüm kısımlarında israfların ortan kaldırılmasıdır. Endüstri 4.0 ise sanayi devriminden bu yana elektrik, bilgisayar vb. teknolojik gelişmelerin üretim alanındaki dijital iyileştirmelerdir. Bu çalışmada bu iki felsefenin, Yalın üretim ve Endüstri 4.0'ın, Dijitalleşen dünyada nasıl bütünleşik bir yapıda işletmeye tayfa sağlayacağı üzerinde durulmuştur. Bu faydalar; müşteri taleplerinin karşılanması, memnuniyetinin yükseltilmesi, üretimde meydana gelen maliyetleri azaltılması ve üretim akışındaki verimliliğin artırılması olarak kısaca tanımlanabilir. Üretim ekipmanlarının Endüstri 4.0 kapsamında tüm süreçlerinde yalın dijital dönüşümünü esas alır. “Dijital Dönüşüm” olarak adlandırılan bu projede, üretim süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik gerçek zamanlı ürünle stok takibinin yapılması, bahsi geçen verilerle verimlilik artırıcı ve maliyeti düşürücü çalışmaların yapılması, bütün aşama süresince sistemin anında takip edilebilmesi ve raporların alınabilmesi kabiliyeti ile oluşmuş olan ve oluşabilecek bütün sorunların engellenmesi amaç edinilmiştir. Bahsi geçen çalışmada, yalın imalat sistemini uygulayan ve İstanbul ili Tuzla ilçesinde kablo imalat sektöründe faaliyette olan bir işletme içerisindeki yalın üretim hatlarının dijitalleştirilmesi süreçlerine değinilmiştir. Bahsi geçen kapsamda, Üretim Yürütme sistemleri, Sipariş Çizelgeleme Sistemleri, Sanal Gerçeklik Sistemleri, Bilgi Akışı Yönetme Sistemleri, Görüntü İşleme Yönetim Sistemleri, Dijital Kalite Dokümantasyon Yönetim Sistemleri, Büyük Veri Analiz Sistemleri ve Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri bütünleşik olarak incelenmiştir. Yalnızca araştırmadan elde edilmiş olan sayısal sonuçlarla dijitalleşmenin ne derece etkili olduğu ölçülemez. Yalın Dijital dönüşüm sürecinde işletmelerin verimliliğini arttırabilmeleri adına, organizasyonların tamamının bütüncül olarak birbirlerine destek vermeleri Endüstri 4.0 serüveninde başrol oynamaktadır. Ülkemizin Gelişmiş devletler seviyesine ulaşması ancak dijital dönüşüm ile olacağı kaçınılmaz bir sondur.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Dijitalleşme, İmalatta Dijitalleşme, Endüstri 4.0, Süreç İyileştirme.

ABSTRACT

Lean Production is the elimination of waste in all parts of the business from the beginning to the end of the product formation process. Industry 4.0 is the digital improvements in the production field of technological developments such as electricity, computers, etc. since the industrial revolution. This study focuses on how these two philosophies, Lean Production and Industry 4.0, will provide an integrated structure to the business in the digitalizing world. These benefits can be briefly defined as meeting customer demands, increasing satisfaction, reducing costs in production, and increasing efficiency in the production flow. It is based on the lean digital transformation of production equipment in all processes within the scope of Industry 4.0. In this project called “Digital Transformation”, it is aimed to perform real-time product and stock tracking for the improvement of production processes, to carry out efficiency-increasing, cost-reducing studies with this data, to prevent all problems that occur and may occur with the ability to instantly monitor the system throughout the entire stage and to obtain reports. In this study, the digitalization processes of lean production lines in a company operating in the cable manufacturing sector in Tuzla district of Istanbul, which implements the lean production system, were discussed. In this context, Production Execution Systems, Order Scheduling Systems, Virtual Reality Systems, Information Flow Management Systems, Image Processing Management Systems, Digital Quality Documentation Management Systems, Big Data Analysis Systems and Real-Time Location Systems were examined in an integrated manner. The effect of digitalization cannot be measured with the numerical results obtained from the research alone. In order for businesses to increase their efficiency in the Lean Digital transformation journey, the holistic support of all organizations to each other plays a leading role in the Industry 4.0 adventure. It is an inevitable end that our country will reach the level of developed countries only with digital transformation.

Key Words: Lean Manufacturing, Digitalization, Digital Manufacturing, Industry 4.0, Process Improvement.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Doç. Dr. Ayşenur BUDAK'a,
Bütün çalışmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, çalıştığım özel firmamda bana Yüksek Lisans'a katılma imkanı sunan yöneticim Kamil MUTLU'ya,
Ve göstermiş olduğu desteklerinden dolayı sevgili eşim Sibel ÇALIŞKAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAVRAMLAR	5
2.1. Yalın Üretim Felsefesi	5
2.2. Yalın Üretim İlkeleri	11
2.2.1. İsraf Türleri	13
2.2.2. İsrafın Tanımlanması	14
2.3. Yalın Üretim Araçları	16
2.3.1. Çalışma Ortamı Düzenlemesi (5S)	17
2.3.2. Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping)	19
2.3.3. Görsel Yönetim (Mieruka)	22
2.3.4. Hata Engelleme (Poka-Yoke)	23
2.3.5. İnsan Zekası İle Otomasyon (Jidoka)	25
2.3.6. İş Gücü Dengeleme (Shoijinka) ve U-Tipi Üretim Hattı	27
2.3.7. Kartlı Sistem (Kanban)	28
2.3.8. Sürekli İyileştirme (Kaizen)	30
2.3.9. Tam Zamanında Üretim (Just In Time)	33
2.3.10. Tek Dakikalarda Kalıp Değişimi (Single Minute Exchange of Die)	34
2.3.11. Tek Parça Akışı (Single Piece Flow) ve Hücresel Üretim	36
2.3.12. Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management)	37
2.3.12. Toplam Verimli Bakım (Total Productivity Maintenance)	39
2.3.13. Uyarıcı Sistem (Andon)	41
2.3.14. Üretim Seviyelendirme (Heijunka)	43
2.3.15. Yalın Altı Sigma (Lean Six Sigma)	45
2.4. Endüstri 4.0 Kavramı	47
2.4.1. Endüstri 4.0'ın Tarihsel Gelişimi	50
2.4.2. Dijitalleşme Kavramı	52
2.5. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	57
2.5.1. 3 Boyutlu Yazıcılar (3 Dimensional Printers)	58
2.5.2. Akıllı Fabrika (Smart Factory)	59
2.5.3. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)	60
2.5.4. Bulut Bilişim Sistemi (Cloud Informatics System)	62
2.5.5. Büyük Veri (Big Data)	65
2.5.6. Dijital Tedarik Zinciri (Digital Supply Chain)	66
2.5.7. Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti (Internet of Things and Services)	68
2.5.8. Radyo Frekanslı Tanımlama (Radio Frequency Identification)	70
2.5.9. Robotlar ve Cobotlar (Robots and Cobots)	72
2.5.10. Sensörler (Sensors)	73

2.5.11. Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems)	74
2.5.12. Siber Güvenlik (Cyber Security)	76
2.5.13. Simülasyon (Simulation)	78
2.5.14. Yapay Zeka (Artificial Intelligence)	79
2.5.15. Yatay ve Dikey Entegrasyon (Horizontal and Vertical Integration)	81
3. YALIN ÜRETİM VE ENDÜSTRİ 4.0	84
3.1. Yalın Üretim Felsefesi ve Endüstri 4.0 Kavramı Arasındaki İlişki	84
3.2. Endüstri 4.0'ın Faydaları ve Zorlukları	89
3.3. Endüstri 4.0 Fırsat Kategorileri	91
3.4. Endüstri 4.0'ın Firmalara ve Ekonomiye Sağladığı Olumlu Özellikler:	93
3.5. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Sürecindeki Konumu	94
3.6. Süreç Yönetimi ve Süreç İyileştirme	95
3.6.1. Süreç Yönetimi	98
3.6.2. Süreç İyileştirme	100
3.7. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE-Overall Equipment Effectiveness)	101
3.7.1. OEE ve Endüstri 4.0	103
4. POPÜLER DİJİTAL DÖNÜŞÜM ARAÇLARI: ÖRNEK UYGULAMA	104
4.1. Üretim Yürütme Sistemleri (MES-Manufacturing Executive System)	106
4.1.1. Aveva MES Çözümü	107
4.1.2. Aveva MES Sistemi Süre Analizi	120
4.1.3. Aveva MES Sistemi Verimlilik Analizi	121
4.2. Sipariş Çizelgeleme Sistemleri (OSS – Order Scheduling Systems)	123
4.2.1. Ortams OSS Çözümü	124
4.2.2. Ortams OSS Süre Analizi	126
4.2.3. Ortams OSS Verimlilik Analizi	127
4.3. Sanal Gerçeklik Sistemleri (VRS - Virtual Reality Systems)	130
4.3.1. Microsoft Hololens Çözümü	131
4.3.2. Microsoft Hololens 2 VRS Süre Analizi	131
4.3.3. Microsoft Hololens 2 VRS Verimlilik Analizi	133
4.4. Aksiyon Takip ve Yönetim Sistemleri (ATMS-Action Tracking and Management Systems)	135
4.4.1. Fabriq ATMS Çözümü	135
4.4.2. Fabriq ATMS Süre Analizi	142
4.4.3. Fabriq ATMS Verimlilik Analizi	144
4.5. Görüntü İşleme Sistemleri (IPS-Image Processing Systems)	147
4.5.1. Intenseye IPS Çözümü	147
4.5.2. Intenseye IPS Süre Analizi	153
4.5.3. Intenseye IPS Verimlilik Analizi	154
4.6. Dijital Kalite Dokümantasyon Yönetim Sistemleri (Digital Quality Documentation Management Systems)	156
4.6.1. Bimser QDMS Çözümü	157
4.6.2. Bimser QDMS Süre Analizi	159
4.6.3. Bimser QDMS Verimlilik Analizi	161
4.7. Büyük Veri Analiz Sistemleri (BDAS-Big Data Analysis Systems)	163
4.7.1. Aveva Insight BDAS Çözümü	163
4.7.2. Aveva Insight BDAS Süre Analizi	168
4.7.3. Aveva Insight BDAS Verimlilik Analizi	169
4.8. Gerçek Zamanlı Konumlandırma Sistemleri (RTLS-Real Time Location Systems)	171
4.8.1. Trio Mobil RTLS Çözümü	171

4.8.2. Trio Mobil RTLS Süre Analizi	183
4.8.3. Trio Mobil RTLS Verimlilik Analizi	184
5. ANALİZ	186
5.1. Genel Süre Analizi	186
5.2. Genel Verimlilik Analizi	187
6. SONUÇ	189
6.1. Yalın Üretim ve Endüstri 4.0 Bileşenin Küresel Rekabetteki Önemi	189
6.2. Proje Sonuçları	190
6.3. Endüstri 4.0 ve Teşviklerin Önemi	191
6.4. Araştırmanın Uygulama Alanı	192
6.5. Sonuç ve Öneriler	192
6.6. Sonuç ve Değerlendirme	193
KAYNAKLAR	195
ÖZGEÇMİŞ	232



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MES	: Manufacturing Executive System
ÜYS	: Üretim Yürütme Sistemi
OSS	: Order Scheduling System
SÇS	: Sipariş Çizelgeleme Sistemi
ATMS	: Action Tracking and Management System
ATYS	: Aksiyon Takip ve Yönetim Sistemi
VRS	: Virtual Reality System
SGS	: Sanal Gerçeklik Sistemi
IPS	: Image Processing System
GİS	: Görüntü İşleme Sistemi
DQDMS	: Digital Quality Document Management System
DKDYS	: Dijital Kalite Doküman Yönetim Sistemi
QDMS	: Quality Document Management System
KDYS	: Kalite Doküman Yönetim Sistemi
BDAS	: Big Data Analysis System
BVAS	: Büyük Veri Analiz Sistemi
RTLS	: Real Time Location System
GZKS	: Gerçek Zaman Konumlandırma Sistemi
OEE	: Overall Equipment Effectiveness
TEE	: Toplam Ekipman Etkinliği
KVKK	: Kişisel Verileri Koruma Kanunu
VSM	: Value Stream Mapping
DAH	: Değer Akış Haritası
JIT	: Just In Time
TZÜ	: Tam Zamanında Üretim
SMED	: Single Minutes Exchange of Die
TDKD	: Tek Dakikalarda Kalıp Değişimi
TQM	: Total Quality Management
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
TPM	: Total Productivity Maintenance
TVB	: Toplam Verimli Bakım
AR	: Augmented Reality
AG	: Artırılmış Gerçeklik
AV	: Augmented Virtuality
AS	: Arttırılmış Sanallık
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
SCM	: Supply Chain Management
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
IoT	: Internet of Things
Nİ	: Nesnelerin İnterneti
IoS	: Internet of Services
Hİ	: Hizmetlerin İnterneti
RFID	: Radio Frequency Identification
RFT	: Radyo Frekanslı Tanımlama
CPS	: Cyber Phisical System
SFS	: Siber Fiziksel Sistem

CS	: Cyber Security
SG	: Siber Güvenlik
AI	: Artificial Inteligence
YZ	: Yapay Zeka
HVI	: Horizontal and Vertical Integration
YDE	: Yatay ve Dikey Entegrasyon



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Yalın Düşünce Modeli.	12
Şekil 2.2: Yalın Üretimde Üç M.	14
Şekil 2.3: 5S Yönteminin Uygulama Adımları.	18
Şekil 2.4: Değer Akışı Haritalandırma Adımları.	21
Şekil 2.5: Poka-Yoke'nin Yöntem Bilimi.	24
Şekil 2.6: Endüstride Jidoka Kavramı.	26
Şekil 2.7: Hat Tasarımı (a) Düz Hat Tasarımı (b) U Tip Hat Tasarımı.	27
Şekil 2.8: Parça Akışı ve Kanban.	29
Şekil 2.9: Kaizen Şemsiyesi.	31
Şekil 2.10: SMED Kavramsal Aşamaları ve İsraf Teknikleri.	35
Şekil 2.11: Tek Parça Akışı.	36
Şekil 2.12: Hücreyel İmalat.	37
Şekil 2.13: TPM Uygulama Planı.	40
Şekil 2.14: Andon Sisteminin Etkileşimi.	42
Şekil 2.15: Heijunka Kontrollü Üretim Sistemi.	44
Şekil 2.16: Yalın Altı Sigma İçin Kavramsal Model.	46
Şekil 2.17: Endüstri 4.0 İçin Porter Stili Bir Değer Yapısı.	48
Şekil 2.18: Endüstri 4.0'ın Evrimsel Gelişimi.	51
Şekil 2.19: Üretim Şirketlerinde Dijital Dönüşüm Yapabilme Yolları.	54
Şekil 2.20: Temel Kavramlar ve CPS ile Birlikte 'Akıllı Fabrika' Yapısı.	60
Şekil 2.21: Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği.	61
Şekil 2.22: Bulut Bilişim Servisleri ve Sundukları Hizmetler.	63
Şekil 2.23: Dijital Tedarik Zinciri Çerçevesi.	67
Şekil 2.24: Web Tabanlı İnternet Ortamından Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bir Ortama Geçiş.	69
Şekil 2.25: Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri.	75
Şekil 2.26: Endüstriyel Yapay Zekâ Ekosistemi.	80
Şekil 2.27: Endüstri 4.0 Kapsamında Yatay ve Dikey Entegrasyon.	82
Şekil 3.1: Yalın üretim Sisteminde Dijitalleştirme Potansiyellerinin Belirlenmesi Modeli.	85
Şekil 3.2: Endüstri 4.0 Teknolojileri ve İşletmeye/Ekonomiye Kazandırdıkları.	92
Şekil 3.3: 01 Ocak 2014-01 Ocak 2025 Tarihleri Arasında Türkiye'de Endüstri 4.0'ın Google Üzerinden Aranma Trendi.	94
Şekil 3.4: İş Süreci Mimarisi.	97
Şekil 3.5: Altı Ana Üretim Kaybına Dayanarak OEE'nin Hesaplanması.	102
Şekil 4.1: Uygulanan Dijital Çözümlerin Mimarisi.	105
Şekil 4.2: Uygulanan Dijital Çözümlerin Tesis içi Yerleşimi.	106
Şekil 4.3: Aveva MES yetki kontrol giriş Sayfası.	107
Şekil 4.4: Aveva MES Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.	107
Şekil 4.5: Aveva MES Fabrika Genel Bakış Sayfası	108
Şekil 4.6: Aveva MES Makine Pano Sayfası	108
Şekil 4.7: Aveva MES Menü Penceresi	109
Şekil 4.8: Aveva MES Makine Penceresi İçeriği	109
Şekil 4.9: Aveva MES Ekipman Alt Detayı	110

Şekil 4.10:	Aveva MES Sipariş işlem tuşları.	110
Şekil 4.11:	Aveva MES İş Emirleri, Duruşlar ve OEE sayfalarına geçiş.	111
Şekil 4.12:	Aveva MES Sipariş durumlarının renkleri.	111
Şekil 4.13:	Aveva MES Duruş olaylarını yönetme.	112
Şekil 4.14:	Aveva MES yeni duruş oluşturma.	112
Şekil 4.15:	Aveva MES yeni duruşa sebep atama.	113
Şekil 4.16:	Aveva MES Üretim Sipariş yönetim sayfası.	114
Şekil 4.17:	Aveva MES Üretim Sipariş listesi.	114
Şekil 4.18:	Aveva MES Üretim Siparişleri yönetim işlemleri.	115
Şekil 4.19:	Aveva MES Üretim sipariş miktarının yönetimi.	115
Şekil 4.20:	Aveva MES Üretim sipariş hızının yönetilmesi.	116
Şekil 4.21:	Aveva MES Sipariş bölme işlemi.	116
Şekil 4.22:	Aveva MES Sipariş bölme işleminin tamamlanması.	117
Şekil 4.23:	Aveva MES Üretim Sipariş Sayfasına geçiş.	117
Şekil 4.24:	Aveva MES Üretim Siparişlerinin ataması.	118
Şekil 4.25:	Aveva MES Üretim Sipariş Atama işlemleri.	118
Şekil 4.26:	Aveva MES Üretim Sipariş Atamasının tamamlanması.	119
Şekil 4.27:	Aveva MES Üretim Siparişinin atamasında hız bilgisi girişi.	119
Şekil 4.28:	Aveva MES Üretim Sipariş atamasını tamamlama.	120
Şekil 4.29:	OSS Satış ve Operasyon Planlaması.	125
Şekil 4.30:	OSS Esas Üretim Planması (MPS).	125
Şekil 4.31:	OSS İmalat Programı ve Planlaması.	126
Şekil 4.32:	Sanal Gerçeklik Çözümleri.	130
Şekil 4.33:	Sanal Gerçeklik Gözlük Çözümü.	131
Şekil 4.34:	Fabriq ATMS Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.	136
Şekil 4.35:	Fabriq ATMS Giriş Sayfası.	136
Şekil 4.36:	Fabriq ATMS Menü.	137
Şekil 4.37:	Fabriq ATMS Üst Menü.	137
Şekil 4.38:	Fabriq ATMS Hesabım menüsü.	138
Şekil 4.39:	Fabriq ATMS Takım, Bölge, Üye Ayar Sayfası.	139
Şekil 4.40:	Fabriq ATMS Standart Pano Gösterimi.	139
Şekil 4.41:	Fabriq ATMS Rutinler Sayfası.	140
Şekil 4.42:	Fabriq ATMS Takım Panosu Sayfası.	141
Şekil 4.43:	Fabriq ATMS Performans Sayfası.	141
Şekil 4.44:	Fabriq ATMS Duyurular Sayfası.	142
Şekil 4.45:	Intenseye IPS örnek alan tarama görüntüsü.	148
Şekil 4.46:	Intenseye IPS KVKK gizlilik politikasına uygunluğu.	151
Şekil 4.47:	Intenseye IPS kullanılan kameralardaki bant genişliği bilgileri.	152
Şekil 4.48:	Intenseye IPS teknik gereksinimler.	152
Şekil 4.49:	Bimser QDMS Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.	157
Şekil 4.50:	Bimser QDMS Giriş ekranı.	157
Şekil 4.51:	Bimser QDMS menü penceresi.	158
Şekil 4.52:	Bimser QDMS Doküman İşlemleri menüsü.	158
Şekil 4.53:	Bimser QDMS Arama fonksiyonu.	159
Şekil 4.54:	Aveva Insight Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.	164
Şekil 4.55:	Aveva Insight Çözüm seçim ekranı.	165
Şekil 4.56:	Aveva Insight'ta etiketlerin ortak zaman ekseninde Karşılaştırma	166
Şekil 4.57:	Aveva Insight'ta benzer grafiklerin bir araya geldiği Panolar.	167
Şekil 4.58:	Aveva Insight'ta Analitik Model Süreci.	167
Şekil 4.59:	Trio Mobil RTLS Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.	172

Şekil 4.60: Trio Mobil Digital Facility Ana Ekranı.	173
Şekil 4.61: Trio Mobil RTLS Ana Ekranları.	174
Şekil 4.62: Trio Mobil RTLS Ana Ekran Üst Sekmeler.	175
Şekil 4.63: Trio Mobil Sağ Üst Menü.	175
Şekil 4.64: Trio Mobil Alarm butonu ve listesi.	176
Şekil 4.65: Trio Mobil RTLS Ekran ayarları menüsü.	176
Şekil 4.66: Trio Mobil RTLS Ekran ayarlarında zaman çizelgesi fonksiyonu.	177
Şekil 4.67: Trio Mobil RTLS sisteminde Animasyon fonksiyonu.	177
Şekil 4.68: Trio Mobil RTLS sisteminde yeni alanlar ekleme fonksiyonu.	178
Şekil 4.69: Trio Mobil RTLS Isı haritalama fonksiyonu.	178
Şekil 4.70: Trio Mobil RTLS Durum paneli ekranı.	179
Şekil 4.71: Trio Mobil RTLS Forklift grafik takip panosu.	179
Şekil 4.72: Trio Mobil RTLS Forklift Durum Panel ekranı.	180
Şekil 4.73: Trio Mobil RTLS Alarm Yönetim ekranı.	180
Şekil 4.74: Trio Mobil RTLS Alarm yönetim penceresi.	181
Şekil 4.75: Trio Mobil RTLS Alarm kuralı oluşturma adımları.	182
Şekil 4.76: Trio Mobil RTLS IoT ekranı.	183

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Yalın Üretim Tarihi ve Zaman Çizelgesi.	7
Tablo 2.2: Yalın Üretimin Avantajları ve Riskleri.	10
Tablo 2.3: TKY ile Yalın Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar.	38
Tablo 2.4: Dijital Fabrika ve Dijital İmalat Terimlerin Karşılaştırılması.	56
Tablo 2.5: Bulut Bilişim Avantaj ve Dezavantajları.	64
Tablo 2.6: Simülasyon Modelleme Paradigmasının Evrimi.	79
Tablo 3.1: Günümüz Fabrikasıyla ve Bir Endüstri 4.0 Fabrikasının Karşılaştırılması.	87
Tablo 3.2: Yalın Üretim Teknikleri ve Endüstri 4.0 Teknolojileri Arasındaki İlişki.	88
Tablo 4.1: Aveva MES uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	121
Tablo 4.2: Aveva MES uygulamasının kullanımı ile gerçekleşen verimlilik performans göstergesi OEE karşılaştırması.	122
Tablo 4.3: Ortens OSS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	127
Tablo 4.4: Ortens OSS uygulamasının kullanımı ile iyileşen planlama süresi kaynaklı kapasite artışı.	129
Tablo 4.5: Microsoft Hololen2 VRS kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	133
Tablo 4.6: Microsoft Hololens2 VRS kullanımı ile makine arıza tespit süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.	134
Tablo 4.7: Fabriq ATMS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	144
Tablo 4.8: Fabriq ATMS uygulamasının kullanımı ile veri arama süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.	146
Tablo 4.9: Intenseye IPS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	154
Tablo 4.10: Intenseye IPS uygulama kullanımı ile iş gücü kaybı süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.	155
Tablo 4.11: Bimser QDMS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	161
Tablo 4.12: Bimser QDMS uygulamasının kullanımı ile doküman arama süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.	162
Tablo 4.13: Aveva Insigth BDAS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	169
Tablo 4.14: Aveva Insigth BDAS uygulamasının kullanımı ile doküman arama süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.	170
Tablo 4.15: Trio Mobil RTLS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	184
Tablo 4.16: Trio Mobil uygulamasının kullanımı ile ekipmanların kullanım süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.	185
Tablo 4.17: Uygulamaların kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.	187
Tablo 4.18: Uygulamaların kullanımı ile süre iyileşmesi kapasite artışı.	188

1. GİRİŞ

Yalın üretim, işletmelerin daha verimli çalışmasını sağlayan bir yaklaşımdır. Temel amacı, üretimdeki israfı azaltmak, kaynakları etkili kullanmak ve süreçleri sadeleştirerek müşteri memnuniyetini artırmaktır. Bu sayede maliyetler düşer, kalite artar ve rekabet gücü yükselir.

Ancak günümüzde yalın üretim tek başına yeterli değildir. Dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte işletmeler Endüstri 4.0 sürecine girmiştir. Bu süreç sadece teknolojik değil, aynı zamanda kültürel ve yapısal bir değişimdir. Endüstri 4.0 sayesinde makineler, sistemler ve insanlar arasında anlık bilgi akışı sağlanır. Böylece üretim daha hızlı, esnek ve hatasız hale gelir.

Yalın üretim ve Endüstri 4.0 birlikte kullanıldığında işletmelere büyük avantaj sağlar. Yalın üretim, dijital dönüşüm için sağlam bir zemin oluşturur. Dijital sistemler ise bu zemini güçlendirerek karar alma süreçlerini hızlandırır. Ancak teknolojiler, zayıf ve düzensiz sistemlerde tek başına etkili olamaz. Bu nedenle yalın altyapı ile entegre edilmeleri gerekir.

Endüstri 4.0 ile birlikte üretimde gerçek zamanlı veri takibi mümkün olur. Bu sadece üretimi değil, bakım, lojistik ve müşteri hizmetlerini de olumlu etkiler. Dijital sistemler sayesinde süreçler daha kolay izlenir ve geliştirilir.

Yalın üretim ortamlarında çalışanlar zaten sürekli iyileştirmeye alışkındır. Bu da onların dijital dönüşüme daha kolay uyum sağlamasını sağlar. Ancak yalın yaklaşım olmayan işletmelerde dijital veriler doğru analiz edilemez, bu da dijitalleşmenin etkisini sınırlar.

Dijital dönüşüm sadece teknolojik yatırımlarla değil, aynı zamanda çalışanların eğitimi ve dijital okuryazarlığıyla mümkündür. Üst yönetim desteği, kurum kültürü ve devlet teşvikleri de sürecin başarısını etkiler.

Bu çalışmada, İstanbul'da kablo üreten bir firmanın dijitalleşme süreci incelenmiştir. Firma, yalın üretim hattına birçok dijital sistemi entegre etmiş, verimliliğini artırmış

ve müşteri memnuniyetini sağlamıştır. Üretim süreci şu sistemlerle desteklenmiştir: ÜYS, SÇS, SGS, ATYS, GİS, DKDYS, BVAS ve GZKS.

Araştırmada şu sorulara cevap aranmıştır:

1. Yalın üretim israfı azaltır mı?
2. Dijital sistemler yalın üretimin yerini alabilir mi?
3. Anlık veri takibi mi yoksa hızlı karar almak mı daha önemlidir?
4. Endüstri 4.0 performansı artırır mı?
5. Dijital uygulamalar iş süreçlerini geliştirir mi?
6. Yalın üretim ve Endüstri 4.0 birlikte daha fazla fayda sağlar mı?
7. Birden fazla dijital uygulama aynı anda kullanıldığında katkı artar mı?

Sonuç olarak, yalın üretim ile dijitalleşme birlikte kullanıldığında firmalar hem bugünkü rekabette hem de gelecekte avantaj sağlar. Bu sürecin başarılı olması için teknoloji kadar insan faktörüne de yatırım yapılmalıdır.

Çalışmanın üç ana bölümü aşağıdaki şekildedir:

Kavramlar:

İlk bölümde, çalışmanın temelinde odaklanılan yalın üretim felsefesi ve Endüstri 4.0 Dijital dönüşüm terimlerinin ne anlama geldiği üzerinde durulmuştur. Yalın üretim kavramının yanı sıra Yalın üretim ilkeleri, Yalın Üretim tekniklerinin neler olduğu belirtilmiştir. Endüstri 4.0 kavram içerisinde de Tarihsel gelişimi, Endüstri 4.0 bileşenleri, Türkiye'nin dijitalleşme sürecindeki konumu ve Endüstri 4.0 avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur.

Yalın Üretim ve Endüstri 4.0 ilişkisi:

İkinci bölüm çerçevesinde, ilk bölümde kavram anlamlarını açıkladığımız yalın üretim felsefesi ve Endüstri 4.0 arasında ilişki üzerinde durulmuştur. Ayrıca dijital dönüşüm kavramı, avantajları ve dezavantajları, süreç dönüşüm ve süreç iyileştirme ve toplam ekipman verimliliği konularına yer verilmiştir. Çağımızın gerekliliği olan Dijital dönüşüm sürecinin imalat sektöründeki etkilerine değinilmiştir.

Popüler Dijital Dönüşüm Araçları: Örnek Uygulama:

Üçüncü bölüm, İstanbul ilinde Kablo imalat sektöründe faaliyet gösteren Fransız Sermayeli bir firmada Dijital dönüşüm kapsamında kullanılan uygulamalar anlatılmıştır. Uygulamalar iki yönde ele alınmıştır. Birincisi uygulamaları kullanan çalışanların bu uygulamaları kullanmadan önceki durumlar kıyaslanarak zaman analizleri yapılmıştır. İkincisi ise bu Dijital dönüşüm uygulamalarını kullanarak elde edilen verimlilik iyileştirmeleri kullanım alanına göre detaylı bir şekilde hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında ilgili firmada kullanılan uygulamalar aşağıdaki şekilde verilmiştir.

- Üretim Yürütme Sistemi (Manufacturing Executive System) – ÜYS
- Sipariş Çizelgeleme Sistemi (Order Scheduling System) – SÇS
- Sanal Gerçeklik Sistemi (Virtual Reality System) – SGS
- Aksiyon Takip ve Yönetim Sistemi (Action Tracking and Management System) – ATYS
- Görüntü İşleme Sistemleri (Image Processing System) – GİS
- Dijital Kalite Doküman Yönetim Sistemleri (Digital Quality Document Management System)– DKDYS
- Büyük Veri Analiz Sistemleri (Big Data Analysis System) – BVAS
- Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri (Real Time Location System) – GZKS

Belirtilen uygulamaların bazıları web tabanlı bazıları masa üstü uygulamalarıdır. Belirli erişim yetkileri doğrultusunda firmanın çalışanlara uygulama hesapları tanımlanmıştır. Böylece sistem içerisindeki bilgi güvenliği şartları da sağlanmıştır.

Bölüm içerisinde firmada kullanılan uygulamaların birbirlerine olan benzerlikleri ve farklarını detaylı görebilmek için mimari yapısı eklenmiştir. Hangi kullanıcılar ile hangi uygulamalar ile etkileşimde olduğu ve hangi veri tabanları üzerinden çalıştıkları anlatılmıştır.

Çalışmanın sonunda da, bu uygulamalardaki kazanımlar hem kullanıcı süre analizi hem de firma içerisindeki verimlilik iyileştirmeler şeklinde iki ayrı başlıkta incelenmiştir. Ele alınan yalın üretim felsefesi ve Endüstri 4.0 kavramlarının ortak yolcuğunun ne kadar ilerleyeceğinin sınırını şimdiden kestirmek mümkün değildir. Fakat ilerde bu uygulamaların veya benzerlerinin hem üretim içerisinde farklı alanlarda hem de diğer sektörlerde örneklerinin görmek yüksek olasıdır. Bu çalışma bize sadece ilk evrelerinde bile sektöre ne kadar fayda verdiğini göstermek için güzel bir referans olacağı şüphesizdir.



2. KAVRAMLAR

Bu bölümde önce yalın üretimin ne olduğu anlatılmıştır. Yalın üretimde israfın nasıl azaltıldığı ve hangi yöntemlerin kullanıldığı açıklanmıştır. Daha sonra, üretimde dijitalleşmenin ne anlama geldiği ve firmalara ne gibi faydalar sağladığına değinilmiştir. Bu sürecin bazı zorlukları da ele alınmıştır. Ardından yalın üretim ile Endüstri 4.0 arasındaki ilişki gösterilmiştir. Endüstri 4.0'ın ne olduğu, nasıl ortaya çıktığı ve hangi teknolojileri kapsadığı detaylı şekilde anlatılmıştır. Ayrıca bu dönüşümün Türkiye'deki durumu ve sürdürülebilir olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Endüstri 4.0'ın işletmelere sunduğu avantajlar ve bu süreçte yaşanan sıkıntılar da incelenmiştir. Yalın üretim sistemlerine dijital teknolojilerin nasıl eklendiği ve bu sayede süreçlerin nasıl geliştirilebildiği örneklerle açıklanmıştır.

Son olarak, üretim verimliliğini ölçmekte kullanılan Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) yöntemi anlatılmış ve bu yöntemin süreçleri iyileştirmede nasıl işe yaradığı açıklanmıştır.

2.1. Yalın Üretim Felsefesi

Günümüzde pek çok büyük ölçekli üretici firma, küresel rekabet koşullarında avantaj elde etmek amacıyla yalın üretim sistemini benimsemektedir **[Rajenthirakumar ve Shankar, 2011: 3359]**. Yalın üretim yaklaşımı, müşteri talebine uygun biçimde, gereksiz kaynak tüketimini en aza indirerek, değere odaklı bir üretim süreci oluşturmayı hedefler **[Costa vd., 2018: 122-123]**. Bu sistem; kaynakların daha bilinçli kullanılması, zaman kayıplarının azaltılması ve gereksiz işlemlerin ortadan kaldırılması yoluyla verimliliği artırır.

Yalın üretim, uzun süredir imalat sektöründe yaygın olarak uygulanan ve ürün kalitesiyle birlikte işletme başarısını artıran bir yöntem olarak kabul edilmektedir **[Dickson vd., 2009: 177]**. Bu sistem, hammaddeden nihai ürüne kadar geçen tüm süreci yalınlaştırarak; iş gücü, bilgi, ekipman gibi üretim kaynaklarını daha etkin yönetmeyi amaçlar. Özellikle Toyota üretim modelinden esinlenerek gelişen bu yapı, uygulamada önemli başarılarla imza atmıştır **[Sousa vd., 2018a: 869]**.

Yalın üretimin temel amacı, hem işletme içindeki hem de tedarikçi ve müşteri ilişkilerinde ortaya çıkan çeşitliliği azaltarak, bütünleşik bir sistem içinde israfları ortadan kaldırmaktır **[Shah ve Ward, 2007: 791]**. Son yıllarda bu yaklaşım, operasyonel mükemmeliyetin sağlanmasında oldukça etkili bir araç haline gelmiştir **[Möldner vd., 2018: 1]**. Firmalar, kaynaklarını en verimli şekilde kullanarak daha az maliyetle daha yüksek çıktı elde etmek istediklerinde yalın üretimi tercih etmektedir.

Bu sistemin bir diğer önceliği de, üretim sürecinde ihtiyaç duyulan kaynakları (iş gücü, malzeme, ekipman, alan vb.) azaltarak akışı sürekli hale getirmektir. Üretim hattında meydana gelen her türlü fazlalık ya da kesinti israf olarak değerlendirilir **[Treville ve Antonakis, 2006: 101]**. Bu nedenle yalın üretim, yalnızca üretim hattındaki değil, tedarik zincirinin tüm halkalarında israfların önlenmesine odaklanır **[Daneshjo vd., 2018: 34; Jimenez vd., 2012: 1891]**.

Yalın sistemlerin benimsenmesinin en önemli nedenlerinden biri, üretim kalitesini yükseltmesi ve aynı zamanda maliyetleri düşürmesidir. Bu bağlamda Toyota'nın geliştirdiği yalın üretim modeli, israfların sistemli biçimde azaltılmasını ve üretim performansının artırılmasını esas alır **[Sundin vd., 2011: 11229]**.

Literatürde yalın üretim farklı araştırmacılar tarafından çeşitli biçimlerde ele alınmıştır. Bu çeşitlilik nedeniyle yalın üretimin tarihsel gelişimini ve uygulama örneklerini içeren zaman çizelgeleri hazırlanmış ve güncellenmeye devam etmektedir. Bu tür tablolar, uygulayıcılara sistemin evrimini anlamada yol gösterici olmaktadır **[Salinas-Coronado vd., 2014: 5]**.

Tablo 2.1: Yalın Üretim Tarihi ve Zaman Çizelgesi.

1760	Fransız General Jean-Baptiste de Gribeauval, savaş sırasında tamiratları kolaylaştırmak için standart tasarımlar ve değiştirilebilir parçaların önemini fark etti.
1799	Eli Whitney, ABD Ordusu için 10.000 tüfek üretimi sözleşmesi aldı. Bu süreçte değiştirilebilir parça sistemini başarıyla uyguladı.
1807	İngiliz mühendis Marc Brunel, Kraliyet Donanması için ip blokları üretmek üzere her biri sırayla aynı parçaları yapan 22 farklı makine geliştirdi.
1850	ABD’de zırh üretimi standart parçalarla yapılmaktaydı. Ancak makineler sert metaller üzerinde çalışmadığı için parçaların uygun hale getirilmesi hâlâ el işçiliği gerektiriyordu.
1890	Sakichi Toyoda ahşap bir dokuma tezgâhı icat etti. 1905’te Frank ve Lillian Gilbreth, iş hareketlerinin verimliliğini araştırarak 18 temel hareketin yer aldığı bir sistem ortaya koydu.
1906	Vilfredo Pareto, toplumda servetin %80’inin nüfusun %20’sinde olduğunu gösteren bir dağılım formülü geliştirdi.
1908	Henry Ford, Model T otomobilini piyasaya sürdü.
1912	Ford’un üretim modeli “doğruluk, akış ve kesinlik” ilkelerine dayanıyordu.
1914	İlk hareketli montaj hattını kurarak montaj süresini 12 saatten 3 saatin altına indirdi.
1926	Henry Ford, “Bugün ve Yarın” adlı kitabını yayımladı.
1929	Sakichi Toyoda, tezgâhlarının patentlerini yurtdışına satarak oğlu Kiichiro Toyoda’nın otomotiv alanında eğitim almasına olanak sağladı.
1938	Kiichiro Toyoda, Koromo fabrikasında Just in Time (Tam Zamanında Üretim) sistemini uygulamaya başladı. II. Dünya Savaşı bu uygulamayı kesintiye uğrattı.
1939	Walter Shewhart, istatistiksel kalite kontrol üzerine önemli bir kitap yayınladı ve Planla-Yap-Kontrol Et-İşleme Al (PDCA) döngüsünün temelini attı.
1940	Deming, istatistiksel örnekleme yöntemleri geliştirdi.
1943	Taiichi Ohno, Toyota’da üretim süreçlerinde çalışmaya başladı.
1946	Ford, General Electric’in yönetim sistemini benimsedi ve yalın üretim anlayışından uzaklaştı.
1951	J.M. Juran, Kalite Kontrol El Kitabı’nı yayımladı.
1956	Shigeo Shingo, Toyota’da üretimle ilgili eğitim vermeye başladı.
1961	Toyota, Toplam Kalite Yönetimi (TKY) sistemini uygulamaya koydu.
1965	Toyota, Deming Kalite Ödülü’nü kazandı.
1969	Toyota, operasyon yönetimi danışmanlık birimini kurdu.
1988	Norman Bodek ve Vern Buehler, Shingo Üretim Ödülü’nü oluşturdu. Aynı yıl Kaizen Enstitüsü, Hartford’da TPS seminerleri düzenledi.
1990	Womack ve Jones, “Dünyayı Değiştiren Makine” adlı kitabı yayınladı.
1996	Aynı yazarlar “Yalın Düşünce” kitabını yayımlayarak yalın üretimin teorik çerçevesini daha da netleştirdiler.
2003	Shingo ödüllü “Daha İyi Düşünmek, Daha İyi Sonuçlar” kitabı yayımlandı; bu kitap, Wiremold şirketinin yalın dönüşümünü konu aldı.
2004	Norman Bodek “Kaikaku” adlı eseriyle Toyota üretim sistemini geliştiren önemli kişilerin felsefesini ve katkılarını anlattı.
2007	Meksika’da bir otomotiv parça üreticisi, yalın üretim uygulamalarını (SMED, TPM, Değer Akışı Haritalama gibi) sistematik olarak uygulamaya başladı.

Kaynak: Salinas-Coronado, 2014: 6-7.

Yalın üretim, iş süreçlerindeki gereksiz varyasyonlarıyla adımları en aza indirmeye çalışır; operasyonel araçlardan ve de felsefi ya da stratejik ilkelerden oluşan bir set içerir. Felsefi düzeyde, müşteri tarafından talep edilen ve değer olarak kabul edilen unsurları anlamının yanı sıra, adımsız değer eklemeyen faaliyetleri ortadan kaldırarak iş süreçlerini nasıl geliştirebileceğimizi anlamakla yakından bağlantılıdır **[Stahl vd., 2015: 285]**. Genel manada yalın üretim araçları katma değer yaratmayan çalışmaları yok etmek ve iş süreci içerisinde görülen değişkenliği azaltabilmek adına kullanılır.

İmalatta yalın operasyonlar, uzun yıllar boyunca önemli gelişmeler kaydetmiş ve maliyet, nitelik ve teslimat süresi gibi çeşitli operasyonel ölçümlerde devamlı iyileştirmelere de öncülük etmiştir. Yalın düşünce, israfları azaltarak sürekli bir akış sağlamış ve sürekli yeniliklerle daha hızlı ve daha düzenli üretim sağlamıştır **[Ball ve Lunt, 2018: 1]**.

Yakın gelecekte, yalın üretim, çalışma ekipleri ya da kalite yönetimi gibi farklı yönetim uygulamalarını kapsayan entegre bir sistem içerisinde çok boyutlu bir kuram şeklinde görülebilir **[Rubio ve Corominas, 2008: 235]**. Bahsi geçen üretim biçimi, az masrafla ya da hiç israf olmaksızın müşteri talebine göre hızlı bir şekilde ürünler üretmeyi amaçlar. Yalın üretim, israfları yok etmek ve müşterilere bir değer sağlayarak imalat sistemlerinde performansı yükselten bir felsefe şeklinde bilinir **[Soliman ve Saurin, 2017: 136]**.

Yalın araçlarla metotlar kullanılırken başarıyı ölçebilmek basittir, zira yalnızca değer katan çalışmalara harcanmış zamanın yüzdesinde bulunan iyileşmeyi ölçmek ile alakalıdır. Hizmet alanında, günlük hizmet sunumları sürerken, iş uygulamalarında da devamlı iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir **[Macintyre ve Bestwick, 2012: 97-98]**. Yalın düşünceyle israfı önleme uygulamaları, hizmet ağırlıklı organizasyonlar için karmaşıklığı azaltma fırsatları sunar.

Yalın üretim, bir üretim kuramı şeklinde üç ana eylemi hayata geçirmelidir **[Houshmand ve Jamshidnezhad, 2006: 3]**:

1. İmalat sisteminin yönetsel eylem seviyesinde tasarlanması.
2. Arzu edilen hedeflere ulaşabilmek adına üretim sisteminin denetlenmesi.
3. Üretim sisteminin iyileştirilmesi noktasında liderlik yapılması.

Yalın üretimin, küresel pazarlar içerisinde çalışmalar yürüten üretici firmalar açısından bir seçenek değil, bir zorunluluk olduğu düşüncesi savunulmaktadır. Bahsi geçen sebepten dolayı, rekabetçi bir etken olarak şirketlerin kendine has üretim sistemlerinden, şirket çapında entegre üretim sistemine ne şekilde geçiş yaptıklarını yönetmeleri önemlidir **[Ringen vd., 2014: 243]**.

Ürün geliştirme aşamasından müşteriye teslimat sürecine kadar açığa çıkan israfı (aşırı imalat, hatalar, stoklar, gereksiz işler, beklemler, gereksiz hareketler ile gereksiz taşımalar) tümüyle ortadan kaldırmak adına maliyetlerin düşürülmesi, pazar adaptasyonunun sağlanabilmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve nakit akışının güçlendirilmesi hedeflenmektedir **[Kulaç, 2013]**.

Bir işletme yönetimi kuramındaki gibi, yalın üretimde de organizasyonların her biri adına dengelenmesi gereken pek çok risk ile avantaj mevcuttur. Bu avantaj ve risklerin temel unsurları aşağıda yer alan **Tablo 2.2** üzerinde sunulmaktadır **[Čiarnienė ve Vienažindienė, 2012: 730]**. Yalın üretimin ana gayesi, müşterilere katma değer sağlayabilmek, tüketilen kaynak miktarını düşürmek ve son olarak israfı da ortadan kaldırıp döngü süresini kısaltmaktır.

Tablo 2.2: Yalın Üretimin Avantajları ve Riskleri.

Avantajlar		Riskler	
Müşteri memnuniyeti	Gereksiz harcamalar önlenerek, son ürün müşteriye değer katar şekilde ulaştırılır. Bu da müşteri memnuniyetini artırır	Müşteri Memnuniyetsizlik Sorunları	Yalın üretim, tedarikçilerin etkin çalışmasına büyük ölçüde dayanır. Bu nedenle tedarik zincirinde ya da üretim aşamasında yaşanan küçük bir aksaklık bile, müşteri memnuniyetini düşürebilir. Özellikle teslimatın gecikmesi, işletme açısından uzun vadede pazarlama problemleri yaratabilir.
Verimlilik	Süreçlerde yapılan iyileştirmeler, israfı azaltarak üretkenliği artırır	Verimlilik Maliyetleri	Bu düzeyde verimliliğe erişebilmek için, uygulama aşamasında zaman ve maliyet açısından zorlayıcı olabilecek standart bir süreç altyapısına yatırım yapılması gerekir.
Tutum Değişimi	Yalın üretimin hayata geçirilmesi, genellikle işletmenin bakış açısında köklü bir değişim gerektirir. Ancak, değişime hazır olmayan firmalar için bu süreç oldukça zorlayıcı olabilir.	Çalışanların Kabul Etme Derecesi	Yalın üretimin uygulanması, mevcut üretim sistemlerinin kökten değişmesini gerektirdiği için çalışanlar üzerinde baskı ve stres yaratabilir. Sürekli kalite kontrol sürecine çalışanların dahil edilmesi, bazılarının kendini yetersiz hissetmesine yol açabilir. Bu süreci başarıyla yönetebilmek, güçlü liderlik ve çalışanları sürece ikna edebilecek yöneticiler gerektirir; ancak bu nitelikte yöneticiler bulmak her zaman kolay olmayabilir.
Kalite	Süreçlerde yapılan iyileştirmeler, aynı zamanda ürün kalitesinin artmasına da katkı sağlar.	Yüksek Uygulama Maliyeti	Yalın üretime geçiş, çoğu zaman mevcut tesis düzenlerinin ve sistemlerin köklü şekilde değiştirilmesini gerektirir. Ayrıca, verimli ekipman temini ve personel eğitimi gibi unsurlar, işletme maliyetlerini ciddi ölçüde artırabilir.
Teslimat zamanları	Yalın üretimin temel yapı taşlarından biri olan 'tam zamanında üretim', müşteri taleplerine göre üretim yapılmasını ve gereksiz stok bulundurulmamasını esas alır	Arz Sorunları	Yalın üretimde stok seviyeleri oldukça düşük tutulduğu için sistemin başarısı büyük ölçüde tedarikçilere bağlıdır. Tedarik zincirinde yaşanabilecek gecikmeler, çalışan eylemleri veya kalite sorunları, üretimde ciddi aksamalara yol açabilir. Ayrıca bazı tedarikçiler, daha sık ve küçük partiler halinde teslimat yapma konusunda yetersiz kalabilir ya da bu yöntemi benimsemekte isteksiz olabilir.

Kaynak: Čiarnienė ve Vienažindienė, 2012: 730.

Yalın üretim uygulamaları geliştikçe, bu sistemleri destekleyen teknolojiler de ilerlemiştir. Günümüzde firmalar, basit elektronik kanban sistemlerinin ötesine geçerek daha gelişmiş yöntemler kullanmaya başlamıştır. Örneğin, bazı üreticiler simülasyon ve modellemeyi bir arada kullanarak üretim sürecindeki katma değerli adımları analiz etmekte, bu amaçla değer akış haritalaması yapmaktadır. Ayrıca, en verimli çalışan üreticilerin yaklaşık %63'ü, müşteri taleplerini tahmin etmek ve üretimi buna göre planlamak için ileri düzey planlama sistemlerinden yararlanmaktadır [Bhasin, 2015: 67].

Yalın üretimin temelinde, israfları yok etme, sürekli iyileştirme (Kaizen), tam zamanında üretim (JIT) ve hataları fark edip süreci durdurma (Jidoka) gibi prensipler yer alır [Sertyesilisik, 2014: 1819]. Teknoloji ilerledikçe, müşterilerin talepleri de çeşitlenmekte ve sık değişmektedir. Bu nedenle firmalar sadece kaliteli ve uygun fiyatlı ürün sunmakla kalmayıp, aynı zamanda hızlı teslimat, geniş ürün seçeneği ve değişen siparişlere uyum sağlama konusunda da başarılı olmak zorundadır.

Yalın düşünce yaklaşımı, işletme içindeki tüm adımlarda problemleri belirleyip çözerek israfı ortadan kaldırmayı ve süreçleri sadeleştirerek sürekli gelişimi hedeflemektedir [Erol, 2012].

2.2. Yalın Üretim İlkeleri

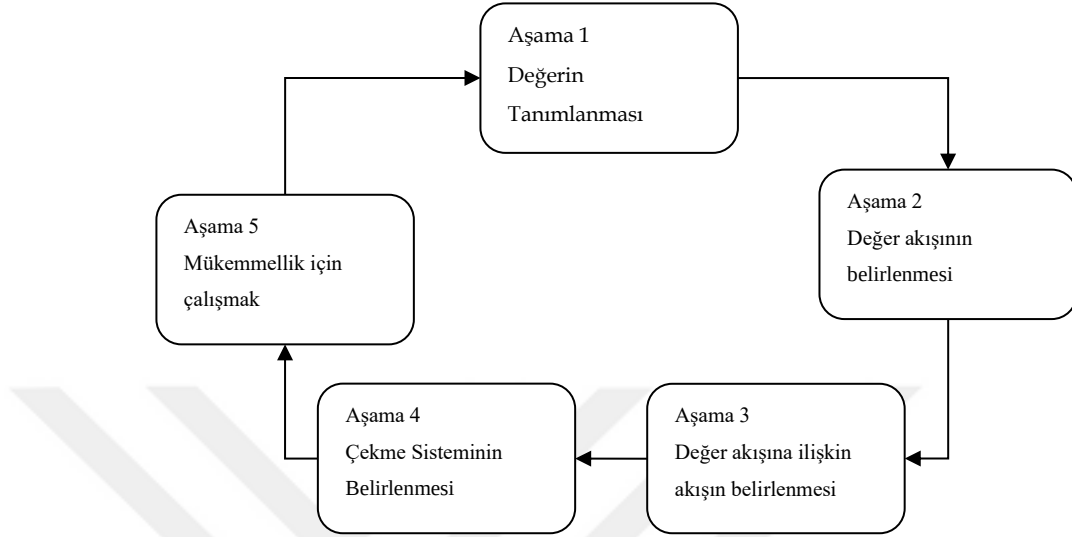
Yalın üretim sistemi, 1996 yılında Womack ve Jones tarafından geliştirilen ve beş temel ilkeye dayanan bir yaklaşımdır. Bu sistemin amacı, gereksiz harcamaları ortadan kaldırmak ve maliyetleri en aza indirmektir. Müşteri gözünden bakıldığında, üretim sürecinde değer katmayan her adım israf olarak görülür [Blöch vd., 2017: 98]. Yalın üretim, bu yönüyle dünya genelinde verimli ve rekabetçi üretim anlayışının temelini oluşturan bir yöntem haline gelmiştir.

Sistemin dayandığı beş temel ilke ise şunlardır [Ufua vd., 2018: 1135]:

1. Değeri tanımla
2. Değer akışını belirle
3. Akışı sağla
4. Çekme sistemini uygula

5. Sürekli iyileştir

Bu ilkeler, firmaların daha verimli çalışmasına ve müşteri memnuniyetinin artmasına yardımcı olur.



Kaynak: Maraşlı, vd., 2016: 110.

Şekil 2.1: Yalın Düşünce Modeli.

Yukarıda yer alan **Şekil 2.1**'de açıkça görüldüğü üzere, yalın düşüncenin 5 ilkesiyle tutarlı olmalarını sağlamak amacıyla tedbirleri değerlendirmek adına değerlendirme aracı sunulmaktadır. Bu prensipler şunlardır: değer akışı, müşteri değeri, akış ile çekme, güçlendirme ile mükemmellik [**Kennedy vd., 2007: 34**]. İyi değerlendirme aracı, çalışma ortamının anlaşılabilmesini geliştirir, problemlerin saptanabilmesine yardım eder ve son olarak da karar verme sürecine destek verebilmek adına gerekli olan bilgileri sunar.

1. Müşteri Değeri
2. Değer Akışı
3. Akış ve Çekme
4. Güçlendirme
5. Mükemmellik

Bu prensipler doğrultusunda yapılan değerlendirmeler, işletmenin yalın düşüncüyü ne kadar iyi uyguladığını gösterir ve süreçlerdeki sorunları belirleyerek, bu sorunları çözmeye yönelik bilgileri sağlar. Bu, iş ortamının daha iyi anlaşılmasına, sorunların daha hızlı tespit edilmesine ve etkin kararlar alınmasına yardımcı olur.

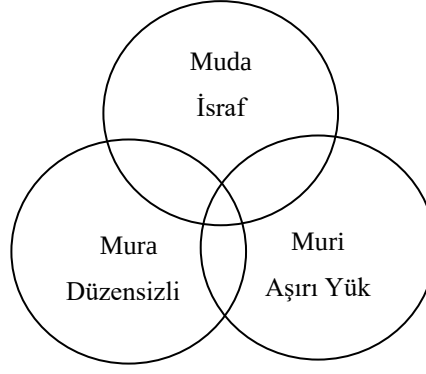
2.2.1. İsrâf Türleri

Yalın düşünce, operasyonlarda değeri olmayan kaynakların verimsiz tüketim biçiminden arındırılması ile alakalı bir felsefedir. Müşterinin nazarındaki değer kavramı, gereksinim duydukları hizmet ya da mal adına fiziksel açıdan bir karşılık verme ve bu süreçteki dönüşüm faaliyetlerini kapsar. Müşteriler, israf ve üretim kayıplarından kaynaklanan problemler için para ödemek istemezler. Bu nedenle, işletmelerin israf kaynaklı sorunların tamamının öncesinde saptanıp çözümlenmesi ve etkin bir kontrol mekanizmasının geliştirmesi lazımdır. Çalışanların bahsi geçen hususta farkındalık düzeyleri arttıkça, israfın tümüyle ortadan kaldırılması hususunda daha pozitif hamleler atılabilir [Özkan vd., 2005: 308].

İsrâf, nihai tüketiciye herhangi bir şekilde fayda sağlamayan, tüketicinin çok fazla para ödemeyeceği her türlü savurganlığı ifade eder. Katma değer oluşturmamayan etkinlikler de bu kavrama örnek şeklinde gösterilebilir [Şimşir vs., 2013: 3]. İsrâf, mala veya hizmete doğrudan değer katmayan veya malın/hizmetin dönüşümüne hiçbir katkısı olmayan her türlü tutumsuzluktur. İsrâf çeşitli biçimlerde açığa çıkabilir ve fazla maliyet ile gereksiz vakit kaybına sebebiyet verir [sigmacenter, 2016]. İsrâfı zamanında ve yerinde tanımlayarak anlamak, sürekli iyileştirme adımına geçişin ilk hamlesi olarak kabul edilir.

Çalışanların israfı tanımlama ve ortadan kaldırma konusundaki farkındalıklarının arttırılması, işletmelerin bu konuda daha etkili adımlar atmasını sağlar. Bu sayede, müşterilere sunulan hizmetlerin kalitesi artar ve işletmenin rekabet gücü yükselir.

Yalın üretim felsefesinde sıkça ifade edilen ve yok edilmesi amaçlanan israfları kapsayan üç kavram: muda, mura ve muri olarak bilinir ve bu kavramlar "Üç M" olarak isimlendirilir. Yalın anlayışta sadece muda'yı ortadan kaldırmak yeterli değildir; bu üç israf türünün de karşılıklı bağlantıları göz önünde bulundurularak yok edilmesi gerekmektedir. Şekil 2.2'de Üç M gösterilmiştir [Aydın, 2009: 128].



Kaynak: Aydın, 2009: 128.

Şekil 2.2: Yalın Üretimde Üç M.

Yalın üretim, Üç M'lere odaklanan bir Japon yöntemidir:

- **Muda (İsrâf):** Süreçlerde israf anlamına gelir. Muda, özellikle ortadan kaldırılması gereken faaliyetlere odaklanır [**Chaudhari ve Raut, 2017: 168**].
- **Mura (Tutarsızlık):** Ürün, süreç ve sistemlerdeki tutarsızlıkları ifade eder.
- **Muri (Aşırı Yük):** Operatörlerin makul olmayan fiziksel zorlanmaları ve aşırı yüklenmelerini ifade eder.

2.2.2. İsrâfın Tanımlanması

İsrâfın yerinde ve zamanında tanımlanması ve anlaşılması, sürekli iyileştirme sürecinin birincil adımı olarak kabul edilir. Değerlerin belirlenmesi sırasında israfların yalın prensiplere göre değerlendirilmesi önemlidir.

Literatürde yalın düşünce, sıklıkla 8 farklı israf akışını içine almaktadır. Bunlar: kusurlu üretim (defect), aşırı üretim (over production), fazla bekleme süreleri (waiting), kullanılmayan yetenek (non-utilized talent), gereksiz taşıma (transportation), aşırı stok (inventory), gereksiz hareket (movement) ile ekstra işlerdir (extra processing) [**Caldera vd., 2019: 3**]. Bu israflar İngilizce isimlerinin baş harflerinin oluşturulduğu kesintisi süresi anlamına gelen “DOWNTIME” kelimesini oluşturmaktadır.

Aşırı Üretim (Overproduction):

Aşırı üretim, müşteri talebinin olmadığı dönemlerde firmaların fazla stokla çalışmaları anlamına gelir [N. Aydın, 2015: 28]. Gereksiz yere yapılan üretim, yarı mamul/mamul yığılmasına, hataların gizlenmesine, iletişim sorunlarına, ekipman sorunlarına, teslimat sürelerinin artmasına, maliyetlerin artmasına ve eksikliklerin tespit edilmesinde zorluklara yol açar [Ayçin ve Özveri, 2016: 330].

Fazla Bekleme Süreleri (Movement):

Fazla bekleme süreleri, işçilerin otomatik makineleri izlemek, bir sonraki işlem adımını, aleti, tedariki veya parçayı beklemek zorunda kaldıkları durumlardır. Bu beklemeler stoklar, ekipman arızaları, parti işlem gecikmeleriyle kapasite tıkanıklıklarından dolayı meydana gelir [Sternberg vd., 2012: 51].

Gereksiz Taşıma (Transportation):

Gereksiz taşıma, operatörlerin, ürünlerin veya bileşenlerin gereksiz yere bir yerden başka bir yere taşınmasıdır. Bu durum, ürün hasarları, kayıp parçalar ve sistemlerle ilgili sorunlara yol açar [Kulkarni vd., 2014: 431].

Kusurlu Üretim (Defect):

Kusurlu üretim, müşteri beklentilerini karşılamayan ürünlerin veya hizmetlerin yeniden tamir edilmesi veya yenilenmesi anlamına gelir. Bu süreç, ilave stok alanı, fazladan çalışan çabası, malzeme ayrımı, teslimat gecikmeleri, karlılık düşüşü ve imaj zedelenmesi gibi olumsuz sonuçlar doğurur [Özkol, 2004: 126].

Ekstra İşler (Extra Processing):

Ekstra işlerin yaygın örnekleri arasında fazla işçilik, çapak alma ve teftiş yer alır. Bu ekstra işler, katma değeri olmayan faaliyetler olup, süreçteki gereksiz adımları belirlemek için Değer Akış Haritalama tekniği kullanılır [Kilpatrick, 2003: 2].

Aşırı Stok (Inventory):

Aşırı stok kavramı, gereksiz yere yüksek miktarlarda hammadde, devam eden iş ve bitmiş ürün bulundurmaya ifade eder. Bu durum, daha yüksek stok finansmanı maliyetlerine, daha fazla depolama maliyetleri ile kusur oranlarına sebep olur [Saleem

ve Verma, 2014: 176]. Stoğa bağlanmış olan fazla fonlar, sistemin diğer bölgelerinde verimli bir şekilde kullanılamaz **[Maguad, 2007: 248-249].**

Gereksiz Hareket (Movement):

Gereksiz hareket, verimsiz düzenlemeler, kusurlar, aşırı üretim, yeniden işleme ya da fazla envanterden dolayı çalışanlar ile ekipman tarafından yapılmış olan ekstra hamleleri ifade eder. Bu hareketler, ürün veya hizmete değer katmaz ve zaman kaybına yol açar **[Hicks, 2007: 237].** Üretim ergonomisindeki uygunsuzluklar, operatörlerin gereksiz yere girmesi, bükülmesi, almak için hareket etmesi gibi sorunlara yol açar ve düşük verimlilik ile kalite problemlerine neden olabilir **[Wahab vd., 2013: 1296].**

Kullanılmayan Yetenek (Non-Utilized Talent):

Kullanılmayan yetenek, TPS'nin bir parçası olmasa dahi, insan potansiyelinin israfı olarak kabul edilmektedir. Bu israf, yönetim rolünün çalışanlardan ayrılmasıyla açığa çıkar. Organizasyonların bazılarında yönetim, imalat sürecini planlama, kontrol etme, organize etme ve son olarak da yenileştirme sorumluluğunu üstlenirken, işçiler yalnızca siparişleri takip ederek işi planlandığı şekilde yürütürler. Eğitim seviyesi yüksek çalışanların bilgi ve uzmanlığından faydalanmamak, süreçlerin iyileştirilmesini zorlaştırır **[Skhnot, 2017].** İşin doğrudan içinde olan kişiler, sorunları en iyi tespit edebilecek ve çözüm geliştirebilecek kişilerdir.

Bu sekiz israf türünün tanımlanması ve ortadan kaldırılması, yalın düşüncenin temel hedeflerinden biridir ve firmaların verimliliklerini arttırıp rekabet avantajı sağlamalarına fazlaca yardımcı olur.

2.3. Yalın Üretim Araçları

Bu başlık altında ele alınacak olan yalın üretim teknikleri, kendi içerisinde ele alındığı zaman karmaşık sistem şeklinde tanımlanır. Firmalar, yalın üretim felsefesini imalat yönetimine uygulamaya karar verdikleri zaman, bahsi geçen yöntemlerin bazılarını veya tamamını uygulayabilirler. Bahsi geçen durum, gerçekleştirilmiş olan üretimin türü ile çalışanların sisteme adaptasyon yeteneğine bağlıdır. Literatürde yalın üretim teknikleri aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

- Çalışma Ortamı Düzenlemesi (5S)

- Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping)
- Görsel Yönetim (Mieruka)
- Hata Engelleme (Poka-Yoke)
- İnsan Zekası ile Otomasyon (Jidoka)
- İş Gücü Dengeleme (Shojinka) ve U-Tipi Üretim Hattı
- Kartlı Sistem (Kanban)
- Single Piece Flow (Tek Parça Akışı) ve Hücresel Üretim
- Sürekli İyileştirme (Kaizen)
- Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi (Single Minute Exchange of Die)
- Tam Zamanında Üretim (Just In Time)
- Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management)
- Toplam Verimli Bakım (Total Productivity Management)
- Uyarıcı Sistem (Andon)
- Üretim Seviyelendirme (Heijunka)
- Yalın Altı Sigma (Lean Six Sigma)

Bu tekniklerin doğru uygulanması, işletmelerin verimliliklerini artırmalarına ve rekabet avantajı elde etmelerine olanak tanır.

2.3.1. Çalışma Ortamı Düzenlemesi (5S)

Sürekli değişiklik gösteren bir ekonomi içerisinde güçlü olan ülkeler, gelişmeleri yakından takip etmek adına kritik yönetim modelleri geliştirmişlerdir. Bahsi geçen modellerden bir tanesi ve aynı zamanda da Toyota Üretim Sistemi'nin parçası niteliğindeki 5S, imalat sanayisinde en fazla başvurulan modellerden bir tanesidir. 5S, işyerlerinde disiplinle temizlik geliştiren, üretkenlik ile verimliliği maksimum seviyeye çıkaran bir metottur [Veres vd., 2018: 900-901].

5S, verimli iş ortamı elde edebilmek adına iş sahasının düzenli, temiz ve son olarak da güvenli biçimde organize etme hususunda başvurulan bir Japon metodudur. Dünya

standartlarında bir statüyü hak eden, sorumluluk sahibi bir üretici gibi tanınmak isteyen bir şirket açısından 5S, başlangıç noktasıdır. 5S yöntemini meydana getiren 5 adım **Şekil 2.3** üzerinde sunulmuştur.



Kaynak: Veres vd., 2018: 901.

Şekil 2.3: 5S Yönteminin Uygulama Adımları.

Bu yöntem, gerekli ve gereksiz eşyaların ayrılması ile başlar ve çalışma alanında sadece gerekli olan malzemelerin bulundurulması sağlanır. Malzemelerin düzenli bir şekilde yerleştirilmesi ve kolayca erişilebilir hale getirilmesi, temizlenmesi ve düzenli olarak temiz tutulması, temizlik ve düzenleme faaliyetlerinin standart hale getirilmesi ve sürekli olarak uygulanması gibi adımları içerir. Son olarak, 5S uygulamalarının sürekli olarak sürdürülmesi ve çalışanların bu konuda eğitilmesi ile süreç tamamlanır.

5S yöntemi, çalışma alanlarını optimize ederek verimliliği artırır, israfı azaltır ve güvenli bir çalışma ortamı sağlar. Bu yöntem, işyerinde düzen ve temizliği teşvik ederek üretkenliği artırır ve çalışanların motivasyonunu yükseltir. Dünya genelinde birçok sektör tarafından benimsenen 5S, işletmelerin rekabet gücünü artırmak için önemli bir araçtır.

Yukarıda yer alan şekilde 5S yöntemini meydana getiren beş adım maddeler ile açıklanmıştır **[Veres vd., 2018: 900-901]:**

1. Ayıklama (Seiri)
2. Düzenleme (Seiton)
3. Temizleme (Seiso)

4. Standartlaştırma (Seikutsu)

5. Disiplin (Shitsuke)

5S kontrolü, mekan ile zamandan tasarruf etmeyi ile kalite hatalarını asgari seviyeye indirmeyi amaç edinen sürekli bir süreçtir **[Kennedy ve Widener, 2008: 316]**. 5S, personellerin moralini yükseltmeyi ve çalışanların verimli ve güvenli kılmayı amaçlar. Genel manada, 5S programı oluşturulduğu zaman mühendisler ile yöneticilerce başlatılır ve üretim sisteminin tamamına dahil edilmek için teknisyenler ile operatörlere öğretilir **[Allen, 2010: 125]**.

5S faaliyetlerinin hayata geçirilmesi ile, iş ortamının daha tertipli hale helmesi, fazla stok oluşumunun engellenmesi, çalışanların üretkenliğinin azami düzeye getirilmesi, belgelerin düzenli biçimde muhafaza edilmesi ve gereçle insan emeğinin boş yere harcanmaması gibi birçok fayda elde edilebilir **[Tekin vd., 2018: 106]**.

5S uygulamalarının işletmelerde devamlılığının sağlanması, verimliliğin artmasına da katkı sağlar. Bu, işletme personelinin işlerine karşı daha fazla istek duymalarını sağlar. Çalışma ortamında alınacak tedbirler ile 5S çalışmalarının arasında direkt bir ilişki mevcuttur. Gerçekleştirilen risk analizlerinde, kirli ve tertipsiz ortamlardan kaynaklanan durumların birçok iş kazasının temelini oluşturduğu ortaya konmuştur **[Çakırkaya ve Acar, 2016: 866]**. Etkin 5S çalışmalarında üst düzey çalışanların katılımı da büyük önem taşımaktadır.

5S uygulamasının dijital ortamda yönetilmesi ve takip edilebilmesi için birçok uygulama bulunmaktadır. Bu çalışmada ilerleyen bölümlerinde bahsedeceğimiz Intenseye IPS çözümü ile IP kamaraları ile 5S tanımlı alanların kontrolünü, Fabriq ATMS çözümü ile de 5S rutin ve aksiyonlarını takip edebilmekteyiz.

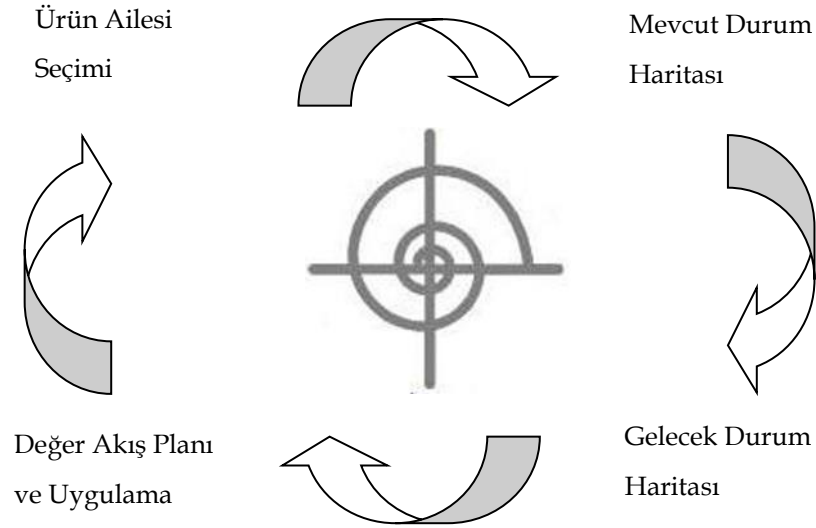
2.3.2. Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping)

Son senelerde, yalın yönetim kuramı, işletmelerin imalat süreçlerinde düzenlemeler yaparak süreç iyileştirmeleri sağlamak için geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan biri olan Değer Akış Haritalama (VSM), süreç iyileştirmelerini göstermek için genel bir bakış sunan belirleyici bir araçtır **[Morlock ve Meier, 2015: 457]**. Kaynaklara göre, yalın kavramının uygulanmasının bir değer akış haritası oluşturup başlaması gerekmektedir. Değer akış haritalama metodu, Toyota fabrikaları bünyesinde 1998 senesine gelindiği

zaman Mike Rother ile John Shook tarafından yayınlanan “Görmeyi Öğrenmek” adlı eserde kullanılmıştır. Polonya’da yer alan Wroclaw Teknoloji Üniversitesi Teknoloji Merkezi’nce ilgili metodun uygulandığı ifade edilmiştir. Değer akış haritasıyla işletme bünyesinde zarar doğuran süreçlerin analizi sağlanır **[Wolniak vd., 2014: 709]**. Değer akışı haritalamadaki asıl gaye, imalat sürecinde hangi iş istasyonunda bir değer ne şekilde ve hangi değerde üretilmiş olduğunu göstermektir.

“Değer akışı yöntemi” kavramı iki kritik unsuru barındırır: “Değer” ile “Akış”. Malların üretimi noktasında doğal olan değer yaratmaya “Değer” adı verilir. Bu, esasen üretimin genel gayesini açıklar, bir başka ifade ile bir kaynak malzemenin çok daha fazla değere sahip olduğu düşünülen herhangi bir ürüne dönüştürülmesi anlamına gelir. “Akış” terimiye, mevzu bahis üretimin temel niteliğinin, üretim akışında bulunan parça ile ürünlerin hem mekânsal hareketinde hem de niteliksel değişiminde yattığı manasına karşılık gelir **[Erlach, 2013: 7]**.

Bugün üretim endüstrisi içerisindeki işletmeler, üretim süresi, maliyet etkinliği ile üretim sisteminin niteliği gibi artan güçlükler ile karşılaşmaktadır. Bahsi geçen çelişkili amaçlar ile uğraşırken, kritik bir görev, gerekli olan üretim kalitesini sağlayabilmek adına ihtiyaç duyulan etkinliklerin süreç zincirine entegre olabilmesi adına uygun olan çözümlerin seçilmesidir. Bahsi geçen amaç doğrultusunda, ilgili işlem zincirinin yapılandırmasını çözümlmek ve tasarlamak adına hem kolay uygulanabilir hem de destekleyici planlama yöntemleri gerekmektedir **[Haefner vd., 2014: 254]**. İlgili bağlamda, VSM yani değer akış haritalama, profesyonellerce sık sık kullanılmakta olan bir teknik araçtır.



Kaynak: Birgün vd., 2006: 50.

Şekil 2.4: Değer Akışı Haritalandırma Adımları.

Değer Akış Haritalaması (VSM), hammaddeden nihai müşteriye kadar olan üretim sürecinin haritalandırılmasıyla tüm süreci akılcı bir şekilde gözlemlemenin önemli bir yoludur **[Birgün vd., 2006: 49]**. VSM adımları **Şekil 2.4**'te detaylı olarak sunulmuştur. Bahsi geçen adımlar içerisinde ürün ailelerinin gruplandırılması, mevcut durumun tespit edilmesi, ilerideki hedef durumun tasarlanmasıyla gerekli olan etkinliklerin planlanması gibi kritik girişimler yer almaktadır. Yalın düşünce felsefesi kapsamında, değer akış haritalama tekniğinin rolü büyük önem taşımaktadır.

Değer Akış Haritalaması (VSM), malzeme akışını hammadde alımından nihai ürün sevkiyatına kadar geniş bir perspektiften gösteren bir metottur. Yalın üretim düşüncesi, bir imalat ya da hizmet işletmesini düzenlemek için bir teknik ve faaliyetler bütünüdür. Bir kuruluşta yalın üretim araçlarını uygulamanın ilk adımı genellikle değer akış haritalama (VSM) ile başlar **[Azizi ve Manoharan, 2015: 154]**.

Değer akış haritalama tekniğinin, israfı ortadan kaldırmanın yanı sıra süreçlere katkı sağlayan diğer olumlu yönleri şunlardır **[Adalı vd., 2017: 244]**:

- Proseslerin bütün yönleri ile kapsamlı bir şekilde çözümlenmesine imkan tanır.
- Oluşan israfların kökenini ve nedenlerini belirlemeye yardımcı olur.
- Farklı prosesler arasında ortak bir iletişim dili kurulmasını sağlar.
- Üretim süreçlerini gereç ve bilgi akışı yoluyla birbirine bağlar.

- Prosesler arasında ve çalışanlar arasında entegre bir iletişim ortamı sağlar, böylece ortaya çıkabilecek problemler karşılıklı olarak tartışılabilir ve çözümlenebilir.
- Hammaddeden başlayarak nihai ürüne kadar tüm süreçleri kapsadığı için, tüm süreçlerde olumlu iyileştirmelerin yapılmasını teşvik eder ve yalın düşünce yolunda büyük bir ilerleme sağlar.

Değer Akış Haritalama işlemi sipariş süreçleri yönetilmesi için önemli bir yere sahiptir. İlerleyen bölümlerde Ortoms OSS Sipariş çizelgeleme çözümünde de rotaların ve ara stokların belirlenmesinde ön hazırlık için kullanılmaktadır. Ayrıca MES üretim çizelgeleme çözümü ile firma içerisinde stok ve siparişlerin kullanıldığı ERP sistemi ile senkron çalışmaktadır. Anlık sipariş yönetim kararlarının verilmesi için incelenecek ürünün akışına hakim olmak önemlidir. Değer Akış haritalama işlemi de bunun için en güzel yöntemdir.

2.3.3. Görsel Yönetim (Mieruka)

Mieruka, Japonca bir terim olup "görsel yönetim" anlamına gelmektedir. Bu kavram, çalışanların işyerindeki anormallikleri hızlı bir şekilde tespit edebilmelerini ve bu bilgiyi paylaşarak sorunlara derhal müdahale edebilmelerini sağlayan bir sistem olarak önem kazanmaktadır [Sekimura ve Maruyama, 2006: 408].

Görsel yönetim araçları, son yıllarda üretim ve hizmet organizasyonlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar, performans duvarları, gösterge panoları gibi mekanizmalar aracılığıyla kurum içindeki vizyonu ve kültürü destekleyerek, çalışanların rollerini ve katkılarını daha iyi anlamalarını sağlamaktadır [Tjell ve Bosch-Sijtsema, 2015: 193]. Ayrıca, bu araçlar ile iletişim etkinliği artırılarak, hedefler, sonuçlar ve sapmalar gibi önemli göstergelerin görsel olarak takibi ve görünürlüğü sağlanabilmektedir [Glegg vd., 2019: 16].

Görsel süreç yönetimi araçları ise özellikle yalın uygulamaların bir parçası olarak geliştirilmiştir. Bu araçlar, işlemleri ve süreçleri gerçek zamanlı olarak yönetmeye yardımcı olur ve metriklerin dinamik bir biçimde izlenmesini sağlar [Parry ve Turner, 2006: 77-84]. Yalın uzmanlar, görsel kontrol bilgilerini üretim hatlarından edinerek diğer işlemlere uygulamaktadırlar, bu da görsel yönetimin sadece üretim

süreçleriyle sınırlı kalmayıp işletmenin genel performansını artırmak için nasıl kullanılabileceğini göstermektedir.

Görsel yönetimin işletme yönetimindeki rolü oldukça geniştir. Üretim planlama ve kontrolünden başlayarak süreçler, kalite yönetimi, güvenlik, bakım, stok yönetimi, değişim yönetimi, insan kaynakları yönetimi, iç ve dış pazarlama (görüntü yönetimi) ile bilgi yönetimi gibi alanlarda görsel yönetim araçları önemli bir iletişim stratejisi olarak işlev görmektedir **[Tezel vd., 2016: 766-768]**.

Tez çalışmasının ilerleyen bölümlerinde özellikle İSG çözümlerinde kullanılan Intenseye IPS çözümü ile tesis içindeki görsel takipler ve Fabriq ATMS çözümü ile de ilgili grafiklerin dijital panolardaki takibi ile Görsel Yönetim yönteminden azami olarak faydalandığından bahsedilmektedir.

2.3.4. Hata Engelleme (Poka-Yoke)

Poka-Yoke, 1961 yılında Shigeo Shingo öncülüğünde geliştirilmiş olan bir yöntemdir ve işlemi yapan cihazlarda kusurlara yol açan hususi nedenleri önlemeyi amaçlar. Bu teknik, üretilen her bir öğeyi ucuz bir şekilde inceleyerek, kabul edilebilir veya kusurlu olduğunu belirlemek adına cihazlara başvurulur. Poka-Yoke tarafından tasarlanmış olan üretim cihazları, S. Shingo'nun sıfır kalite kontrol konseptlerinin de temellerinden bir tanesidir **[Tsou ve Chen, 2008: 1057]**.

Poka-Yoke'un ana gayesi, belli bir etkinliğin gerçekleştirilmesi noktasında hatanın oluşmasını engellemektir. Bunun yanı sıra, ürün montajı sırasında parçaların nasıl bir araya getirileceğini göstermek için tasarlanmıştır. Bu sayede, hataların önlenmesi ve ürün kalitesinin artırılması hedeflenir.



Kaynak: Kumar vd., 2016: 367.

Şekil 2.5: Poka-Yoke'nin Yöntem Bilimi.

Poka-Yoke tekniği, Shigeo Shingo tarafından 1961 yılında geliştirilmiştir. Bu teknik, üretim süreçlerinde kusurların oluşmasını önlemek veya hemen fark edilmesini sağlamak için kullanılan mekanizmalar içerir [Tsou ve Chen, 2008: 1057].

Poka-Yoke'nin temel ilkeleri Şekil 2.5'te gösterildiği gibi aşağıdaki adımları izler: sorun belirleme, çalışma istasyonlarında gözlemler yapma, beyin fırtınası, en popüler çözümü belirleme, plan oluşturma, planların uygulanması, izleme ile oturumu kapatma [Kumar vd., 2016: 366].

Poka-Yoke, imalat sistemlerinde ve iş operasyonlarında yaygın olarak kullanılabilir. Özellikle üç temel yaklaşıma dayanır:

- Kapatma işlevi
- Kontrol işlevi
- Uyarı işlevi

Poka-Yoke tekniklerinin uygulanması, işletmelerde hata oranlarının azaltılmasına ve operasyonel verimliliğin artırılmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle, modern üretim ve işletme yönetiminde önemli bir yer tutmaktadır.

Poka-Yoke tekniğinin kullanıldığı birçok dijital uygulama bulunmaktadır. Tez çalışmasında da bu tekniğin kullanımını Aveva Insiyth Büyük Veri Analizi çözümünde

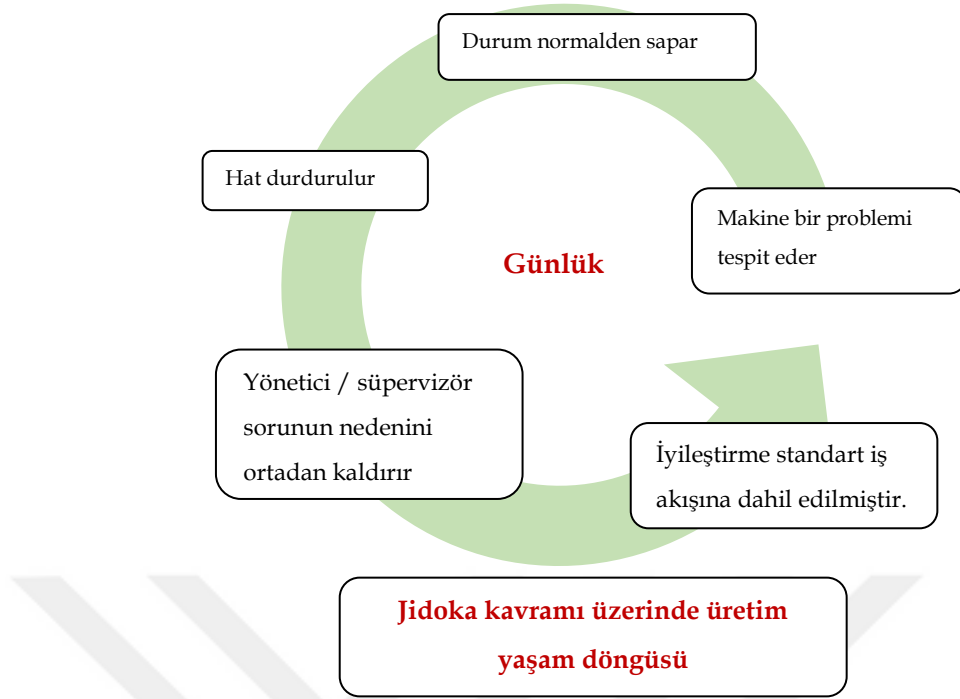
rastlamaktayız. Bu çözümde takip edilen sistemlerdeki basit problemler tespit edilebilmektedir. Dolayısıyla Poka-Yoke tekniğinin kullanılması için araştırma ve ön hazırlık olarak görebilmekteyiz.

2.3.5. İnsan Zekası İle Otomasyon (Jidoka)

Jidoka ve JIT (Just-In-Time) birbirleri ile bağlantılı şekilde, Toplam Üretim Sistemi'nin (TÜS) en önemli üretim felsefeleri arasında yer almaktadır. Jidoka, üretim süreçlerinde bir problem meydana geldiğinde operatör müdahalesi ya da hatayı makinanın kendi kendine algıladığı zaman imalatın durması ya da durdurulması anlamına gelir. Bu yaklaşım, takım çalışmasının önemli olduğu ve performansın artırılması için sürekli kontrollerin yapılmasının gerektiği bir sistemdir [Turan, 2016: 66; Özçelik ve Cinoğlu, 2013: 85].

JIT ise malzeme ve iş gücü gibi kaynakların mümkün olan en az miktarda ve doğru zamanda sağlanmasını hedefleyen bir sistemdir. Bu sayede stok maliyetleri azalırken, üretim süreçleri daha verimli hale getirilir ve israf önlenir [Veech, 2004: 161].

Toyota Üretim Sistemi'nin temel amacı, israfların tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda kullanılan kavramlardan biri de "Jidoka"dır. Jidoka, bilinen kusurlar ile yeniden işlemlerin yok edilmesi ve de önlenmesi manasına karşılık gelir. Toyota felsefesi içerisinde, Jidoka, proses kalitesinin en başından itibaren güvenceye alınması ve de sonraki iş istasyonlarına kusur aktarımının önüne geçilmesi adına merkezi kavramına karşılık gelir [Enke vd., 2015: 9]. Jidoka, sorun tespiti adına uygulanan yöntemler ile, sorunların açığa çıkmasını ve hızlı bir şekilde çözülmesini sağlar. Bu yaklaşım, üretim sürecindeki kalite güvencesini artırır ve verimliliği optimize eder.



Kaynak: Subramaniam vd., 2009: 29.

Şekil 2.6: Endüstride Jidoka Kavramı.

Yukarıda yer alan **Şekil 2.6** üzerinde, Jidoka kavramına başvurularak üretim yaşam döngüsü sunulmaktadır [Subramaniam vd., 2009: 28-29]. Operasyonların her bir işlemi içerisinde yerleşik kalitesini sağlamak ve çok daha verimli bir çalışma adına insan kaynağı ile makinelerin izolasyonunu sağlamak amacıyla Jidoka, kullanılır.

Yalın Üretim Sistemi genel manada Toyota Üretim Sistemi'ne dayanır. JIT ve Jidoka, TŪS'ün iki temel ayağını oluşturur. JIT, üretim sürecinde miktar yönetimine odaklanırken, Jidoka kalite yönetimine odaklanır. Hızlı değişim, standart çalışma prosedürleri, görsel yönetim gibi yalın uygulamalar, JIT'in etkili bir şekilde uygulanmasını destekleyen kritik öğelerdir [Jadhav vd., 2015: 332].

Jidoka tekniği tezin ilerleyen bölümlerinde bahsedilecek olan Intenseye IPS çözümünde kullanılmaktadır. Kullanıcıların tanımlayacağı kurallar ile Yapay zeka destekli kamera takip sistemleri kurulabilmektedir.

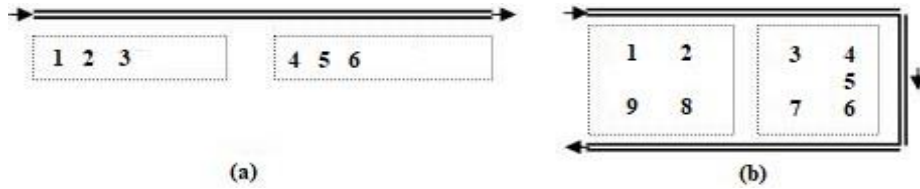
2.3.6. İş Gücü Dengeleme (Shojinka) ve U-Tipi Üretim Hattı

Shojinka, Japonca kökenli bir terim olup "azaltmak için işçi değiştirme" anlamına gelir. Toyota Üretim Sistemi'nde (TPS) önemli bir unsurdur ve üretim tesislerinde işçi sayısının talebe göre esnek bir şekilde artırılması veya azaltılmasını ifade eder [Gökçen vd., 2010: 402].

Özellikle U şeklinde düzenlenmiş montaj hatları, Shojinka'nın uygulanmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu düzenleme, iş istasyonlarının ve işçilerin esnek bir şekilde yeniden düzenlenmesini sağlayarak, üretim talebinin değişen doğasına uyum sağlamayı amaçlar [Simaria vd., 2009: 3939]. U şeklindeki hatlar, iş istasyonları arasında görünürlüğü artırarak iletişimi geliştirir ve operatörlere çeşitli görevler atanmasına olanak tanır, bu da hattın esnekliğini ve verimliliğini artırır.

Shojinka'nın yalın üretim sistemlerindeki temel amacı, üretim hatlarını takt zamanına (devir süresi) uygun olarak dengede tutmaktır. Talep koşullarının değişmesi durumunda, hat dengelemesi tekrar gözden geçirilir ve işçi görevlendirmeleri yeniden yapılandırılarak üretim kaynakları talep değişimlerine uygun hale getirilir [Shewchuk, 2008: 3485].

Sonuç olarak, Shojinka kavramı, işçi esnekliği sağlayarak üretim süreçlerinde verimliliği artırmaya yönelik önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yalın üretim felsefesinin bir parçası olarak, Toyota gibi büyük üreticiler tarafından başarıyla uygulanan bu yöntem, endüstriyel maliyet etkinliğini ve operasyonel esnekliği artırmak için önemli bir strateji sunmaktadır [Vilda vd., 2018: 479; Erin vd., 2012: 2].



Kaynak: Ağpak vd., 2002: 116.

Şekil 2.7: Hat Tasarımı (a) Düz Hat Tasarımı (b) U Tip Hat Tasarımı.

Yukarıda yer alan **Şekil 2.7** üzerinde, klasik şekilde modernize edilmiş ve dengelenmiş olan hatlar “düz hat” şeklinde isimlendirilmektedir. Yukarıda görülen şekilde söz edilen 2 tip hattın yerleşim tasarımı açık bir şekilde gösterilmektedir **[Ağpak vd., 2002: 116]**. Tam vaktinde üretim sistemi içerisinde U tipi şeklinde bir hat dizaynı yapıp üretimde çeşitli avantajlar sağlamak amaç edinilmiştir. Bahsi geçen, bitiş ve başlama konumları birbiri ile aynı hizadadır.

İş gücü dengeleme tekniği Tez ilerleyen bölümlerinde anlatılan Ortens OSS Sipariş çizelgeleme çözümünde bahsedilmektedir. Bu çözümde sipariş rotalarında tanımlı hatların dengelemeleri yapılarak OEE oranlarına göre anlık karar verilebilmektedir.

2.3.7. Karthı Sistem (Kanban)

Yalın imalatın temel taşlarından biri niteliğindeki Kanban, sağlık hizmetleri, havacılık, perakende, insan kaynaklarıyla yazılım geliştirme benzeri çeşitli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kanban, Japonca’da "kart" veya "tabela" anlamına gelir ve sözlü talimatlar, ışıklar, bayraklar veya el işaretleri gibi çeşitli yöntemlerle çekme sistemine dayalı bir malzeme akışı oluşturur.

Kanban, personellerin iş istasyonları arasında bulunan süreçleri denetlemeleri ile iyileştirmelerini gerektiren bir "çekme" malzeme akışı meydana getirir **[Aguilar-Escobar vd., 2015: 102]**.

Kanban Sisteminin Kurulması:

Kanban sistemi, düşük maliyet ile asgari stokla yalın üretim stratejilerinden bir tanesidir. Kanban sisteminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için bazı kilit faktörler dikkate alınmalıdır:

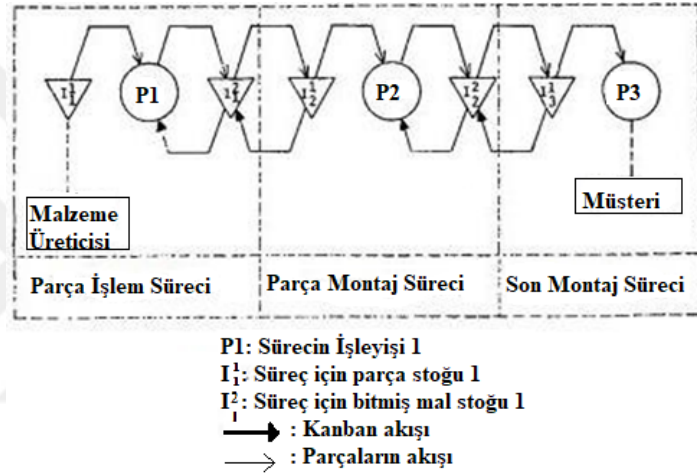
- Stok yönetimi
- Satıcı ve tedarikçi katılımı
- Kalite iyileştirmeleri ve kalite kontrol
- Çalışanların ve yönetimin taahhüdü

Bu etkenler, Kanban sisteminin etkili bir şekilde işlemesi ve üretim süreçlerinin optimize edilmesi için kritik öneme sahiptir **[Rahman vd., 2013: 174-176]**.

Kanban Sisteminin Özellikleri:

Kanban sistemi, asgari stok düzeylerine dikkat çeker ve doğru parçanın, doğru yerde, doğru miktarda ve son olarak da doğru zamanda tedarik edilebilmesini sağlar. Bahsi geçen sistem, üretimde malzeme akışını idare eden ve aynı zamanda da kontrol eden mekanizmaya verilen isimdir [Naufal vd., 2012: 1722]. Kanban'ın bu özellikleri, işletmelerin verimliliklerini artırarak maliyetleri düşürmelerine ve israfı en aza indirmelerine olanak tanır.

Kanban sisteminin bu avantajları, yalın üretim felsefesinin temel prensipleriyle uyumlu olup, işletmelerin rekabet gücünü artırmak için önemli bir araçtır.



Kaynak: Sugimori vd., 2007 : 561.

Şekil 2.8: Parça Akışı ve Kanban.

Parçaların akışı ile Kanban sistemi, yukarıda yer alan **Şekil 2.8**'de gösterildiği üzere işlemektedir. Bu sistemde, iki çeşit Kanban kartı kullanılmaktadır: Taşıma (çekme) Kanbanı ve Üretim Kanbanı.

Kanban Türleri ve İşleyişi:

1. **Taşıma (Çekme) Kanbanı:** Bu Kanban türü, bir süreçten önceki prosese geçerken taşınır. Parçaları bir noktadan başka bir noktaya taşımak için kullanılır.
2. **Üretim Kanbanı:** Bu Kanban türü, sonraki işlem için gerekli parçaların üretimini sipariş edebilmek adına kullanılır.

Kanban'ın Yararları:

Kanban sistemi, stok seviyelerini en aza indirerek ve üretim süreçlerini optimize ederek işletmelere çeşitli faydalar sağlar:

- Devam eden işin sınırlandırılması
- Üretim sürecinin izlenmesi ve kontrol edilmesi
- Görsel zamanlama
- Akışın iyileştirilmesi
- Değişikliklere hızlı cevap verilmesi:
- Yüksek üretimin kolaylaştırılması
- Fazla üretimin önlenmesi
- Kapasite kullanımının iyileştirilmesi
- Üretim zamanının azaltılması

Bu şekilde, Kanban sistemi, yalın üretim felsefesinin temel prensiplerini destekleyerek işletmelerin rekabet gücünü artırmalarına ve daha verimli bir üretim süreci elde etmelerine yardımcı olur.

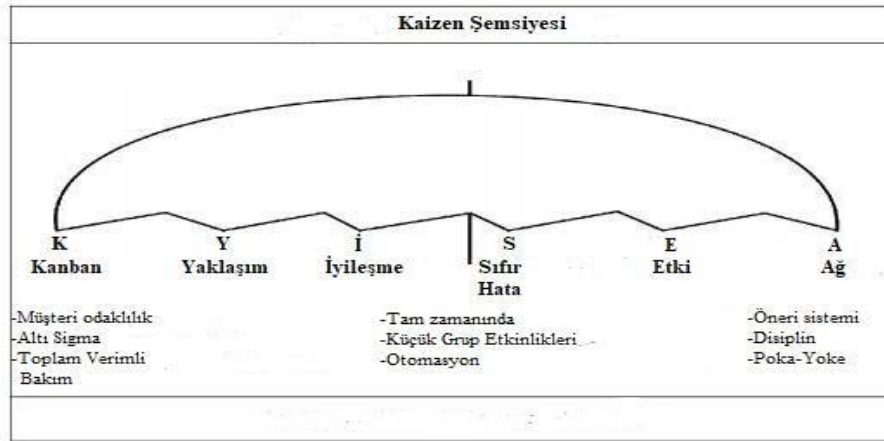
Kanban tekniği Ortem OSS sipariş çizelgelemesinde ve Aveva MES dijital uygulamalarda kullanılmaktadır. Her iki çözümde de Kanban tekniğinin temelini oluşturulan önceden tanımlanmış ürünlere ait asıl ve alternatif makine tanımlamaları, stok ve üretim akışı yönetilebilmektedir.

2.3.8. Sürekli İyileştirme (Kaizen)

Kaizen, sürekli iyileştirme felsefesi olarak bilinen ve küçük iyileştirmelerin sürekli çaba sonucunda gerçekleştirildiği bir Japon yönetim yaklaşımıdır. Bu felsefe, üst yönetimden en alt kademeye dek, organizasyon içerisindeki tüm insanların, iyileştirme sürecine dahil olmasını gerektirir. Bahsi geçen kaizen stratejisi, İkinci Dünya Savaşı'nın ardından Japon sanayisi öncülüğünde başarı ile uygulanmış ve çalışma rekabetçiliğini artırmanın etkili bir yöntemi şeklinde kabul edilmiştir **[Maarof ve Mahmud, 2015: 522-523]**.

Kaizen'in temel prensipleri arasında takım çalışması, sürekli iyileştirme, çalışan katılımı ve küçük adımlarla büyük değişiklikler yapma bulunmaktadır. Kaizen etkinlikleri, belirli sorunları çözmek, iş akışını iyileştirmek veya bir işletmenin belirli bir yönünü geliştirmek için ekipler tarafından kullanılır [Choomlucksana vd., 2015: 103]. Kaizen'in uygulanmasında izlenen genel hamleler aşağıdaki gibidir [Breyfogle, 2007: 3-4]:

1. Takımın Hazırlanması ve Eğitimi
2. Mevcut Yöntemlerin Analiz Edilmesi
3. Beyin Fırtınası Yapılması, Fikirlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi
4. Geliştirmelerin Uygulanması ve Değerlendirilmesi
5. Sonuçların Tespiti ve Takip Edilmesi



Kaynak: J. Singh ve H. Singh, 2009: 52.

Şekil 2.9: Kaizen Şemsiyesi.

Kaizen, sürekli iyileştirme felsefesi olarak, yalın üretim sürecinde önemli bir yer tutar ve birçok farklı teknik ve yaklaşımı kapsayan geniş bir şemsiye oluşturur. **Şekil 2.9**'da gösterildiği gibi, bu şemsiye altında kanban, TPM (Toplam Verimli Bakım), altı sigma, tam zamanında üretim, otomasyon, öneri sistemi ile verimlilik artışı gibi çeşitli yöntemler yer almaktadır [J. Singh ve H. Singh, 2009: 52]. Kaizen şemsiyesi saçakları altında kanban, iyileşme, yaklaşım, sıfır hata, etki ile ağ gibi kavramlar yer almaktadır.

Kaizen, yalın üretim süreci şeklinde şirketlerin üretim oranlarını artırmak için kullandıkları bir yöntemdir. Müşteri memnuniyetine odaklanarak, rekabetçi koşulları

güçlendirmeyi hedefler. İşçiler, zaman, süreçler ile teknolojiyle hızlı ve sürekli bir iyileştirme sağlayarak maliyetleri düşürür. Kaizen felsefesi, süreçlerin iyileştirilmesi yoluyla sonuçların da iyileştirileceğini savunur. Bu felsefenin uygulamasından sağlanan yararlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir **[García vd., 2014: 2189]**:

- Tekrarlı işlerde düşüş
- Azalan stok
- Uzun vadeli gelişimi destekleyen bir kültürün geliştirilmesi
- Azalan taşıma
- En iyi çalışan motivasyonu
- Azalan işçi hareketi
- En iyi verimlilik endeksi
- En iyi müşteri yanıtı
- Hızlı yeni ürün tanıtımı
- Zaman ile adet olarak en iyi teslimatlar
- Ekip çalışması
- Daha iyi çapraz iletişim
- İşyerinde en iyi güvenlik
- Makine ile aletlerde daha az hata
- Bir öğrenen organizasyon yaratma desteği

Kaizen, organizasyonların süreçlerini sürekli olarak iyileştirerek, hem çalışan motivasyonunu hem de genel iş performansını artırmayı hedefler. Bu felsefe, uzun vadeli başarı ve sürdürülebilir gelişim için kritik öneme sahiptir.

Tezin ilerleyen bölümlerinde Sürekli İyileştirme faaliyetlerini takip edilebileceği Fabrik ATMS sistemi anlatılacaktır. Bu çözümde özellikle denetim rutinleri ve öneri sistemi kurgulanması mümkündür.

2.3.9. Tam Zamanında Üretim (Just In Time)

JIT, Japonya'da 1940'larda ortaya çıkmış ve Toyota'nın üretim süreçlerinde Taiichi Ohno'nun liderliğinde geliştirilmiş bir yönetim felsefesidir. Bu yaklaşım, stok seviyelerini en aza indirerek, üretimde yüksek kalite, verimlilik ve esneklik sağlamayı hedefler. JIT'in temel fikirleri şunlardır:

1. **Çekme Sistemi:** JIT'in en temel prensiplerinden biri olan çekme sistemi, bir sonraki işlem veya tüketici talebi doğrultusunda, bir önceki işlem tarafından ihtiyaç duyulan miktar kadar üretim yapılmasını sağlar. Bu sayede fazla stok oluşumu önlenir ve sadece gerçek ihtiyaçlar doğrultusunda üretim yapılır.
2. **Sürekli İşlem Akışı:** JIT, işletmelerin süreçlerini optimize ederek, iş akışını sürekli ve düzenli hale getirir. Bu sayede duraksamalar ve beklemler azalır, süreçler daha hızlı ve verimli işler.
3. **Takt Zamanı:** Takt zamanı, müşteri taleplerine göre belirlenen üretim hızını ifade eder. Üretim hızı, müşteri talep oranına göre ayarlanarak, gereksiz stok birikimleri önlenir ve üretim süreçleri daha dengeli hale getirilebilir.

JIT'in amacı, israfları azaltmak ve bu sayede üretkenliği artırmaktır. İsrafların azaltılması, örneğin fazla stok, gereksiz iş gücü veya işlemler, fazla kapasite kullanımı gibi unsurları içerir. Bu yaklaşım, işletmelerin maliyetleri düşürmesine ve müşteri taleplerine hızla yanıt vermesine olanak tanır.

Sonuç olarak, JIT, Yalın Üretim'in önemli bir bileşeni olarak, işletmelerin süreçlerini optimize etmelerine, israfları azaltmalarına ve operasyonel mükemmelliği sağlamalarına yardımcı olan etkili bir yönetim stratejisidir.

JIT tekniğine tez içerisinde Üretim yürütme sistemi dijital çözümü Aveva MES ve Sipariş çizelgeleme dijital çözümü olan Ortoms OSS çözümlerinde değinilmiştir. JIT'tin temel amacı olan üretim içerisindeki stok ve akışın düzenli gidebilmesi bu iki çözümde ele alınmaktadır.

2.3.10. Tek Dakikalarda Kalıp Değişimi (Single Minute Exchange of Die)

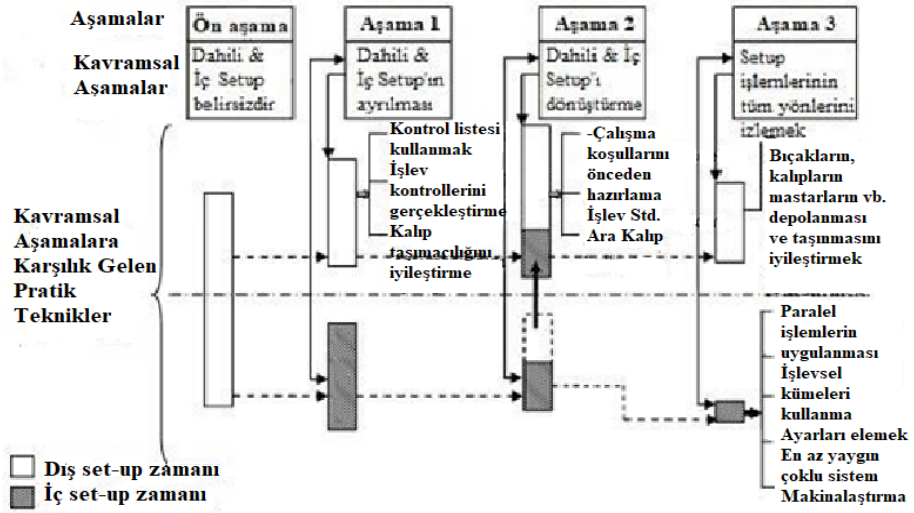
SMED, yalın üretim felsefesi içinde setup sürelerini azaltarak üretim süreçlerini daha esnek hale getirmeyi amaçlayan önemli bir metodolojidir. Bu yaklaşım, Shigeo Shingo tarafından 1985 yılında tanıtılmıştır ve ürün değişimlerinin hızlı ve etkin bir şekilde yapılmasını sağlar [Brito vd., 2017: 1113].

Setup süresi, bir üründen diğerine geçiş sürecinde makine ayarlarının tamamlanması için geçen süreyi ifade eder. Bu süre içinde makine parçaları temizlenir, değiştirilir ve bir sonraki ürüne uygun hale getirilir. SMED metodolojisi, bu süreyi minimize ederek üretim hattının duraksamadan ve minimum israf ile çalışmasını sağlar.

SMED'in uygulanmasıyla elde edilen faydalar arasında ekonomik kazanımlar önemli bir yer tutar. Setup sürelerinin kısaltılması, toplam üretim süresini azaltır ve bu da artan ürün çıktısıyla ekonomik olarak avantaj sağlar [Karam vd., 2018: 887]. Ayrıca, daha iyi ergonomik şartlar, iş yükünün azalması, takım çalışması ile işlemlerde standartlaşma gibi çeşitli operasyonel edinimler de elde edilir.

SMED ayrıca, tedarik sürelerinin azaltılmasına yardımcı olur ve piyasa talebine hızlı bir şekilde yanıt verme yeteneği sağlar. Bu metodoloji, düşük maliyetli imalat tesislerinde ekonomik üretimi mümkün kılar ve makine hatalarının oluşma riskini azaltır [Martins vd., 2018: 647].

Sonuç olarak, SMED yalın üretim felsefesinin merkezinde yer alan ve üretim sistemlerini daha esnek hale getirmeyi amaçlayan önemli bir araçtır. Bu metodoloji, setup sürelerini standartlaştırarak ve maksimum 10 dakikaya indirerek üretim hattının verimliliğini artırır ve pazarın değişen ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde uyum sağlar [Sousa vd., 2018b: 612].



Kaynak: Cakmakci, 2009: 170.

Şekil 2.10: SMED Kavramsal Aşamaları ve İsraf Teknikleri.

SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi), setup sürelerini azaltmak ve üretim esnekliğini artırmak için kullanılan bir metodolojidir. Bu metodolojiyi uygularken 5 adım süreci izlenir [Godina vd., 2018: 784-785]:

1. Gözlem ve Kayıt:
2. İç ve Dış Görevler Arasında Ayırım:
3. Maksimum İç Görev Sayısını Dış Görevlere Dönüştürme
4. Mümkün Olan Tüm Görevleri Kolaylaştırmak
5. İç ve Dış Prosedürleri Belgelemek

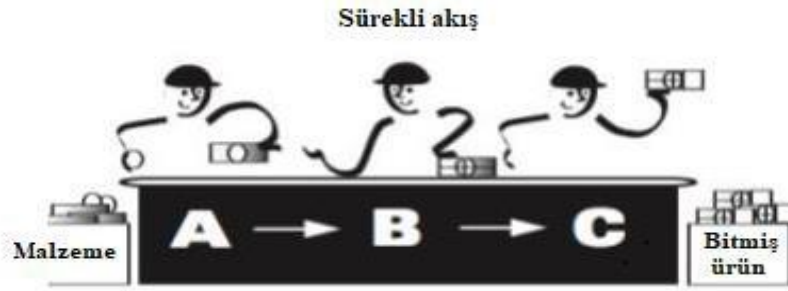
SMED'in temel amacı, setup sürelerini kısaltarak üretim hattının esnekliğini artırmak ve bu sayede yalın üretim prensiplerini daha etkin bir şekilde uygulamaktır. Bu yöntem, özellikle ürün çeşitliliği ve küçük parti üretimi gerektiren modern üretim ortamlarında büyük önem taşır.

SMED tekniği süre analizlerinin yapılabildiği Aveva MES dijital çözümünde ele alınmıştır. İlgili makinelerin belirlenen zaman aralıklarında süre kayıplarını detaylı olarak analiz yapılmaktadır.

2.3.11. Tek Parça Akışı (Single Piece Flow) ve Hücresel Üretim

Bugün, ürün ömrünün kısalması ve müşteri taleplerinin kişiselleşmesi gibi faktörler, klasik üretim hatlarında bazı ürünlerin üretimini güçleştirmektedir. Bu durumda, tek parça akış üretimi gibi yöntemler önem kazanmaktadır. Tek parça akış üretimi, her bir ürünün sırayla ve ayrı ayrı işlendiği bir üretim şeklidir. Bu prensip, ürünlerin toplu olarak değil, birbirini takip eden işlem adımlarında tek tek işlendiği bir sistemdir.

Tek parça akış üretimi, kısa işlem süreleri sağlayarak değişiklik gösteren pazar ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde cevap verme avantajı sunar [Nyhuis ve Vogel, 2006: 286]. Bu yöntemde, her bir ürün işlem hattında tek bir işlem adımını tamamlar ve ardından bir sonraki işlem hattına geçer. Bu sayede ürünler arasında birikim olmaz ve her ürün aynı sürede işlenir.

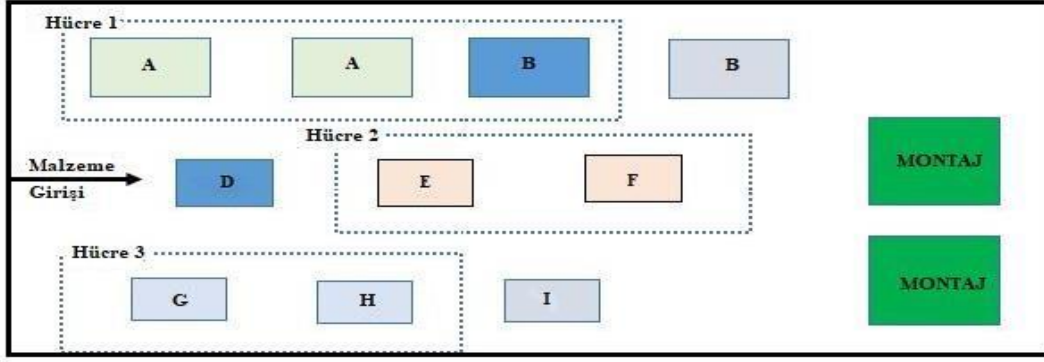


Kaynak: Şeker, 2016: 463.

Şekil 2.11: Tek Parça Akışı.

Tek parça akışı (single piece flow), ürünlerin veya işlemlerin birbirini takip eden adımlarda birer birer işlenmesini ve transfer edilmesini sağlayan bir üretim yöntemidir. Bu yöntem, geleneksel üretim hatlarında görülen toplu üretim yerine, sürekli akışı esas alır. Şekil 2.11'de gösterildiği gibi, tek parça akışında her bir ünite veya işlem, tamamlanma süreci boyunca sürekli bir şekilde ilerler ve müşteri talepleriyle senkronize olarak üretilir.

Hücresel imalat ise, benzer ürünlerin gruplandırıldığı ayrı çok makineli hücrelerde üretimi ifade eder. Makineler, ürün ailesine göre düzenlenir ve bu düzenleme, malzeme akışını iyileştirir, stokların azaltılmasına yardımcı olur ve üretim süreçlerinde esneklik sağlar [Rusli vd., 2012: 2656]. Hücresel üretim, benzer parçaların üretimini kolaylaştırır ve üretim süreçlerinde verimliliği artırır.



Kaynak: İnce, 2018: 83.

Şekil 2.12: Hücreli İmalat.

Hücreli imalat, benzer parça veya ürün gruplarının bir araya getirilerek imalat süreçlerinin optimize edildiği bir sistemdir, Şekil 2.12'de gösterildiği gibi. Bu yaklaşım, geleneksel üretim sistemlerinden farklı olarak, benzer parça kümelerinin aynı hücrede veya ekipte birleştirilmesini ve bu hücrelerin veya ekiplerin belirli bir ürün ailesine veya işlem grubuna odaklanmasını sağlar.

Hücreli imalatın temel tanımı, belirli parça ailesinin veya ürün grubunun imalatına yönelik bir sistem olarak yapılandırılmış üretim hücreleridir [Silva ve Alves, 2004: 163]. Bu yaklaşımın sunduğu avantajlar arasında üstün ürün kalitesi, kısa üretim süreleri ve işgücü verimliliğinde artış gibi pek çok avantaj bulunmaktadır. Bu avantajlar, şirketler açısından kritik rekabet avantajları sağlamaktadır.

Akış yönetimi tezin ilerleyen bölümlerinde Ortoms OSS dijital çözümünde ele alınmaktadır. Üretim uçtan uca süresini en etkin kullanabilmek için çeşitli rota alternatifleri sunabilmekte ve akışı optimize etmeyi hedeflemektedir.

2.3.12. Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management)

Toplam Kalite Yönetimi (TKY), işletmeler için sürdürülebilir başarı sağlamak için kritik öneme sahip bir yönetim yaklaşımıdır. Müşteri memnuniyeti, sürekli iyileştirme ve işletme performansının artırılması üzerine odaklanan bu felsefe, özellikle 1980'lerin başında Japonya'da gelişmiş ve 1990'ların başlarında dünya çapında popülerlik kazanmıştır.

TKY'nin temel ilkeleri şunlardır:

1. Müşteri Odaklılık
2. Toplam Çalışan Katılımı
3. Sürekli Süreç İyileştirme
4. Gerçeklere Dayalı Karar Verme
5. İşbirliği ve İletişim
6. Sistem Yaklaşımı
7. Sıfır İsraf Yaklaşımı
8. Stratejik ve Sistemsel Yaklaşım

TKY'nin uygulanması, işletmelerin rekabet güçlerini artırmasına ve pazar paylarını büyütmesine yardımcı olur. Müşteri odaklılık ve sürekli iyileştirme prensipleri, günümüzde işletmeler için kaliteyi sürdürülebilir bir rekabet avantajı haline getirmektedir. Bu yönetim yaklaşımı, işletmelerin hem imalat hem de hizmet sektörlerinde başarıya ulaşmalarını destekler ve kuruluşların performanslarını sürekli olarak iyileştirmelerine olanak tanır.

Tablo 2.3: TKY ile Yalın Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar.

Konu	TKY	Yalın
Menşei	Japonya	Japonya
Yaklaşım	Kalite; Müşteriye odaklanma	Müşteri değerini anlama israfların giderilmesi
Proses Görünümü	İyileştirme ve homojen süreçler	Proseslerdeki akışın iyileştirilmesi
Zaman Aşaması	Sürekli iyileştirme	Sürekli iyileştirme
Temel Kavram	Veri tabanlı, çalışan odaklı, müşterilere ve tedarikçilere yönelme	Müşteriler için yaratılan değeri, düzenli bir akışı üzerinden değer almalarını sağlayarak sürekli iyileştirmek
Katılım	Normalde herkes ve tedarikçiler; Herkesin kendisini adamasına izinverin	Herkes katılabilir
Metodolojisi	Planla, uygula, kontrol et, önlem al	Teslim süresini kısaltın
İkincil etkiler	Müşteri sadakati sağlar ve performans geliştirir	Stoğu azaltır, üretkenliği ve müşteri memnuniyetini artırır
Değişimle tanışılması	Yavaş, artan	Artan olduğu kadar dramatik de olabilir
Uygulama süresi	Uzun süreli, 5-10 yıl	Uzun soluklu ve yeni şeyler öğrenilebilir
Eleştiri	Somut bir gelişme yok, kaynak talebi	Tedarik zincirinde tıkanıklığa neden olduğu net değildir

Kaynak: Anvari vd., 2011: 1591.

Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ve Yalın Üretim, işletmeler için kaliteyi artırma ve operasyonel verimliliği maksimize etme konularında önemli yönetim stratejileridir. Her iki yaklaşım da işletmelerin hem müşteri memnuniyetini hem de rekabet üstünlüğü sağlamalarına yardım eder.

Bu iki yönetim stratejisi birleştirildiğinde, işletmeler daha güçlü bir operasyonel temele sahip olurlar. TKY'nin müşteri odaklılığı ve sürekli iyileştirme prensipleri, yalın üretimin israf azaltma ve operasyonel verimlilik sağlama hedefleriyle desteklenir. Yalın Üretim, TKY ilkelerinin uygulanması için gereken istikrarlı ve öngörülebilir bir üretim ortamı sağlar. Bu şekilde, süreçlerin iyileştirilmesi ve operasyonel mükemmellik elde edilmesi, finansal performansı artırarak işletmelerin rekabetçi konumlarını güçlendirir.

Sonuç olarak, TKY ve Yalın Üretim birlikte kullanıldığında, işletmeler kaliteyi artırabilir, maliyetleri azaltabilir ve müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkarabilirler. Bu stratejiler, günümüz rekabetçi iş ortamında başarılı olmak için güçlü bir temel sağlar.

Kalite Yönetim sistemlerinin dijital çözümlerine günümüzde sıklıkla karşılaşmaktayız. Tez içerisinde de Bimser QDMS dijital çözümü ile tekniğin etkin kullanılmasına fayda sağlamaktadır. Çözüm sayesinde toplam kalite yönetim sistemi ile ilgili tüm dokümanlar sistematik olarak ele alınarak fayda sağlamaktadır.

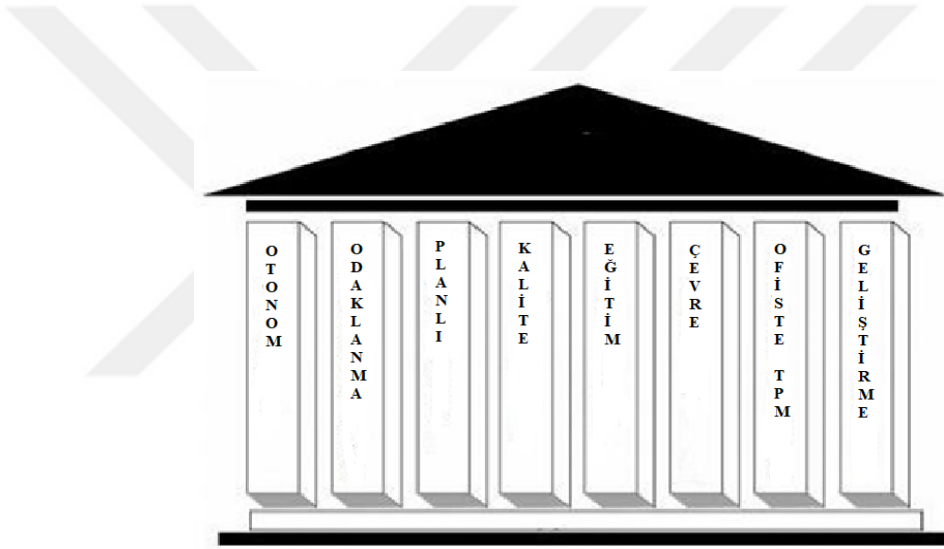
2.3.12. Toplam Verimli Bakım (Total Productivity Maintenance)

Toplam Verimli Bakım (TPM) Modeli, ekipman verimliliğini en uygun seviyeye getiren, hataları yok eden ve işgücünün tamamını içine alan günlük aktiviteler ile operatörlerin arasında özerk bakımı sağlayan yenilikçi bir şirket bakım teorisidir [Pinto vd., 2016: 1077]. TPM, personellerin bir anormalliği saptamak adına düzenli olarak ekipman bakımı yapmalarını teşviklendirir. Operatörlerin makinelere en yakın çalışanlar olduklarından dolayı, arızaların önüne geçmek ve uyarmak adına bakım ile izleme etkinliklerine dahil edilirler [Abdulmalek ve Rajgopal, 2007: 224].

Bir TPM programının gayesi, personellerin morali ile iş tatminini artırmanın yanı sıra verimliliği ve kaliteyi yükseltmektir. Geçmişte, TPM katma değer yaratmayan işlem olarak görülürdü; fakat bugün, makinelerin çok daha uzun ömürlü olmasını

sağlayabilmek adına çok kritik bir strateji şeklinde görülmektedir [Singh vd., 2013: 592]. TPM, ekipman verimliliğini en uygun seviyeye getiren, arızaları yok eden ve işgücünün tamamını içine alan günlük aktiviteler ile özerk operatör bakımına destek veren yenilikçi bir kuramdır.

TPM, işletmelerde ekipman ve makinelerin en yüksek verimlilikle çalışmasını sağlamak için tüm çalışanların katılımını gerektirir. Bu model, operatörlerin düzenli bakım yaparak ekipman arızalarını önlemesini ve erken uyarı sistemi kurarak potansiyel sorunları tespit etmesini sağlar. Bu sayede, üretim süreçlerinde kesintiler minimize edilir ve işletmenin genel performansı artırılır. TPM'nin etkin bir şekilde uygulanması, hem çalışanların iş tatminini hem de işletmenin verimliliğini önemli ölçüde artırabilir.



Kaynak: Ahuja ve Khamba, 2008: 721

Şekil 2.13: TPM Uygulama Planı.

TPM, benzersiz 8 sütundan oluşan metodolojisiyle uygulamaları mükemmel planlama, izleme, organize etme ve son olarak da kontrol etmenin bir yolunu açmaktadır. TPM girişimleri, Japonya Fabrika Bakım Enstitüsü'nce tavsiye edildiği ve desteklendiği üzere; bakım maliyetlerinde düşüş, kontrollü bakım, üretim durma ile duruş sürelerinde azalmayla işgücü verimliliğinde kritik düzeyde bir artışa yol açan 8 sütunlu bir uygulama planı barındırmaktadır. TPM uygulama planı yukarıda yer alan **Şekil 2.7**'de açık bir şekilde gösterilmektedir [Ahuja ve Khamba, 2008: 720-721]. Bu şekildeki gibi TPM'nin amaçlarına erişebilmek adına kullanılmakta olan sekiz sütunun

arasında odaklanmış bakım, otonom bakım, planlı bakım, eğitim ile öğretim, kaliteli bakım, güvenlik, sağlık ile çevre, ofiste TPM ile geliştirme yönetimi yer almaktadır.

Ek olarak, bazı araştırmacılarca TPM şöyle açıklanır: “Ürün niteliği, verimlilik, operasyonel etkinlik ile organizasyon işlevlerinin arasındaki, bilhassa verimlilik ile bakım arasında bulunan güvenlik hususunda sürekli iyileştirme adına işbirliği esaslı bir kuram olup, firmalarda toplam personel katılımı, bir başka deyişle genel verimlilik ile aktif çalışan katılımında devamlı iyileştirme” manasına karşılık gelir. TPM'nin genel manada üç unsuru olduğu öngörülmüştür **[Shen, 2015: 427]**:

1. Ekipmanın sürekli olarak iyileştirilmesine vurgu yapılması,
2. Ekipman bakımına dair sorumluluğunun ortak paylaşımı,
3. Ekipmanda bulunan özerk çalışma ekiplerine dikkat çekilmesidir.

Pek çok işletme, iş stratejisini geliştirebilmek adına TPM ya da yalın üretimi takip etmektedir. Bunun ile beraber, bahsi geçen girişimlerin büyük bir kısmının farklı farklı uygulanmış olduğu gözlemlenmiştir. Farklı bir uygulama, büyük ölçekli kaynakların dışında şirket bünyesinde devam eden projelerin yürütülmesi noktasında açığa çıkabilecek problemleri gerektirecektir. TPM'nin yalın üretim ile bütünleşmesi, iyileştirilmiş performansa ilişkin tutarlı ve kapsamlı bir üretim uygulamaları seti oluşturacaktır. Tamamlayıcı olarak bir TPM'ye sahip olmadan, yalın üretim girişiminin gerçekleşmesini beklemek mümkün değildir **[Bakri vd., 2012: 488]**. Şirketin yönetimi, bahsi geçen girişimler bir tek üretim uygulamasına entegre edildiği zaman çok daha etkili hale gelecektir. TPM, yalın üretim uygulamasına rehber olma noktasında kilit kuramlardan biri olarak görülmektedir.

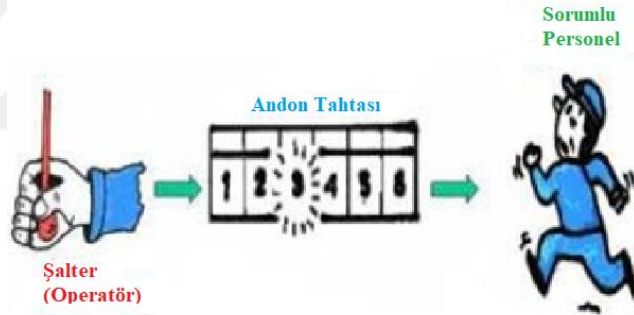
Toplam Verimli Bakım tekniği hem Aveva MES hem de Aveva BDAS dijital çözümlerinde arıza sebep-süre analizlerinde yer almaktadır. Üretim içereside meydana gelen arızalar, makinelerin PLC üzerinden alınan datalara göre kök nedenlerini sunmakta, kullanıcıların hızla karar almalarına olanak sağlamaktadır.

2.3.13. Uyarıcı Sistem (Andon)

Andon cihazı, geleneksel olarak imalat endüstrisinde kullanılan bir görsel yönetim aracıdır. Bu araç, bir iş alanındaki işlemlerin durumunu gösterir ve olası problemleri

belirtir. Ayrıca, Andon'un kullanımı süreç akışını sürekli olarak iyileştirdiği ve yeniden işlemlerden kaçındığı görülmektedir. Operasyon ekibine ve üretim yöneticilerine öğrenme fırsatı sağlar [Kemmer vd., 2006: 575]. Andon, tesis içinde anında ve görünür bir şekilde bir anormalliğin olduğunu belirten ve sesli uyarı sağlayan bir bilgi aracıdır [Modi ve Thakkar, 2014: 341-342]. Bu sayede, ortaya çıkan sorunlar anında ele alınabilir ve gerçek zamanlı iletişim sağlanabilir.

Andon panoları gibi durum göstergeleri, diğer yalın görsel araçlar arasında yer alır. Bu panolar, üretimin mevcut durumunu ve ortaya çıkan sorunları gösteren aydınlatılmış tavan üstü göstergelerdir. Örneğin, İngiltere'deki Toyota fabrikasının üretim hattında bulunan Andon kablosu, operatörce çekildiği zaman ekranı aydınlatır, ilgili istasyona has sinyal çalar [Parry ve Turner, 2006: 80]. Bahsi geçen sistem sayesinde, kusurların bir sonraki iş istasyonuna taşınması nadir olur çünkü operatörler, ürettikleri her üründen maksimum düzeyde sorumludur ve bunun yanında da kalite hususunda yetkilidirler [Gao ve Low, 2014: 62].



Kaynak: Subramaniam vd., 2009: 28.

Şekil 2.14: Andon Sisteminin Etkileşimi.

Andon sistemi, Şekil 2.14'te gösterildiği gibi işleyen bir iletişim aracıdır. Jidoka ilkesinin bir parçası olarak kabul edilen Andon, geçmişte Japonya'da özerklik amacıyla kullanılmakta olan bir terimdir. Bu terim imalatı bir sorun meydana geldiği zaman, zaman kaybetmeksizin çalışmayı durdurma ilkesini ifade eder. Tarihsel olarak, andon bir el feneri olarak başlamış ve uzaktan sinyal verme amacı da taşımıştır, hatta ticari bir işaret olarak da kullanılmıştır [Subramaniam vd., 2009: 28].

Andon sisteminin işletmeye sağladığı faydalar şunlardır [Smartandon, T. Y.]:

- Yalın üretim stratejisini güçlendirme
- Acil problem bildiriminde bulunma
- Sorunlara hızlı cevap verme esnekliği
- Zaman avantajı sağlama
- Tüm bilgilerin kayıt altına alınması
- Görseller ve grafiklerle bilgi analizi yapabilme
- Tarihsel veri tabanı oluşturma
- Hızlı ve kolay kurulum
- Kablo bağlantısı gerektirmeme
- Kolay kullanım ve bakım
- Tasarımı belli müşteri gereksinimleri ışığında uyarlayabilme

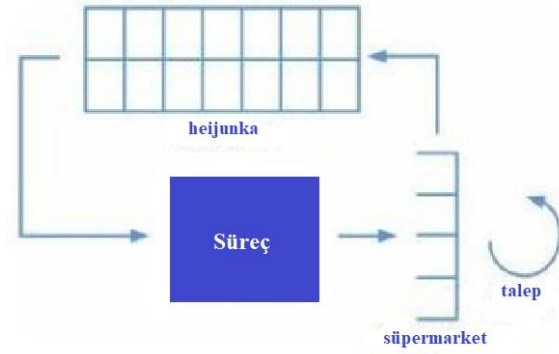
Fabriq ATMS dijital çözümü Andon sistemleri destekleyen bir yapısı bulunmaktadır. Bu çözümde üretim parametrelerini belirlenen hedeflere göre görsel sinyal vermektedir. Ayrıca Aveva BDAS dijital çözümü de Makine üzerindeki ölçüm cihazlarından gelen datalara belirli kurallar eklenerek, kullanıcılara e-posta ile bildirimleri gönderilmektedir. Her iki dijital çözümde de kullanıcılar

2.3.14. Üretim Seviyelendirme (Heijunka)

Heijunka, yalın üretim teorisinde önemli bir stratejidir ve üretim süreçlerini düzenleme ve optimize etme amacı taşır. İşte Heijunka stratejisinin temel varsayımları ve uygulama prensipleri:

1. Değişkenlik Kontrolü:
2. Seviyelendirme (Leveling):
3. Kanban Sistemi ile Entegrasyon:
4. Parti İşlemeden Kaçınma:
5. Esneklik ve Müşteri Odaklılık:

Heijunka'nın uygulanması, üretim süreçlerindeki verimliliği artırırken, şirketlerin maliyetleri azaltmasına ve bunun yanında rekabet avantajı sağlamasına yardım edebilir. Bu strateji, özellikle değişken taleplerin olduğu ortamlarda stabilite ve süreklilik sağlamak için önemlidir.



Kaynak: Korytkowski vd., 2014: 21-22.

Şekil 2.15: Heijunka Kontrollü Üretim Sistemi.

Heijunka, üretim süreçlerini stabilize etmek için kullanılan önemli bir yalın üretim aracıdır. Üretim sistemini döngüsel programlama ile düzenleyerek, değişkenlikten kaynaklanan dalgalanmaları azaltmayı ve üretim sürecine istikrar getirmeyi amaçlar. Bu strateji, üretim programını belirli bir düzen içinde sabit bir oranda tutarak, sadece müşteri taleplerini karşılamayı hedefler. Böylece, aşırı üretimden kaynaklanan israflar minimize edilir.

Heijunka'nın temel amacı, üretim hacmini dengelemek ve üretim döngüsü ünün her biri adına aynı ürün sırası kullanılarak ürünlerin karışımını stabilize etmektir. Bu yaklaşım, işletmelerin envanter israfını, insan ve makine yükünü azaltarak operasyonel verimliliği artırmasına olanak tanır.

Heijunka, Toyota Üretim Sistemi ve yalın üretimin kilit bir unsuru olarak kabul edilir. Üretim seviyelendirmesi ve hat dengeleme prensiplerini içerir ve üretim sürecindeki istikrarsızlıkları azaltarak kaliteyi artırır. Ayrıca, Endüstri 4.0 araçlarıyla entegrasyonu, veri analizi ve gelişmiş planlama yazılımları aracılığıyla müşteri taleplerinin daha iyi anlaşılmasını ve üretim programının daha etkin yönetilmesini sağlar.

Heijunka tez içerisinde Ortems OSS sipariş çizelgeleme çözümünde değinilmiştir. Ortem OSS dijital çözümünde sunulan rota senaryolarına tespit edilen dar boğazlara göre öncesinde stok biriktirme kararları kolaylıkla verilebilmektedir.

2.3.15. Yalın Altı Sigma (Lean Six Sigma)

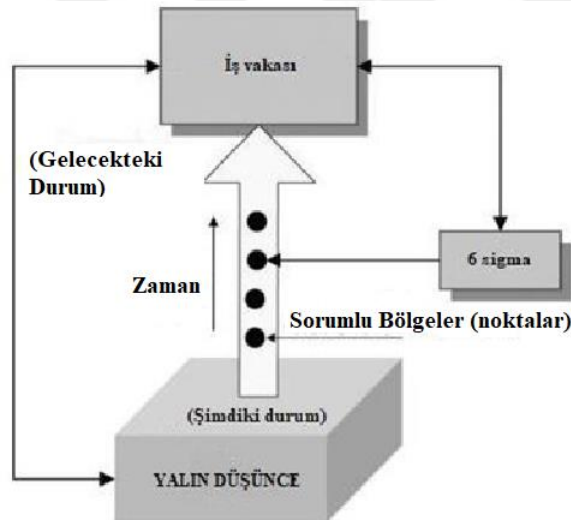
Altı Sigma, genel manada işlem çıktılarında bulunan değişkenliği azaltarak kurumların performansını optimize etmeyi amaçlayan ve ürün, süreç ve hizmetlerde hata sayısını minimize etmeye odaklanan bir yöntemdir [Deeb vd., 2018: 921]. Bu metodoloji, performansın geliştirilmesi ve liderliğin iyileştirilmesi adına esnek bir sistemi sunar. Bunun dışında, müşteri gereksinimlerini anlayıp ticari başarıyı sağlamak, maksimum seviyeye getirmek ve de sürdürebilmek adına stratejik bir girişim olarak kullanılabilir [Marzagão ve Carvalho, 2016: 1506]. Altı Sigma, operasyonel mükemmellik bakımından performansın ölçülmesi, çözümlenmesi ve de iyileştirilmesi adına kanıtlanmış iş stratejisine verilen isimdir [Arcidiacono vd., 2012: 1]. Bahsi geçen metodoloji, nicel ve nitel araçlarla işlem ile üretim süreçlerindeki değişkenlikleri azaltmayı hedefler.

Altı Sigma yaklaşımı, belli sorunları çözüme kavuşturan beş adımlı DMAIC (Tanımla-Ölç-Analiz et-Geliştir-Kontrol et) metodolojisiyle uygulanır [Thomas vd., 2008: 14]:

1. Tanımlama (Define)
2. Ölçüm (Measure)
3. Analiz (Analyse)
4. İyileştirme (Improve)
5. Kontrol (Control)

Altı Sigma, varyasyonu düşürmeye odaklanmış olan veri odaklı metodolojidir [Erdil vd., 2018: 521]. Bahsi geçen metot, farklı endüstri alanlarında süreçleri iyileştirmek adına yaygın şekilde başvurulan metottur ve bunun yanında hedef başarısızlık oranı da milyonda 3,4 ya da milyarda 2 parça gibi düşük seviyelerde belirlenmiştir [Aldowaisan vd., 2015: 968]. Altı Sigma, yapılandırılmış metot ile stratejik amaçlara erişebilmek adına performans kriterleri ile örgütsel süreçlerdeki çeşitliliği en aza indirmeyi amaç edinen organize yapıdır [Swain vd., 2018: 121].

Yalın Altı Sigma, maliyet, müşteri memnuniyeti, işlem hızı, kalite ile yatırım sermayesinde çok daha hızlı iyileşme oranları ulaşabilmek adına 2000'li senelerin başında hissedar değerini maksimum düzeye çıkarmak adına bir karma metot şeklinde açığa çıkmıştır [**Costa vd., 2018: 123**]. Yalın Altı Sigma, genel manada Altı Sigma'nın süreçleri kontrol etme yeteneğini ve Yalın üretimin işlem hızını yükseltme ve yatırım yapılmış olan sermayeyi düşürme yeteneğini birleştirir.



Şekil 2.16: Yalın Altı Sigma İçin Kavramsal Model.

46

operasyon durumunu bildirip sistemin genel dinamiklerine yön veren, stratejik iyileştirme ile yön temeli sağlayan çerçeveye vurgu yapar **[Pepper ve Spedding, 2010: 150]**. Bahsi geçen yalın düşünce, iyileştirme adına kilit alanları açıklar. Bahsi geçen kilit alanların saptanmasının ardından, Altı Sigma, bahsi geçen kilit noktaları amaçlamak ve sonuçta sistemi arzu edilen gelecek duruma doğru yönlendirebilmek adına odaklanmış, proje temelli bir geliştirme metodolojisi sunar.

Altı Sigma ile Yalın Düşüncenin Yalın Altı Sigma girişimi şeklinde birleştirilmesi, kuruluşların problemin doğasına bağlı şekilde iyileştirme türlerinin ikisinden de yararlanmalarını sağlar **[Hoerl ve Gardner, 2010: 32]**. Yalın Altı Sigma, verimli bir yalın üretim sisteminin etkili Altı Sigma iyileştirme metodolojisiyle bütünleşmesinden doğar **[Drohomeretski vd., 2014: 809]**. Bahsi geçen Yalın Altı Sigma, iş stratejisi olmasının dışında, daha üst düzey bir müşteri memnuniyetini sağlayan süreç performansını yükselten bir tekniktir.

Yalın Altı Sigma tekniğini birçok dijital çözümlerde ile günümüzde karşımıza çıkmaktadır. Tezin ilerleyen bölümlerinde detayına ineceğimiz Aveva Insight BDAS çözümü Yalın Altı Sigma çalışmalarına gerekli olarak istatistiksel data sunup ön bilgi paylaşabilen sistemdir. Dijital sistemde kullanıcılar ilgili makinelerden birçok parametreyi eş zamanı alabilmektedir.

2.4. Endüstri 4.0 Kavramı

Endüstri 4.0, sanayide dijitalleşmeyi ve akıllı teknolojilerin kullanımını ifade eder. Bu kavram, makinelerin internet (IoT), otomasyon, yapay zekâ ve anlık veri ile birbiriyle iletişim kurduğu yeni nesil üretim anlayışını temsil eder.

Üretim ve tedarik zincirinde dijital sistemlerin entegre çalışması sayesinde, firmalar daha hızlı, verimli ve müşteri odaklı üretim yapabilir. Günümüzde seri üretimden kişiye özel üretime geçilirken, Endüstri 4.0 bu geçişi destekleyen temel bir yapı sunar.

Endüstri 4.0 ile birlikte, üretim süreçleri daha esnek, verimli ve akıllı hale gelir. Bu sistem, bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretime uyarlanmasıyla süreçleri kolaylaştırır ve verimliliği artırır.

Bu kavram ilk kez Almanya’da bir sanayi projesi olarak ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0’ı mümkün kılan teknolojiler arasında büyük veri, güçlü analiz yetenekleri, artırılmış gerçeklik, ileri robotik sistemler ve 3D yazıcılar yer alır.



Kaynak: Chiarello vd., 2018: 247.

Şekil 2.17: Endüstri 4.0 İçin Porter Stili Bir Değer Yapısı.

Yukarıda yer alan Şekil 2.17, kurucu teknolojilerin geniş kapsamlı uygulama alanlarını sunan, Endüstri 4.0'ın Değer Zinciri'ne benzer bir gösterimini sunar [Chiarello vd., 2018: 245]. Bahsi geçen unsurlar, dijital sistemlerin şirketin işlevlerine ne şekilde adapte edilmesi gerektiği çerçevesini gözler önüne sermektedir.

Endüstri 4.0, üretim sistemlerinde siber-fiziksel sistemler (CPS) ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin, özellikle de Nesnelerin İnterneti'nin (IoT) entegrasyonunu ifade eden yeni bir sanayi evresidir [Dalenogare vd., 2018: 383]. Bu kavram, Almanya'nın üretim sektörünü uzun vadede rekabetçi tutmak amacıyla başlattığı bir girişimle ortaya çıkmıştır. CPS'leri üretime dahil ederek, kendi kendini yöneten, akıllı ve bağlantılı sistemler oluşturmayı amaçlar. CPS; veri aktarabilen, işlemleri başlatabilen ve birbirini izleyip kontrol edebilen makineler, üretim hatları ve depolama sistemlerinden oluşur [Müller vd., 2018a: 2].

Sanayide "Endüstriyel IoT" olarak da bilinen bu bağlantılar, üretim, mühendislik, malzeme akışı ve tedarik zinciri yönetiminde önemli ilerlemeler sağlar. Yeni çalışmalar, CPS teknolojileri ile bunların iş süreçlerine etkisine odaklanmaktadır.

Endüstri 4.0'ın temel unsurlarından CPS, fiziksel süreçleri izlemek ve kontrol etmek için bilgi teknolojilerini kullanır. Bu sistemler, akıllı fabrikaların temelini oluşturarak üretimi daha esnek, verimli ve özelleştirilebilir hale getirir. CPS, süreçlerin sürekli iyileştirilmesini sağlar. Dolayısıyla, Endüstri 4.0 yalnızca teknoloji değil, bu teknolojilerin iş süreçlerine entegrasyonudur.

Endüstri 4.0, üretimde köklü bir dönüşüm sunar ve dijitalleşmeyle yeni fırsatlar yaratır. İşletmeler için bu süreç, rekabet avantajı ve sürdürülebilir büyüme açısından önemlidir. Böylece firmalar, daha akıllı ve esnek üretim sistemlerine sahip olabilir.

Endüstri 4.0 üç temel unsur üzerine kuruludur **[Zezulka vd., 2016: 8]**:

1. Teknik-mali yapıların dijitalleştirilerek entegrasyonu,
2. Ürün ve hizmetlerin dijitalleşmesi,
3. Yeni pazar modelleri.

Bu dönüşüm, üretimi dijital teknolojilerle yeniden şekillendirir **[Zhong vd., 2017: 616]**. Amaç, karmaşıklığı azaltmak, verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek ve tüm süreçleri birbirine bağlamaktır. Gerçek zamanlı veri kullanımı bu sürecin merkezindedir. Avrupa'da modern üretime geçiş ihtiyacı vurgulanmaktadır **[Santos vd., 2017a: 973]**. Endüstri 4.0, özelleştirilmiş ürünler sunarak maliyetleri azaltmayı, esnekliği artırmayı ve rekabeti güçlendirmeyi hedefler **[Meissner vd., 2017: 165]**.

Endüstri 4.0 Çalışma Grubu, dönüşüm için sekiz temel alana dikkat çekmektedir **[Kagermann vd., 2013: 6-7]**:

1. Standartlar ve kavramsal yapı,
2. Karmaşık model çözümlemesi,
3. Sanayiye özgü sistemler,
4. Güvenlik,
5. Organizasyon yönetimi,
6. Mevzuat,

7. İş geliştirme programları,
8. Kaynakların verimli kullanımı.

Küresel şirketler için dijitalleşme önemli bir fırsattır. Yerel ve küresel operasyonlar arasındaki uyumsuzluk, verim kaybına neden olabilir. Ar-Ge, tedarik zinciri ve planlama gibi işlevler, dijitalleşmeyle daha etkin yürütülür. Bu nedenle dijital dönüşüm, firmaların daha verimli çalışmasına katkı sağlar.

Endüstri 4.0, klasik merkezi sistemlere kıyasla daha gelişmiş kontrol araçları sunar. Özellikle gelişmiş ülkelerde bu yaklaşım, üretimin dönüşümünde belirleyicidir **[Luthra ve Mangla, 2018: 169]**. Ancak gelişmekte olan ülkelerde hâlâ yeni bir kavram olup, daha fazla bilgi ve uygulama gerektirmektedir.

Endüstri 4.0'ın hedefleri şöyledir:

1. Farklı talep düzeylerine uygun üretim,
2. Akıllı makinelerle ürünlerin tanınması ve izlenmesi,
3. İnsan-makine iletişiminin gelişmesi,
4. IoT temelli üretim optimizasyonu,
5. Değer zinciriyle etkileşimi dönüştüren iş modeli değişimleri **[Santos vd., 2017b: 1359]**.

Endüstri 4.0, üretim ve tedarik zincirleri boyunca entegre ve akıllı sistemler kurarak gerçek zamanlı analiz ve iyileştirme sağlar. Aynı zamanda enerji verimliliği ve kaynak yönetimi gibi sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunar.

Sonuç olarak, Endüstri 4.0 üretim süreçlerini dijitalleştirerek, müşteri taleplerine hızlı ve esnek cevap veren bir yapı oluşturur. Bu sayede firmalar, rekabet avantajlarını artırarak değişen pazar koşullarına daha iyi uyum sağlar.

2.4.1. Endüstri 4.0'ın Tarihsel Gelişimi

Günümüz tarihine kadar olan süreç içerisinde 3 tane sanayi inkılabı yaşanmıştır **[Yıldız, 2018: 547]**. Bu devrimler genel manada aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Mekanik Üretim Dönemi,

2. Bilim Çağı ile Seri Üretim,
3. Dijital Devrim'dir.

Günümüzde yaşanan dördüncü sanayi devrimi, "Endüstri 4.0" olarak adlandırılır. Bu devrim, dijital teknolojiler ve siber-fiziksel sistemlerle entegre çalışan akıllı üretim sistemlerinin ortaya çıkmasıyla başlamıştır **[Kesayak, T. Y.]**.

Endüstri 4.0, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve esnek hale getirmeyi amaçlar. Bu dönüşüm; Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri, yapay zeka ve otomasyon gibi ileri teknolojilere dayanır.

Bu sistemlerin temel özellikleri arasında makinelerin birbiriyle iletişim kurması, gerçek zamanlı veri analizi ve esnek üretim hatları bulunur. Böylece üretim daha hızlı, özelleştirilebilir ve sürdürülebilir hale gelir.

Sonuç olarak Endüstri 4.0, işletmelere rekabet gücü kazandırırken, maliyetleri düşürüp müşteri memnuniyetini artırır.



Kaynak: S. E. Fırat ve O. Z. Fırat, 2017: 11.

Şekil 2.18: Endüstri 4.0'ın Evrimsel Gelişimi.

Bahsi geçen sanayi devrimleri arasındaki geçişler, mevcut teknolojilerin yeniliklerle birleşerek gelişmesine dayanır. Her bir sanayi devrimi, mühendislik ve işletmecilik uygulamalarının sanayi ile karşılıklı etkileşimde bulunarak ilerlemesini sağlamıştır. Dört endüstri devriminin hem içerikleri hem de dönemleri **Şekil 2.18** üzerinde özetlenmiştir [S. E. Fırat ve O. Z. Fırat, 2017: 11]. Bahsi geçen 4 evre süresince mühendislik ile işletmecilik, sanayiyle beraber gelişme kaydetmiş ve karşılıklı olarak birbirlerini destekleyip ilerlemişlerdir.

Endüstri 4.0, ilk kez 2011’de Alman hükümetinin ileri teknoloji stratejisi kapsamında ortaya atılmıştır [Kamble vd., 2018]. Bu kavram, üretimde dijitalleşme yoluyla maliyetleri düşürmeyi ve tedarik zincirini daha verimli hale getirmeyi amaçlamaktadır. Almanya ve Japonya bu alanda öncü olurken, İskandinav ülkeleri de hızla uyum sağlamıştır. Çin ve Avustralya gibi ülkeler ise stratejik yatırımlarla bu sürece adapte olmaya çalışmaktadır. Ancak tüm ülkeler bu dönüşüme hazır değildir [Hamzeh vd., 2018].

Küreselleşme, üretimin ucuz iş gücü ve vergi avantajı sunan ülkelere kaymasına neden olmuştur. Özellikle Çin ve diğer Uzakdoğu ülkeleri, uzun süre Batılı şirketlerin üretim merkezi olmuş, zamanla ise kendi markalarıyla üretime yönelmişlerdir [Eğilmez, 2018]. Bu gelişmeler karşısında Almanya, Endüstri 4.0’ı bir cevap olarak geliştirmiştir.

Sonuç olarak, Endüstri 4.0 sanayi devrimlerinin devamı niteliğindedir. Dijital teknolojilerle üretim süreçlerini daha verimli ve sürdürülebilir hale getirirken, ülkelerin bu sürece uyum sağlaması büyük önem taşımaktadır.

2.4.2. Dijitalleşme Kavramı

Günümüzde işletmeler, büyük dijital projeleri hayata geçirebilmek için teknolojiyi anlamanın giderek daha önemli hale geldiğini fark etmektedir. Ancak dijitalleşme seçeneklerini değerlendirmek kolay değildir; çünkü mevcut inovasyon uygulamaları her zaman gerekli BT yeteneklerini ve kurumsal çevikliği içermeyebilir. Bu nedenle dijital yenilik, şirketlerin iş yapış biçimlerini ve bilişim altyapılarını yeniden düşünmesini gerektirir.

Dijitalleşme, fiziksel nesnelere programlanabilirlik ve izlenebilirlik gibi yeni özellikler kazandırarak onları daha bağlantılı ve işlevsel hale getirir. Örneğin, dijital bir telefon artık yalnızca arama yapmakla kalmaz; fotoğraf çekebilir, fatura ödeyebilir, sağlık verilerini izleyebilir ve sürekli yeni işlevler kazanabilir. Bu dönüşüm sadece cihazları değil, aynı zamanda firmalar arası ilişkileri ve pazar yapılarını da yeniden şekillendirir.

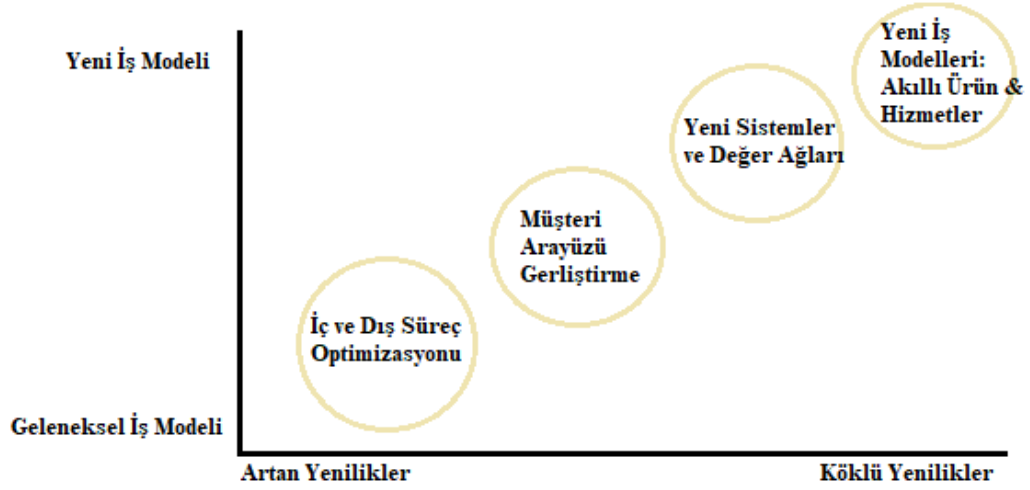
Dijitalleşme sayesinde farklı sektörlerde yıkıcı dönüşümler yaşanmakta; internet tabanlı TV, dijital yayıncılık ve mobil medya gibi örneklerde bu durum açıkça görülmektedir. Artık sadece ürünlerin dijitalleşmesi değil, şirketler arasındaki iş yapma mantığı da değişmektedir.

Dijital dönüşümde başarı için iki önemli yetkinlik öne çıkmaktadır:

- **Dijital Yetenek:** Nerele yatırım yapılması gerektiğini bilmek, teknolojik fırsatları sistematik olarak değerlendirebilmek.
- **Liderlik Kabiliyeti:** Dijital iş modellerine geçişi, geleneksel projelerden farklı olarak esnek ve deneysel bir yaklaşımla yönetmek.

Dijitalleşme, firmaların organizasyon yapılarında ve iş modellerinde değişimi zorunlu kılar. Dijital işletmelere geçiş, daha az ama daha nitelikli iş gücüne olan ihtiyacı artırmaktadır. Ayrıca dijitalleşme, ürünlerin ömrünü uzatır, süreç verimliliğini artırır, atığı azaltır ve sürdürülebilirliği destekler.

Dijitalleşmenin etkisi sadece işletmelerle sınırlı kalmaz. Toplumsal ve ekonomik yapılar da bu süreçten etkilenir. Dijital ekonominin, önümüzdeki yıllarda yeni iş alanları ve pazar fırsatları yaratması, hatta insanlık için önemli bir ekonomik dönüşüm sürecine öncülük etmesi beklenmektedir.



Kaynak: Ibarra vd., 2018: 8.

Şekil 2.19: Üretim Şirketlerinde Dijital Dönüşüm Yapabilme Yolları.

Herhangi bir iş modeli, “bir kurumun, bir değeri ne şekilde yarattığının, ne şekilde sağladığının ve son olarak da ne şekilde yakaladığının gerekçesini” anlatır **[Ibarra vd., 2018: 7-8]**. Tekliflerin her biri, değer yaratma konusundaki değişiklikleri gösteren anahtar çalışmalar, ortaklıklar ile kaynakları göz önünde bulundurur; sunulan ürün ile hizmetleri, teklif edilen ürün, satış, dağıtım ve iletişim kanallarını, müşteri bölümleri ile kurulmuş olan ilişkileri içine alır; değer yakalamayı ise işletmenin kazanmış olduğu gelirler ile maliyetleri tanımlayan ögeler olarak içerir. Yukarıda yer alan **Şekil 2.19** üzerinde üretim işletmelerinde dijital dönüşümü gerçekleştirmenin yöntemleri, iş modelinin bu denli az sayıda unsurunun artan inovasyon yolu ile değiştirilmesinden radikal bir inovasyon sebebi ile iş modellerinin bütün unsurlarının dönüştürülmesine dek uygulanmakta olan inovasyon düzeyine göre tespit edilmiştir.

Dijitalleşme, tüketim alışkanlıklarını, iş yapma biçimlerini ve girişimciliği sürekli olarak dönüştürmekte; hem bugünün hem de geleceğin ekonomik yapısını etkilemektedir. Bu dönüşüm birçok yeni fırsat yaratırken, işletmelerin ve ülkelerin bu değişime ayak uydurmasını da zorunlu kılmaktadır.

Japonya, ABD, Almanya ve son dönemde İtalya gibi gelişmiş ülkeler, üretimdeki dijital dönüşümü hızlandırmak amacıyla özel politikalar geliştirmektedir. Ancak bazı sektörlerin bu sürece geç uyum sağladığı görülmektedir. Bu durum, yalnızca ülkeler arasında değil, sektörler arasında da dijitalleşme farklarının büyümesine yol

açmaktadır. Dijitalleşme bazı zorluklar getirir de, uzun vadede işletmeler için kârlılık ve büyüme fırsatları sunmaktadır.

İnternetin yaygınlaşmasıyla birlikte gelişen Dijital Devrim, işletmelere tamamen yeni iş modelleri geliştirme imkânı tanımıştır. Amazon ve eBay gibi dijital platformlar, bu dönüşümün etkisini açıkça göstermektedir.

Dijitalleşme sayesinde işletmeler süreçlerini hızlandırabilir, maliyetleri azaltabilir ve müşteri memnuniyetini artırabilir. Ancak bu süreçte stratejilerin yeniden değerlendirilmesi ve işletmelerin daha esnek, yenilikçi ve uyumlu hale gelmesi gereklidir. Dijital dönüşüm, rekabet avantajını koruyabilmek için artık kritik bir faktördür.

İmalatta Dijitalleşme:

Ürün çeşitliliğinin artması, esnek makineler ve yüksek performanslı işlemler, üretim sistemlerini giderek daha karmaşık hale getirmektedir. Bu karmaşıklığı yönetebilmek için sensör ağlarıyla desteklenen dijital üretim araçları ve entegre veri modelleri gereklidir. Bu yapılar, üretim sistemlerini izlemek, kontrol etmek ve optimize etmek için kullanılır.

Dijitalleşmeyle ilgili çalışmalar, teknolojinin üretimde verimlilik, kalite ve performans gibi geleneksel hedefleri nasıl geliştirebileceğine odaklanmaktadır. Dijital imalat ise yazılım, mühendislik ve iletişim teknolojilerinin entegre kullanımıyla yeni teknolojileri üretim süreçlerine hızlıca entegre etmeyi amaçlar. Bu yaklaşım, Avrupa üretim vizyonunun temel stratejilerinden biridir.

“Dijital Fabrika” kavramı, üretim süreçlerinin dijital ortamda modellenmesini ve planlanmasını sağlar. Böylece fiziksel süreçlerin daha iyi yönetilmesi ve fabrika planlamasının desteklenmesi mümkün olur.

“Dijital İmalat” ise ürünlerin ve süreçlerin dijital temsili üzerinden ürün yaşam döngüsünü iyileştirmeyi hedefler. Dijital veriler sayesinde daha akıllı ve verimli üretim kararları alınabilir. Bu da akıllı otomasyonun temelini oluşturur.

Tablo 2.4: Dijital Fabrika ve Dijital İmalat Terimlerin Karşılaştırılması.

	Dijital Fabrika	Dijital İmalat
Tanım	Bir fabrikada model üretim sistemleri ve mevcut süreçler hakkında bilgi toplama ve gösterme teknolojisi.	Bilgi yönetimi, imalat süreci boyunca kararları destekleyen araçlara dayanır. Fabrika, ürün ve üretim süreci; entegre sistemler, simülasyonlar ve işbirliği araçlarıyla birlikte tasarlanır ve analiz edilir.
Vurgu	Fabrikadaki kaynaklar ve süreçleri ile ilgili tüm bilgileri temsil etmek.	Ürün yaşam döngüsünde verimliliği artırmak için teknoloji ve birimlerin entegrasyonu.
Temel Avantajlar	Ürünün üretimi için kalite, zaman ve maliyeti karşılayacak şekilde fabrikanın tüm yönlerini iyileştirmek.	Üretimi hızlandırmak ve pazara çıkış süresini kısaltmak için esneklik, hızlı geliştirme, düşük hata, yüksek kalite ve maliyet tasarrufu.

Kaynak: E. Silva vd., 2019: 243.

Dijitalleşme, sadece maliyet ve hız avantajı değil; esneklik, kalite, teslimat ve sürdürülebilirlik gibi alanlarda da işletmelere önemli katkılar sağlar. Bu nedenle, şirketler dijitalleşmenin tüm rekabet unsurlarındaki etkisini analiz etmeli ve bu alanlara yatırım yapmalıdır **[Machado vd., 2019: 1113-1118]**.

Dijital üretim teknolojileri şu avantajları sunar **[Kutin vd., 2018: 480]**:

- Ekipman tasarım ve üretim süresi ile maliyetini azaltma,
- Mühendislik hatalarını en aza indirme,
- Yeni üretim yöntemlerinin süresini kısaltıp kapasiteyi artırma,
- Üretim esnekliğini artırarak rekabete karşı avantaj sağlama.

Artan küresel rekabet, müşteri beklentilerindeki çeşitlilik ve belirsiz pazar koşulları, üretim ve tasarım süreçlerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, firmalar ürün geliştirme süresini kısaltmak ve karmaşıklığı yönetebilmek adına dijital destekli çözümlere yönelmektedir.

Bilgi teknolojileri, klasik üretim yapılarında da önemli değişiklikler yaratmış, hızlı tepki verme yeteneği rekabetin temel unsuru haline gelmiştir **[Paritala vd., 2017:**

983]. Dijital, sanal ve e-üretim sistemleri, gelişen teknolojiyle birlikte üretim ortamlarında yeni bir dönemi başlatmıştır.

Sonuç olarak, dijitalleşme şirketlerin stratejik avantajlarını güçlendirerek, değişen piyasa koşullarına daha hızlı ve etkili uyum sağlamalarına yardımcı olmaktadır.

2.5. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Endüstri 4.0, var olan dijital eğilimlere detaylı şekilde eğilim gösterildiği zaman pek çok bileşenden ortaya çıkan, somut nitelik taşımayan ve de karışık bir terime karşılık gelmektedir. Bahsi geçen bileşenlerin ne denli derin formda meydana geldiğinin anlaşılabilmesi adına ayrıntılı bir şekilde kavramların tamamının incelenmesi lazımdır. Endüstri 4.0 unsurları; siber fiziksel sistemler, nesneleri ile hizmetlerin interneti, RFID, siber güvenlik, akıllı fabrika, sensör, artırılmış gerçeklik, 3D yazıcılar, yapay zeka, bulut bilişim sistemi, büyük veri, simülasyon, robotlar, dikey ve yatay sistem entegrasyonu ile dijital tedarik zincirinden meydana gelmiş olup, aşağıda detaylı olarak her kavram ile alakalı bilgi sunulacaktır.

- 3 Boyutlu Yazıcılar (3 Dimesional Printers)
- Akıllı Fabrika (Smart Factory)
- Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
- Bulut Bilişim Sistemi (Cloud Informatics System)
- Büyük Veri (Big Data)
- Dijital Tedarik Zinciri (Digital Supply Chain)
- Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti (Internet of Things and Services)
- Radyo Frekanslı Tanımlama (Radio Frequency Idendification)
- Robotlar ve Cobotlar (Robots and Cobots)
- Sensörler (Sensors)
- Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems)
- Siber Güvenlik (Cyber Security)

- Simülasyon (Simulation)
- Yapay Zeka (Artificial Intelligence)
- Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu (Horizontal and Vertical System Integration)

Bu bileşenler, Endüstri 4.0'ın temel yapı taşlarını oluşturur ve üretim süreçlerini daha verimli, esnek ve uyarlanabilir hale getirir. Bu teknolojiler, üretim sistemlerinin dijitalleşmesi ve otomasyonu ile birlikte, daha sürdürülebilir ve rekabetçi bir endüstriyel ortam yaratmayı hedefler.

2.5.1. 3 Boyutlu Yazıcılar (3 Dimensional Printers)

3D baskı fazlaca gelişmiş bir mühendislik dalıdır. Bu konu alakalı deneylerin ilki 80'li senelerin sonunda başlamış, fakat 90'lı senelerden itibaren gerçek 3D baskı ile alakalı konuşulmaya başlanmıştır. CAD sistemlerinin yükselmesi ile beraber, 3D yazıcılar da ilerleme kaydetmiştir. Bahsi geçen 3D baskı, son halini alana dek katmanlar ilave ederek ürünlerin inşa edildiği, parça yapımında başvurulan ek bir yöntemdir. 3D baskının sahip olduğu avantajlar içerisinde düşük prototip maliyetiyle karmaşık parça şekillerinin çok daha hızlı bir şekilde üretilmesi yer almaktadır [Stopka vd., 2017: 845].

İş akışı şeklinde de isimlendirilen 3D yazdırma işlemi 3D bir modeli yazdırmaya hazır duruma getirmeyi içermektedir. Bu, modeli yazıcının objeyi yapmak adına başvurabileceği talimatlara bölmek adına özel bir model ile yazılım formu ile başlayan çok adımdan oluşan bir işlemdir [Bell, 2015: 2]. 3D baskıyı anlayabilmek adına en ana kavram, nesnelerin yapıldığı işlemdir [Bell, 2014: 4].

Tasarımın prototiplemeyle üretim adımları, teknik ve teknik olmayan arka planlardan yenilikçilere çok daha yakın duruma getirilmiştir. 3D baskı, malzeme ile tasarım özgürlüğü, geliştirme hızı ile üretimde azalan sermaye yatırımı sunmaktadır. Bahsi geçen kritik avantajların ödülleri, tıp ve tıbbi cihazlarda yardımcı teknolojiyle birlikte kullanıcıya has ve ileri malzeme konstrüksiyonları ile iskeleler imal etme kabiliyetinden dolayı gözlenmiştir [Keaveney vd., 2018: 1]. 3D baskı sanayiindeki en güncel gelişmeler, bireylerin imalat sürecini değerlendirme şeklinde bir devrim

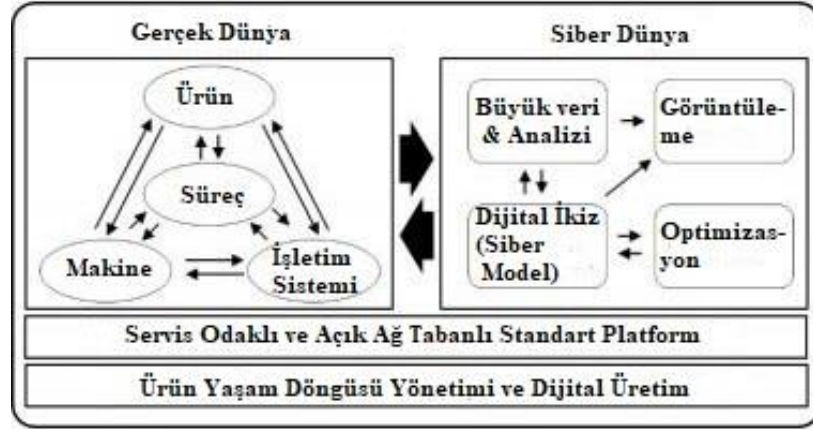
yaratmıştır. Bahsi geçen 3D baskı, tasarım, malzeme, prototip oluşturma ile üretim süreçlerine açık erişim sağlayarak ürün tasarım döngüsünün kritik yönlerine katkıda bulunmaktadır.

2.5.2. Akıllı Fabrika (Smart Factory)

Bu başlık altında ele alınacak olan Akıllı Fabrika, her geçen daha da karmaşık hale gelen dünyada, dinamik ve hızlı bir şekilde değişen sınır şartları bulunan bir imalat tesisinde açığa çıkan problemleri çözüme kavuşturacak uyarlanabilir ve esnek üretim süreçleri sunan üretim çözümüne verilen isimdir. Bahsi geçen çözüm, bir taraftan gereksiz işgücüyle kaynak israfının azaltılması ile neticelenen üretim optimizasyonuna yol açması gereken bir donanım, yazılım ya da mekanik kombinasyonu şeklinde anlaşılan otomasyon ile alakalıdır **[Radziwon vd., 2014: 1188]**.

Öte taraftan, bu konsept, endüstriyel ya da endüstriyel olmayan çeşitli ortaklar arasında bulunan işbirliği perspektifinde sergilenen, zihniyetin dinamik bir örgütlenmeden oluştuğu bir yaklaşımdır. Bu işbirliği, esnek ve uyarlanabilir üretim süreçlerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını mümkün kılar. Akıllı fabrikalar, değişen pazar koşullarına hızlı bir şekilde uyum sağlama yeteneği ile öne çıkar. Bu yetenek, sensörler, IoT, CPS ile büyük veri analitiği benzeri ileri teknolojilerin entegrasyonu sayesinde elde edilir.

Akıllı fabrikalar, otomatik ve dijital fabrikalar baz alınarak, hizmet kalitesi ve üretim kaynakları yönetimini geliştirebilmek adına bilgi teknolojilerini kullanmaktadır. Akıllı fabrikaları oluşturmak adına, üretim şirketlerinin üretim ile pazarlamayı geliştirmesi, imalat sürecinin kontrol edilebilirliğini maksimum seviyeye getirilmesi ve son olarak da atölyelerde manuel müdahaleyi düşürmesi lazımdır **[Chen vd., 2017b: 6506]**. Akıllı fabrikalar, üretim verilerinin çözümlenmesi yolu ile, sistemi iş modeliyle tüketici alışveriş davranışlarında bulunan değişikliklere uyarlamayı amaç edinen esnek üretim, dinamik yeniden yapılandırma ile üretim optimizasyonu gerçekleştirebilir.



Kaynak: Wiktorsson vd., 2018: 473.

Şekil 2.20: Temel Kavramlar ve CPS ile Birlikte 'Akıllı Fabrika' Yapısı.

Yukarıda yer alan **Şekil 2.20** üzerinde, bir CPS'li akıllı fabrikanın ana kavramları ile yapısı açık bir şekilde gösterilmektedir. CPS, siber model esaslı bir akıllı fabrikanın işletilmesi ve tasarımı adına önemli teknolojilerden bir tanesi şeklinde kabul edilir. DT, bilgiyi biraraya getirir ve mağaza katında bulunan değişiklikleri özerk şekilde izleyen ve de kontrol eden entegre sistem gerçekleştirir **[Wiktorsson vd., 2018: 473]**. Ürünler, işçiler, kaynaklar, üretim süreçleri, üretim hücreleri ile hatlarıyla iletişim teknolojilerinin arasında ilişki kurar.

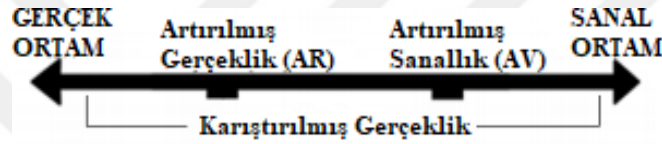
Artan karmaşıklığı bulunan bir dünya içerisinde, akıllı fabrika, dinamik ve de hızlı bir şekilde değişen sınır koşullarına sahip bir üretim işletmesi bünyesinde doğan problemleri çözüme kavuşturması beklenen uyarlanabilir ve esnek üretim süreçleri sunan üretim konseptine verilen isimdir. Bu konsept, otomasyonu ve gereksiz işgücü ile kaynak israfını azaltarak üretim optimizasyonuna sebep olması gereken yazılım ya da mekanik kombinasyonlarını barındırır. Aynı zamanda, süreçte bulunan farklı katılımcıların arasındaki işbirliğinin gerekliliğini kapsar, bu sayede fabrika, tedarik ağı ve de müşteri ihtiyaçlarındaki değişen koşul ile taleplere gerçek zamanlı cevap veren dinamik organizasyon teşkil eder **[Vestin vd., 2018: 460]**.

2.5.3. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

Bu başlık altında ele alınacak olan AR (artırılmış gerçeklik), ilgili dijital bilgiler ile gerçek dünyanın bütünleşmesini ifade etmektedir. Gerçek nesnelerle insanlar bilgi

gölgesi oluşturur; bu veri havası, akıllıca yakalanıp işlendiğinde tüketicilere olağanüstü değerler sunabilir. AR uygulamaları, iş olanakları bakımından, bugünün sürekli bağlı bulunan tüketicilerinin çalışmayla alışveriş yapma biçimini değiştirmek adına kullanılabilir [Farshid vd., 2018: 459].

AR, sanal bilgisayarca üretilmiş bilgilerin eklenmesi ile geliştirilen fiziksel gerçek dünyanın, gerçek zamanlı dolaylı ya da doğrudan bir görüntüsü şeklinde açıklanır. AR, sanal ve gerçek nesneleri bir araya getirir ve bunun yanında da etkileşimli 3D kayıtları sunar [Furht, 2011: 3]. Sanal bilgileri AR, sadece yakın çevreye değil, gerçek dünyanın dolaylı görüşüne de canlı video akışı gibi ekleyip kullanıcının yaşamını basitleştirmeyi amaç edinir. AR, kullanıcının hem algısını hem de gerçek dünyayla iletişimini geliştirir.



Kaynak: Krevelen ve Poelman, 2007 : 1.

Şekil 2.21: Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği.

Yukarıda yer alan **Şekil 2.21**'de, Milgram ile Kishino'nun gerçeklik-sanallık sürekliliğinin üzerine olan çalışması, artırılmış gerçekliğin (AR) karışık gerçeklik alanının bir parçası olduğunu gösterir. Sanal ortamlar ile sanal nesnelerin gerçek objelere eklenmiş olduğu artırılmış sanallık, çevresinde bulunan ortamı sanal ortam ile değiştirir. İlgili duruma karşın, AR'nin gerçek dünyada gerçekleştiğini söylemek yanlış değildir. AR sistemi [Krevelen ve Poelman, 2007: 2]:

- Sanal ile gerçek nesneleri gerçek ortamda bir araya getirir;
- Sanal ile gerçek nesneleri tek tek kaydeder;
- Etkileşimli, gerçek zamanlı ve üç boyutlu şekilde çalışır.

AR teknolojisi, bilgisayar tarafından üretilmiş olan nesneleri gerçek dünyayla bütünleştirir. Aynı zamanda, dijital öğrenme materyallerini fiziksel alana entegre edip yenilikçi öğrenme ortamı sağlar [Chien vd., 2010: 17]. Küresel teknoloji patlaması, giyilebilir cihazların yaygınlaşması ile yazılım iyileştirmelerinden dolayı, firmalar arasında AR niteliklerine olan ilginin artması öngörülmektedir. Gelecekteki birkaç

senede kullanıcılar, gerçekten kıyafetleri giymeden deneme imkanı bulabilecek ya da mobilyaların iç mekan ile örtüşüp örtüşmediğini kontrol edebileceklerdir. iPhone ya da Android AR uygulamaları bu alanda öncü yeniliklerdir (theappsolutions, T.Y.). Ayrıca, gelecekteki teknolojik evrimle birlikte diğer insan duyuları olan koklama, dokunma ve hissetme gibi duyuların da artırılmış gerçeklik uygulamalarına dahil edilmesi beklenmektedir. Bu yenilikler, bankacılık, gayrimenkul, sağlık ve hatta üretim gibi birçok pazar ve alana yeni fırsatlar sunmaktadır.

2.5.4. Bulut Bilişim Sistemi (Cloud Informatics System)

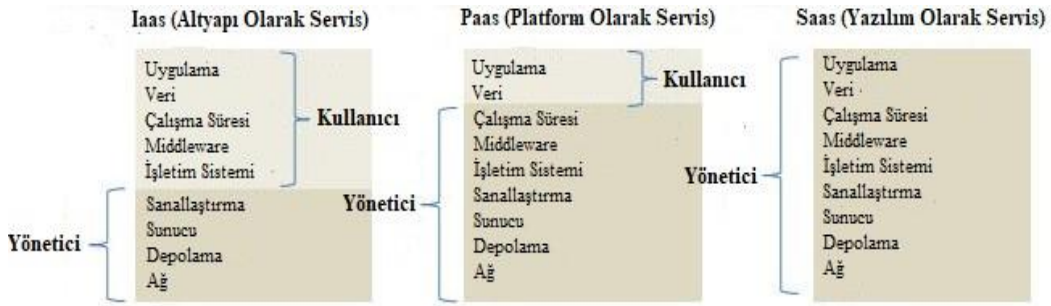
Bu başlık altında ele alınacak olan bulut bilişim, kullanım başına ya da talep üzerine ödeme metodu ile bulut kullanıcıları adına paylaşılan bilgi işlem kaynaklarına ulaşım sağlayan arketiptir. Kuruluş ile kullanıcılara, sermaye ile işletme harcamasında tasarruf gibi farklı yararlar sunar. Fakat, bahsi geçen yararlar karşın bulut bilişimin kullanımı hususunda birtakım engeller mevcuttur. Güvenlik, her daim kritik bir husustur. Güvenliğin eksikliği, kişisel, etik ve finansal zararlarla sonuçlanabilecek olumsuz etkiler yaratabilir **[Subramanian ve Jeyaraj, 2018: 28]**.

Bulut bilişim, BİT ve arama, bilgisayar, sosyal medya, e-posta, depolama ve mesajlaşma gibi kamuoyunca kullanılmakta olan pek çok yazılım hizmetinin temelini oluşturan ana paradigma şeklinde kabul edilir **[Lynn, 2018: 4]**. Firmalar, hızlı dağıtım, ölçeklendirilebilirlik ile paralelleştirmeye sağlanan BİT verimliliği ile iş çevikliği hususundaki iki temel eğilimin yakınsamasından fazlaca etkilenmiştir.

Kritik bir bilgi işlem paradigması şeklinde doğan bulut bilişim, internet aracılığıyla paylaşılabılır konfigüre edilebilir bilgi işlem kaynakları havuzuna isteğe bağlı şekilde kolay bir şekilde ulaşılabilmesini sağlamıştır. Bahsi geçen değer dizisinde, yazılım, veri depolama, altyapı ile bilgi işlem platformları, yönetim ile işleme hizmetleri yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bulut bilişimin, bilgi işlem maliyetlerinde esneklik, zaman ve yer karmaşıklığı gibi pek çok avantajı bulunmaktadır.

Bunun ile beraber, bulut bilişim tekliflerinin sunmuş olduğu sayısız imkandan faydalanmak adına bazı sorunların çözülmesi gerekmektedir. Bu sorunlar arasında mimari çözümler, kaynak sanallaştırma, performans optimizasyonu, güvenlik sağlama ve güvenilirlik ve son olarak da gizliliği koruma vb. yer almaktadır **[Kobusińska vd.,**

2018: 416]. Bu engellerin aşılması, bulut bilişimin sunduğu tüm potansiyelden faydalanmayı mümkün kılacaktır.



Kaynak: Kavzoğlu ve Şahin, 2012: 3.

Şekil 2.22: Bulut Bilişim Servisleri ve Sundukları Hizmetler.

Şekil 2.22, uygulayıcıların gerçekleştirdikleri yapılar ve yöneticilerin prosedür ağırlıklarını göstermektedir **[Kavzoğlu ve Şahin, 2012: 3]**. Bulut hizmetleri, uygulayıcılarına sunmuş oldukları nokta atışları bütün prototipler bakımından farklılık arz etmektedir.

Bulut bilişimin her geçen gün daha fazla popüler olması ile beraber, bulutları oluşturmak, yönetmek, erişmek ve son olarak da korumak adına farklı teknoloji ile araçlar açığa çıkmaktadır. Bahsi geçen araçların, buluttaki pek çok işlemi kesintisiz ve şeffaf bir biçimde yönetmesi gerekmektedir **[Jin vd., 2010: 4]**. Bulut bilişim, hızlı uygulama, düşük maliyetler ile teknolojilerin karışımlarını kullanıp daha fazla esneklik taahhüt eder ve ilgili bağlamda tercih edilen araçlar önem kazanmaktadır.

Maliyet ile ölçeklenebilir kapasitenin düşmesinin dışında, bilim veri sistemleri de bulut bilişimden öteki hizmetlerden yararlanabilir. Bu, kurumlar, laboratuvarlar ile disiplinlerde bulunan araştırmacıların ortak projelerde birlikte çalışmasını olası hale getirerek bilimsel çalışmada ortaklığı teşvik eder. Araştırmacılar, multidisipliner deneyler adına bilim ürünleri üretebilmek adına adapte edilebilecek verilere erişim ihtiyaç duymaktadır. Bu, özellikle büyük veri setlerinin toplanmasına ve hesaplamalı yaklaşımların uygulanmasına yönelik paylaşılabılır veri ihtiyacını karşılar; veri yoğun bilim alanında keşif gücünün varlığı oldukça büyük öneme sahiptir **[Crichton, 2013: 28]**.

Kullanıcıların bilim verileri ile hizmetleri uzmanlık ya da bilgi gerektirmeksizin ya da onlara destek veren teknoloji altyapısı üzerinde herhangi bir kontrol sahibi olmaksızın paylaşabilmelerini sağlayan sanal ortam sunan bulut bilişimi, bilimsel araştırmaların ilerlemesini hızlandırır ve veri paylaşımı ile işbirliğini kolaylaştırır.

Bulut bilişim uygulamalarına yönelik ana avantaj ile dezavantajlar aşağıda yer alan tablo üzerinde özet halinde sunulmuştur **[Apostu vd., 2013: 119-121]:**

Tablo 2.5: Bulut Bilişim Avantaj ve Dezavantajları.

Avantajlar	Dezavantajlar
Maliyet Verimliliği	Teknik Sorunlar
Sınırsız Depolama	Bulutta Güvenlik
Yedekleme ve Kurtarma	Dış Saldırlara Yatkınlık
Otomatik Yazılım Entegrasyonu	Muhtemel Kesinti Süresi
Bilgiye Kolay Erişim	Maliyet
Hızlı Dağıtım	Yanlış Karar Alabilme Riski
Daha Kolay Hizmet Ölçeği	Destek Eksikliği

Kaynak: Apostu vd., 2013: 119-121.

Depolama ile işleme teknolojilerinin hızla gelişim kaydetmesi ve İnternet'in başarısı ile beraber, bilgi işlem kaynakları öncekinden daha az maliyetli, daha erişilebilir ve daha güçlü duruma gelmiştir. Bahsi geçen teknolojik yönelim, kaynakların internet aracılığı ile kullanıcılarca talep doğrultusunda kiralanabileceği genel araçlar olarak sağlandığı, bulut bilişim ismi verilen bir bilgi işlem modelinin hayata geçirilmesini sağlamıştır. Kurumlar, bulut üzerinde daha deneyimli hale geldikçe, daha çok ana işletme fonksiyonu bulut platformlarına kaydırılmıştır. İlgili sebepten dolayı, bulut bilişimin kabulü büyük oranda artmıştır. Fakat, bilhassa sistem entegrasyonu, veri yönetimi ile çoklu bulut sağlayıcılarının yönetimi bakımından, bulut bilişimin ilk etapta düşünüleninden daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir **[Avram, 2014: 529]**.

Bulut bilişim, dünya çapındaki şirketlerin ilgisini çekmeye devam etmektedir. Ancak, birçok şirket, bulut bilişimin benimsenmesinin beklenenden daha maliyetli ve büyük engeller barındırdığına inanmaktadır. Bu zorluklar, şirketlerin bulut bilişimi etkili bir şekilde kullanabilmek için gerekli olan bilgi, beceri ve kaynaklara yatırım yapmalarını gerektirmektedir. Buna rağmen, bulut bilişim, sunduğu esneklik, ölçeklenebilirlik ve

maliyet avantajları nedeniyle kuruluşlar için cazip bir seçenek olmaya devam etmektedir.

2.5.5. Büyük Veri (Big Data)

Bu başlık altında ele alınacak olan Büyük Veri, karmaşık ve büyük veri kümeleri topluluğu anlamına gelmektedir. Büyük Veri'nin, genel manada zettabayt cinsinden ölçülebilen ve farklı kaynaklardan türetilmiş olan büyük miktarda veri kümesi bulunur. Bu, klasik veritabanı sistemlerinin işleme kapasitesi üzerindeki verileri kapsar [**Al-Badi vd., 2018: 271-272**]. Veriler genel manada çok büyük olabilir, çok hızlı hareket edebilir veya mevcut veri tabanı mimarilerinin sağlamlığına uymayabilir. Bu verilerden değer elde edebilmek için, işleme için seçilen alternatif yolun önemi büyüktür [**Feinleib, 2014: 1**].

Büyük Veri terimi, genel manada, boyut açısından çok büyük olan ve zaman içerisinde katlanıp artan veri toplamalarını açıklar. Bahsi geçen veriler o denli geniş ve de karmaşıktır ki, klasik veri yönetimi araçları ilgili veriyi saklayamaz ya da verimli biçimde işleyemez. Bahse konu olan Büyük Veri, 3 temel gruba ayrılır [**Amellal vd., 2019: 23**]:

1. **Yapısal Veri:** Sabit formatta erişilebilen, depolanabilen ve de işlenebilen verileri anlatır.
2. **Yapılandırılmamış Veri:** İsimli form ile yapılandırılmamış veriler kapsar.
3. **Yarı Yapılandırılmış Veri:** Anlamsal etiketler barındıran fakat tipik ilişkisel veri tabanları ile bağlantılı yapı ile çelişen verileri anlatır.

Pek çok veri bilimcisi ile uzmanı, Büyük Veri'yi aşağıda verildiği üzere beş temel nitelikleri ile tanımlar [**Oussous vd., 2018: 433**]:

1. **Ses (Veri Hacmi):** Milyonlarca uygulama ile cihazdan devamlı şekilde büyük miktarlarda dijital veri oluşturulmaktadır (BİT'ler, ürün kodları, akıllı telefonlar, sensörler, sosyal ağlar ve kayıtlar gibi.).
2. **Hız (Hız):** Veriler hızlı biçimde oluşturulur ve yararlı bilgileri sağlamak adına hızlı bir şekilde işlenmek durumundadır.

3. **Çeşitlilik (Çeşitlilik):** Büyük Veri, farklı kaynaklar ile formatlardan (örnek vermek gerekirse belgeler, videolar, kayıtlar ile yorumlar) gelir.
4. **Değer:** Büyük verilerden yanlış olmayan kararları desteklemek adına sağlanan değeri anlatır.
5. **Doğruluk:** Web günlük dosyalarının, kurumsal içeriğin, sosyal ortamların işlemler ile veri uygulamalarının temeline dayalı şekilde verilerin güvenilirliğini anlatır **[Anshari, 2019: 96]**.

Büyük veri kullanımı, bugün şirketlerce rakiplerinden çok daha iyi performans göstermeleri adına yaygınlık kazanmaktadır. Pek çok alanda, var olan rakipler ile sektöre yeni dahil olanlar, çözümlenen verilerden çeşitli stratejiler oluşturur; yenilik yapmak, rekabet etmek ve de değeri yakalamak adına kullanır. Perakendeciler, sahip oldukları stoklarını web arama eğilimleri, sosyal medya verileri ile hava tahminlerinden meydana getirilen modeller ile optimize edebilir. Bahsi geçen büyük veri, işletmelerin yeni büyüme olanakları yaratmaları ile sanayi verilerini bir araya getirip çözümleyebilen tümüyle yeni işletme kategorileri yaratmalarına yardım eder **[Anurag, 2017]**. Bahsi geçen işletmeler; ürün ile hizmetler, tedarikçiler ve alıcılar ile alakalı bilgi sahibidir ve bunun yanında iş süreçlerini hem anlar hem de optimize ederler.

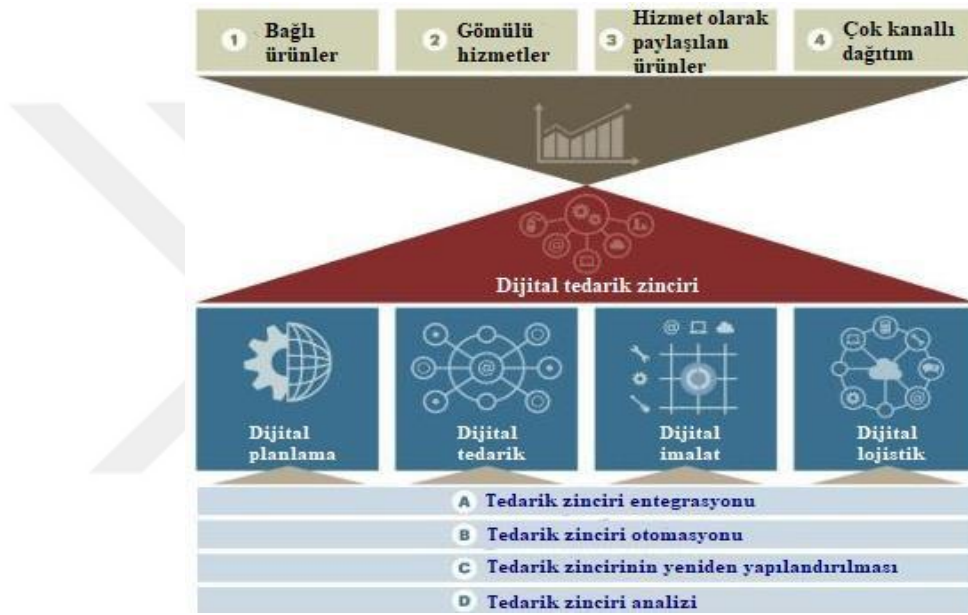
2.5.6. Dijital Tedarik Zinciri (Digital Supply Chain)

Yeni nesil akıllı üretim sistemleri, farklı yeni imkan sunan teknolojileri kapsayacaktır. Bahsi geçen teknolojiler, 4. sanayi inkılabı devrinin kullanılması noktasında önemli bir rol oynayacaktır. Üretim sistemi ile tedarik zincirinin ürün yaşam döngüsünü merkezi olmayan, verimli ve de iyi bağlantılı duruma getireceklerdir **[Chhetri, 2018: 51]**. Bu başlık altında söz edilen dijital tedarik zincirinin yararları arasında, ekosistemde yer alan şirketler, tedarikçiler, çalışanlar ve müşteriler gibi birçok aktör için avantaj sağlayan hizmetlerin maliyet etkinliği ve değer yaratma faaliyetleri bulunmaktadır.

Herhangi bir tedarik zinciri, herhangi bir kaynaktan müşteriye hizmet, ürün, finans ya da bilgi giriş ile çıkış akışlarında direkt bulunan üç ya da daha çok varlık (yani, bireyler ya da kuruluşlar) dizisi şeklinde açıklanabilir **[Korpela, 2017: 4183]**. Bahsi geçen

tanım, bilhassa faaliyet ile iş süreçleri düzeylerinde, işletmeler arasında bulunan bilgi akışının rolüne vurgu yapmaktadır. Aktörler arasında bulunan etkin uyum, tedarik zincirinde bulunan bilgi ile süreçlerin uyumunu gerektirir.

Bu entegrasyon, tedarik zincirinin daha esnek, hızlı ve duyarlı olmasını sağlar. Dijital tedarik zincirleri, bilgi teknolojileri ve veri analitiği kullanarak, tedarik zincirinin her aşamasında daha iyi kararlar alınmasını ve süreçlerin optimize edilmesini mümkün kılar. Bu da, tedarik zincirindeki tüm aktörler için daha yüksek verimlilik, maliyet tasarrufu ve müşteri memnuniyeti anlamına gelir.



Kaynak: Kearney ve WHO, 2015: 4.

Şekil 2.23: Dijital Tedarik Zinciri Çerçevesi.

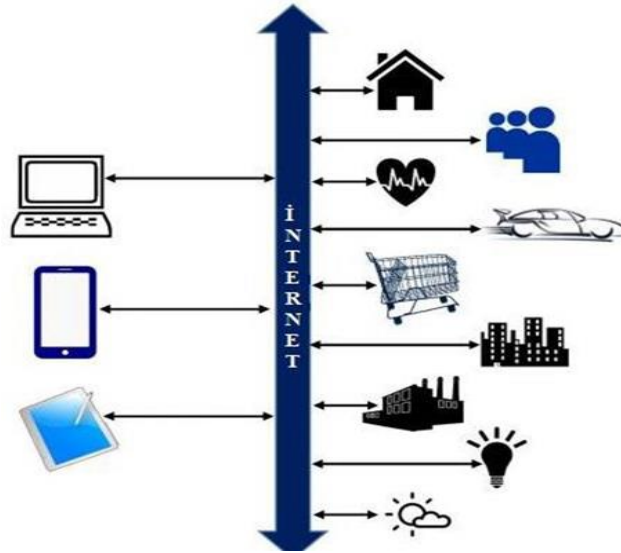
Yukarıda yer alan **Şekil 2.23**'teki dijital tedarik zincirine bakıldığında zaman, tedarik zinciri yöneticilerinin dijitalleşmiş çağa dönüşümünü öncülük etmeleri için sadece kendi fonksiyonları ile alakalı güçlükler ile fırsatları tanımlamaları yetersizdir. Bunun yanında şirketin tamamının, ürün ile hizmetlerinin dijital dönüşümü ile tedarikçilerin yolunu ele alarak müşteriler ile diğer pazar iştirakları ile iletişime girmeleri gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetiminin (SCM) iş modelinin dijitalleşmesine ne şekilde katkı sağlayabileceği, SCM'nin dijital dönüşüm gündemini açıklamak kadar kritiktir [**Kearney ve WHO, 2015: 4**].

DSC, endüstri alanındaki en popüler terimlerin başında gelmektedir. Uzmanlar tarafından dijitalleşmenin hem lojistik endüstrisi hem de tedarik zinciri yönetiminde bir devrim yaratacağı ifade edilmektedir. Teknolojiye yönelik yapılan mevcut yatırım, DSC'nin ne derece önemli olduğunu gözler önüne sermektedir. Bunun yanında tedarik zinciri yöneticileri DSC'nin kritik ekonomik yararlar getirmesini de beklemektedir. Tedarik zinciri kavramı, kendi başına bir iş olmaktan ziyade, dijital işletmelerin güvenine dayanmaktadır. DSC ile yüksek dijital operasyonlara sahip olan kurumlar, senelik %2,9 oranında bir artış sağlar iken, senelik %4,1 verimlilik artışı da bekleyebilirler. İşletmeler, hem dijital dönüşümden vazgeçemezler hem de hayatta kalabilmeyi bekleyemezler [Büyüközkan ve Göçer, 2018: 173].

Dijital tedarik zinciri yöneticileri, dijital dönüşümle birlikte tedarik zincirinin tüm aşamalarında daha iyi kararlar alınmasını ve süreçlerin optimize edilmesini sağlayarak verimlilik, maliyet tasarrufu ve müşteri memnuniyetini artırabilirler. Bu da, tedarik zincirindeki tüm aktörler için daha yüksek verimlilik, maliyet tasarrufu ve müşteri memnuniyeti anlamına gelir. Dijital tedarik zinciri çerçevesi, bu hedeflere ulaşmak için kritik bir yapı sunar.

2.5.7. Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti (Internet of Things and Services)

Bu başlık altında ele alınacak olan Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti, ev aletleri ya da sensörler gibi fiziksel nesnelerle fiziksel bir şekilde açıklanamayan hizmetlerin kesintisiz entegrasyonunu sağlayan bir ağ arayüzüne dayanır [Leusse vd., 2009: 47]. Bu kavram, nesnelerin ve hizmetlerin internet üzerinden birbirleriyle iletişim kurmasını ve veri alışverişinde bulunmasını mümkün kılarak, izleme, kontrol etme ve optimize etme süreçlerini etkin bir şekilde gerçekleştirebilmesini sağlar.



Kaynak: Weinberg vd., 2015: 618.

Şekil 2.24: Web Tabanlı İnternet Ortamından Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bir Ortama Geçiş.

IoT, yukarı yer alan **Şekil 2.24**'te de görülen cihazları, tüketicilerin internet aracılığıyla direkt olarak erişebilmesini sağlayan teknolojilerin çok ötesine geçip, doğal ve fiziksel dünyanın çok daha fazlasının internetin aracılığıyla erişilebilir olmasını mümkün kılar [**Weinberg vd., 2015: 617-619**]. IoT, veri toplama süreçlerini geliştirir, gerçek zamanlı yanıtlar sağlar, cihazlara erişimi ve kontrolü artırır, verimliliği ve üretkenliği artırır ve teknolojileri birbirine bağlayarak kuruluşlara büyük faydalar sunar.

Endüstriyel İnternet adı ile de bilinen IoT, birbirleri ile iletişime girebilen farklı makine ile cihaz ağları şeklinde öngörülen yeni bir teknoloji paradigmasına verilen isimdir [**I. Lee ve K. Lee, 2015: 431**]. Bahsi geçen sistem, ağ adres nizamı, benzersiz ve kapsamlı veri teknolojileri, algılama sistemleri, iletişim sistemleri ve sisteme akıllılık niteliği kazandıran araçları bir araya getirerek, fiziksel ve dijital dünyaların bir araya geldiği ve devamlı olarak simbiyotik bir etkileşim içine girdiği yapı oluşturur [**Borgia, 2014: 1**].

Teknolojik olarak bakıldığında zaman, yeni, sözde hizmet ekonomisi içerisinde hizmetlere destek vermek ve hizmet sunmak adına internet ölçeğinde altyapıların geliştirilmesi bazı güçlükleri de ortaya çıkarmaktadır. Bu zorluklar, büyük veri yönetimi, siber güvenlik, veri bütünlüğü ve hizmetlerin ölçeklenebilirliği gibi alanlarda kendini gösterebilir. İş penceresinden bakıldığında zaman, değer hizmetler ile ne şekilde yaratıldığını tekrar düşünmemizi de sebep olacaktır. Bu yeni değer yaratma süreçleri,

müşteriye özelleştirilmiş hizmetler sunma, hizmetleri daha hızlı ve verimli bir şekilde sağlama ve müşteriye daha fazla katma değer sunma üzerine odaklanacaktır.

Hizmetler İnterneti, işletmelerin hizmet sunum sürecini optimize etmelerine, müşteri memnuniyetini yükseltmelerine ve son olarak da maliyetleri düşürmelerine yardım edebilir. Örneğin, akıllı şehir uygulamaları, sağlık hizmetleri, finansal hizmetler ve eğitim alanlarında Hizmetler İnternet'inin kullanımı, bu sektörlerde devrim niteliğinde değişiklikler yapabilir. Bu değişiklikler, hizmetlerin daha erişilebilir, daha verimli ve daha kullanıcı dostu olmasını sağlayarak, toplum genelinde yaşam kalitesini artırabilir.

Sonuç olarak, Hizmetler İnterneti, işletmeler ve tüketiciler için geniş fırsatlar sunan, ancak aynı zamanda bir dizi zorluğu da beraberinde getiren bir kavramdır. Bu kavramın başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi, hem teknolojik hem de iş modelleri açısından yenilikçi çözümler gerektirecektir.

2.5.8. Radyo Frekanslı Tanımlama (Radio Frequency Identification)

RFID, nesnelerin otomatik şekilde açıklanması gereken uygulamalarda mükemmel verimlilik üstünlükleri sağlayan, gelişen teknolojidir. Bu sistemler, kişiler, ürünler ya da hayvanlar ile alakalı bilgilerin, daha geniş bir tabir ile, otomatik şekilde alınması adına kullanılmaktadır. Nesne, RFID etiketi ismi ile bilinen küçük bir devreyle donatılmıştır ve ortamda depolanmış olan bilgiler bir okuyucu cihazca otomatik şekilde alınabilir. Bahsi geçen nitelik, endüstriyel uygulamalarda malların izlenebilmesi adına ya da erişim sistemlerinde kullanılabilir **[Feldhofer vd., 2004: 357]**. Bu sistemler görüş hattına ihtiyaç duymaz ve temassız olarak çalışır. Enerji ve veri, radyo frekansı ile iletilir.

RFID etiketlerinin tedarik zinciri boyunca sürekli ve kesintisiz iki yönlü iletişimi sağlama özelliği, etiketi taşıyan bir nesnenin, barkodlardaki gibi, otomatik makinelerce insan müdahalesi ya da manipülasyon olmaksızın ağa bağlanabileceği manasına karşılık gelmektedir **[Schuster vd., 2007: 15]**. RFID, operasyon çizelgelemeyle üretim kontrolünde, proses güvenliğiyle kilitlemeyi garanti altına almak adına kullanılabilir. Malzeme kapları ya da malzemeler eşsiz bir kullanıcıyla donatılmışsa (barkod ya da RFID ile sağlanır), Üretim Yönetim Sistemi, sonraki imalat adımına başlamadan evvel önceki işlem adımlarının tamamının başarılı biçimde yürütülmesini sağlar **[Günther**

vd., 2008: 3-4]. Bunun dışında, üretim siparişi verileriyle üretim değişkenleri, üretim adımlarının ilkinde RFID etiketine de yazılabilir ve sonrasında Üretim Yönetim Sistemi adına hızlı veri bakımıyla yedeklilik sağlayıp okunur, sonrasında ise güncellenir.

Yeni üretim paradigmaları Endüstri 4.0'ın eline geçmiştir ve aralarında Akıllı Fabrika konsepti oldukça büyük öneme sahiptir. Bu konsept, Üretim Yürütme Sisteminin atölye katın ile Kurumsal Kaynak Planlama düzeyinin entegrasyonuna dayanır. Ürün veri toplama adına popüler çözüm hiç şüphesiz ki RFID sistemidir. Endüstri 4.0, akıllı ürünlere dayanan üretimi temsil etmekte olan akıllı fabrika konseptine vurgu yapmıştır. Akıllı ürünler eşsizdir, ilgili sebepten dolayı tanımlanabilir nitelikte olmaları, herhangi bir zaman içerisinde konumlandırılmaları ve müşteriye erişebilmek adına kendi geçmişlerini, var olan durumlarını ve son olarak da alternatif rotalarını iyi bilmeleri lazımdır. Barkodlar gibi normal bir ürün izleme teknolojisinden çok daha gelişmiş teknolojiye gereksinim duyarlar. Bahsi geçen ihtiyaçları sağlayabilen teknoloji hiç şüphesiz ki RFID teknolojisidir. Bahsi geçen teknoloji, hafızasına verileri depolamak adına RFID etiketlerine ve etikette bulunan verileri okuyabilmek ya da etikete veri yazabilmek adına RFID antenlerine dayanır. Bu teknoloji zaten çok iyi bilinmekte olan bir teknolojidir, ilgili sebepten dolayı Üretim Yürütme Sistemine uygulanabilir **[Mladine vd., 2019: 384-385]**. Kurumsal Kaynak Planlama sistemi ile ilişkili bu tip canlı üretim takibi üretimin planlamasını büyük oranda iyileştirebilir. RFID etkili Üretim Yürütme Sisteminin ana gayesi, gerçek zamanlı üretim yürütme bilgilerine sahip olmaktır.

RFID, insanlar ile nesnelerin otomatik olarak tanımlanması adına olan bir teknolojidir. RFID cihazı - genellikle RFID etiketi şeklinde isimlendirilir - kablosuz veri iletimi adına tasarlanmış olan küçük bir mikroçiptir. Genel manada, normal yapışkan bir çıkartmaya benzeyen pakette bir antene bağlanır. RFID, popüler basın ile akademik çevrelerde son birkaç senede ilgi çekici bir konuya dönüşmüştür. Bunun kritik bir sebebi, Procter ve Gamble, WalMart ve Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı vb. gibi önemli kuruluşların, tedarik zincirlerini otomatik denetleyebilmek adına bir aracı olarak RFID'yi dağıtma uğraşlarıdır. Güçlü RFID standardizasyonunun kombinasyonu ve düşen etiket maliyetlerinin sayesinde, dünya genelinde RFID kullanımı hızlı bir şekilde yayılmaya başlamıştır **[Juels, 2006: 381]**.

2.5.9. Robotlar ve Cobotlar (Robots and Cobots)

Robot, çevresini algılayabilen, hesaplamalar yaparak karar verebilen ve gerçek dünyada da eylemler gerçekleştirebilen özerk makinedir **[Guizzo, T.Y.]**. Genel manada dahili bir bilgisayardan kontrolü sağlanabilen robotlar, görsel, sesli ve dokunsal sensörlerle diğer araç ve cihazlarla donatılarak belirli programlanmış işleri gerçekleştirebilir **[businessdictionary, T.Ya.]**.

Endüstriyel robotların, kinematik serbestlik düzeyleri ve yönetilebilir aletlerin, sensörlerle diğer çevre cihazlarının çok yönlü olmasına bağlı şekilde kritik bir esnekliği vardır. Fakat, yeni ya da değiştirilmiş herhangi bir ürünün tanıtımında robot sisteminin tamamını programlamak ve de yapılandırmak amacıyla gereken çaba oldukça yüksektir ve bahsi geçen durum, robotların sahip oldukları esnekliği sınırlamaktadır **[Michniewicz ve Reinhart, 2014: 566-567]**. Bahsi geçen sebepten dolayı, endüstriyel ortamda yer alan robotlar genel manada az değişkenlik ile uyarlanabilirlikle yineleyen, öncesinde tanımlanmış işler amacıyla kullanılır.

Robotlar, modern üretim sanayinde kritik bir role sahiptir. Endüstri 4.0'ın kritik bir yüzü niteliğindeki robotlar, esneklik, çok yönlülük, güvenlik ve işbirliğine odaklanıp görevleri akıllıca bitirebilen özerk imalat metotlarını desteklemektedir. Endüstriyel inkılabı kolaylaştırmak adına güncel teknolojik yenilikler ile daha çok endüstriyel robot geliştirilmektedir. Bahsi geçen akıllı robotlar, bireyleri sadece kapalı ortamlarda basit bir şekilde yapılandırılmış çalışma akışlarında değiştirmez. Endüstri 4.0'da insanlar ile robotlar birlikte çalışacak, sahip oldukları görevleri birbirine bağlayıp akıllı sensör makine-insan arayüzlerini kullanacaklardır.

Robotların kullanımı farklı fonksiyonları kapsayacak biçimde genişlemektedir: lojistik, üretim, belgeleri dağıtabilmek adına ofis yönetimi ve uzaktan denetlenebilirlik bahsi geçen alanlardandır. Herhangi bir sorun ortaya çıktığı zaman, çalışan bir cep telefonundan web kamerasıyla bağlantılı mesaj alacaktır **[Bahrin vd., 2016: 139]**. Bu sayede sorunlar görülebilir, ertesi gün geri dönülene dek işlemin sürmesi adına çeşitli talimatlar verilebilir. İlgili kapsamda, fabrika 7/24 anlık çalışır halde olacaktır.

2.5.10. Sensörler (Sensors)

Günlük hayatımızda, otomasyon çeşitli faaliyetlerde kendini göstermektedir. Örneğin, cep telefonlarını kullanarak ışıkları ve vantilatörleri açmak, mobil uygulamalarla televizyonu kontrol etmek, oda sıcaklığını ayarlamak ve duman detektörlerini izlemek gibi işlemler otomasyon sayesinde gerçekleştirilebilir. Gömülü sistemlere dayalı ürünler, genellikle yerleşik sensörler içerir. Bu sensörler, mobil kontrollü kapalı devre televizyonlar, kameralar, hava izleme ve tahmin uygulamaları gibi birçok uygulamada kullanılır. Sensörler, özellikle sağlık hizmetleri izleme ve tespitinde çok hayati bir rol oynamaktadır [Vidya, T. Y.]. Bu nedenle, uygulama bazlı bir sensör oluşturmadan önce, bir sensörün ne yaptığı ve kaç çeşit sensör bulunduğu iyi anlaşılmalıdır.

Sensörler, optik ya da elektriksel sinyalleri algılamak, cevap vermek adına sıklıkla kullanılmakta olan karmaşık cihazlara verilen isimdir. Bir sensör, sıcaklık, nem ya da kan basıncı gibi fiziksel değişkeni elektriksel olarak ölçülebilir bir sinyale dönüştürür [engineersgarage, 2011]. Bahsi geçen sensörler, sınırlı enerji ile iletim kabiliyeti bulunan düşük maliyete sahip küçük cihazlardır [Buch ve Jinwala, 2010: 1]. Hedef ölçümleri ile performansları üzerinde etkili olabilecek diğer girdi miktarları karşısında duyarsız olmak durumundadırlar [Kalantar-zadeh, 2013: 2]. Genel bir norm olarak, sensörler doğru, güvenilir, kararlı ve son olarak da çoğunlukla düşük maliyetli bir algılama sağlamaktır.

Sensörlerin Sınıflandırılması:

Çeşitli yazarlar ile uzmanlarca yapılan farklı sensör sınıflandırmaları mevcuttur. Kimileri basitken kimileri ise fazlaca karmaşık bir yapıya sahiptir. Sensörlerin basit gruplandırması aşağıdaki gibidir [electronicshub, 2017]:

1. Aktif ve Pasif Sensörler
2. Algılama Araçlarına Göre Sensörler
3. Dönüşüm Fenomenine Göre Sensörler
4. Analog ve Dijital Sensörler

Sensörlerin Dijitalleşme ve Büyük Veri ile Geleceği:

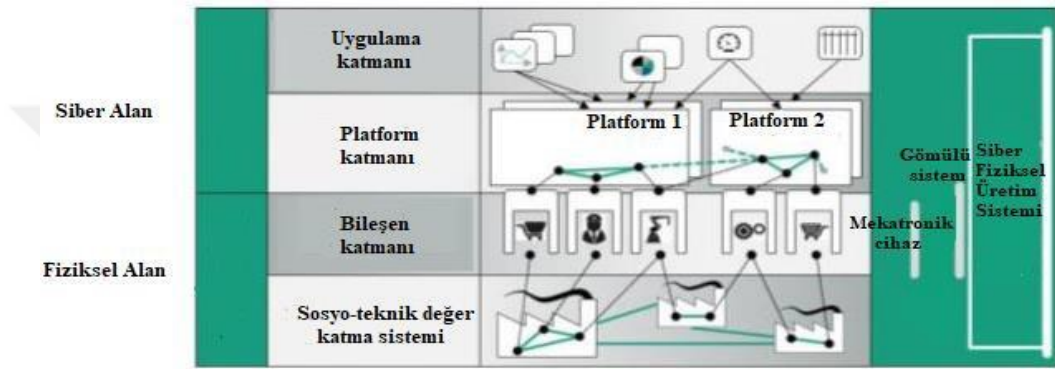
Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları ile sensörlerinin, dijitalleşme ile büyük veriyle gelecekteki 5-10 senede bütün imalat sanayisini ne şekilde değiştirebileceği noktası uzun süreden bu yana tartışılmaktadır. Gelecek dönemdeki akıllı fabrikaların, kalitatif ile kantitatif malzeme bilgilerini güvenilir ve ekonomik sensörler ile imal etmeleri halinde büyük yararlar sağlayacağı açıktır. Kendi kendine öğrenme algoritmaları, bahsi geçen süreç içerisinde çok önemli bir rol üstlenecek ve bulut bağlantılı sensörler, IoT'un gelecek yıllarda neler yapabileceğine dair önemli bir örnek teşkil edecektir. Yeni uygun fiyatlı sensörler ve bulut bilişim algoritmalarının birleştirilmesiyle mevcut birçok üretim problemi çözülebilir. PwC'nin 2000'den fazla şirketle yaptığı pazar araştırmasına dayanıp, şirketlerin büyük bir kısmının (%72) dijitalleşmede ileri düzeye erişmek istediği saptanmıştır [spectralengines, 2018]. Dijitalleşme, gelecek dönemlerdeki fabrika konseptlerinin temel zorlayıcı etkeni niteliğinde olacaktır. Bahsi geçen Endüstri 4.0, bütün üretim esaslı endüstrilerin ortamının da değişmesine yol açacaktır. Gerçek zamanlı malzeme bilgisi üretebilmek adına akıllı sensörlerle doldurulması gereken bir boşluğun olduğu aşikardır.

2.5.11. Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems)

Siber Fiziksel Sistemler (CPS): Cihazlar, altyapılar, binalar ve son olarak da üretim tesisleri vb. gibi çok daha büyük sistemlere gömülü olan teknik sistemlere CPS adı verilmektedir. Bu sistemler, ortamdaki verileri toplar, kaydeder ve yorumlar, ardından bu verilere dayanarak ortamda bulunan sinyallere reaksiyon gösterir. Öteki teknolojilerin tersine, CPS, küresel ve yerel çapta insan aktörler ile öteki cihazlarla etkileşim kurabilir ve de kendilerini düzenleyebilirler [Reischauer, 2018: 27]. Bahsi geçen sistemler, ulaşım ile enerji sektörü vb. gibi önemli altyapılara ve bunun yanında genellikle seneler boyunca bütün endüstriyel kontrol sistemlerine entegre edilmiştir. Esnek, akıllı ve de kendinden uyarlanabilir makineler erişimin birincil amacı, son senelerde sensörlerin artış gösteren satın alınabilirliği ile yeni iletişim ağları ile protokollerinin hızlı gelişimiyle kolaylaştırılmıştır. Bu, sürekli yüksek miktarda veri üretimiyle IT ile entegrasyonla neticelenmiştir. Belirgin örneklerden bir tanesi de hiç şüphesiz ki Bulut Bilişim'dir [Lopez ve Rubio, 2018: 46-47]. Endüstri, üretim zincirinin tamamında buluttan ulaşılabilen bir tedarikçi ağınca esnek biçimde

üretildiği, iş ortakları ve müşterilerin arasında geniş kapsamlı bir entegrasyonun bulunduğu bir modele doğru dönüşmektedir.

Bu sistemlerin en önemli özelliklerinden biri, akıllı, esnek ve kendini uyarlayabilen yapılarının yanı sıra, verileri toplama, analiz etme ve bu verilerle anında tepki verme kabiliyetidir. CPS'nin etkin çalışabilmesi için, verilerin sürekli olarak yüksek doğrulukla toplanması ve bu verilerin analiz edilerek sistemin ihtiyaçlarına uygun şekilde aksiyon alınması gerekmektedir. Bu da, CPS'nin, üretimden lojistiğe, enerjiden ulaşım sistemlerine kadar geniş bir yelpazede uygulanabilmesini sağlar.



Kaynak: Yıldız, 2018: 549.

Şekil 2.25: Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri.

Yukarıda yer alan **Şekil 2.25**'de de açık bir şekilde gösterildiği üzere CPS, ağların birden çok sensör, kontrol işlem birimi ile iletişim cihazına başvurularak entegre olmasını gerçekleştirmektedir. Endüstri 4.0 genel manada, siber-fiziksel sistemler fiziksel süreçler ile hesaplamanın bütünleştirilmesi anlamına gelmektedir [**Yıldız, 2018: 549**]. Bu, imalat sürecinde kontrol, şeffaflık, gözetim ve verimliliğin tümüyle yeni bir düzeyini sağlamaktadır.

Siber-Fiziksel sistemler genellikle kontrol kuramının geliştirilmesi ile çok farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerin arasında gelişme kaydeden bileşenlerin arasında karmaşık bağlantılara sahip sistemlerin işlemesine odaklanmıştır [**Stanescu vd., 2014: 245-246**]. Bu sistemler, endüstriyel süreçlerde otomasyon ve verimlilik sağlamak amacıyla tasarlanmıştır ve bu amaca ulaşmak için çeşitli bileşenlerin koordineli bir şekilde çalışmasını gerektirir.

2.5.12. Siber Güvenlik (Cyber Security)

Bu başlık altında ele alınacak olan siber güvenlik, günlük hayatlarında internete başvuran kimselerin güvenceye alınması ve korunması noktasında kritik rol üstlenmektedir. Fakat son senelerde iletişim, bilgi, alışveriş, eğlence, e-sosyal etkinlikler, eğitim, mali işlemler, dosya paylaşım hizmetleri, iş arama ile indirme gibi pek çok amaç için geliştirilmiştir. Bahsi geçen internet kullanımı amaçları, hem insanlar hem de toplumlar açısından avantajlar ve dezavantajlar doğurmaktadır. İnternet kullanımının sahip olduğu dezavantajlara sabotaj, illegal içerik, kimlik hırsızlığı, anlık dolandırıcılık, casusluk ve son olarak da siber terörizm örnek olarak verilebilir. Siber güvenlik ilgili sebepten dolayı, internet kullanım ortamında kritik bir rol üstlenmekte ve interneti kullanan kimseler ile kurumların güvende olabilmelerini garanti etmektedir.

Siber güvenliğin barındırdığı anlam, çeşitli bağlamlarda farklılık arz edebilmektedir. Bazı hallerde, mali terimler ya da kültürel ve sosyal terimler ile hatta askeri ve politik terimler ile yakından ilgilidir. Yaygın şekilde kullanıldığı üzere, “siber güvenlik” 3 şeyi anlatır **[Maskun vd., 2013: 255-257]**:

1. Bilgisayarlar ağlarını, bilgisayarları, ilgili donanım ile cihazları, cihazların yazılımını, tüm veriler de dahil içermiş oldukları ve bağlantı kurduğu bilgileri ve bunun dışında diğer gizlilik öğelerini içeren - saldırı, bozulma gibi-tehditlerden korumayı amaç edinen bir dizi çalışma ile diğer tedbirler.
2. Bahsi geçen türdeki tehditlerden korunma kalitesi ya da durumu.
3. Analiz ile araştırma da dahil, ilgili faaliyetler ile kalitenin hem uygulanması hem de iyileştirilmesine ilişkin geniş çaba alanıdır.

Siber Güvenlik Yatırımları:

Bilgi güvenliği yöneticileri, siber güvenlik kaynaklarına yatırım esnasında etkili karar alma stratejilerine başvurulması büyük önem taşımaktadır. Bu metodolojilerinin gayesi, bir kuruluşun var olan bir bütçe doğrultusunda yararını maksimum seviyeye taşıyan bir dizi siber güvenlik kontrolünün seçimine sebep olmasıdır **[Fielder vd., 2016: 13-14]**.

Siber Üretim Sistemi:

Bu başlık altında ele alınacak olan Siber Üretim Sistemi, fiziki unsurların bilgisayarlar ile internet de dahil farklı ağlardan hesaplama işlemleri ile sorunsuz biçimde bütünleştirildiği gelecekteki fabrikalar açısından bir vizyondur. Yeni ürün geliştirmeye üretim süreçleri, her yerde olan bağlantıdan faydalanır; bu durum da yüksek verimlilik, düşük maliyet ile daha yüksek bir sürdürülebilirlik sunar **[Wu ve Moon, 2019: 820]**. Fakat, bu ayrıca siber-fiziksel tehditler adına saldırı yüzeyini genişlettiğinden dolayı sıkı tedbirlerin alınmasını gerektirir.

Siber Güvenlik Riskleri ve Değerlendirme:

Siber güvenlik risklerinin bütünsel değerlendirmesi, yazılım, donanım, insan ile çevre etkenlerini kapsayan karmaşık, çok seviyeli ve çok bileşenli bir problemdir. Bütünsel, prediktif bir siber güvenlik riski değerlendirme modeli geliştirme uğraşlarının bir parçası şeklinde, savunucuları, kullanıcı davranışlarını ve son olarak da saldırganların siber güvenlik risklerini ne şekilde etkilediğini anlamak adına insan etkenlerinin tanımlanması lazımdır. İlgili konu, dar bir iş riski değerlendirme kuramına dayandırılmıştır. Fakat, savunma ortamına bakıldığında zaman, kullanıcıyı, savunucusunu, bilgi teknolojisi analistini ve son olarak da saldırganı dikkate alıp siber güvenlik riskinin çok daha bütünsel olması lazımdır **[Henshel vd., 2015: 1117-1118]**.

Son dönemlerde açığa çıkan virüslerin keşfedilmesi, siber güvenliğin firmalarca ne şekilde uygulandığı ile sürdürüldüğü hususunda önemli bilgi boşluklarının bulunduğunu göstermiştir **[Martellini, 2013: 43]**. Siber güvenlik, bilgi sistemlerinin siber saldırılardan dolayı karşı karşıya kaldığı tehditlerin önüne geçmek, hazırlamak, çözümlmek ve cevap vermek adına potansiyel hedeflerin gerçekleştirmiş olduğu genel koordineli tedbirler ile eylemleri kapsamaktadır.

Siber güvenlik, internet kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte daha da önem kazanan bir alan haline gelmiştir. Bu nedenle, bireylerin ve kurumların güvenliğini sağlamak için sürekli olarak gelişen tehditlere karşı etkili stratejiler ve yatırımlar yapılması gerekmektedir.

2.5.13. Simülasyon (Simulation)

Bir modeldeki dinamik süreçleri ile gerçek sistemin tekrardan üretimine simülasyon adı verilir ve asıl gayesi, gerçeklik adına aktarılabilir sonuçlara erişmektir. Simülasyon genel manada, bir simülasyon modeli ile belli deneyleri hazırlamak, değerlendirmek ve uygulamak anlamlarına karşılık gelir [Bangsow, 2010: 2]. Simülasyon, analitik açıdan çözülemeyen karmaşık stokastik sistemlerin performansını öngörebilmek ve değerlendirmek amacıyla başvurulmuş bir araç anlamına gelir. Simülasyon optimizasyonu konusundaki yapılan son çalışmalar ile bilgisayar gücündeki patlayıcı büyüme, sistemlerin hem tasarımını hem de işlemlerini direkt optimize etmek amacıyla simülasyonları kullanmayı olası hale getirmiştir. Bunun dışında, her yerde olan algılama, yaygın bilgisayarın kullanımı ile benzeri görülmeyen sistemlerin arası ilişkiler, yeni bir sanayileşme dönemi niteliğindeki Endüstri 4.0 (ya da Endüstriyel İnternet) adına kullanılmaktadır [Xu vd., 2016: 310].

Aşağıda yer alan **Tablo 2.6** üzerinde 1960'lı senelerden bu yana gelişmekte olan simülasyon paradigmasının temel yönleri gösterilmektedir. Bahsi geçen Endüstri 4.0 paradigması, imalat ile diğer sistemlerin sanal fabrika konseptinin üzerinden modellenmesi ile işlem kontrolünde operasyonel sistemlere özerk ayarlamayı da kapsayan, gelişmiş yapay zekayı kullanılmasını gerekli kılar. Yeni simülasyon modelleme paradigması, en iyi biçimde “Dijital İkiz” kavramıyla temsil edilmektedir. Bu kavram, simülasyon modellemesinin, ürünlerin ilk defa sanal ortamda tam manasıyla geliştirildiği ve de test edildiği ürün yaşam döngüsünün aşamalarının tamamına yayılmasını anlatır. Sonraki adımlar, daha önceki ürün yaşam döngüsü adımlarında imal edilen ve toplanmış olan bilgilere başvurur [Rodič, 2017: 196]. Gerçek yaşam verilerinin tasarımda bulunan simülasyon modelleriyle birleştirilmesi, gerçekçi bilgiler temelli doğru verimlilik ile bakım tahminleri sunar.

Tablo 2.6: Simülasyon Modelleme Paradigmasının Evrimi.

Bireysel başvuru: Simülasyon, uzmanlar tarafından örneğin mekanik gibi çok özel konularla sınırlıdır. 1960+	Simülasyon araçları: Simülasyon, özel tasarım ve mühendislik sorularını cevaplamak için standart bir araçtır, örneğin; akışkan dinamiği. 1985+	Simülasyon Tabanlı Sistem Tasarımı: Simülasyon, gelişmiş uygulama yelpazesi, örneğin model tabanlı sistem mühendisliği ile çok seviyeli ve çok disiplinli sistemlere sistemik bir yaklaşım sağlar. 2000+	Dijital İkiz Kavramı: Simülasyon, tüm yaşam döngüsü boyunca, örneğin; operasyon verilerine doğrudan bağlantı ile operasyon ve servis desteği. 2015
--	---	--	---

Kaynak: Rodič, 2017: 196.

Endüstri 4.0 teknolojileri, çeşitli yapılandırmaların gerçek uygulamaların öncesinde denenerek test edilebilecek olduğu simülasyon senaryolarının dağıtımını kolay hale getirecektir. Böylece kompleks yapıdaki sistemlerin yerleştirilmesine imkan sunacaktır. Değişikliklerin süreç davranışını ne şekilde etkileyebilecek olduğunun simülasyonu, ilgili hizmetler ya da kaynakların son kullanıcılar adına nihai katma değeri ne şekilde etkileyeceği öngörüsünde kritik bir üstünlük sağlar [Dopico, 2016: 411].

Simülasyonlar, genel manada makineleri, fiziksel dünyayı, ürünler ile insanları kapsayabilecek sanal modelde yansıtmak adına gerçek zamanlı bilgilerden faydalanacaktır. İlgili durum, operatörlerin fiziksel değişiklik öncesinde sanal dünyada, bir sonraki ürün adına makine ayarlarını hem optimize hem de test etmelerini olası hale getirir. Bu sayede makine kurulumu zamanları azalır ve kalite artar [Bahrin vd., 2016: 139]. Bu yöntem, Endüstri 4.0'ın sağladığı esneklik ve verimlilik avantajlarını tam anlamıyla kullanarak, üretim süreçlerinin daha etkin ve dinamik bir şekilde yönetilmesine yardımcı olur.

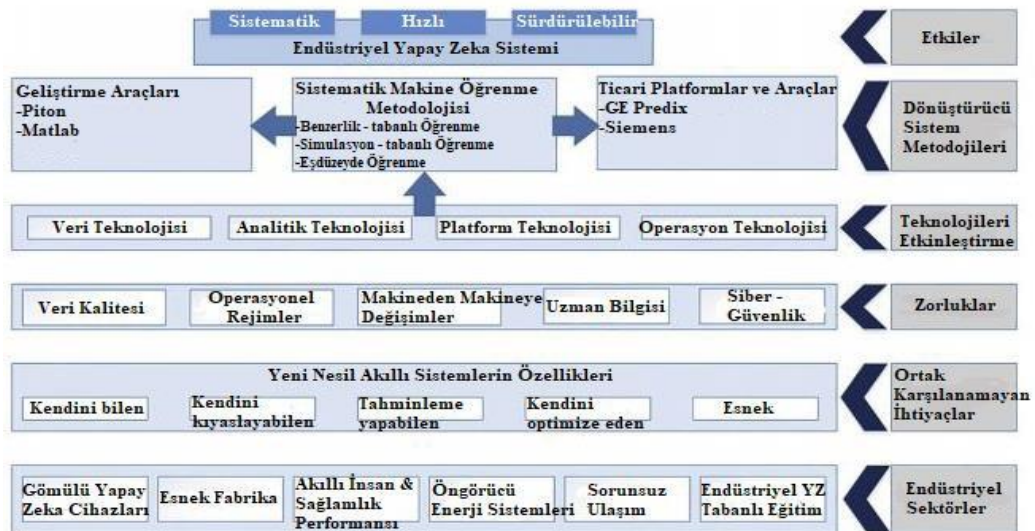
2.5.14. Yapay Zeka (Artificial Intelligence)

YZ, bir makineye beslendiği zaman makineyi insanların zekasını sergileyen bilgisayar programı geliştirme bilimi ile mühendisliği şeklinde açıklanabilir [Agwu vd., 2018:

301]. Akıllı makineler yaratma amacı besleyen yapay zekâ, esasen bilgisayar bilimi dalıdır ve teknoloji sanayisinin kritik bir parçası konumuna gelmiştir. Yapay zekâyla alakalı çalışmalar fazlaca teknik ve de uzmanlık gerektiren bir daldır. Yapay zekânın barındırdığı temel sorunlar, bilgisayarlara insani birtakım niteliklerin programlanmasıyla alakalıdır [**Techopedia, T.Y.:**

- Bilgi
- Sorun çözme
- Akıl yürütme
- Öğrenme
- Nesneleri manipüle etme ile taşıma yeteneği
- Algı
- Planlama

YZ'nın asıl gayesi, akıllıymış gibi hareket eden makineler geliştirebilmektir. YZ, bilgisayar kontrollü robotlar ya da dijital bilgisayarların, normalde bireylerin daha yüksek entelektüel işleme yetenekleri ile alakalı problemleri çözme becerisini kapsar. YZ, bilgisayarların günümüzde insanların çok daha iyi konumda olduğu işleri yapabilmelerini sağlamayı amaçlayan bir çalışmadır [**Ertel, 2011: 2-3**].



Kaynak: Lee vd., 2018: 21.

Şekil 2.26: Endüstriyel Yapay Zekâ Ekosistemi.

Yukarıda yer alan **Şekil 2.26**, endüstri için dönüştürücü YZ sistemleri geliştirebilmek adına güçlükler, gereksinimler, teknolojiler ile metodolojiler adına sıralı düşünme stratejisi tanımlayan tavsiye edilen Endüstriyel YZ ekosistemini göstermektedir. Bahsi geçen şemaya uygulayıcılar, Endüstriyel YZ geliştirme ile dağıtımına adına bir strateji yaratırken sistematik rehber olarak başvurabilirler. Amaçlanan endüstride, ilgili ekosistem; kendini karşılaştırma, kendini tanıma, kendini optimize etme, kendini tahmin etme ve son olarak da esneklik gibi genel giderilmemiş gereksinimleri tanımlar [Lee vd., 2018: 21].

Bahsi geçen çizelgede dört ana etkinleştirici teknoloji bulunmaktadır:

1. Veri Teknolojisi
2. Analitik Teknoloji
3. Platform Teknolojisi
4. Operasyon Teknolojisi

Yukarıda bahsi geçen 4 teknoloji, tavsiye edilen CPS bağlamında konumlandırıldığında çok daha iyi bir şekilde anlaşılabilir. CPS, fiziksel ve yazılım tabanlı bileşenlerin entegrasyonu yoluyla gerçek dünya ile sanal dünya arasında etkileşim sağlar ve bu teknolojiler, CPS'nin etkin işleyişi için kritik öneme sahiptir. Veri Teknolojisi, verilerin toplanması ve işlenmesini; Analitik Teknoloji, bu verilerin analiz edilmesini; Platform Teknolojisi, analiz sonuçlarının entegrasyonunu ve uygulanmasını; Operasyon Teknolojisi ise bu bütünlük sistemlerin işletilmesini ve yönetilmesini kapsar.

Bu ekosistem, endüstriyel yapay zekâ çözümlerinin daha etkili bir şekilde geliştirilmesi ve uygulanması için yapılandırılmış bir çerçeve sunar.

2.5.15. Yatay ve Dikey Entegrasyon (Horizontal and Vertical Integration)

Operasyonel olarak bakıldığında zaman, yatay açıdan entegre bir işletme, çalışmalarını ana yetkinliklerine odaklar, uçtan uca değer zinciri oluşturabilmek adına ortaklıklar kurar. Dikey açıdan entegre bir işletmeye, ürün geliştirmeden pazarlamaya, üretime, satış ile dağıtıma dek değer zincirinin olabildiğince içerde kalabilmesini sağlar. Endüstri 4.0'da bulunan dikey entegrasyon, örgütteki bütün mantıksal katmanları

üretim katından Ar-Ge, ürün yönetimi, kalite güvence, BİT, satış ile pazarlamaya dek birbirine bağlamayı amaç edinir. Veriler, şeffaf ve de serbest bir biçimde ilgili katmanlarda aşağı ve yukarı akar, bu sayede taktik ve stratejik kararlar veriler dayalı bir şekilde olabilir. Dikey açıdan entegre olmuş Endüstri 4.0 şirketi, değişiklik gösteren pazar sinyalleri ile yeni fırsatlara uygun biçimde ve çeviklik ile yanıt verebilmek adına kritik bir rekabet üstünlüğü elde etmektedir.

Endüstri 4.0, yatay entegrasyon mevzu bahis olduğu zaman, emsali görülmemiş seviyede otomasyon, operasyonel verimlilik ile esnekliği imalat süreçlerine dahil etmiş olan bağlı kurumsal sistem ile CPS ağlarını öngörmektedir [Schuldenfrei, 2019]. Bu entegrasyonlar, farklı işletmelerin ve üretim süreçlerinin daha uyumlu ve etkin bir şekilde çalışmasını sağlayarak, verimliliği artırır ve maliyetleri düşürür. Hem dikey hem de yatay entegrasyonun başarılı bir şekilde uygulanması, işletmelere pazarın değişen koşullarına hızlı bir şekilde uyum sağlama ve rekabet avantajı elde etme imkanı verir.



Kaynak: Gehrke vd., 2015: 7.

Şekil 2.27: Endüstri 4.0 Kapsamında Yatay ve Dikey Entegrasyon.

CPS'in tanıtılması ile beraber, fabrikadaki her bir bölüm ağdaki niteliklere sahip bir nesne gibi temsil edilecektir. Makineler birbirleri ile haberleşecek, merkezi olmayan kontrol sistemleri de imalat sırasını optimize edebilecektir. Üretim süreci, ürünlerin her birinin üretim sırası süresince yolunu bildiği standart, küçük ve de birleştirilebilir hamlelerden meydana gelecektir. Aynı üretim hattı üzerinde farklı ürünler bulunabilir ve imalar sürecinde bir değişiklik yapılması halinde işçiler ile makinelerin esnek

olması gerekecektir. İş ortamı, kalifiye personelin imalat sürecinin kontrolünü sağlayabileceği izleme ya da kontrol merkezlerine kayacaktır. Çalışanların bazıları, pek çok gün mobil cihazlar ile evden çalışabilir, zira ağ bağlantılı sistemler şifreli hatlardan yetkili mobil cihaza ulaşabilir. Bahsi geçen değişim ile, ürün geliştiriciler ile imalat personellerinin çalışmaları birbirlerine yaklaşacak ve potansiyel açıdan da birleşecektir. Yukarıda yer alan **Şekil 2.27**, bahsi geçen gelişmeyi bir Endüstri 4.0 fabrikasında göstermekte ve bunun yanında yatay ve dikey entegrasyon ilkelerini göstermektedir [**Gehrke vd., 2015: 7**].

YDE (Yatay ve Dikey Entegrasyon) ile çalışma hayatı, imalat süreçlerinde görülen değişiklikler ile problemlere hızlı bir şekilde yanıt verebilmekte, müşterilere özel ve bireyselleştirilmiş üretim kolay bir hal almakta, kaynak verimliliği artış göstermekte ve son olarak da küresel tedarik zincirinde optimizasyon sağlanmaktadır [**Şahin, T. Y.**].

3. YALIN ÜRETİM VE ENDÜSTRİ 4.0

Dijitalleşme, fiziksel verilerin dijital formata dönüştürülmesi ve dijital teknolojilerin günlük yaşamla bütünleşmesidir. Bu süreç, sadece teknolojinin kullanımını artırmakla kalmamış, aynı zamanda iş yapış biçimlerini, müşteri beklentilerini ve kurumsal süreçleri köklü şekilde dönüştürmüştür. Dijitalleşme ile birlikte hız, verimlilik, esneklik ve erişilebilirlik ön plana çıkmış; işletmeler dijital çözümlerle daha etkin ve rekabetçi hale gelmiştir.

Bankacılık sektörü, bu dönüşümün en belirgin yaşandığı alanlardan biridir. Online bankacılık, mobil uygulamalar ve dijital ödeme sistemleri, işlemleri kolaylaştırırken müşteri deneyimini geliştirmiştir. Aynı şekilde dijital teknolojiler, bankalara veri analiziyle müşterilerini daha iyi tanıma ve kişiselleştirilmiş hizmetler sunma imkânı sağlamıştır.

Bu dönüşüm sadece finans sektörüyle sınırlı kalmamıştır. Eğitimde dijital platformlar, sağlıkta elektronik kayıt sistemleri ve üretimde dijital fabrikalar gibi örneklerle birçok sektör dijitalleşmenin sunduğu avantajlardan faydalanmaktadır.

Sonuç olarak dijitalleşme, teknolojinin benimsenmesinden öte, tüm sektörleri etkileyen kapsamlı bir dönüşüm sürecidir. Bu süreç, işletmelerin dijital çağda ayakta kalmaları ve rekabet gücü kazanmaları için vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir.

3.1. Yalın Üretim Felsefesi ve Endüstri 4.0 Kavramı Arasındaki İlişki

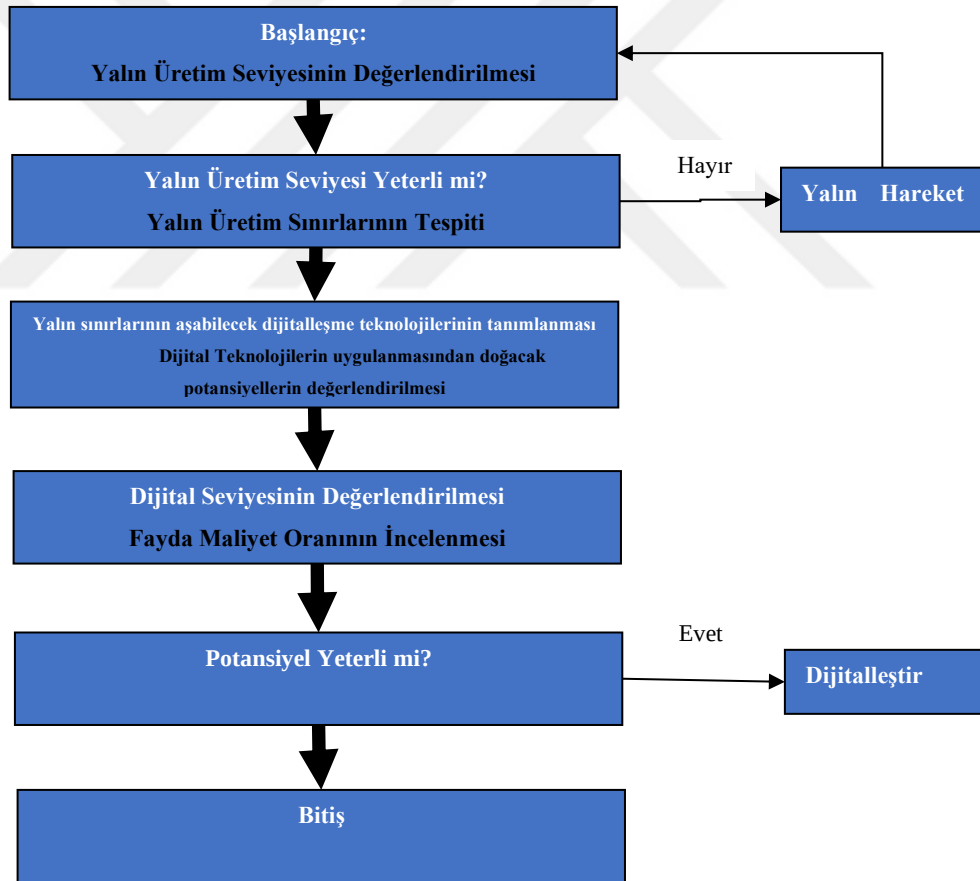
Yalın üretim, müşteri memnuniyetini esas alarak israfı azaltmayı ve süreçleri sürekli iyileştirmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu sistem, özellikle karmaşık ürünlerin üretildiği ortamlarda esneklik ve verimlilik sağlar. Endüstri 4.0 ise, üretim süreçlerine dijital teknolojilerin entegrasyonunu ifade eder. Sensörler, yapay zekâ, veri analitiği ve IoT gibi araçlar sayesinde üretim daha akıllı hale gelir.

Yalın üretim ve Endüstri 4.0 birlikte kullanıldığında, üretim süreçlerinde önemli bir dönüşüm yaşanır. Bu birleşim, gerçek zamanlı veri izleme, üretim süreçlerinin otomatik olarak optimize edilmesi, arıza tahmini ve bakım planlaması gibi pek çok avantaj sunar. Örneğin, makinelerde kullanılan sensörler sayesinde olası arızalar

önceden tespit edilerek plansız duruşlar azaltılır. Böylece zaman ve maliyet tasarrufu sağlanır.

Ayrıca, dijital teknolojiler sayesinde müşteri taleplerine daha hızlı ve esnek yanıt verilir. Bu da işletmelerin rekabet gücünü artırır. Yalın üretim, israfı azaltarak verimliliği yükseltirken; Endüstri 4.0, bu süreci dijital çözümlerle destekleyerek daha sürdürülebilir ve akıllı hale getirir.

Her iki sistem de çalışanların rolüne büyük önem verir. Çünkü sistemlerin etkinliği, çalışanların bilgi, beceri ve katılımıyla doğrudan ilişkilidir. Sonuç olarak, yalın üretim ile Endüstri 4.0'ın entegrasyonu, modern üretim sistemlerinin daha verimli, esnek ve müşteri odaklı hale gelmesini sağlar. Bu da işletmelere hem bugünkü rekabet koşullarında hem de gelecekte önemli avantajlar kazandırır.



Kaynak: Hoellthaler vd., 2018: 525.

Şekil 3.1: Yalın Üretim Sisteminde Dijitalleştirme Potansiyellerinin Belirlenmesi Modeli.

Yukarıda yer alan **Şekil 3.1** üzerinde görülen yaklaşım, yalın üretimin sınırlarını dijitalleşmeyle aşabilmek adına kullanılmakta olan metodolojik bir yolu temsil etmektedir [Hoellthaler vd., 2018: 525]. Yalın üretim düşüncesinde, işletme karşısına çıkabilecek karmaşık durumların üstesinden gelme yöntemi olarak tespit edilmiş olan ilgili modelde, yol haritasına tespit edilen şartlarda esnek biçimde uyulması, yalın imalat yöntemlerinin dijitalleşme ortamında doğru biçimde uygulanmasına da fırsat yaratacaktır.

Bilgi ile iletişim teknolojilerinde görülen yeni imkanlar, yalın üretim ortamları ile eşleşmektedir. Endüstri 4.0 uygulamaları, yalın ilkelerini dengeleme ve bunları destekleme konusunda yardımcı olabilir. Yalın üretim sistemleri içerisinde Endüstri 4.0 matrisi, Endüstri 4.0 entegre uygulamaları tasarlama ile geliştirmeye başlamak adına çerçeve sunmaktadır [Wagner vd., 2017: 130-131]. Bunun dışında, sürdürülebilirliği yalın imalat sistemlerine entegre etmeye ilişkin yaklaşımlar bulunmaktadır ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin entegrasyonu ile genişletilmelidir.

İşletmelerin henüz Endüstri 4.0'ın birçok kısmını uygulamadığı gerçeği, aşağıda yer alan **Tablo 3.1** üzerinde gösterilmektedir. Bahsi geçen verilere dayanarak, bağımsızlık her düzeyde teşvik edilmelidir; ilgili bağımsızlığın sadece daha iyi bir iletişim yolu ile sağlanması mümkündür [Leyh vd., 2017: 990].

Endüstri 4.0'ın yalın üretimle entegrasyonu, işletmelerin dijitalleşme sürecinde karşılaştıkları zorlukları aşmada ve yalın üretim prensiplerini sürdürülebilir kılmada önemli bir adımdır. Bu entegrasyon, üretim süreçlerinin esnekliğini artırırken, müşteri taleplerine daha hızlı ve verimli yanıt verilmesini sağlar. Dijitalleşme ile birlikte yalın üretim, gerçek zamanlı veri analizi, akıllı sensörler ve IoT gibi teknolojilerle desteklenerek, işletmelerin verimliliğini ve rekabet gücünü artırır.

Özetle, dijitalleşme ve Endüstri 4.0 teknolojileri, yalın üretim felsefesinin sınırlarını genişleterek, işletmelerin karmaşık üretim süreçlerini daha etkin ve verimli bir şekilde yönetmelerini sağlar. Bu entegrasyon, işletmelere esneklik, hız, kalite ve sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunar.

Tablo 3.1: Günümüz Fabrikasıyla ve Bir Endüstri 4.0 Fabrikasının Karşılaştırılması.

		Günümüz İmalatı	Endüstri 4.0 İmalatı
Bileşen (Örnek: sensör)	Anahtar Nitelikler	kesinlik	Bireysel tahminlere dayanan bağımsız eylem
	Anahtar Teknolojiler	akıllık sensörler ve arıza tespiti	düşüşün izlenmesi ve faydalı ömür tahmini
Makine (Örnek: kontrolör)	Anahtar Nitelikler	üretkenlik ve performans (kalite ve verimlilik)	bireysel tahminlere dayalı bağımsız eylem ve envanter verilerinin karşılaştırılması
	Anahtar Teknolojiler	durum-tabanlı izleme ve sistem kontrolü	çalışma süresi kaydının tahmini sağlamlık takibinin izlenmesi
İmalat Sistemi (Örnek: İmalat Yönetim Sistemi)	Anahtar Nitelikler	verimlilik ve genel ekipman etkinliği	bağımsız yapılandırılma, bakım ve düzenleme
	Anahtar Teknolojiler	yalın işlemler: iş ve israf azaltma	az bakım gerektiren, kendinden uyarlamalı üretim sistemleri

Kaynak: Leyh vd., 2017: 990.

Yalın otomasyon, otomasyon teknolojisini yalın üretim ile birleştirme fikrini ortaya koyuyor. Son on yılda, bilim bu konuya fazla dikkat etmemiştir. Ancak, Endüstri 4.0 çerçevesinde otomasyon teknolojisinin yalın üretimle birleştirilmesi adına yeni çözümler mevcuttur [Kolberg ve Zühlke, 2015: 1871].

Aşağıda yer alan **Tablo 3.2** üzerinde yalın üretim yöntemleri ile Endüstri 4.0 uygulamaları arasında bulunan ilişki verilmiştir. Yalın üretim düşüncesini benimsemiş olan şirketler, senelerdir ilgili alanda pek çok metot uygulamışlardır. Yüksek teknolojilerde imalat sürecinde hem verimliliğin artması hem de israfın ortadan kaldırılarak sürecin çok daha sade bir duruma gelmesi adına pek çok Endüstri 4.0 yöntemi geliştirilmeye başlanmıştır [Öksüz vd., 2017: 6-9]. Kısaca, Endüstri 4.0 ile yalın felsefedeki metotların birbirleri ile bütünleşik biçimde uygulanması neticesinde, süreç mükemmel bir hale getirilerek yalın üretim metotlarının uyumluluğu çok daha esnek olacak ve bunun yanında müşteri memnuniyetinin en üst düzeye gelmesi de kaçınılmaz olacaktır.

Yalın otomasyon, yalın üretim prensipleri ile Endüstri 4.0 teknolojilerini bir araya getirerek, üretim süreçlerinin daha verimli ve esnek olmasını sağlar. Bu entegrasyon, işletmelerin hızlı değişen pazar taleplerine uyum sağlamalarına yardımcı olur ve rekabet avantajı kazanmalarını sağlar. Ayrıca, yalın otomasyon, israfı en aza indirerek

maliyetleri düşürür ve kaliteyi artırır. Bu yaklaşım, işletmelerin hem operasyonel verimliliği hem de müşteri memnuniyetini artırmalarını sağlayan güçlü bir stratejidir.

Tablo 3.2: Yalın Üretim Teknikleri ve Endüstri 4.0 Teknolojileri Arasındaki İlişki.

	Veri analitiği	Gömülü sistemler	Robotik sistemler	Endüstriyel internet	Bulut sistemler	Simulasyon	Sanal ve artırılmış gerçeklik	Eklemeli üretim	Siber güvenlik	Sensörler	RFID-RTLS Teknolojileri	Mobil Teknolojiler
Jidoka	x		x	x						x		x
Tam zamanında üretim				x	x			x	x		x	
Toplam üretken bakım	x			x		x	x			x	x	x
Kanban										x	x	x
Kaizen	x	x				x				x	x	
Sürekli akış	x			x	x			x		x	x	x
Hücreli üretim	x		x					x				
Heijunka	x	x	x									
Bilgisayarla bütünleşik üretim	x	x	x	x				x	x			x
SMED			x					x		x	x	
Poka-Yoke										x		
Görsel fabrika				x	x	x	x			x		x

Kaynak: Öksüz vd., 2017: 6.

Endüstri 4.0 ve üretim yönetim sistemleri birbirini tamamlayan yaklaşımlardır. Anlık veri takibi sayesinde işletmeler, yalın üretimin temelini oluşturan sıfır stok hedefini daha etkili biçimde uygulayabilir. Bu durum, israfı azaltır, verimliliği artırır ve müşteri memnuniyetini güçlendirir.

Endüstri 4.0 uygulamaları, yalın üretim prensipleriyle birleştiğinde üretim süreçleri daha esnek, izlenebilir ve verimli hale gelir. Akıllı sistemler ve veri analitiği, süreçlerin sürekli iyileştirilmesine destek olur.

Bu uyumlu entegrasyon, işletmelere operasyonel kolaylıkların yanı sıra stratejik avantajlar da sunar. Pazar değişimlerine hızlı yanıt verme yeteneği, işletmelerin rekabet gücünü artırır ve sürdürülebilir büyümeyi destekler.

3.2. Endüstri 4.0'ın Faydaları ve Zorlukları

Endüstri 4.0 endüstriye yeni bir perspektif kazandırmış ve firmaları önemli bir dijital dönüşüm süreci içerisine sürüklemiştir. Bahse konu olan süreci başarılı bir şekilde yönetebilen işletmeler büyük kazançlar elde edecek, rekabet avantajı sağlayacak ve verimliliklerini artıracaklardır. Bununla birlikte, dijital okuryazarlık seviyesinde kendini teknik anlamda yeterince geliştiremeyen bireyler ve bu süreci doğru yönetemeyen işletmeler olumsuz yönde etkileneceklerdir.

Endüstri 4.0'ın Faydaları:

Endüstri 4.0'ın kısa vadede işçi verimliliği, kaynak kullanımı ve son olarak da operasyonel maliyeti düşürme gibi kritik avantajlarının yanında uzun vadeli uçtan uca otomasyon, sürekli talep algılama, kaynak optimizasyonu ile israfların azaltılması gibi avantajları bulunmaktadır [Baygin vd., 2016: 2]. Literatüre dayanarak endüstri 4.0 fırsatları, strateji, çevre ve operasyonlar başlıkları altında gruplandırılabilir.

- Strateji Alanındaki Fırsatlar
- Operasyonel Fırsatlar
- Çevresel Fırsatlar

Endüstri 4.0'ın uygulanmasının, endüstriyel değer oluşturma üzerinde geniş çerçeveli bir etkisi bulunmaktadır.

Kısa Vadeli Avantajlar:

1. Kaynak Kullanımı
2. İşçi Verimliliği
3. Operasyonel Maliyet Azaltma

Uzun Vadeli Avantajlar:

1. Sürekli Talep Algılama
2. Uçtan Uca Otomasyon
3. Kaynak Optimizasyonu
4. İsrafların Azaltılması

Endüstri 4.0'ın Zorlukları:

Endüstri 4.0, firmalara üretim süreçlerinde yüksek verimlilik, esneklik ve hız kazandırırken, bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Dijital dönüşümle birlikte işletmelerin teknolojiyi sadece kullanmakla kalmayıp, tüm örgütsel yapılarıyla buna uyum sağlamaları gerekmektedir. Bu da hem iş süreçlerinde hem de iş gücünde önemli değişimlere neden olmaktadır.

Otomasyon, yapay zeka ve veri analitiği gibi teknolojiler üretim süreçlerini daha akıllı hale getirirken, bazı meslek gruplarında insan gücüne olan ihtiyacın azalabileceği öngörülmektedir. Bu durum, özellikle rutin ve manuel işlerde çalışanlar için işsizlik riskini artırabilir. Bu nedenle istihdam alanındaki değişimler, Endüstri 4.0'ın en çok tartışılan yönlerinden biridir.

Uzmanlara göre bu dönüşüme ayak uydurabilmenin en etkili yolu eğitimidir. Özellikle teknik, bilişim, yazılım, veri bilimi ve robotik gibi alanlarda yetkin bireyler yetiştirmek, hem bireylerin iş bulma şansını artıracak hem de ülkenin küresel rekabet gücünü destekleyecektir. Yeni kuşakların dijital teknolojiyle büyümesi bu uyumu kolaylaştırabilir. Ancak mevcut çalışanların da dijital beceriler kazanması gerekmektedir. Bu bağlamda, sürekli eğitim ve beceri geliştirme programları büyük önem taşır.

Endüstri 4.0'ın zorlukları sadece istihdamla sınırlı değildir. Veri güvenliği, altyapı eksiklikleri, yüksek maliyetler ve dijital eşitsizlik gibi konular da önemli dezavantajlar arasında yer almaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde geniş bant erişiminin sınırlı olması ya da firmaların bu dönüşüm için yeterli sermayeye sahip olmaması, süreci yavaşlatabilir. Ayrıca, bilgi güvenliği ve siber saldırılar da firmalar için ciddi bir risk oluşturmaktadır.

Gelecekte başarılı olmak isteyen firmaların yalnızca yeni teknolojilere yatırım yapmaları yetmeyecektir. Aynı zamanda çalışanlarını bu teknolojilere hazırlamaları, iş süreçlerini yeniden yapılandırmaları ve kurumsal kültürü dijital çağa uygun hale getirmeleri gerekecektir. Bu dönüşüm, sadece teknolojik değil, stratejik ve kültürel bir dönüşüm olarak ele alınmalıdır.

Sonuç olarak, Endüstri 4.0 işletmelere büyük fırsatlar sunarken, beraberinde çözülmesi gereken ciddi sorunları da getirmektedir. Bu sürece uyum sağlamak için devlet, sanayi

ve akademi iş birliğinde kapsamlı bir eğitim reformu, altyapı yatırımları ve bilinçli bir dönüşüm planlaması şarttır. Yeni meslek alanlarının ortaya çıkmasıyla birlikte, hem beyaz hem de mavi yakalı çalışanların dijital yetkinliklerini geliştirmesi, bu dönüşümün sürdürülebilir ve adil olmasını sağlayacaktır.

3.3. Endüstri 4.0 Fırsat Kategorileri

Strateji:

- Yeni İş Modelleri
- Rekabet Gücü

Operasyonlar:

- Verimlilik
- Maliyet Azaltma
- Kalite
- Hız ve Esneklik
- Yük Dengeleme ve Stok Azaltma

Çevre:

- Monoton Çalışmaların Azaltılması
- Yaşa Uygun İşyerleri
- Çevresel Etkinin Azaltılması

Endüstri 4.0, üretimde verimliliği, esnekliği ve sürdürülebilirliği artıran önemli bir dönüşümdür. Bu yeni dönem, internet tabanlı teknolojilerle kişiselleştirilmiş ve merkezi olmayan üretim modellerini mümkün kılar. Tedarik zincirleri, esnek ve uyarlanabilir ağlara dönüşürken, özellikle KOBİ'ler bu yapıda kritik rol oynar.

Endüstri 4.0 sayesinde teslim süreleri kısılır, küçük parti üretimlerle müşteri taleplerine hızlı uyum sağlanır ve yeni hizmet olanakları ortaya çıkar. İşletmeler; daha iyi müşteri memnuniyeti, verimlilik, gelir artışı ve rekabet gücü gibi birçok fayda elde eder.

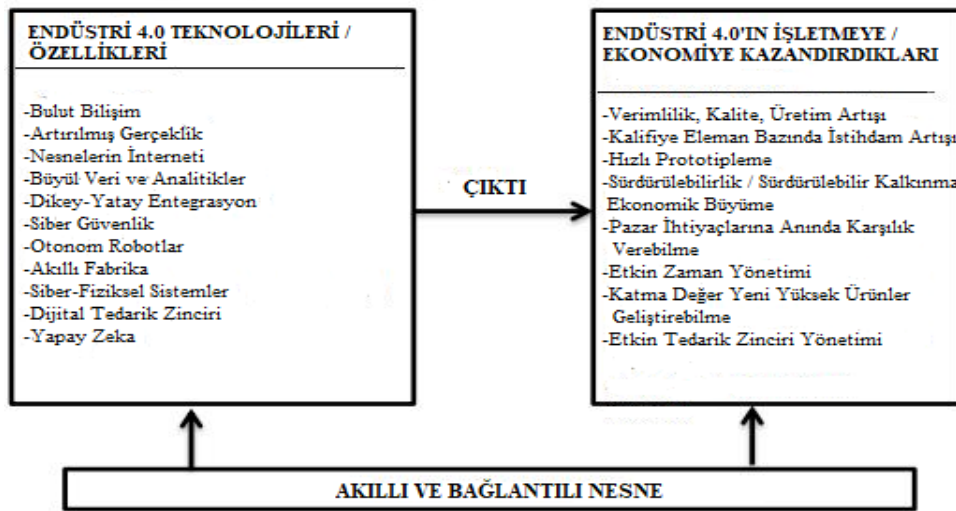
Bu dönüşümle birlikte dört önemli kazanım öne çıkar:

1. Makine sağlığı takibi sayesinde arızalar önceden öngörülür.
2. Bilgi akışı hızlanarak üretim daha şeffaf hale gelir.
3. İşgücü maliyetleri düşer, daha iyi çalışma ortamı sağlanır.
4. Enerji ve bakım maliyetleri azalır.

Ayrıca, müşterilerin daha kişisel hizmet beklentileri, büyük veri yönetimi ihtiyacı ve eski iş modellerinin yetersiz kalması da bu dönüşümün gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kısacası, Endüstri 4.0; esnek üretim, yüksek kalite, bireyselleştirme ve akıllı üretim sistemleriyle işletmelere yeni fırsatlar sunar. Bu sayede firmalar, değişen piyasa koşullarına daha hızlı ve etkili şekilde uyum sağlayabilir.

Kaynak: Tekin, 2018: 253.



Şekil 3.2: Endüstri 4.0 Teknolojileri ve İşletmeye / Ekonomiye Kazandırdıkları.

Endüstri 4.0'ın sunduğu olanaklar ve vaatler, işletmelerin dijital dönüşüm sürecine adapte olmalarını ve bu süreci etkin bir şekilde yönetmelerini gerektirir. Bu süreç, işletmelerin rekabet gücünü artırarak daha esnek, verimli ve müşteri odaklı üretim yapmalarını sağlar.

Gerçekleştirilen incelemeler ışığında, Endüstri 4.0'da kullanılan teknik hususlar ve bu hususların firmalara ve ekonomik açıdan sağladığı pozitif nitelikler yukarıda yer alan **Şekil 3.2** üzerinde sunulmaktadır [Tekin, 2018: 253]. Endüstri 4.0 ile üretim

etkenlerine yapılan ödemelerin ekonomiye olan katkısının fazlaca pozitif yönlü olacağı tahmin edilmektedir. Bunun dışında, teknolojik gelişmelerle dijitalleşmeye bağlı şekilde etkin ve verimli bir üretim yönetim sistemi sağlanıp, hem şirketlerin karlılığı hem de müşteri memnuniyeti arttırılmış olacaktır [Aydemir, 2018: 259-260].

Teknik yatırımlara yoğunlaşılması ve yüksek teknolojiye sahip ürünlerin ihracatının daha da arttırılması, devlet ve endüstri alanlarının birbirleri ile etkileşim içerisinde olmasıyla küresel üretim değer zincirinde rekabet üstünlüğü sağlanabilir. Bahsi geçen Endüstri 4.0'ın sağladığı bu avantajlar, firmaların küresel piyasalarda daha güçlü ve rekabetçi olmalarına katkıda bulunacaktır.

3.4. Endüstri 4.0'ın Firmalara ve Ekonomiye Sağladığı Olumlu Özellikler:

1. Verimlilik Artışı
2. Etkin Üretim Yönetimi
3. Maliyet Azaltma
4. Karlılık Artışı
5. Müşteri Memnuniyeti
6. Rekabet Avantajı
7. Ekonomiye Katkı

Teknik Hususlar:

- Otomasyon
- Dijitalleşme
- Veri Analitiği
- Nesnelerin İnterneti (IoT)
- Yapay Zeka (AI)
- Siber-Fiziksel Sistemler

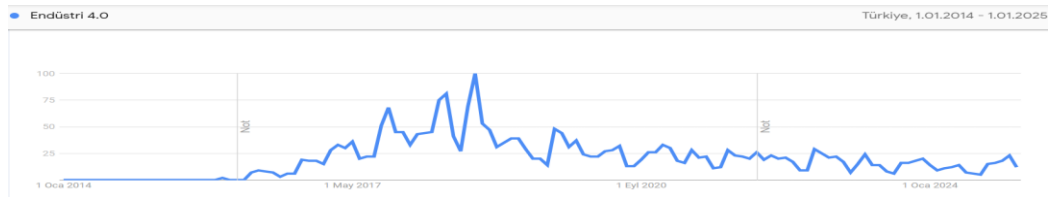
Bu teknik hususlar ve Endüstri 4.0'ın sağladığı avantajlar, firmaların dijital dönüşüm sürecini başarılı bir şekilde yönetmelerine ve ekonomik olarak daha güçlü bir konuma gelmelerine yardımcı olacaktır. Ayrıca, devlet ve sanayi sektörlerinin işbirliği içinde olması, bu sürecin daha etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.

3.5. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Sürecindeki Konumu

Endüstri 4.0'ın dönüşümü, ülkemiz açısından meşakkatli ve zaman alan bir süreçtir. Artık sadece düşük çalışan maliyeti ile coğrafi konum gibi etkenler, uluslararası alanda firmaların rekabet edebilmesi adına yetersizdir. Rekabet üstünlüğünü yakalayabilmek adına üniversite, devlet ve sanayi üçgeninin bir arada hareket etmesi lazımdır. Bahsi geçen tarafların arasında bir işbirliği sağlanabilir ise, Endüstri 4.0'da yaşanan gelişmelere ülkemizin çevik ve hızlı bir şekilde uyumu da kolaylaşabilir [Taş, 2018: 1825-1826].

Bugün, imalat firmalarında sürdürülebilir kalkınmayı ya da sürdürülebilirliği tanımlamak kolay değildir; bu, imalat işletmeleri için nispeten yeni bir kavramdır [Garbie, 2016: 7]. Sürdürülebilirlik, bugün iş yapma ve yaşamla alakalı bir problemi temsil etmekte olan “Endüstri 4.0” olarak görülür. Sanayi alanında ülkenin kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılabilmesi, piyasada rol alma zamanının en alt seviyeye indirilebilmesi ve son olarak da müşteri memnuniyetinin maksimum düzeylere çıkarılabilmesi adına teknolojik yatırımlara önem gösterilmesi ve teknik alanlarda elemanların yetiştirilmesi konuları oldukça önemlidir.

Bu dönüşümün gerçekleşmesi için, ülkemizin teknolojiye yapacağı yatırımların artması ve sanayi sektöründe çalışanların Endüstri 4.0 teknolojileri konusunda eğitilmesi büyük önem taşımaktadır. Devletin, sanayinin ve üniversitelerin işbirliği içerisinde çalışarak, bu alanda yapılacak yatırımlar ve eğitim programları ile ülkemizin küresel rekabet gücünü artırması hedeflenmelidir.



Kaynak: googletrends, 2025.

Şekil 3.3: 01 Ocak 2014-01 Ocak 2025 Tarihleri Arasında Türkiye’de Endüstri 4.0’ın Google Üzerinden Aranma Trendi.

Uzmanlarca imalatın evrensel lisanı olarak yüklenen Endüstri 4.0, 2013 senesinden itibaren ilk olarak Almanya'da adından söz ettirmeye başlamıştır. Ülkemiz sınırları içerisindeyse uluslararası arama motoru olan Google üzerinden yürütülen çalışmalara bakıldığında zaman, 2015 senesi Ekim ayından sonra Endüstri 4.0 aramaları görülmeye başlamıştır. Bunun dışında anlamlı farkındalık 2014-2019 sene aralığında önemli oranda artmıştır **Şekil 3.3.**

Bu farkındalık artışı, ülkemizde Endüstri 4.0'a olan ilginin ve bilgi düzeyinin hızla yükseldiğini göstermektedir. Bu süreçte, sanayi ve teknoloji alanında yapılan yatırımların artması, eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının yaygınlaşması ile Endüstri 4.0'ın uygulamaları ve getirileri hakkında daha geniş bir anlayış oluşmuştur. Bu farkındalık, devlet, sanayi ve üniversitelerin işbirliği yaparak ülkemizin Endüstri 4.0 teknolojilerine adaptasyonunu hızlandırma ve bu alandaki rekabet gücünü artırma hedeflerine ulaşmalarını kolaylaştıracaktır.

Bu dönüşüm, işgücü piyasasında köklü değişikliklere yol açacak ve yeni beceriler ile bilgi gerektiren işlerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Bu süreçte, çalışanların yeni teknolojilere uyum sağlamaları ve dijital becerilerini geliştirmeleri önemlidir. Ayrıca, eğitim sisteminin ve mesleki eğitim programlarının bu değişime uyum sağlayacak şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Ülkemizin dijitalleşme sürecinde hız kazanabilmesi için, devlet, sanayi ve eğitim kurumları arasında güçlü bir işbirliği sağlanmalı ve dijital dönüşüm stratejileri oluşturulmalıdır. Bu stratejiler, teknolojik yatırımların artırılması, dijital becerilerin geliştirilmesi ve yenilikçi iş modellerinin benimsenmesi gibi unsurları içermelidir.

3.6. Süreç Yönetimi ve Süreç İyileştirme

Süreç stratejisi, bir işletmenin mal veya hizmet üretirken benimsediği genel yaklaşımdır. Temel hedefi, müşteri beklentilerini ürün özellikleri, maliyet ve diğer yönetsel sınırlamalar içinde karşılamaktır [Heizer ve Render, 1995: 286]. Üç ana süreç stratejisi öne çıkar:

- **Süreç Odaklı:** Düşük hacimli, yüksek çeşitliliğe sahip ürünler üretilir. Süreçler işlevsel olarak düzenlenmiştir. Fabrikalarda kaynak veya boyama,

ofislerde maaş ya da muhasebe gibi bölümler buna örnektir. Esnekliği yüksektir, bu nedenle "kesikli üretim" olarak da adlandırılır.

- **Ürün Odaklı:** Yüksek hacimli, düşük çeşitli ürünlerde tercih edilir. Sürekli üretim söz konusudur. Kağıt, cam, teneke gibi ürünler bu yöntemde üretilir.
- **Tekrarlı Süreç:** Montaj hattı gibi modüler yapılarla çalışır. Otomobil ya da ev aletleri üretimi gibi alanlarda yaygındır.

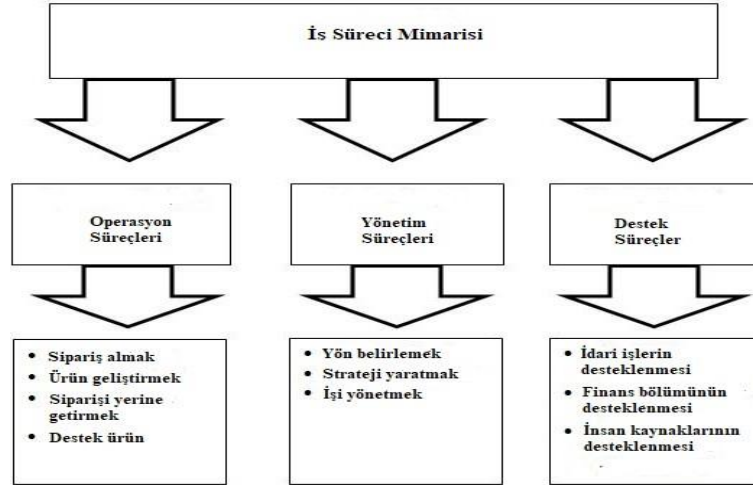
İş süreçleri, hizmet veya ürün üretimini sağlayan birbirine bağlı adımlardan oluşur [Krishna vd., 2019: 1]. İş süreci modelleme, bu adımların planlı ve verimli yürütülmesini sağlar [Kang vd., 2019: 503]. Modellerin açık ve anlaşılır olması, işletmelere fayda sağlar [Dani vd., 2019: 1] ve rekabet avantajı yaratır [Pérez-Castillo, 2019: 86].

İş süreçleri, hem kaynak kullanan hem de çıktı üreten çok disiplinli yapılar olarak tanımlanır [Aydiner vd., 2019: 230; Lacheheb vd., 2019: 3]. Bu süreçler, genellikle olay günlükleri ile izlenebilir; her kayıt belirli bir faaliyetin yürütülmesiyle ilgili bilgi sağlar [Nguyen, 2019: 214]. Tanımlar farklılık gösterse de süreçlerin amacı ve yapısı temelde ortaktır [Bititci vd., 2011: 853].

İşletme süreçleri ikiye ayrılır [Llewellyn ve Armistead, 2000: 225]:

- **Operasyonel Süreçler:** Strateji geliştirme, ürün/hizmet üretimi ve teslimatı gibi doğrudan iş hedeflerine yönelik faaliyetleri kapsar.
- **Destek Süreçleri:** İnsan kaynakları, bilgi sistemleri ve finans gibi destekleyici işlevleri içerir.

Doğru bir süreç stratejisi ve etkili süreç yönetimi, işletmenin verimli çalışmasını ve rekabet gücünü artırır.



Kaynak: Mackay vd., 2008: 24.

Şekil 3.4: İş Süreci Mimarisi.

İşletme süreçleri, temel olarak operasyonel ve destekleyici süreçler olarak sınıflandırılabilir. Operasyonel süreçler, bir organizasyonun stratejik planlama yapma, ürün ve hizmetlerin tasarım ve geliştirme aşamalarını yürütme, bu ürün ve hizmetlerin pazarlanması ve satışını gerçekleştirme, üretim süreçlerini yönetme, teslimat organizasyonunu sağlama ve müşteri faturalandırma gibi faaliyetlerini kapsamaktadır. Destekleyici süreçler ise insan kaynakları yönetimi, bilgi sistemleri altyapısının kurulması ve sürdürülmesi, finansal kaynakların yönetimi ile diğer varlıkların etkin kullanımını içermektedir [Llewellyn ve Armistead, 2000: 225].

Yukarıda yer alan **Şekil 3.4** üzerinde iş süreçlerinin mimarisi sunulmaktadır. Buradan hareketle yönetim süreçleri, firmayı yönlendirmek ve de kontrol etmek adına kullanılır. Bahsi geçen süreçler, şirketin dış ve iç ortamlarındaki değişimleri saptayarak bunlara cevap verip rekabet avantajını sürdürmeyi amaçlar. Yönetim süreçleri, doğrudan dış müşteri için değer yaratmaz, ancak gelecekte nerede en fazla değer oluşturulabileceğini belirleyerek işletmenin uygun operasyon ve destek süreçlerine sahip olmasını sağlar [Mackay vd., 2008: 24]. Bu nedenle, yönetim süreçleri dışında değer ve rekabetçi avantajın oluşturulabilmesi ve devam ettirilebilmesi noktasında önemli bir rol üstlenir ve operasyon süreçlerine de bir değer katar.

İş süreçleri, girdileri çıktılara dönüştüren, işlevsel sınırları aşan ve birbirine bağlı faaliyetler bütünüdür. Bu süreçler, dış değişimlere esnek yanıt verme, pazara hızlı ürün

sunma, maliyet düşürme, teslimat güvenilirliğini artırma ve kalite tutarlılığı sağlama açısından önemlidir **[Armistead ve Machin, 1997: 886]**.

Üretim süreçleri, hammadde veya yarı mamulleri nihai ürünlere dönüştürür. Bu süreçler genellikle belirli, tekrarlanabilir ve prosedüre dayalıdır **[Wohlers vd., 2019: 4-5]**. Üretim; makineler, otomasyon sistemleri ve çok disiplinli uzmanlar tarafından yürütülür **[engineeringarticles, 2015]**. Şirketler, veri temelli kararlarla süreçlerini standartlaştırmak ister ancak süreç tasarımı karmaşık bir yapıdadır **[Song ve Jeong, 2019: 630]**.

Endüstri 4.0, üretimde esneklik, hız, kalite ve müşteri taleplerine uyum gibi yönleri geliştirerek yeni iş modelleri oluşturma potansiyeli sunar **[Rüßmann, 2015: 9]**. Bu da kitlesel özelleştirme imkanlarını artırır.

E-iş süreçleri ise kurumsal sınırları aşarak dijital ortamda tedarik zinciri paydaşlarını birleştirir. Amazon, Dell ve Lenovo gibi firmalar bu sayede verimlilik ve ekonomik fayda sağlamıştır; ancak firmalar arası koordinasyon eksiklikleri hâlâ bir engeldir **[Zhu vd., 2020: 273]**.

İş modellerindeki değişim, organizasyonel yapılarda da dönüşümü gerekli kılar. Bu dönüşüm, dijital okuryazarlık, uyum, öğrenme desteği ve dijital hazır olma gibi faktörlere bağlıdır **[Stary ve Neubauer, 2017: 22]**. Endüstri 4.0'dan değer üretmek için yatay ve dikey süreç entegrasyonuna dayalı teknik sistemlerin geliştirilmesi gerekir.

Son olarak, IoT ve benzeri teknolojiler, iş süreçlerinin daha şeffaf, güvenilir ve otomatik olmasına katkı sağlar. İş Süreci 4.0; otomasyon, işbirliği, bilgi paylaşımı ve güven gibi unsurları ön plana çıkarır **[Viriyasitavat ve Hoonsopon, 2019: 32]**.

3.6.1. Süreç Yönetimi

İş Süreci Yönetimi (İSY), iş süreçlerini tasarlamak, analiz etmek ve denetlemek için kullanılan yöntem ve araçlarla müşteri memnuniyetini ve kaliteyi artırmayı, operasyonları ise iyileştirmeyi hedefler **[Campos ve Almeida, 2018: 17; Satyal vd., 2019: 283]**. İSY, bilgi sistemleriyle entegre çalışarak süreçlerin daha etkin ve rekabetçi hale getirilmesini sağlar.

Bu yaklaşım; süreçlerin nasıl tasarlanacağı, yürütüleceği ve değerlendirileceği gibi temel konulara odaklanır **[Borkowski, 2019: 220]**. Süreçler, müşteri ihtiyaçlarına uyarlanır; verimlilik, etkinlik ve sürekli gelişim sağlanır **[Kluza ve Nalepa, 2017: 123]**.

İSY'nin şu ilkeler üzerine kurulması gerektiğini belirtir **[Lee ve Dale, 1998: 216]**:

- Süreçlerin planlanması ve belgelenmesi,
- Faaliyetler arasında yatay bağ kurulması,
- Tutarlılık ve kalite için sistemli çalışma,
- Performans ölçümü ve hedef belirleme,
- Sürekli iyileştirme kültürü,
- Rekabet için en iyi uygulamalardan yararlanma,
- Sadece sistem değil, kültür dönüşümüne de odaklanma.

İSY, iş süreçlerinin tüm yaşam döngüsünü yönetir ve CRM, ERP gibi sistemlerle entegre çalışarak süreçleri koordine eder **[Martins ve Zacarias, 2017: 130; Pérez-Álvarez vd., 2018: 23]**. Kurumlar bu sayede hedeflerine ulaşmak için süreçlerini yapılandırır ve darboğazları ortadan kaldırarak verimliliği artırır **[Froger vd., 2019: 290; Enríquez vd., 2018: 3]**.

Bilgi teknolojileri, süreçleri otomatikleştirme ve dönüştürme imkânı sunar. Bu durum, sürekli optimizasyona dayalı bir yönetimi gerekli kılar **[Rahimi vd., 2016: 142]**. İş Süreci Yönetimi; maliyeti düşürmek, kaliteyi artırmak ve rekabet avantajı sağlamak gibi temel hedefler güder **[Meidan, 2017: 71; Plesa ve Prostean, 2018: 313]**.

Günümüz dijital ortamında şirketler, süreçlerini hızla analiz etmeli ve yönetmelidir. Bu nedenle, süreçlerle ilgili bilgi birikimi oluşturulmalı ve süreçler, stratejik hedeflerle uyumlu şekilde modellenmelidir **[Paschek, 2018: 182-186]**.

Süreçlerin Görsel Yönetimi:

Süreçler üç temel görsel yöntemle gösterilebilir:

- **Blok Şema:** Sistemlerin tasarımı ve analizi için kullanılan üst düzey bir akış şemasıdır. Ana süreçler, sistem unsurları ve iş ilişkileri hakkında genel bir

bakış sunar. Giriş-çıkış odaklı yapısı sayesinde sistem işleyişini hızlıca kavramayı sağlar [smartdraw, T. Ya.].

- **Süreç Haritası:** Bir örgütün işleyişini şeffaf biçimde görselleştiren, süreçleri analiz edip adım adım gösteren bir yöntemdir. Süreç görünürliğini artırarak organizasyonel denetimi kolaylaştırır [Klotz vd., 2008: 624; Steckowych ve Smith, 2019: 379].
- **İş Akış Şeması:** Sürecin adımlarını ve bu adımlar arasındaki geçişleri gösterir. Görevlerin sırasını ve ilişkilerini açıkça ortaya koyar. Temelde bir adımın diğerine nasıl geçtiğini görsel olarak ifade eder [Klotz vd., 2008: 624; Steckowych ve Smith, 2019: 379].

3.6.2. Süreç İyileştirme

İş süreci modelleri, kuruluşların yapısını ve işleyişini geliştirmeye yardımcı olan kritik araçlardır. Bu modeller, rekabetçiliği artırırken şeffaflık, tutarlılık ve etkinliği de sağlar [Kahloun ve Ghannouchi, 2018: 39]. Kaliteli bir model, tasarım hatalarını azaltır, işlevleri optimize eder ve anlaşılabilirliği artırır.

Süreç iyileştirme, hizmet kalitesini ve rekabet gücünü artırmak isteyen kuruluşlar için önemli bir araçtır. Zaman ve maliyet avantajı sağladığı için birçok işletme bu stratejileri benimsemiştir [Abreu, 2013: 320-321; Sujova ve Marcinekova, 2015: 297-301].

Bu yaklaşım, küçük ve sürekli değişimlerle süreçleri geliştirir ve radikal yöntemlere kıyasla daha az risk ve maliyet sunar [Chung vd., 2007: 390-393]. Süreç iyileştirme; kalite artışı, israfın azaltılması ve sürekli gelişim sağlar [Aqlan ve Al-Fandi, 2018: 261].

Üç temel iyileştirme yaklaşımı öne çıkar: kurumsal düzey, süreç düzeyi ve proje odaklı iyileştirme [Martins ve Zacarias, 2017: 130]. İyileştirme, geçmiş deneyimlerden faydalanarak kurum içi bilgiyi yaymayı ve geliştirmeyi hedefler [Wang vd., 2014: 679]. Ayrıca iş güvenliği, müşteri memnuniyeti ve verimliliği artırır [Islam ve Ahmed, 2012: 285-286].

Günümüzde kuruluşlar, düşük maliyet ve kısa sürede yüksek kalite için temel süreçlerini optimize etmeye yönelmiştir. Kuruluşların %45'i süreç iyileştirme projelerine daha fazla katılım beklemektedir [Raschke ve Sen, 2013: 446]. Bu projeler, bilgi teknolojisi yatırımları için önemli bir gerekçedir.

3.7. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE-Overall Equipment Effectiveness)

Toplam Ekipman Etkinliği (OEE), makinelerin verimliliğini basit hesaplamalarla ölçen bir araçtır. Performans, kullanılabilirlik ve kaliteyi dikkate alarak kayıpları ortaya koyar [Ahire ve Relkar, 2012: 3842]. Karmaşık makinelerde OEE, teslimat süresi ve kalite açısından önem taşır [Kumar vd., 2014: 1711].

OEE, üretim süreçlerindeki israfları analiz eder ve sorunlu alanları belirleyerek makinelerin etkinliğini değerlendirir [Esmaeel vd., 2018: 999]. Ancak bu değer sistemden otomatik alınsa da, sorunların çözümü için dijital okuryazarlık ve teknik altyapı gereklidir. Etkin takip, ekip çalışmasıyla mümkündür.

İmalat sektöründe yaygın kullanılan OEE, verimliliği artırmak ve kayıpları azaltmak için temel bir metriktir [Heng vd., 2019: 630]. Onaylı ürün üretim süresinin planlı sürelerle oranı olarak tanımlanır ve yalın üretim yaklaşımında önemli yer tutar [Hedman vd., 2016: 128-129]. OEE, performans verimliliği, kullanılabilirlik ve kalite oranının çarpımıyla hesaplanır [Puvanasvaran vd., 2013: 273].

$OEE = \text{Kullanılabilirlik} \times \text{Performans} \times \text{Kalite}$

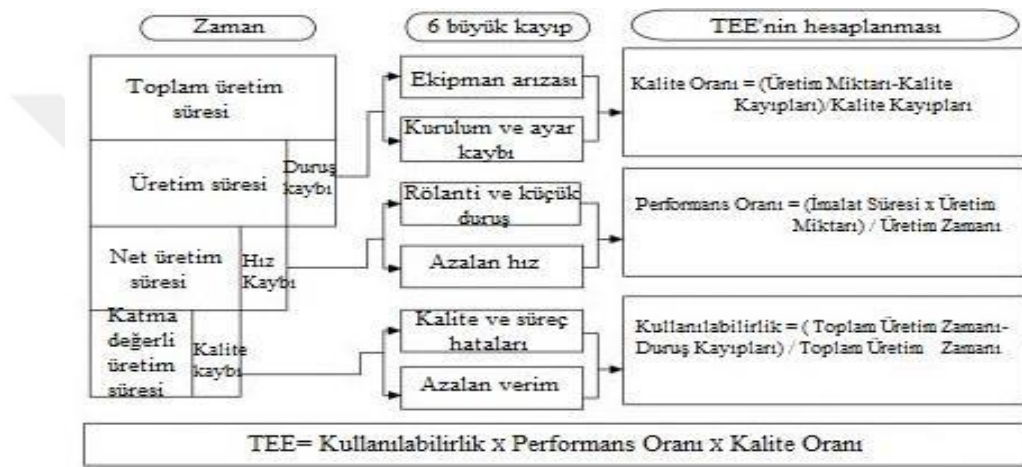
- **Kullanılabilirlik:** Makinenin üretim için gerekli olduğu zamanın yüzdesini gösterir. Aksama süresi, arızalar ve ayarlamalar burada birikir.
- **Performans:** Küçük duruşlar ve yavaş iş süresine dikkat çeker. İdeal çevrim süresi, gerçek iş süresine bölünüp üretilmiş olan toplam parçalar ile çarpılır.
- **Kalite:** İmalat esnasında reddedilmiş parçalardan sebebiyle kaybedilen zamanı ile başlangıçtan proses stabilizasyonuna dek olan kayıpları içine alır.

OEE, ekipman verimliliğini düşüren kayıpları saptayabilmek adına tasarlanmıştır. Altı büyük kayıp, entegre iş gücünün genel ekipman verimliliğini sağlayabilmek adına ortadan kaldırılması gereken kayıplardır. [Nakajima, S.,1988]

Kayıp Çeşitleri:

- Arıza Kayıpları
- Kurulum ve ayar kayıpları
- Hız Kayıpları
- Kalite Kayıpları

OEE, imalat sanayinde verimliliğin ölçülmesi ve artırılması için kritik bir araç olup, üretim süreçlerinin sürekli iyileştirilmesi ve optimizasyonu için vazgeçilmezdir.



Kaynak: Ahuja ve Khamba, 2008: 725.

Şekil 3.5: Altı Ana Üretim Kaybına Dayanarak OEE'nin Hesaplanması.

Altı ana kayıp, ekipman arızası kaybı, kurulum ile ayar kayıpları, rölanti ile küçük durma kayıpları, kusur ile yeniden işleme kayıpları ile başlangıç kayıplarını kapsar. Altı ana kaybın imalat sistemi üzerinde bulunan etkisini dikkate alarak OEE'nin hesaplanması yukarıda yer alan **Şekil 3.5** üzerinde gösterilmektedir [**Ahuja ve Khamba, 2008: 724**]. OEE ölçümlerini kullanmak ve bunun yanında disiplinli bir raporlama sistemi oluşturabilmek, bir kuruluşun başarısı adına önemli olan değişkenlere odaklanılmasına yardım eder.

Dünya kriterlerinde bir üretime erişme arayışında, dünya genelindeki organizasyonlar, işletmeler ile bağlantılı verimsizlikleri saptamak adına üretim sistemlerinin detaylı analizine güvenmektedir. Ekipman kaynaklı kayıplar haricinde, insan performansı üzerinde etkili olan etkenler ile enerji/verim verimsizliklerinin de dünya kriterlerinde

performans elde edebilmek adına uygun biçimde hesaba katılması gerektiği görülmüştür. Toplamda 6 tane kayıp tanımlanmış, bu kayıpların etkisini en aza indirmek ya da üretim sistemlerinden ileri gelen kayıpları ortadan kaldırmak adına stratejiler geliştirilmiştir. Aşağıda 6 tane kaybı listeleyen detaylı bir sınıflandırma sunulmuştur [Venkatesh, 2007: 16]:

Altı ana Kayıp:

1. Ekipman Arızası/Arıza Kaybı
2. Kurulum ve Ayar Kayıpları
3. Rölanti ve Küçük Durma Kayıpları
4. Hız Kayıpları
5. Kusur ve Yeniden İşleme Kayıpları
6. Başlangıç Kayıpları

3.7.1. OEE ve Endüstri 4.0

OEE, Endüstri 4.0 konseptine kusursuz biçimde uyum sağlar ve bu felsefelerin uygulanmasının etkinliğini ölçen metriktir. IoT, üretim ajanslarının ekipman performansını detaylı bir şekilde anlamasına yardımcı olarak OEE değerlendirmelerini geliştirmelerine katkıda bulunur. IoT çözümleri, OEE değerlerini birçok yönden iyileştirir [intelzone, 2018]:

1. Bakım Planlaması
2. Öngörücü Bakım
3. Maliyet ve Kullanılabilirlik
4. Proses Parametreleri İzleme
5. Tedarik Zinciri Yönetimi

IoT ile alakalı yenilikçi ekipmanlar ile, işletmeler teknolojiyi düzgün biçimde uygulayıp çok daha yüksek OEE puanına kolay bir şekilde erişebilirler. Üretim örgütleri, OEE’de kaydedilen gelişmeleri devam ettirmeyi sürdürecektir. Nesnelerin internetiyle kritik ve ölçülebilir ilerlemeler de sağlanabilir.

4. POPÜLER DİJİTAL DÖNÜŞÜM ARAÇLARI: ÖRNEK UYGULAMA

Teknolojinin hayatımıza girmesi ile birçok ihtiyaç daha kısa ve kaliteli bir şekilde erişim sağlamaktayız. Tanıştığımız her bir yenilik bir öncekine göre daha iyi ve daha faydalı olduğunu söylememiz yanlış bir ifade olmayacaktır.

Bu durum şirketler için de geçerlidir. Üretilen her ürününün veya hizmetin pazarda daha rekabet edebilir bir durumda olabilmesi için teknolojiyi süreçlerinin her alanında kullanmaktadırlar.

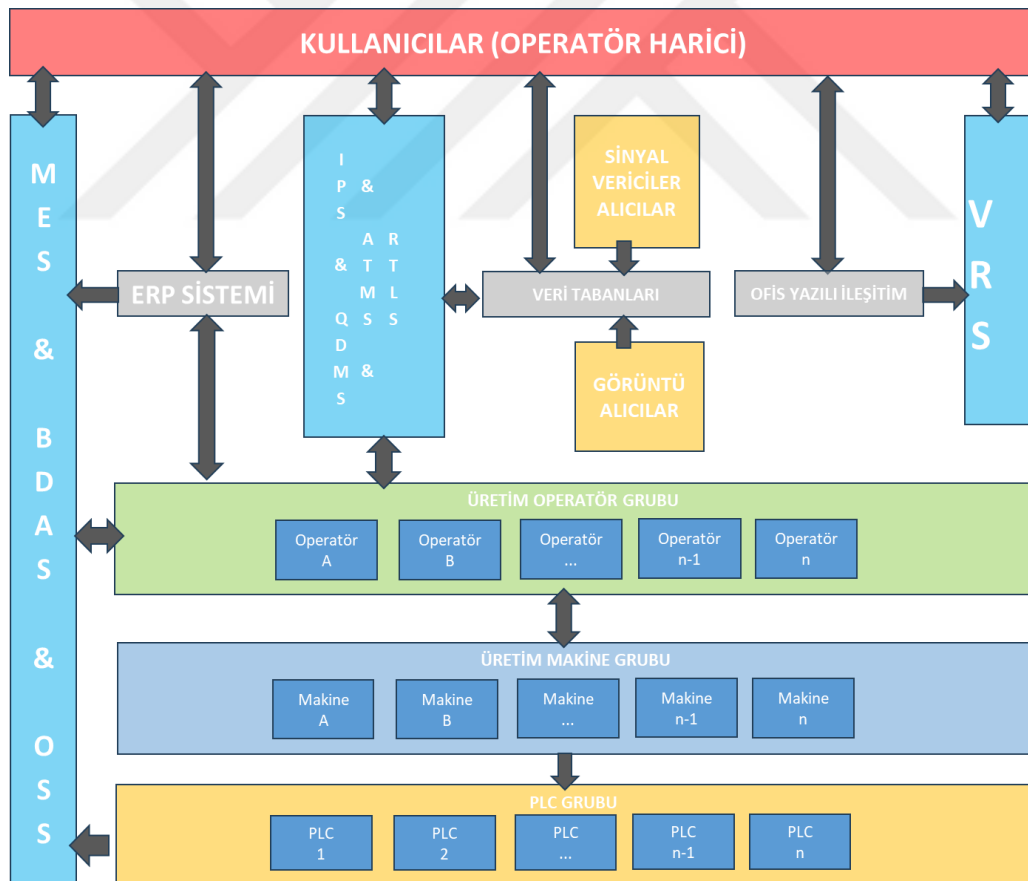
Bu çalışmada yalın üretim metodolojisine uygun firmaların belli başlı birkaç çözümü üzerinden duracağız. Özellikle süre analizlerini kullanarak hem uygulamayı kullanırken hem de bu çözüm sayesinde üretimdeki performans getirilerini öncesi ve sonrasındaki durumlar olarak inceleyeceğiz.

İncelenecek dijitalleşme araçları, seçilme sebepleriyle birlikte aşağıda sıralanmıştır.

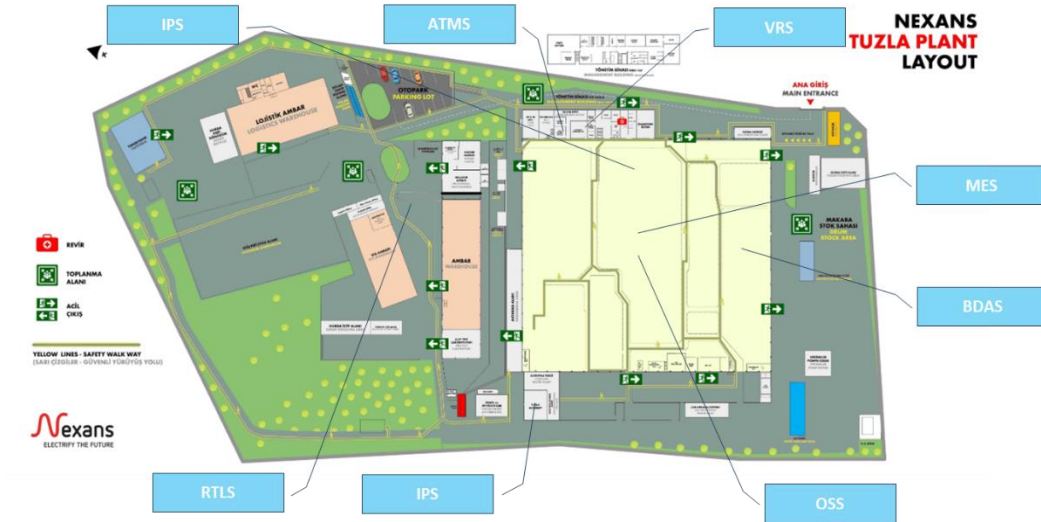
- **Üretim Yürütme Sistemleri (MES):** Üretimdeki verimliliği Toplam Ekipman verimliliği (OEE) anahtar performans göstergesi kapsamında, Kullanılabilirlik, Etkinlik ve Uygunsuzluk yönünde iyileştirilmesidir.
- **Sipariş Çizelgeleme Sistemleri (OSS):** Siparişleri en kısa zamanda, en uygun zamanda, en uygun makineye ve en uygun paylaşımda bulunabilmesidir.
- **Sanal Gerçeklik Sistemleri (VRS):** Üretimde karşılaşılan problemleri, haberleşme engelini ortadan kaldırarak birçok kişiyi sanal ortamda bir araya getirerek çözüm süresini azalmasıdır.
- **Aksiyon Takip ve Yönetim Sistemleri (ATMS):** Üretimdeki karşılaşılan problemler görünür hale getirmek, çözümlere ilişkin ilgili kişilere görevler atayarak iletişimi güçlendirmek, çözüm süresini azaltmasıdır.
- **Görüntü İşleme Sistemleri (IPS):** Ip kameralar yardımıyla, elde edilen görüntü verilerini belirli kurallara göre insan hareketlerinin, ortamın yönetilmesidir.

- **Dijital Kalite Dokümantasyon Yönetim Sistemleri (DQDMS):** Üretimde kullanılan dokümanları, dijital ortamda belirli bir kural ile operatörlerin kullanımını basitleştirip standartlaştırılması, bundan dolayı da hazırlık süresinin kısaltılması.
- **Büyük Veri Analiz Sistemleri (BDAS):** Üretimde veri toplayıcı ekipmanlar biriken veriyi sistemi iyileştirebilecek şekilde faydalı bir hale dönüştürülmesidir.
- **Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri (RTLS):** Üretimdeki varlıkların radyo frekans sinyalleri yardımı ile konumlarının canlı veya belirli zaman aralığında takip edilmesi ve süre analizi yapılmasıdır.

Kablo imalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli firmada yukarıda belirtilen çözümlerin her biri benzer getiriler elde etmek için kullanılmaktadır. Çözümlerin üretim süreçlerindeki mimarisi ve çözümlerin tesis içi yerleşimi aşağıdaki görsellerde detaylıca belirtilmiştir **Şekil 4.1** ve **Şekil 4.2**.



Şekil 4.1: Uygulanan Dijital Çözümlerin Mimarisi.



Şekil 4.2: Uygulanan Dijital Çözümlerin Tesis içi Yerleşimi.

4.1. Üretim Yürütme Sistemleri (MES-Manufacturing Executive System)

Üretimde önemli performans göstergelerinden biri de Toplam Ekipman Etkinliğidir (OEE). OEE bir şirkette bulunan ekipmanların; bunlar süreç içerisindeki her kaynak olabilir, Örneğin Makineler; verimli çalıştığının kontrol etmek için kullanılan bir araçtır. Ölçümleme 3 başlıkta incelenmektedir. Bunlar;

- Kullanılabilirlik
- Etkinlik
- Kalite

Şirketler OEE oranını ölçmek için bir çok araç kullanmaktadır. Bunların arasında, manuel ofis programları, manuel ERP sistemlerinin araçları ve Otomatik Scada sistemlerine bağlı Üretim Yürütme sistemleri (MES) olmuştur. Şirketler varlıklarını sürdürebilmek için böylesine önemli göstergelerin doğru ölçülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla birçok şirket OEE oranını doğru ölçmesine büyük önem vermekteler.

Şirketlerin bu ihtiyaçlarından kaynaklı piyasada MES sistemlerin meydana gelmesi kaçınılmaz son oldu.

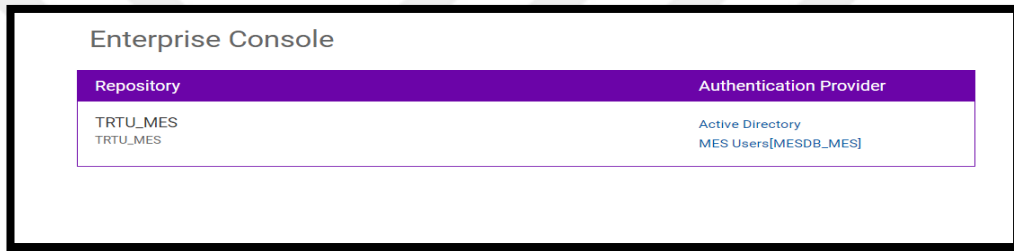
Bu kısımda Schneider Elektrik şirket grubuna ait Aveva MES sisteminin özelliklerinden bahsedeceğiz.

4.1.1. Aveva MES Çözümü

Bu bölümde Aveva MES sistemine nasıl girileceği ve siparişlerin nasıl yönetileceğini işleyeceğiz.

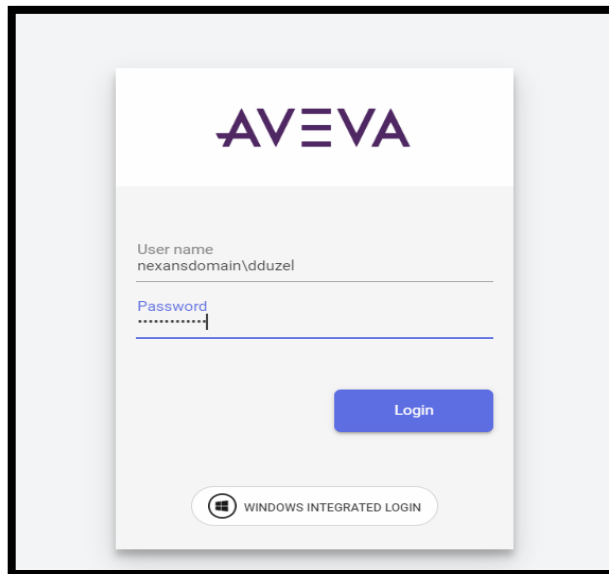
Giriş:

1. Adım: Sisteme girmek için masaüstünüzde bulunan şekildeki kısayola tıklayın.
2. Adım: Çıkan yeni pencereden "Active Directory" seçeneğine basın **Şekil 4.3.**



Şekil 4.3: Aveva MES yetki kontrol giriş sayfası.

1. Adım: Nexans Kullanıcı Kimliğinizi ve Parolanızı "nexansdomain\dduzel" şeklinde giriniz **Şekil 4.4.**

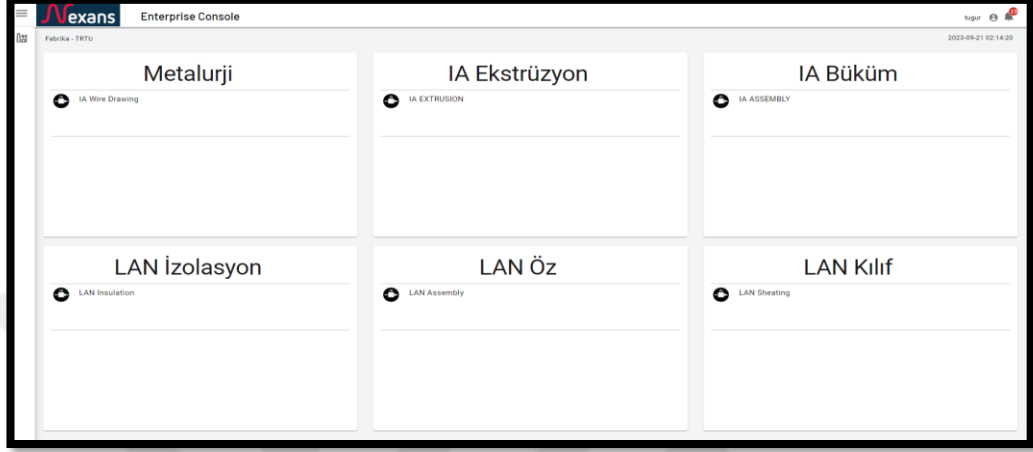


Şekil 4.4: Aveva MES Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası

2. Adım: Giriş yapmak için “Login”’e tıklayın.

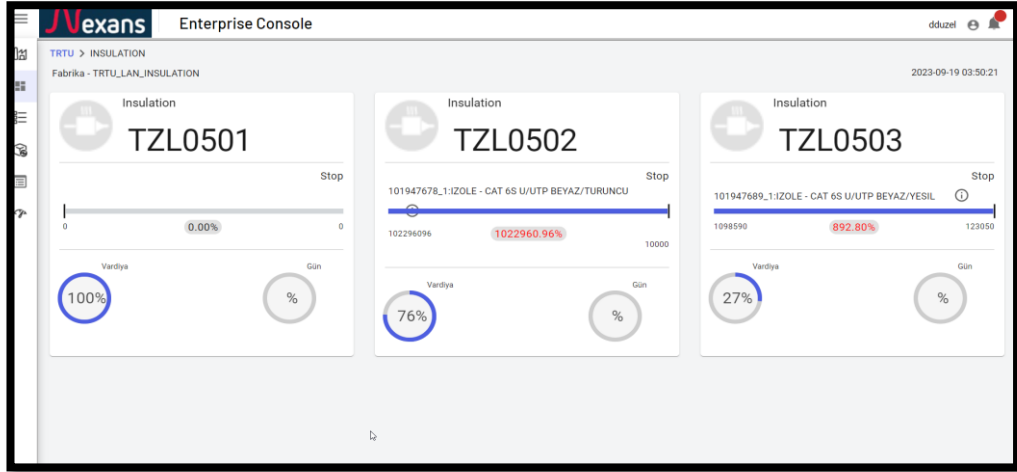
Ekipman Ana Sayfa:

Giriş yaptıktan sonra karşımıza çıkan ekran "Plant Overview"dur. Bu ekranda tüm makine gruplarını genel bir şekilde bakabiliriz **Şekil 4.5**.



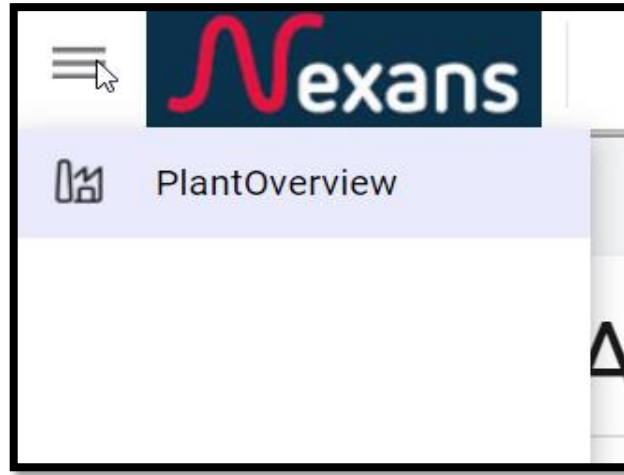
Şekil 4.5: Aveva MES Fabrika genel bakış sayfası.

Her makine kutucuğu, mevcut ürünün üretim sürecini gösterir **Şekil 4.6**.



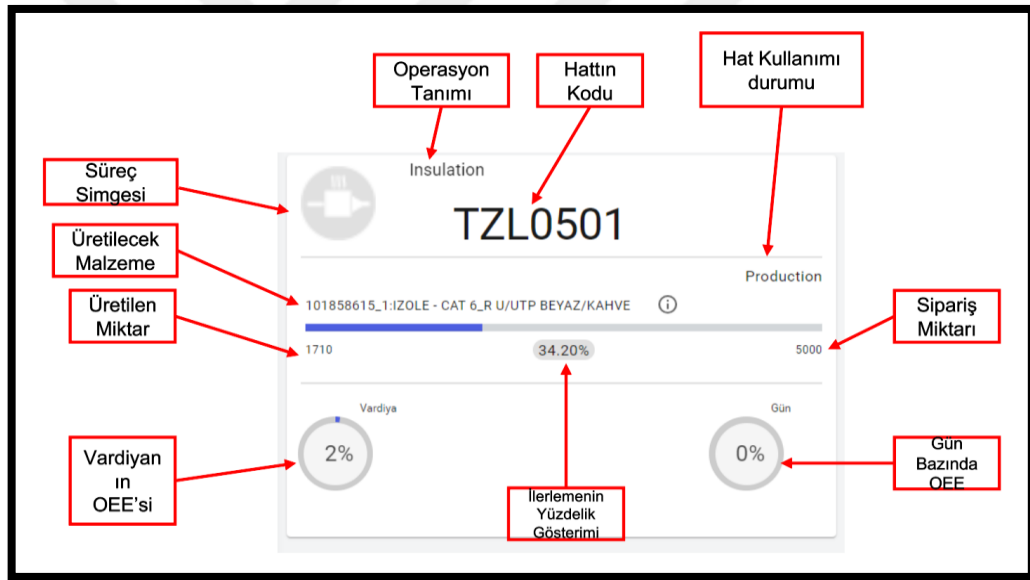
Şekil 4.6: Aveva MES Makine Pano Sayfası.

Bu ekrana başka işlemler yaptıktan sonra tekrar erişmek için soldaki 4 çizgi şeklinde gözüken yönlendirme sol üst menüsüne tıklayın; ardından Plant Overview sekmesine tıklayın **Şekil 4.7**.

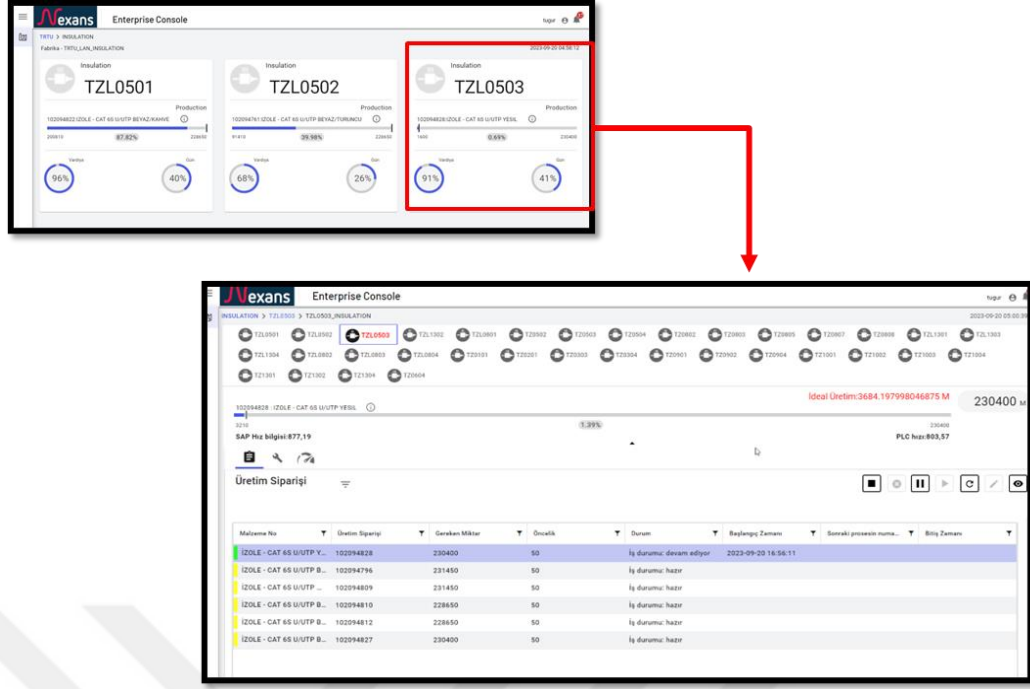


Şekil 4.7: Aveva MES Menü Penceresi.

Her makine kutucuğu şunları gösterir Şekil 4.8 ve Şekil 4.9:

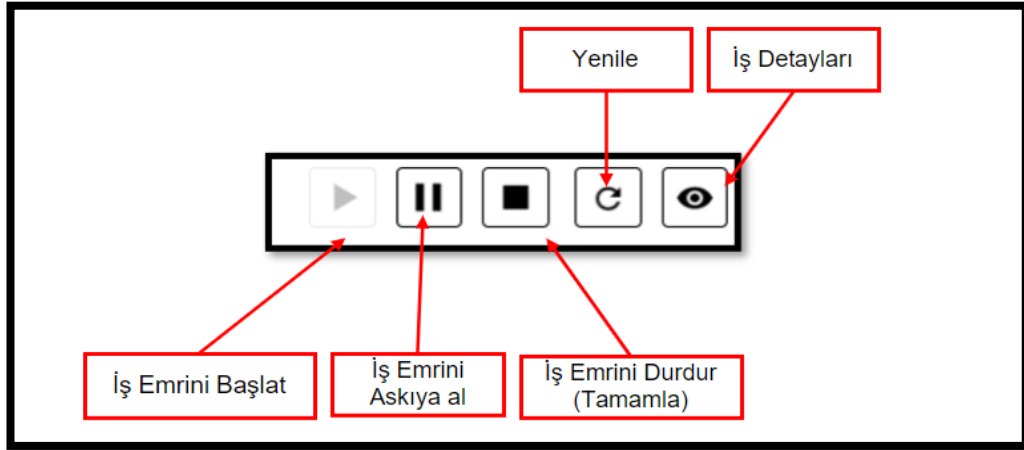


Şekil 4.8: Aveva MES Ekipman pencere içeriği.



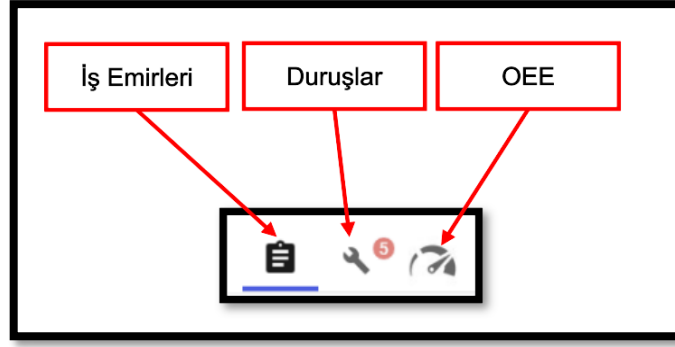
Şekil 4.9: Aveva MES Ekipman alt detayı.

Bir iş emri üzerinde İşi Tamamla, Askıya Al, İşi Başlat, Yenile, İş Emrini Düzenle, İş Detayları butonları ile işlem yapılabilir Şekil 4.10.



Şekil 4.10: Aveva MES Sipariş işlem tuşları.

İş emirlerinin sol üst kısmındaki sekmeler ile İş Emirleri, Duruşlar, OEE gibi verilere ulaşmamızı sağlar Şekil 4.11.



Şekil 4.11: Aveva MES İş Emirleri, Duruşlar ve OEE sayfalarına geçiş.

Siparişi Yönetme işlemleri:

1. İş emirlerinin yazılı olduğu satırların sol kısmında renkli göstergeler vardır. Renklerden Mavi olanlar tamamlanmış işleri, Yeşil olanlar şu anda üretilmekte olan işleri, Kırmızı olanlar askıya alınmış işleri, Sarı olanlar da askıya alınmış işleri gösterir **Şekil 4.12.**

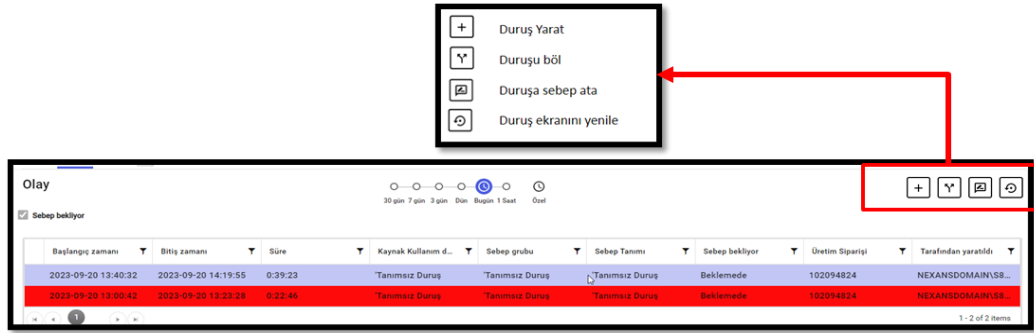


Şekil 4.12: Aveva MES Sipariş durumlarının renkleri.

2. İş emirlerinin durumlarına göre ekranı filtrelemek için aşağıda belirtilen 3 çizgili göstergeye tıklamak yeterlidir.

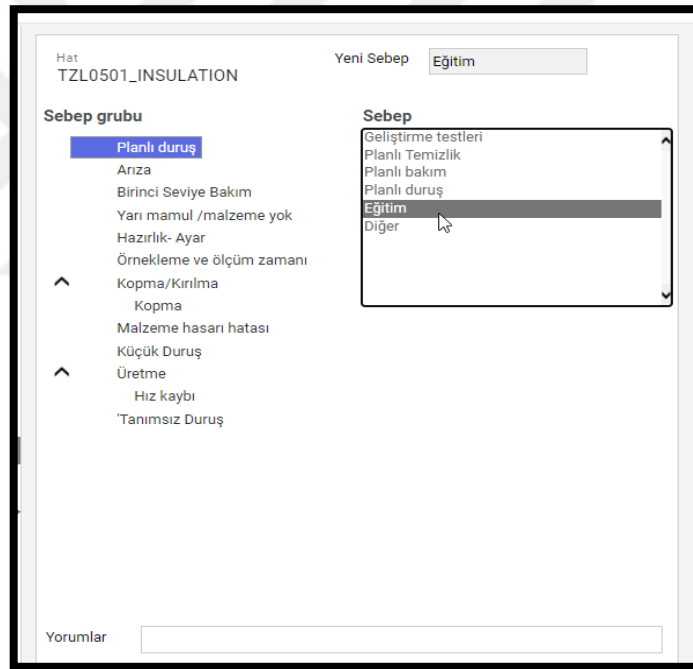
Duruşlar:

1. Duruşlar aşağıda belirtilen sekmede (ingiliz anahtarlı gösterge) sistem tarafından otomatik olarak getirilmektedir. Bu göstergenin üzerinde beliren kırmızı baloncuk, sebep atanmamış duruşların sayısını belirtmektedir.
2. Duruş ekranında, sağ üstteki simgeleri aşağıda belirtilmiştir **Şekil 4.13.**



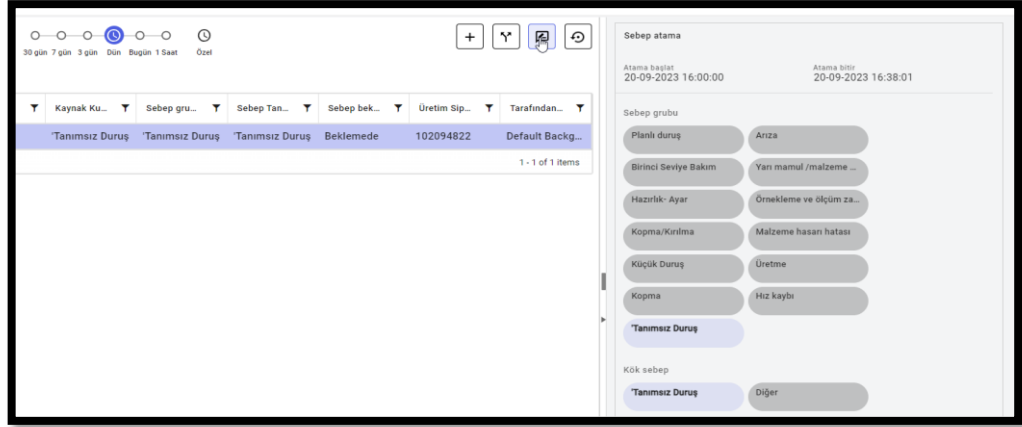
Şekil 4.13: Aveva MES Duruş olaylarını yönetme.

3. Sistemin otomatik olarak algılamadığı ya da ekstra oluşan bir durum var ise, Duruş Yarat butonuna basarak sağda beliren ekran ile duruş atayabiliriz **Şekil 4.14**.



Şekil 4.14: Aveva MES yeni duruş oluşturma.

4. Bir duruş yaşandığında, sekmesinde otomatik olarak bu duruşlar belirlenmektedir. Bu duruşların hepsine mutlaka sebep atanmalıdır. Sebebi atamak için sebebi atama butonuna bastıktan sonra sağ tarafta açılan pencereye duruşların sebeplerini girmeliyiz. Varsa yorumunuzu da ekleyebilirsiniz **Şekil 4.15**.



Şekil 4.15: Aveva MES mevcut duruşa sebep atama

Aveva MES'te Siparişlerin Yönetilmesi:

MES sistemlerinin bir diğer önemli işlemi siparişlerin sistematik yönetilmesidir. Aveva MES sisteminde de bağlı olduğu ERP sisteminde tanımlanmış siparişlerin gerekli bilgiler ile alınması ve bunu makinelerin PLC sistemlerinden aldığı datalar ile karşılaştırılabilir ortam haline getirmesidir. Şirketlerde bir sipariş:

1. Hangi makinelerde üretim yapılacağı belirlenebilir. (Bölme)
2. Oluşturulan siparişler hangi ekipmanda üretim yapılacağına karar verilebilir. (Atama)

Bu bölümde MES Aveva sisteminde siparişlerin nasıl yönetildiğini açıklayacağız.

Giriş:

Üretilmesi gereken iş emirlerinin belirli sebepler dolayısıyla başka makinelere aktarılması gerekebiliyor. Böyle durumlarda aşağıdaki adımları izlememiz gerekiyor.

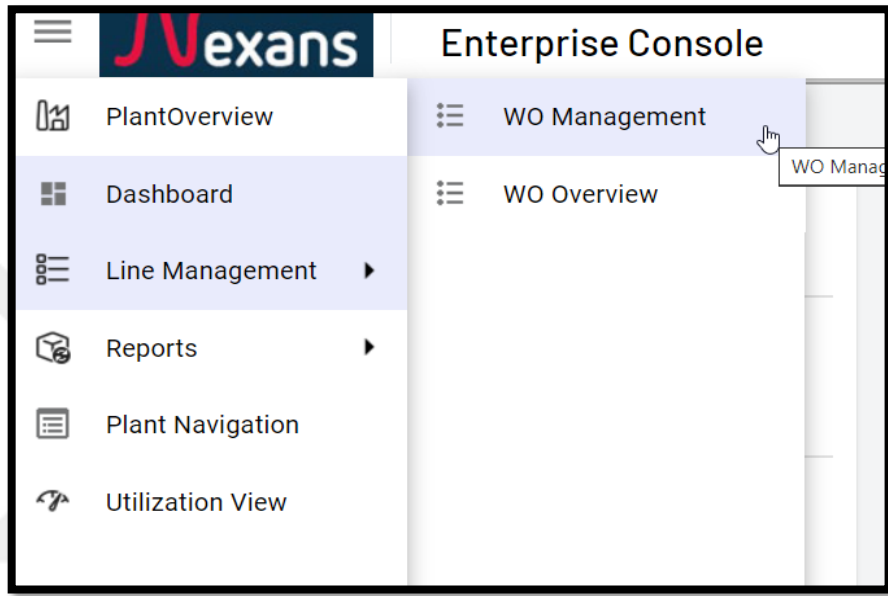
İş emirlerini başka makinelere atamak için iki farklı komut kullanabiliyoruz. Split (Bölme) ve Assign (Atama).

Split, Hazır ve Askıya alınmış durumda olan iş emirlerinin (sarı ve kırmızı) yeni makinelerde belirli miktarlarda üretileceğini belirtmek için kullanılır. Bir iş emrinin farklı makinelerde farklı miktarlarda üretilmesi ya da bir miktar üretildikten sonra üretime farklı bir makinede devam edilmesi gibi durumlar için kullanılır.

Assign ise sadece Hazır durumda olan iş emirlerinde gerçekleştirilebilecek bir komuttur. Üretime hiç alınmamış ve başka makineye aktarılması gereken iş emirleri için kullanılır.

İş Emirlerinin Bölme (Split):

1. Soldaki kontrol panelinden önce Line Management 'ı sonrasında WO Management 'ı seçiyoruz **Şekil 4.16**.



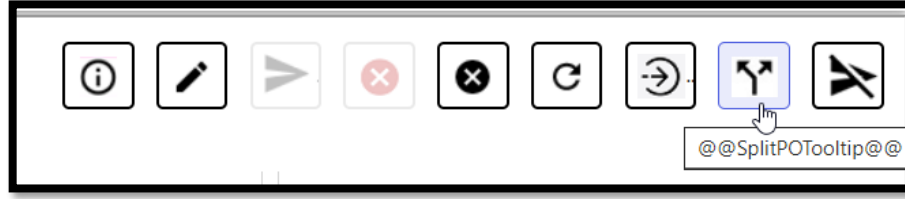
Şekil 4.16: Aveva MES Üretim Sipariş yönetim sayfası.

2. İşlem yapılacak iş emirlerinin hazır ya da askıya alınmış olması gerekiyor. Devam eden iş emirlerine işlem yapamıyoruz **Şekil 4.17**.

Üretim siparişleri										
Tümü										
Üretim Siparişi	Malz...	Önce...	Malz...	Pros...	Sipar...	Birim...	Durum	Planl...	Üre	
101911587	20691668	50	İZO PE 1...	TZ-05-04	125877	MTR	İş durumu:...	2022-11-...	0	
101947678_1	20511675	50	İZOLE - C...	TZL05-02	10000	MTR	İş durumu:...	2023-09-...	103	
20230918-002	20691664	777	İZO PE 1...	TZ-05-03	55555558	MTR	İş durumu:...	2023-07-...	0	
101917386	20511737	50	KILIF - C...	TZL13-04	396123	MTR	İş durumu:...	2022-11-...	0	
101858647	20679320	50	İZOLE - C...	TZL05-01	679000	MTR	İş durumu:...	2022-06-...	0	
101911632	20703358	50	EKRANLI ...	TZ-10-02	33252	MTR	İş durumu:...	2022-11-...	0	
101909548	20705001	50	İZOLE - C...	TZ-10-04	447170	MTR	İş durumu:...	2022-11-...	0	

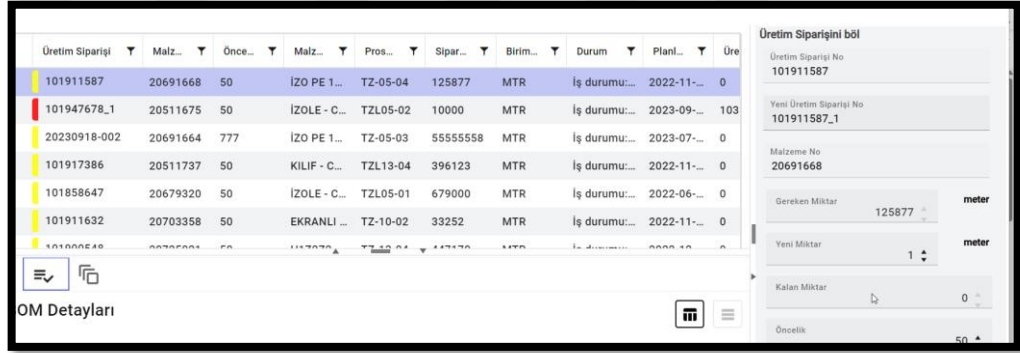
Şekil 4.17: Aveva MES Üretim Sipariş listesi.

3. İş emrini seçtikten sonra sağ üstte bulunan butona basarak bölme işlemini gerçekleştireceğimiz ekrana ulaşırız **Şekil 4.18**.



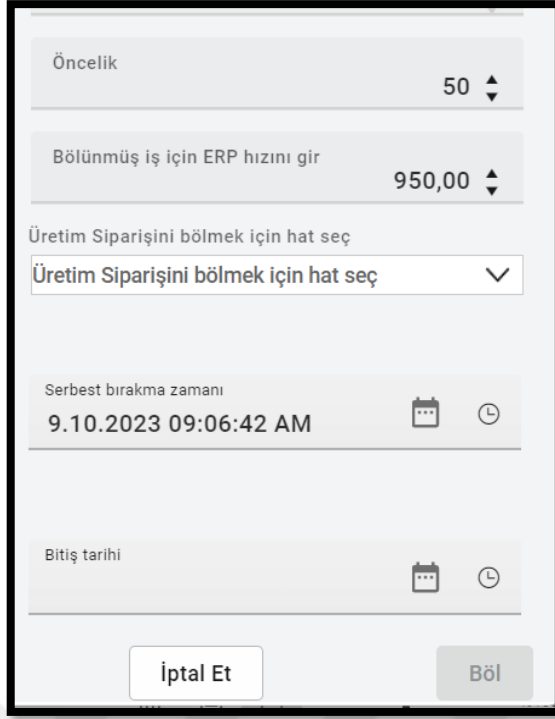
Şekil 4.18: Aveva MES Üretim Siparişleri yönetim işlemleri.

4. Bu ekranda karşımıza çıkan Gereken Miktar bölümüne başka makineye aktardığımızda ne kadar üretmek istediğimizi belirtiyoruz **Şekil 4.19**.



Şekil 4.19: Aveva MES Üretim sipariş miktarının yönetimi.

5. Ardından aynı bölmede aşağı indiğimizde Bölünmüş iş için ERP Hızını gir alanına yeni makinemize tanımlanmış olan SAP hız bilgisini giriyoruz **Şekil 4.20**.



Öncelik 50

Bölünmüş iş için ERP hızını gir 950,00

Üretim Siparişini bölmek için hat seç

Üretim Siparişini bölmek için hat seç

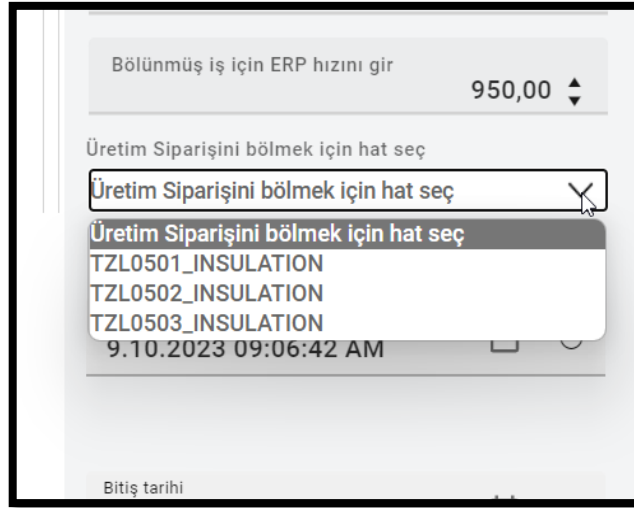
Serbest bırakma zamanı 9.10.2023 09:06:42 AM

Bitiş tarihi

İptal Et Böl

Şekil 4.20: Aveva MES Üretim sipariş hızının yönetilmesi.

6. Üretim siparişini bölmek için hat seç kısmından iş emrinin aktarılacağı yeni makineyi seçiyoruz **Şekil 4.21**.



Bölünmüş iş için ERP hızını gir 950,00

Üretim Siparişini bölmek için hat seç

Üretim Siparişini bölmek için hat seç

Üretim Siparişini bölmek için hat seç

TZL0501_INSULATION

TZL0502_INSULATION

TZL0503_INSULATION

9.10.2023 09:06:42 AM

Bitiş tarihi

Şekil 4.21: Aveva MES Sipariş bölme işlemi.

7. Böl butonuna bastıktan sonra işlemimiz tamamlanmış oluyor **Şekil 4.22**.

Bölünmüş iş için ERP hızını gir 950,00

Üretim Siparişini bölmek için hat seç TZL0501_INSULATION

Serbest bırakma zamanı 9.10.2023 09:06:42 AM

Bitiş tarihi

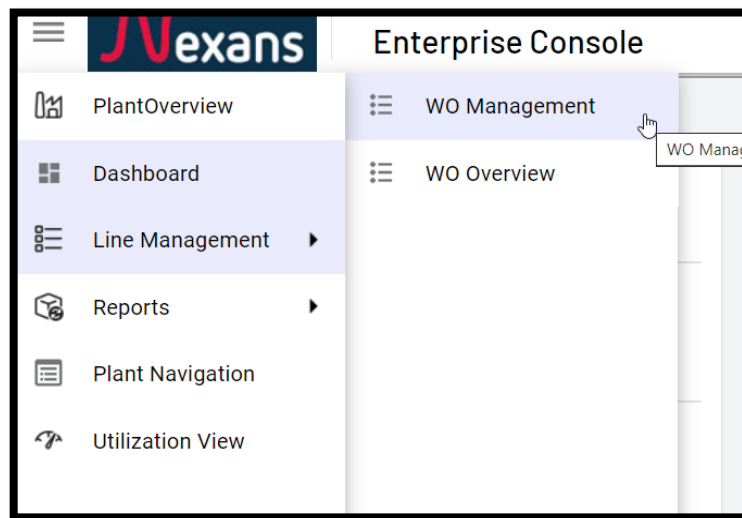
İptal Et Böl

Şekil 4.22: Aveva MES Sipariş bölme işleminin tamamlanması.

İş Emirlerini Bölmeyen Başka Ekipmana Atama (Assign):

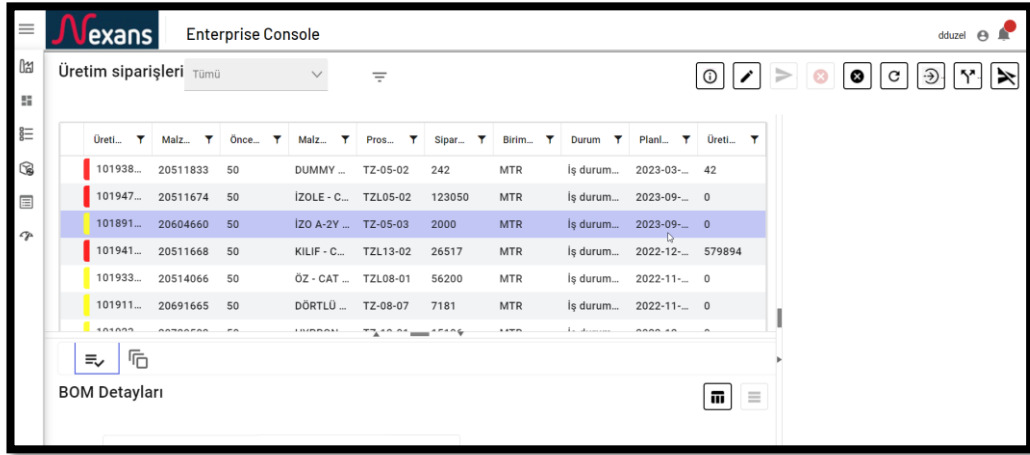
İş emirlerini bölmeden başka makineye atayabilmemiz için iş emirlerinin Hazır durumda olması gerekmektedir. Askıya alınmış ya da Devam eden iş emirlerinde bu işlem gerçekleştirilmiyor.

1. Soldaki kontrol panelinden önce Line Management 'ı sonrasında WO Management 'ı seçiyoruz **Şekil 4.23**.



Şekil 4.23: Aveva MES Üretim Sipariş Sayfasına geçiş.

2. Hazır durumda bulunan ve atamak istediğimiz bir iş emrini seçiyoruz **Şekil 4.24**.



Üret...	Malz...	Önce...	Malz...	Pros...	Sipar...	Birim...	Durum...	Plan...	Üret...
101938...	20511833	50	DUMMY ...	TZ-05-02	242	MTR	İş durum...	2023-03-...	42
101947...	20511674	50	İZOLE - C...	TZL05-02	123050	MTR	İş durum...	2023-09-...	0
101891...	20604660	50	İZO A-2Y ...	TZ-05-03	2000	MTR	İş durum...	2023-09-...	0
101941...	20511668	50	KILIF - C...	TZL13-02	26517	MTR	İş durum...	2022-12-...	579894
101933...	20514066	50	ÖZ - CAT ...	TZL08-01	56200	MTR	İş durum...	2022-11-...	0
101911...	20691665	50	DÖRTLÜ ...	TZ-08-07	7181	MTR	İş durum...	2022-11-...	0

Şekil 4.24: Aveva MES Üretim Siparişlerinin ataması.

3. Sağ üstte bulunan “Assign” butonuna tıklıyoruz **Şekil 4.25**.



Şekil 4.25: Aveva MES Üretim Sipariş Atama işlemleri.

Atama işleminde gereken miktarı değiştirmiyoruz. Atanacak iş emrini bütünüyle başka bir makineye aktarmak istediğimiz için böyle bir işlem yapılmıyor.

4. Atanan üretim siparişi için ERP hızını gir bölümünden yeni makineye tanımlı olan SAP hız verimizi giriyoruz **Şekil 4.26**.

Üretim siparişinin atamasını tamamla

Üretim Siparişi No
101891286_1

Malzeme No
20604660

Gereken Miktar 2000 meter

Öncelik 50

Atanan Üretim siparişi için ERP hızını gir 595,24

Üretim Siparişi atamak için hattı seç 595,24

Üretim Siparişi atamak için hattı seç

İptal Et Atama yap

Şekil 4.26: Aveva MES Üretim Sipariş Atamasının tamamlanması.

5. Üretim Siparişi atamak için hattı seç bölümünden iş emrinin atanacağı yeni makineyi seçiyoruz **Şekil 4.27**.

Üretim siparişinin atamasını tamamla

Üretim Siparişi No
101891286_1

Malzeme No
20604660

Gereken Miktar 2000 meter

Öncelik 50

Atanan Üretim siparişi için ERP hızını gir 595,24

Üretim Siparişi atamak için hattı seç

Üretim Siparişi atamak için hattı seç

Üretim Siparişi atamak için hattı seç

TZ0502_IA_EXTRUSION

TZ0503_IA_EXTRUSION

TZ0504_IA_EXTRUSION

TZ1301_IA_EXTRUSION

TZ1302_IA_EXTRUSION

TZ1303_IA_EXTRUSION

Şekil 4.27: Aveva MES Üretim Siparişinin atamasında hız bilgisi girişi.

6. Yeni makineyi belirttikten sonra Atama Yap butonuna tıklayarak işlemimizi tamamlıyoruz **Şekil 4.28**.

Üretim siparişinin atamasını tamamla

Üretim Siparişi No
101891286_1

Malzeme No
20604660

Gereken Miktar 2000 meter

Öncelik 50

Atanan Üretim siparişi için ERP hızını gir 595,24

Üretim Siparişi atamak için hattı seç
TZ0502_IA_EXTRUSION

İptal Et Atama yap

Şekil 4.28: Aveva MES Üretim Sipariş atamasını tamamlama.

4.1.2. Aveva MES Sistemi Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Aveva MES Sistem kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 21,34 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.1.** Dijitalleşme öncesindeki ortalama süre 23,7 dakika olup, bu süre 2,36 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 3 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; Dosyanın hazırlanması, Verilerin kontrolü ve Raporun oluşturulmasıdır. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Dosyanın hazırlanması,
 - Siparişlerin ERP Sisteminden Excel'e Aktarılması
 - Excel'in formatının hazırlanması
- Verilerin kontrolü
 - Verilerin İncelenmesi
 - Diğer veriler ile karşılaştırılması
- Raporun oluşturulması
 - OEE raporunun oluşturulması
 - Duruş Sebepleri Analizi
 - Grafiklerin hazırlanması

Tablo 4.1: Aveva MES uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

			Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası						
			Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)
#	Grup İş adı	İş adı											
1	Dosyanın hazırlanması	Siparişlerin ERP Sisteminden Excele Aktarılması	1,60	0,35	1	1,6	0,00	0,00	0	0	1,6	1	1,6
2		Excelin formatının hazırlanması	2,90	0,35	1	2,9	0,00	0,00	0	0	2,9	1	2,9
3	Verilerin Kontrolü	Verilerin İncelenmesi	5,20	0,35	1	5,2	0,90	0,07	1	0,9	4,3	1	4,3
4		Diğer veriler ile karşılaştırılması	7,10	0,35	1	7,1	0,00	0,00	1	0	7,1	1	7,1
5	Raporun Oluşturulması	OEE raporunun oluşturulması	1,90	0,35	1	1,9	0,73	0,08	1	0,73	1,17	1	1,17
6		Duruş Sebepleri Analizi	2,90	0,35	1	2,9	0,73	0,08	1	0,73	2,17	1	2,17
7		Grafiklerin hazırlanması	2,10	0,35	1	2,1	0,00	0,00	0	0	2,1	1	2,1
Toplam						23,7				2,36	21,34		21,34

4.1.3. Aveva MES Sistemi Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Aveva MES Sistem kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi OEE incelenmiştir. Yapılan ölçümlerde OEE oranı 4 ay için karşılaştırıldığında ortalama 58,1%'den 71,9%'a yükselmiştir **Tablo 4.2.** Tablodaki ilgili makinelerin Dijitalleşme öncesi ve sonrası değişimi ayrı ayrı gösterilmiştir. Ölçümler mevcutta kullanılan ERP sisteminde ve MES sisteminden direkt alınmıştır.

Ayrıca tabloda son satırında dijitalleşme öncesi ve sonrası OEE oranlarının ortalaması verilmiştir.

Tablo 4.2: Aveva MES uygulamasının kullanımı ile gerçekleşen verimlilik performans göstergesi OEE karşılaştırması.

Makine No	Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası			
	Ocak OEE %	Şubat OEE %	Mart OEE %	Nisan OEE %	Ocak OEE %	Şubat OEE %	Mart OEE %	Nisan OEE %
M01	81,6%	79,2%	69,6%	74,8%	67,2%	74,2%	76,4%	75,2%
M02	48,5%	43,6%	50,8%	32,5%	91,9%	37,0%	30,8%	36,3%
M03	96,2%	99,9%	89,6%	0,0%	0,0%	88,8%	88,2%	0,0%
M04	85,0%	75,9%	88,9%	0,0%	80,7%	52,0%	83,5%	0,0%
M09	66,2%	64,9%	64,4%	59,5%	49,9%	39,0%	49,2%	69,9%
M10	39,2%	43,5%	70,1%	62,1%	36,8%	46,2%	66,3%	63,4%
M11	45,7%	57,9%	44,6%	43,6%	47,2%	53,8%	43,3%	38,7%
M12	31,0%	29,7%	37,2%	0,0%	41,0%	32,6%	42,6%	0,0%
M13	39,5%	59,1%	40,1%	0,0%	18,2%	65,9%	25,1%	0,0%
M14	47,4%	33,5%	53,3%	25,0%	58,5%	36,1%	39,5%	21,9%
M15	38,9%	37,2%	35,4%	30,9%	43,3%	38,2%	40,7%	31,5%
M16	47,4%	0,0%	39,3%	43,8%	71,9%	0,0%	59,5%	23,9%
M17	47,0%	29,0%	39,9%	32,4%	45,1%	42,1%	30,7%	38,3%
M18	39,3%	34,5%	45,6%	47,0%	35,5%	49,3%	54,2%	44,6%
M19	48,9%	48,5%	44,6%	31,8%	52,5%	46,7%	33,2%	39,6%
M20	63,0%	50,9%	69,2%	77,4%	16,6%	59,1%	81,8%	81,9%
M21	45,9%	65,9%	50,6%	41,5%	57,6%	70,0%	67,6%	49,5%
M22	39,8%	66,8%	45,5%	0,0%	7,2%	24,9%	30,6%	0,0%
M23	45,6%	70,2%	71,0%	77,8%	29,4%	90,2%	85,4%	80,0%
M24	51,1%	69,8%	64,8%	51,4%	71,1%	59,3%	24,7%	0,0%
M27	57,3%	75,1%	61,1%	86,1%	48,0%	65,9%	58,5%	86,9%
M28	53,7%	75,5%	78,6%	49,9%	50,5%	78,2%	75,3%	21,5%
M29	37,6%	58,0%	72,4%	70,2%	54,7%	55,5%	80,6%	58,0%
M33	91,4%	87,8%	90,8%	86,2%	86,7%	90,4%	88,5%	87,8%
M34	66,2%	73,9%	74,3%	73,6%	67,2%	76,7%	77,1%	76,8%
M35	82,0%	81,1%	81,6%	79,2%	78,1%	86,0%	82,0%	81,5%
M68	64,3%	62,1%	66,0%	64,7%	32,5%	56,2%	79,4%	59,7%
M69	66,4%	65,5%	66,8%	66,1%	76,5%	61,3%	64,9%	67,5%
M70	60,5%	62,2%	64,9%	65,6%	50,2%	74,2%	62,6%	63,0%
M71	65,4%	64,3%	65,8%	65,1%	41,2%	41,6%	66,6%	69,8%
M72	74,7%	77,7%	83,4%	73,0%	80,4%	78,1%	81,0%	75,7%
M73	68,8%	69,8%	74,5%	75,8%	89,8%	57,3%	64,6%	71,5%
M74	63,2%	69,4%	68,8%	69,5%	46,3%	51,3%	51,1%	50,0%
M75	71,3%	76,8%	73,1%	76,5%	70,3%	74,9%	69,8%	77,0%
Ortalama	58%	61%	63%	51%	79%	96%	62%	50%
	58,1%				71,9%			

4.2. Sipariş Çizelgeleme Sistemleri (OSS – Order Scheduling Systems)

Yalın üretim anlayışının benimsenmesi ile süreçlerin daha görünür hale getirilmesi için bir çok çalışma başlamıştır. Genel süreç, bir müşteri tedarikçisine sipariş verir, sipariş tedarikçi de hazırlanır, gönderilir şeklinde tanımlanabilir. Sipariş sürecinde girdi çıktı döngüsünün altında daha birçok alt sıralı, paralel süreçlerden oluşmaktadır. Sipariş süreci aşağıdaki alt süreçlerden meydana gelmektedir.

- Satış bölümünde siparişin alınması
- Teklifin Satış ve Planlama Bölümü ile değerlendirilmesi
- Siparişin teknik konuları ile ilgili Üretim ve Planlama arasında değerlendirilmesi
- Değerlendirme sonucu Satış bölümünün teklifi Müşteriye sunması
- Teklifin Müşteri tarafından kabul edilmesi ve Satış bölümüne bilgi verilmesi
- Satış Bölümünün Planlamaya sipariş kabulü hakkında bilgi geçmesi ve siparişin sisteme girilmesi
- Siparişin üretimi için gerekli hammadde kontrolünün yapılması, eksiklerin tedarikçilere sipariş geçilmesi
- Hammaddelerin teslim alınması ve ambara kabulü
- Belirlenen günlerde operatör ve ekipmanların hazırlanması
- Yarı Mamul 1 için Üretim yapılması
- Yarı Mamul 2 için Üretim yapılması
- ...
- Yarı Mamul Son için (Bitmiş Mamul) Üretilmesi
- Ambalajlanması
- Lojistik'e gönderilmesi
- Faturalandırılması ve Sevk edilmesi

Görüldüğü gibi sadece bir siparişin zamanında, eksiksiz ve hatasız müşteriye gidebilmesi için yukarıdaki basit akıştan geçmesi gerekmektedir. Buna benzer veya

farklı rotadaki birçok siparişinde eklenmesi ile sipariş sisteminin yönetilmesi daha da zorlaşır. Şirketlerde bu durum daha basit yönetilmesi için bir takım yalın araçları kullanmaktadır. Örneğin Kanban sistemleri üretim içerisindeki süreçlerin stok hareketlerini ve üretime başlama ve bitiş durumlarını yönetmek için kullanılır.

Şirketler için tek esas karı maksimize etmektir. Bunu da ya ürün ve ya hizmet fiyatını arttırarak yada bu ürün ve ya hizmeti meydana getirme maliyetini azaltmasıdır. İlk seçenek pazarda rekabet edebilirliğini azaltabilmesi sebebiyle tehlikelidir. Dolayısıyla bu durum şirketlere ikinci seçeneğe yönlendirmiştir. Şirket içerisindeki dinamizmi bozmadan maliyeti azaltmanın birkaç yolu vardır. Ekonomik hammaddeleri kullanmak, İşçilik maliyetlerini kısmak vs. Bu bölümde sipariş akışını yöneterek maliyetlerin nasıl azaltılabileceği çözümü üzerinde duracağız.

4.2.1. Ortems OSS Çözümü

Dijital dünyada varlığını devam ettiren şirketler teknolojik gelişmelere gelişmelere ayak uydurmak için ana ürün gamı haricindeki diğer dijital uygulamalar için de çözümleri sürdürmektedir. Bunun en güzel örneğini Fransız menşeli Dassault Aviation firmasında görmekteyiz. İşini özellikle AutoDesk tasarım programları ile sunun köklü firma Ortems çözümü ile de kullanıcılarına siparişlerinin yönetilebilmesi için harika bir uygulama sunmaktadır.

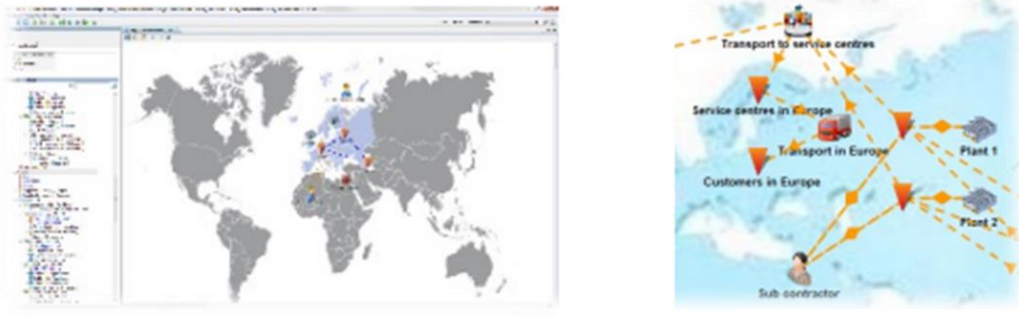
Ortems OSS çözümü ile firmalar Üretim veya hizmet içerisinde siparişlerin plan programını, Siparişlerin iç yönetimini ve müşteri sipariş yönetimi kapsamında satış ve operasyon planlamasını rahatlıkla yönetilmektedir. Sağladığı görsel ve senaryolar ile kullanıcılarına anlık performans analizleri ile hızlı karar verebilmelerine olanak sağlamaktadır.

Sipariş akışını yönetmek yalın üretim metodolojisinin varoluşundan beri çalışılan bir alan olmuştur. İş yerlerinde bilgisayarların yer alması ile birlikte birçok sipariş aynı anda yönetilmektedir. Fakat bu durum sistem hacminin büyümesi ile paralel Katma değersiz işleri de beraberinde getirmiştir. Sipariş süreçlerinin yönetilmesi 3 seviyede olmaktadır.

1. Satış ve Operasyon Planlaması (S&OP) Şekil 4.29

- Şirketin operasyonel stratejisinin planlanması

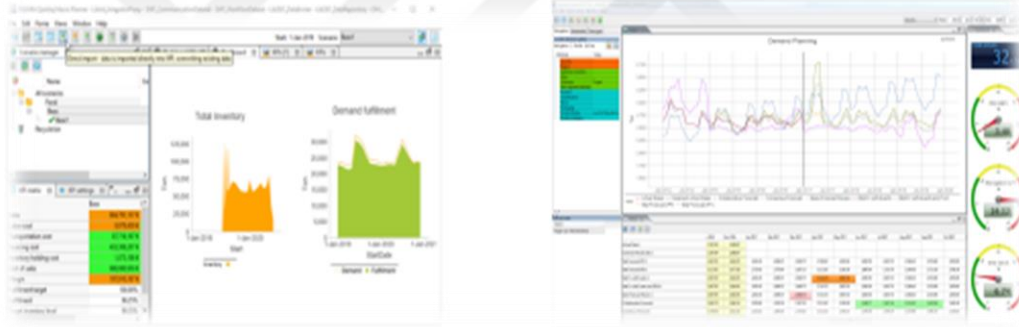
- Finansman & işletme hedeflerinin ve üretim kaynaklarının dengelenmesi



Şekil 4.29: OSS Satış ve Operasyon Planlaması.

2. Esas Üretim Planlaması (MPS) Şekil 4.30

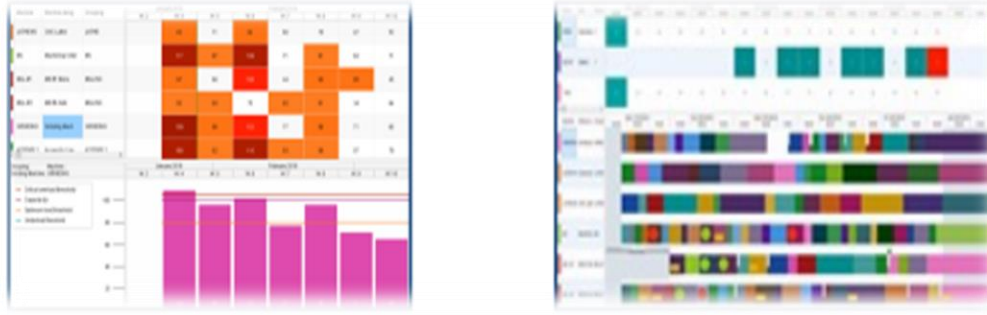
- Mevcut kaynaklar ile talebin karşılanmasının planlanması
- Etkin kapasitenin ve Malzemenin paylaşılması



Şekil 4.30: OSS Esas Üretim Planlaması (MPS).

3. İmalat Programı ve Planlaması Şekil 4.31

- Talebin karşılanması için KPI'ların yönetilmesi
- Teslimat Süresinin en iyilenmesi
- Planlanmamış olayların tepkisi



Şekil 4.31: OSS İmalat Programı ve Planlaması.

4.2.2. Ortems OSS Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Ortems MES OSS kullanımını öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikler incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 75 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.3**. Dijitalleşme öncesindeki süre 162,7 dakika olup, bu süre 107,6 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 4 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; Dosyanın hazırlanması, Siparişlerin düzenlenmesi, Üretim-Planlama toplantısı ve Üretim-Vardiya Amiri toplantısı oluşturulmasıdır. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Dosyanın hazırlanması,
 - Siparişlerin ERP Sisteminden MS Excel'e Aktarılması
 - MS Excel'in formatının hazırlanması
 - Grafiklerin hazırlanması
- Siparişlerin düzenlenmesi
 - Siparişlerin önceliklendirilmesi

- Siparişlerin sıralandırılması
- Siparişlerin kontrolü
- Üretim-Planlama toplantısı
 - Toplantıda siparişlerin durumları hakkında bilgi verme
 - Siparişlerin anlatılması
 - Siparişlerin tekrar sıralandırılması
 - Siparişlerin kontrolü
- Üretim-Vardiya Amiri toplantısı
 - Toplantıda siparişlerin durumları hakkında bilgi verme
 - Siparişlerin anlatılması

Tablo 4.3: Ortems OSS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

			Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası						
			Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)
#	Grup İş adı	İş adı											
1	Dosyanın hazırlanması	Siparişlerin ERP Sisteminden Excele Aktarılması	1,50	0,96	1	1,5	0	0,00	0	0	1,5	1	1,5
2		Excelin formatının hazırlanması	2,80	0,96	1	2,8	0	0,00	0	0	2,8	1	2,8
3		Grafiklerin hazırlanması	1,90	0,50	1	1,9	0	0,00	0	0	1,9	1	1,9
4	Siparişlerin düzenlenmesi	Siparişlerin önceliklendirilmesi	15,10	0,96	1	15,1	15	0,71	1	15,2	-0,1	1	-0,1
5		Siparişlerin sıralandırılması	3,00	0,96	1	3	0,48	0,18	1	0,48	2,52	1	2,52
6		Siparişlerin kontrolü	1,90	0,50	1	1,9	0	0,00	1	0,9	1	1	1
7	Üretim- Planlanma toplantısı	Toplantıda siparişlerin durumları hakkında bilgi verme	3,00	0,96	2	6	3	0,19	2	5,9	0,1	1	0,1
8		Siparişlerin anlatılması	29,90	0,96	2	59,8	20	0,71	2	40	19,8	1	19,8
9		Siparişlerin tekrar sıralandırılması	3,00	0,96	2	6	0,5	0,19	2	1,1	4,9	1	4,9
10		Siparişlerin kontrolü	1,94	0,50	1	1,94	1	0,38	1	0,9	1,04	1	1,04
11	Üretim-Vardiya Amiri toplantısı	Toplantıda siparişlerin durumları hakkında bilgi verme	3,00	0,96	1	3	3	0,38	1	3,1	-0,1	1	-0,1
12		Siparişlerin anlatılması	29,90	0,96	2	59,8	20	0,33	2	40	19,8	2	39,6
Toplam						162,7				107,6	55,2		75,0

4.2.3. Ortems OSS Verimlilik Analizi

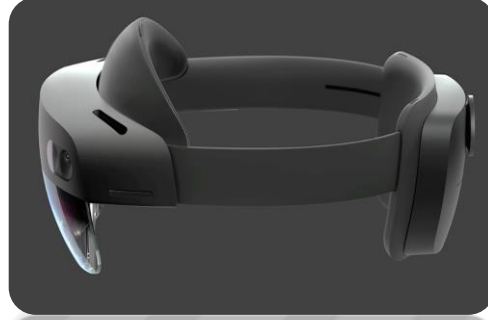
Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Ortems OSS kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar

üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre planlama süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 27,3 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.4.** Dijitalleşme öncesindeki süre 91,1 dakika olup, bu süre 60,3 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili makine adları, bu makineleri kullanan operatör sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.



4.3. Sanal Gerçeklik Sistemleri (VRS - Virtual Reality Systems)

Bugünlerde teknolojinin sınırını kestirmek mümkün gözüküyor. Bunun en güzel örneğini sanal gerçeklik çözümlerinde görmekteyiz. Haberleşme alanında telgraf, telefon ile girmesi ile teknolojik gelişmeler birbiri ile yarışmıştır. İnsanlar bu gelişmeler sayesinde uzakları yakın edebilmiştir **Şekil 4.32.**



Şekil 4.32: Sanal Gerçeklik Çözümleri.

Sanal gerçeklik çözümlerinin birçok alanda katkı sağlamaktadır, bunların önde gelenlerini aşağıda sıralayabiliriz.

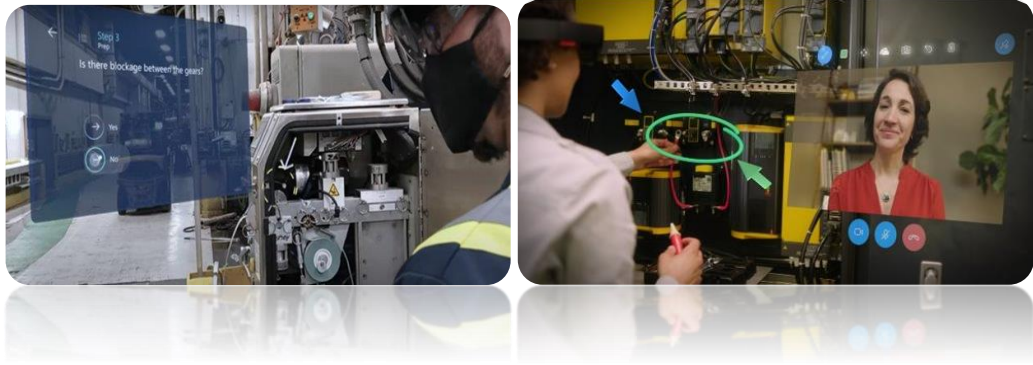
- Kullanıcının gözünden gerçek zamanlı uzaktan yardım olması
- Holografik katı model incelemesi
- Pilot ve uzaktan katılımcılar arasında kullanıcı ara yüzü
- Hareketliliği artırılması
- İş Eğitiminden verimlilik katması
- Müşteriye sahada destek verilmesi
- Tasarım aşamasında 3 boyutlu içerik oluşturulması
- Talimat kılavuzları ve kare kodlar yardımı ile Otonom Bakım faaliyetlerinde verimliliği artırması

4.3.1. Microsoft Hololens Çözümü

Teknoloji dünyasında isim yapmış Amerikan firması Microsoft sundukları birçok çözüm ile üretim hizmet sektörüne fayda sağlamış, diğer firmalara önderlik etmiştir.. Ofis uygulamaları, tasarım uygulamaları, programlama dilleri, video oyunları ve daha nicesi Microsoft programlarının bilindik çalışma alanları idi.

Son günlerde kullanıcıları dijital dünyaya adım atmaları için de yeni çözümler ile karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan birisi de Microsoft Hololens sanal gerçeklik gözlükleridir. Bu cihazlar sayesinde kullanıcıları gerçek dünyada mümkün görülmeyen işlemleri tıpkı bir sanal ortamda bulunma hissini vererek inanılmaz imkanlar sunmaktadır.

Hololens uygulaması ilk çıkış versiyonu sonrası müşterilerin isteklerine karşılık verebilmek için birtakım iyileştirmeler sağlayarak ikinci versiyonunu sürmüştür. En önemli özelliği olan diğer çözümleri ile kolay entegre olabilmekte ve kullanıcılara ilave yüklemeler yapmadan çalışmalarına kaldıkları yerden devam etme imkanı sunmaktadır. Bunu daha da detaylandırarak olursak, kullanıcı mevcut e posta hesabı ile oturum açabilir, diğer ofis programları ile rahatlıkla senkron edebilmektedir **Şekil 4.33.**



Şekil 4.33: Microsoft Hololens 2 Sanal Gerçeklik Gözlük Çözümü.

4.3.2. Microsoft Hololens 2 VRS Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Microsoft Hololens 2 gözlük kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş

yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 126,2 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.5**. Dijitalleşme öncesindeki süre 878,9 dakika olup, bu süre 263,9 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 4 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; Üretim alanında bir problemin incelenmesi, Dış sahada müşteri şikayetinin ve ya talebin incelenmesi, Eğitim ve Ziyaret oluşturulmasıdır. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Üretim alanında bir problemin incelenmesi,
 - İlgili teknisyenin üretim alanına gitmesi
 - Problemi incelemesi
 - Problemin çözümü için bilgi araştırması
 - Problemin çözülmesi
- Dış sahada müşteri şikayetinin ve ya talebin incelenmesi
 - İlgili teknisyenin üretim alanına gitmesi
 - Problemi incelemesi
 - Problemin çözümü için yardım araştırması
 - Problemin çözülmesi
- Eğitim
 - Eğitim alanının hazırlanması
 - Eğitim alanına gidilmesi
 - Eğitim yapılması
 - Eğitim tekrarı yapılması
- Ziyaret

- Ziyaret hazırlığı
- Saha turu yapılması
- Saha turu tekrarı yapılması

Tablo 4.5: Microsoft Hololen2 VRS kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

#	Grup İş adı	İş adı	Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası				Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)
			Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)			
1	Üretim Alanında Bir problemin İncelenmesi	İlgili Teknisyenin Üretim alanına gitmesi	3,40	0,38	1	3,4	3,40	0,14	1	3,4	0	3	0
2		Problemi incelemesi	20,00	0,38	1	20	20,00	0,14	1	20	0	3	0
3		Problemin çözümü için bilgi araştırması	30,00	0,38	1	30	3,00	0,14	1	3	27	3	81
4		Problemin Çözülmesi	5,50	0,35	1	5,5	5,50	0,14	1	5,5	0	3	0
5	Dış Sahada Müşteri Şikayetinin veya Talebin İncelenmesi	İlgili Teknisyenin Üretim alanına gitmesi	60,00	0,14	1	60	60,00	0,14	1	60	0	0,08	0
6		Problemi incelemesi	20,00	0,14	1	20	20,00	0,14	1	20	0	0,08	0
7		Problemin çözümü için yardım araştırması	120,00	0,14	1	120	15,00	0,14	1	15	105	0,08	8,75
8		Problemin Çözülmesi	15,00	0,38	1	15	15,00	0,25	1	15	0	0,08	0
9	Eğitim	Eğitim alanının hazırlanması	15,00	0,38	2	30	0,00	0,00	1	0	30	0,07	2
10		Eğitim alanına gidilmesi	10,00	0,38	2	20	2,00	0,14	1	2	18	0,07	1,2
11		Eğitim yapılması	60,00	0,35	2	120	60,00	0,28	1	60	60	0,07	4
12		Eğitim tekrarı yapılması	60,00	0,35	2	120	0,00	0,00	1	0	120	0,07	8
13	Ziyaret	Ziyaret Hazırlığı	15,00	0,35	3	45	0,00	0,00	1	0	45	0,08	3,75
14		Saha Turu yapılması	45,00	0,35	3	135	60,00	0,28	1	60	75	0,08	6,25
15		Saha Turu tekrarı yapılması	45,00	0,38	3	135	0,00	0,00	1	0	135	0,08	11,25
Toplam						878,9				263,9	615		126,2

4.3.3. Microsoft Hololens 2 VRS Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada MS Hololens2 VRS çözümü kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre arıza tespit süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 7,38 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.6.** Dijitalleşme öncesindeki süre 73,27 dakika olup, bu süre 39,18 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili makine adları, bu makineleri kullanan operatör sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

4.4. Aksiyon Takip ve Yönetim Sistemleri (ATMS-Action Tracking and Management Systems)

Şirketlerdeki bir diğer önemli husus Şirket içi ve dışı bilgilerin yönetilmesidir. Finansal konularda, sipariş yönetiminde, stok yönetiminde ve aksiyonların yönetiminde bir bilgi sistemine ihtiyaç duyulur. Şirketlerin var oluşundan bu yana insanlar ihtiyaç duydukları bilgileri çeşitli ortamlarda saklamaya başlamışlardır. Bunların çoğunluğu kağıt veya insan hafızasıydı.

Teknolojinin şirket hayatında rol alması ile birlikte bilginin saklanıldığı ortamlar dijitalleşmeye başladı. Ofis programları, ses veya görüntü kayıtları defterlerin yerini almaya başladı. Şirket içinde çalışılan tüm sistemlerde bilgi kaydı ve aksiyonların takibi şirketin var olması sebebiyle olması zaruridir. Dolayısıyla şirketlerin bu ihtiyaçlarının karşılanması için günümüzde birçok çözüm meydana getirilmiştir.

Ofis programları bilgisayar dünyasına geçişi ile birlikte şirketlerin büyümesine zemin hazırlamıştır. Saatler süren kayıt ve veri kaybının önüne bu programlar sayesinde dakikalar almıştır. Fakat belli bir zaman sonrası şirketlerin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak ofis programlarının yeterliliği sorgulanır hale gelmiştir. Bu bölümde birçok firma tarafından kullanılan “Fabriq” çözümünün ne gibi zorluklara çözüm bulduğu anlatılacaktır.

4.4.1. Fabriq ATMS Çözümü

Fabriq sistemi web tabanlı bir bilgi saklama ve aksiyon takip platformudur. Daha önceden kullanılan çözümlerin aksine erişilebilir, kolay kullanılabilir, arşivlenebilir ve modüler yapısıyla eşsiz bir çözüm sağlamaktadır. Fabriq şirketin bölüm ve ekipmanları birbirleriyle ilişkisini kolayca bahsederek fiziksel alan ayrımını aksiyon takibinde kullanıcı işini kolaylaştırır.

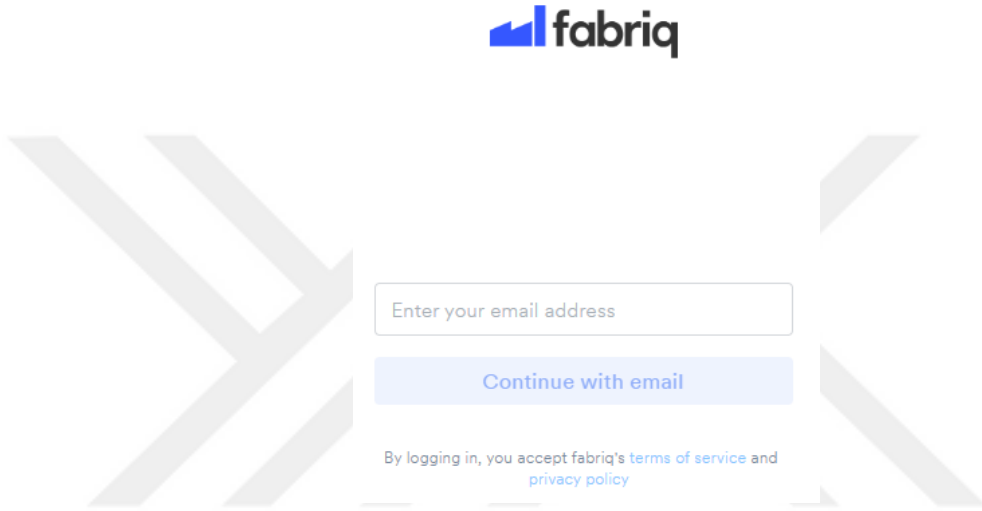
Fabriq web uygulamasının şirket içerisinde ne gibi konularda katkı sağladığını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- Aksiyonların takibi,
- Günlük, haftalık ve aylık göstergelerin takibi,
- Projelerin takibi

- Rutinlerin planlaması,
- Duyuruların oluşturulması
- Kullanıcıların yetki seviyelerinin yönetilmesi

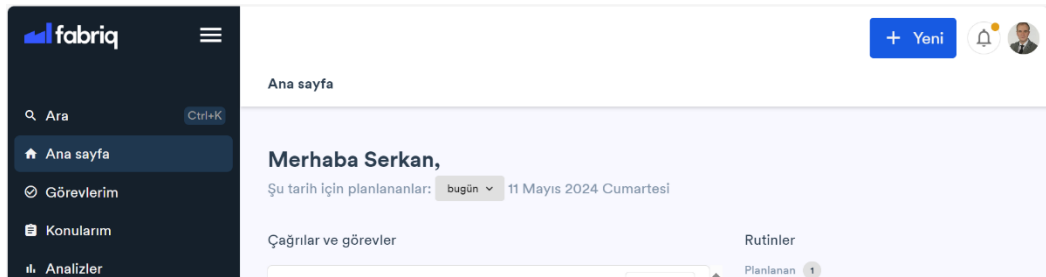
Bu bölümde Fabriq uygulamasının kullanımı hakkında bilgi verilecek.

Fabriq uygulaması Fransız menşeli bir bilgi ve aksiyon takip çözümüdür. Web tabanlı bir uygulama olduğu için herhangi bir web browser üzerinden açılmaktadır **Şekil 4.34.**



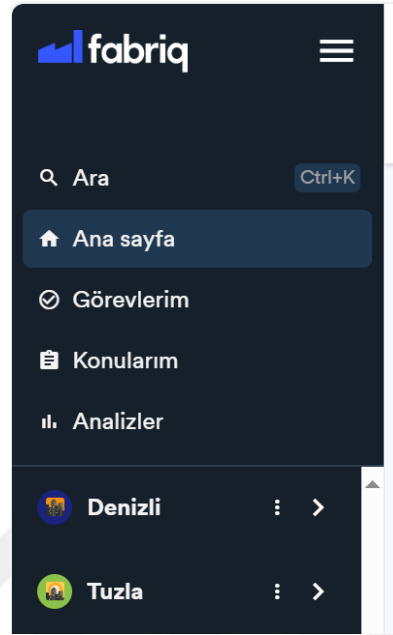
Şekil 4.34: Fabriq ATMS Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.

Giriş yapıldıktan sonra ilk olarak bizi “Ana sayfa” karşılar. Burada ilgili kullanıcıya ait oluşturulmuş rutinler, Çağrılar ve görevler görüntülenir **Şekil 4.35.**



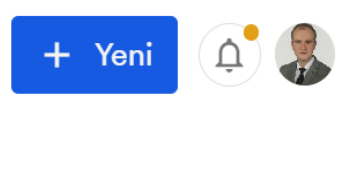
Şekil 4.35: Fabriq ATMS Giriş Sayfası.

Sol taraftaki Menüden “Ara”, “Ana sayfa”, “Görevlerim”, “Konularım”, “Analizler” ve erişim izni verilmiş takım sayfalarına geçiş yapılabilir **Şekil 4.36.**



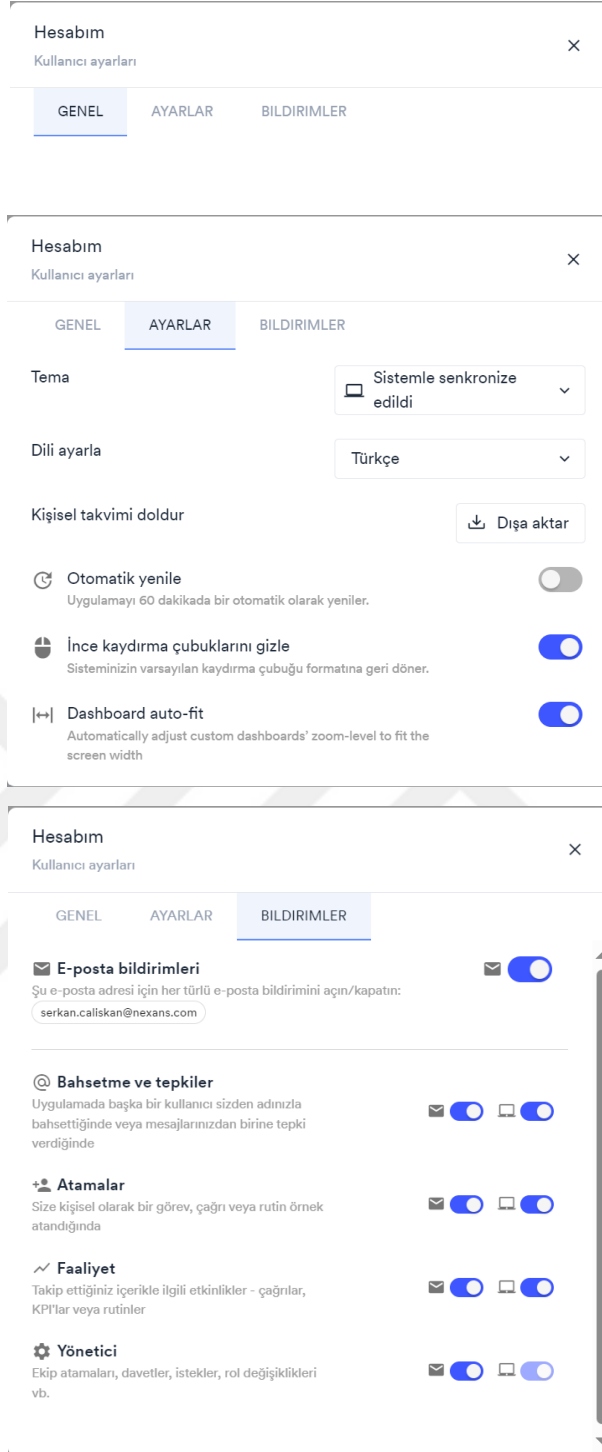
Şekil 4.36: Fabriq ATMS Menü.

Sağ Üst bölümde de “Yeni”, “Bildirimler” ve “Kullanıcı resmi” yer almaktadır. Yeni butonu ile kullanıcıya ait konu, duyuru veya KPI verisi kolaylıkla eklenebilir. Bildirimler butonu ile yine kullanıcıya ait görevler, çağrılar veya bahsedilme bildirimlerini görüntüleyebilir. Kullanıcı resmine basıldığında; kullanıcının yer aldığı takımlar, hesap ayarları ve çıkış butonu yer almaktadır **Şekil 4.37.**



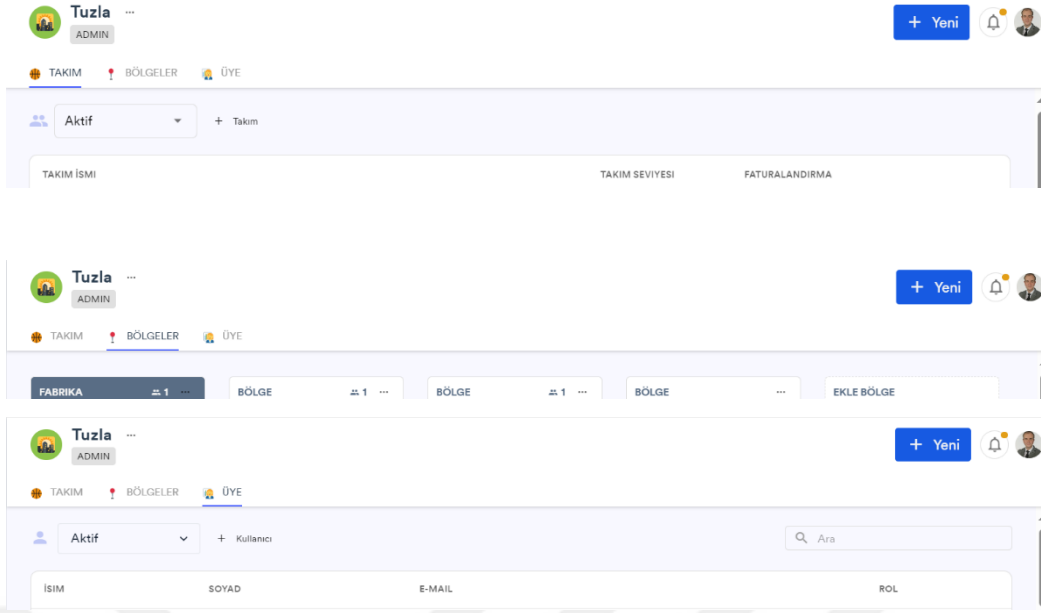
Şekil 4.37: Fabriq ATMS Üst Menü.

Hesabım kısmında Genel, Ayarlar ve Bildirim değişiklikleri yapılabilmektedir. Genel sekmesinde resim güncellemesi, Ayarlar kısmında Dil ve Pencere ayarları, Bildirimler kısmında ise Uygulama ve Eposta bildirimleri yönetilmektedir **Şekil 4.38.**



Şekil 4.38: Fabriq ATMS Hesabım menüsü.

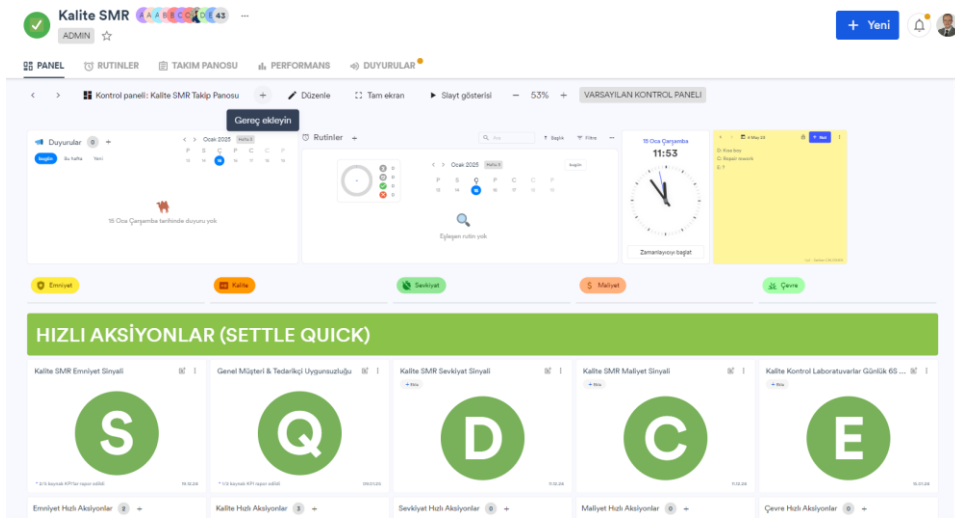
Erişim yetkisi verilen takım grup ayarlarında oluşturulan Takım, Bölge ve Üyeler kontrol edilebilmektedir. (Şekil 4.39)



Şekil 4.39: Fabrik ATMS Takım, Bölge, Üye Ayar sayfası.

Fabrik ATMS uygulamasında takım grupları Panel, Rutinler, Takım Panosu, Performans ve Duyurular olarak 5 ayrı sayfada yönetilmektedir.

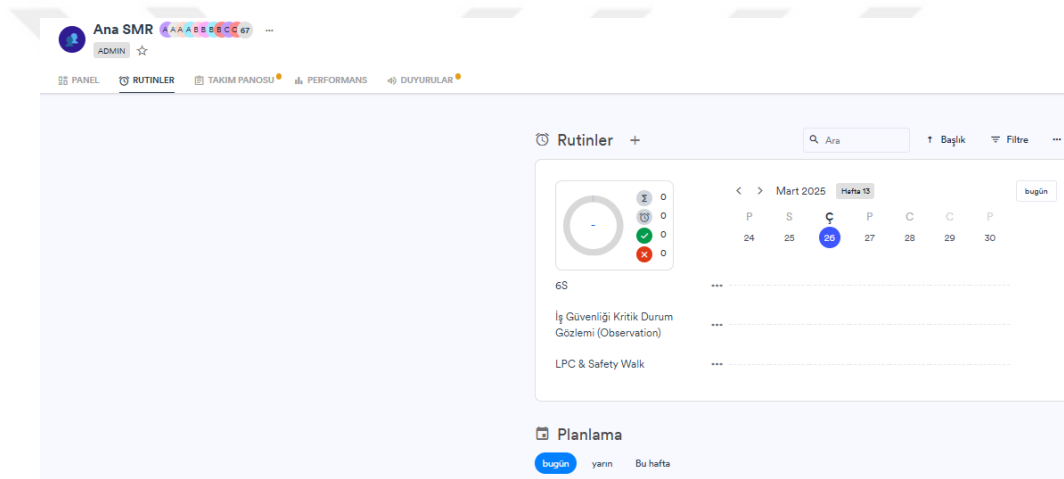
Panel sayfasında kullanıcılara günlük, haftalık veya aylık konuların detaylı olarak takibine, ihtiyaç duyulan grafilerin yine aynı zaman aralıklarında saklanılmasına yardımcı olmaktadır. Oluşturulan panolar ile projelerin veya toplantıların sağlıklı yürütülmesine ve kullanıcılar tarafından hızlı karar alınmasını sağlar **Şekil 4.40**.



Şekil 4.40: Fabrik ATMS Panel Sayfası.

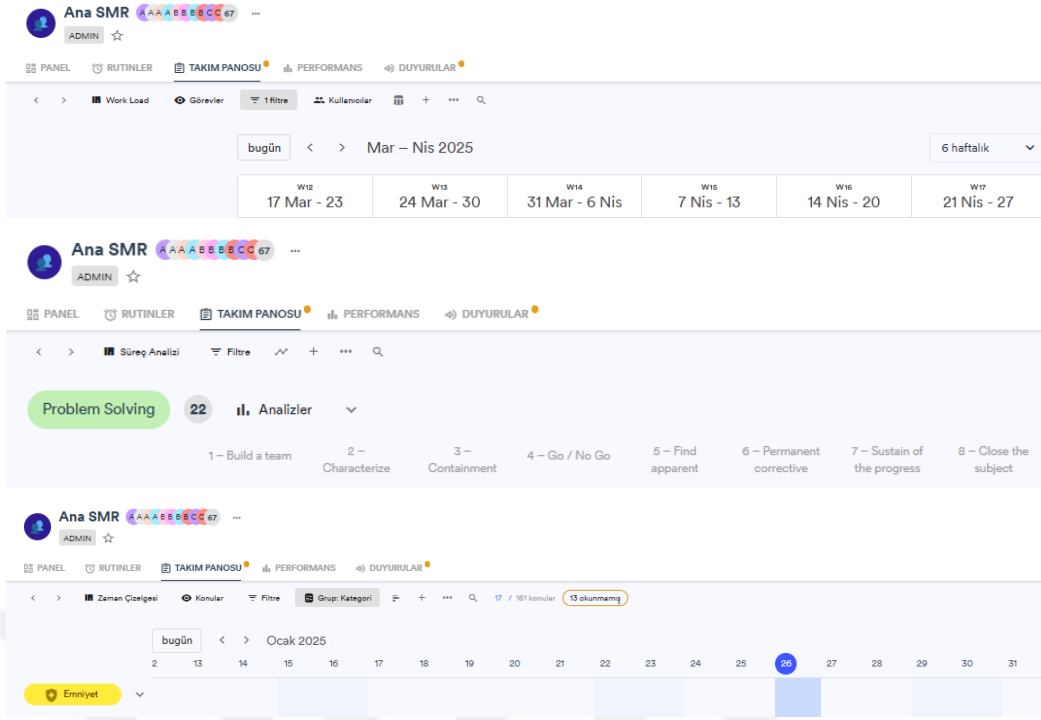
Rutinler sayfasında ise belirli zaman aralıklarında tekrarlanan işletme içi uygulamaları da yönetmek son derece kolaydır **Şekil 4.41**. Yapılabilecek işlemleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Yeni rutinlerin oluşturulması
- Rutin planlarının oluşturulması
- Mevcut rutinlerin yapılmasının takibi
- Rutinlerde kullanılacak formların hazırlanılması
- Rutin sorumlularının belirlenmesi ve yönetilmesi
- Rutin esnasında alınan aksiyonları, panolar ile ilişkilendirme
- Başka web uygulamalarından hazırlanan formlar ile ilişkilendirme



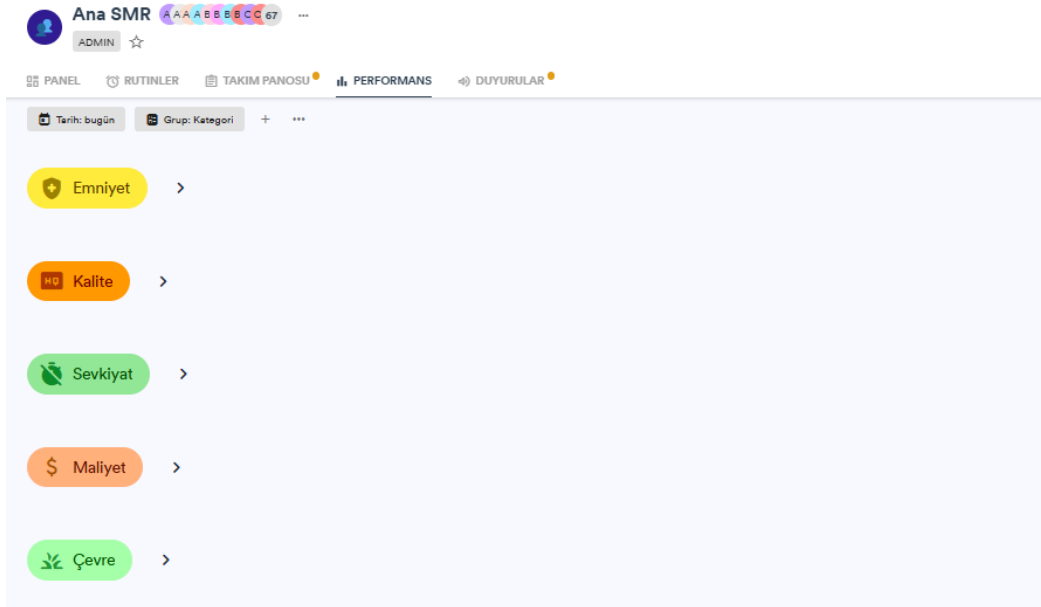
Şekil 4.41: Fabriq ATMS Rutinler Sayfası.

Üçüncü sayfa Takım Panosu sayfasıdır. Burada ilgili takım grubuna ait aksiyonlar ve sorumluların zaman aralıklarına veya çeşitli kategorilere göre tablo oluşturma imkanı sağlar. Takım liderleri aksiyonları, sorumlularının iş yük dağılımını, zaman çizelgesine veya süreç analizi göre inceleyebilme imkanı sunar **Şekil 4.42**.



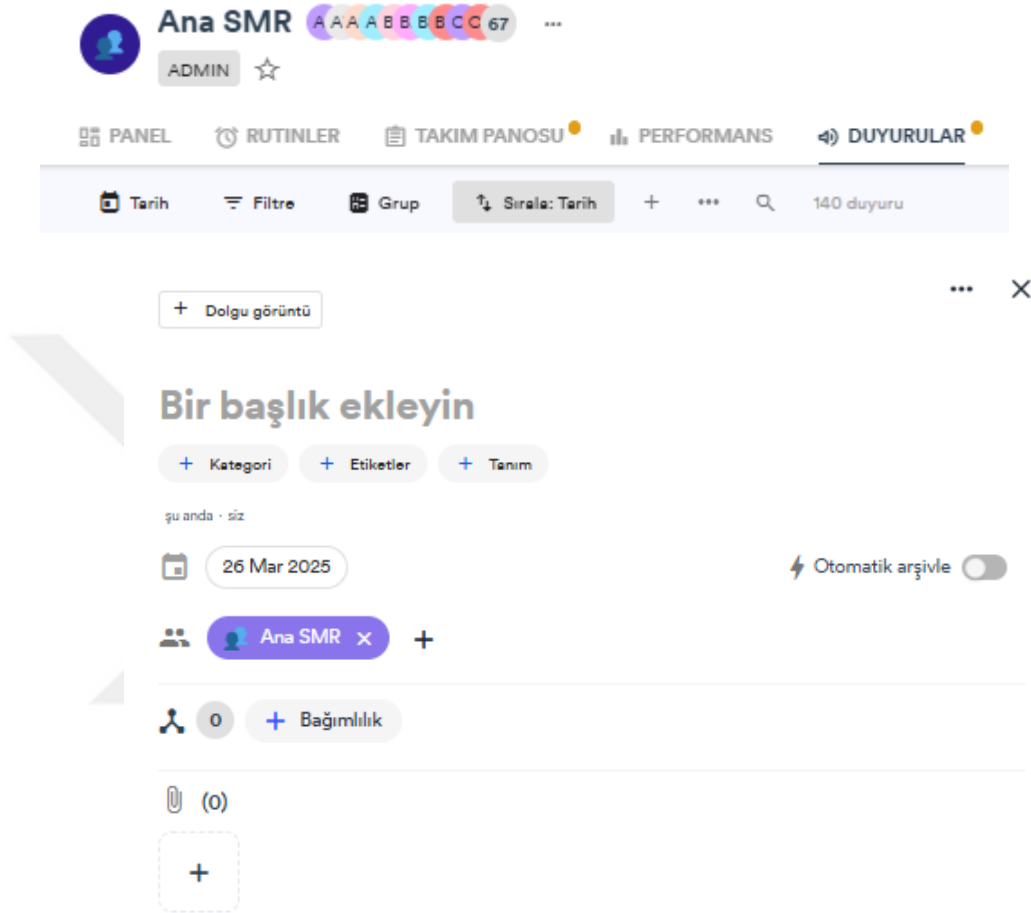
Şekil 4.42: Fabriq ATMS Takım Panosu Sayfası.

Dördüncü sayfa Performans sayfasıdır. Bu kısımda takım grubuna ait önceden belirlenen kategorilere göre tüm KPI grafikleri yer almaktadır Şekil 4.43.



Şekil 4.43: Fabriq ATMS Performans Sayfası.

Son kısım Duyurular sayfasıdır. Bu kısımda kullanıcılara bilgilendirmeler yapılmaktadır. Duyuru istenirse önceden belirlenmiş kategori veya aksiyon ile ilişkilendirilebilmektedir. Ayrıca duyuruların istenilen zaman aralıklarına göre panoda kalma süresi de kolaylıkla yönetilebilmektedir **Şekil 4.44**.



Şekil 4.44: Fabriq ATMS Duyurular Sayfası.

4.4.2. Fabriq ATMS Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Fabriq uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 222,56 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.7**. Dijitalleşme öncesindeki süre 339 dakika olup, bu süre 112,8 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır.

Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 4 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; Üretim saha turu rutini, Departman toplantısı rutini, Fabrika toplantı rutini, Proje takip ve Proje çözme takiptir. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Üretim saha turu rutini
 - Formların yenilenmesi
 - Verilerin toplanması
 - Verilerin girişi
 - Verilerin analizi
- Departman toplantısı rutini
 - Formların yenilenmesi
 - Verilerin toplanması
 - Verilerin girişi
 - Verilerin analizi
- Fabrika toplantı rutini
 - Formların yenilenmesi
 - Verilerin toplanması
 - Verilerin girişi
 - Verilerin analizi
- Proje takip
 - Dosyanın hazırlanması
 - Verilerin toplanması
 - Verilerin girişi

- Verilerin analizi
- Problem çözme takip
 - Dosyanın hazırlanması
 - Verilerin toplanması
 - Verilerin girişi
 - Verilerin analizi

Tablo 4.7: Fabrik ATMS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

#	Grup İş adı	İş adı	Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası				Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)
			Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)			
1		Formların yenilenmesi	0,90	0,13	5	4,5	0,00	0,00	5	0	4,5	1	4,5
2	Üretim Saha	Verilerin toplanması	3,10	0,13	5	15,5	3,10	0,14	5	15,5	0	1	0
3	Turu Rutini	Verilerin girişi	2,60	0,13	5	13	1,40	0,14	5	7	6	1	6
4		Verilerin Analizi	25,00	0,13	5	125	4,90	0,14	5	24,5	100,5	1	100,5
5		Formların yenilenmesi	0,90	0,13	4	3,6	0,00	0,00	4	0	3,6	1	3,6
6	Departman	Verilerin toplanması	3,10	0,13	4	12,4	3,10	0,35	4	12,4	0	1	0
7	Toplantısı Rutini	Verilerin girişi	2,60	0,13	4	10,4	1,40	0,35	4	5,6	4,8	1	4,8
8		Verilerin Analizi	25,00	0,13	4	100	4,90	0,35	4	19,6	80,4	1	80,4
9		Formların yenilenmesi	0,90	0,13	1	0,9	0,00	0,00	1	0	0,9	1	0,9
10	Fabrika Toplantı	Verilerin toplanması	3,10	0,13	1	3,1	3,10	0,35	1	3,1	0	1	0
11	Rutini	Verilerin girişi	2,60	0,13	1	2,6	1,40	0,35	1	1,4	1,2	1	1,2
12		Verilerin Analizi	25,00	0,13	1	25	4,90	0,35	1	4,9	20,1	1	20,1
13		Dosyanın hazırlanması	0,90	0,13	1	0,9	0,00	0,00	1	0	0,9	0,13	0,12
14	Proje Takip	Verilerin toplanması	3,10	0,13	1	3,1	3,10	0,14	1	3,1	0	0,13	0
15		Verilerin girişi	2,60	0,13	1	2,6	1,40	0,14	1	1,4	1,2	0,13	0,16
16		Verilerin Analizi	4,90	0,13	1	4,9	4,90	0,14	1	4,9	0	0,13	0
17		Dosyanın hazırlanması	0,90	0,13	1	0,9	0,00	0,00	1	0	0,9	0,13	0,12
18	Problem Çözme	Verilerin toplanması	3,10	0,13	1	3,1	3,10	0,35	1	3,1	0	0,13	0
19	Takip	Verilerin girişi	2,60	0,13	1	2,6	1,40	0,35	1	1,4	1,2	0,13	0,16
20		Verilerin Analizi	4,90	0,13	1	4,9	4,90	0,35	1	4,9	0	0,13	0
Toplam						339				112,8	226,2		222,56

4.4.3. Fabrik ATMS Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Fabrik uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre veri arama süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 103,45 dakika hesaplanmıştır

Tablo 4.8. Dijitalleşme öncesindeki süre 147,26 dakika olup, bu süre 43,8 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili makine adları, bu makineleri kullanan operatör sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına

göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.



4.5. Görüntü İşleme Sistemleri (IPS-Image Processing Systems)

Televizyonların 20. Yüzyılda kullanılması ile birlikte görüntüleme alanındaki teknolojik gelişimler 21. Yüzyılda da tüm hızıyla devam etmektedir. Görüntüyü yansıtma, kaydetme ilk olarak fotoğraf makineler ile hayatımıza girdi. Sonrasında da İlk başta siyah beyaz ekranlı televizyonlar ile tanışmamız, ardından renkli televizyonlara geçiş, Bilgisayarın buluşu ile birlikte görüntü sadece tek yönlü bilgi akışının yansıra elde edilen datanın işlenmesine de olanak sağlamıştır.

Görüntü işleme çözümleri ile şirketler yeni yeni tanışmaktadırlar. Bunu daha çok gerçek dünyadan gelen verileri ölçümlemek için kullanılmaktadır. Hattan geçen ürün sayısı, tren istasyonda bulunan kişi sayısı, otoyoldan geçen araba sayısını hesaplayabilmek için genellikle bu sisteme başvurumaktadırlar.

Son günlerde görüntü işleme sistemlerinin kullanım alanlarına İş güvenliği alanını da dahil etmişler. Tesis içerde meydana gelen problemleri tespit edebilmek için ve özellikle tekrarlayan uygun olmayan hal ve hareketlerde önceden önlem alabilmek için mükemmel bir çözüm sunmaktadır.

Bu bölümde Intenseye firmasına ait görüntü işleme çözümünden bahsedeceğiz.

4.5.1. Intenseye IPS Çözümü

Intenseye ile İşçi Sağlığı ve Güvenliğini artırmak ve iş kazalarını düşürmek için teknoloji yatırımı yapmak isteyen üye işletmelere “Yapay Zeka Tabanlı İSG Video analiz Yazılım Platformu Hizmeti” desteği verilmesi amaçlanmaktadır **Şekil 4.45.**



Şekil 4.45: Intenseye IPS örnek alan tarama görüntüsü.

Program Hakkında:

Bulut Tabanlı:

Web Dashboard:

Mevcut Kameralar:

Veri Güvenliği:

Veri Gizliliği:

Hızlı Entegrasyon:

İş Güvenliği Kuralları:

Alan Kontrolleri:

- Minimum Çalışan
- Maksimum Çalışan
- Vinç alanı
- Makine Kısıtlı Alan
- Statik Sınırlama Alanı
- Zaman Kısıtlı Alan
- Işık Kontrolleri

- Ateş Hattı
- Makine Alanı
- Güvenli Kaldırma

Davranışlar İSG:

- Yaya yollarının Takibi
- Gruplaşma
- Tırmanma
- Yüksekte Çalışma
- Elektrik Alanı ile Temas
- Merdiven Korkuluğu Kullanımı
- Araca Erişim

Araç Kontrol:

- Hareket Eden Araç etrafında çalışma
- Araç Kısıtlı Alan
- Araç Operasyon Bölgesi
- Hız Limiti
- Araç KKD Uyumluluğu
- Tek Yönlü Trafik

Kişisel Koruyucu Donanım:

- Ark Flaş Tulumu
- Baret
- Reflektif Yelek
- Gözlük
- Eldivenler
- Önlük

- Koltuk
- Solunum Maskesi
- Kulak Koruyucu

Tertip Düzen:

- Terkedilen Nesne
- Engelsiz Yaya Yolları
- Engelsiz Araç Yolları
- Sızıntı ve Dökülme
- Açık/Kapalı Kapı

Pandemi Kontrol Önlemleri:

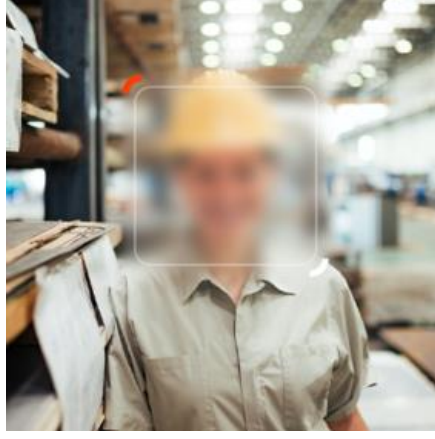
- Sosyal Mesafe
- Yüz Maskesi

Acil Durum:

- Yangın Algılama
- Duman Algılama
- Çalışanın Düşmesi
- Koşma

Intenseye’da Gizlilik:

TİSK ve TİSK Mikrocerrahi vakfı desteği ile sunulan intenseye teknolojisinin yapay zekası, güvenliğinizi korurken kişisel verilerinizi kayıt altına almaz. Can güvenliğini ve gizliliği öncelikli olarak korur **Şekil 4.46**.



Şekil 4.46: Intenseye IPS KVKK gizlilik politikasına uygunluğu.

GDRP ve KVKK Uyumluluğu:

- Intenseye hiçbir zaman biyometrik ve özel nitelikli kişisel veri toplamaz
- İşlenen verilerin tamamı şifrelenerek saklanır ve kişisel veriler anonim hale getirildikten sonra kullanıcılara sunulur.
- Intenseye varsayılan ayar olarak yüzleri maskeler ve kişilerin alarm görüntülerinden ayırt edilebilmesinin önüne geçer.
- Kişilerin görüntü kayıtları KVKK'nın 4. Maddesinde belirtilen Özel Nitelikli Veri sınıfına girmez. İşletmelerde hali hazırda yer alan kameralardan görüntü alınması çalışanlara bildirildiği için, Intenseye'ı kullanabilmek için ek rıza alınması gerekmez.
- Intenseye iş ortamlarında yaşanabilecek kazaları önlemek adına bu riskleri özel nitelikli verileri kullanmadan, anonimleştirilmiş veriler üzerinde yaptığı analizler ile kullanıcılara hizmet verir.

Teknik Gereksinimler:

Mevcut IP Kameralar: Intenseye bazlı hazırda kullanılmakta olan yerel ağa bağlı IP kameralara entegre olarak çalışır.

H264/H265 Codec Özelliği: Kameralardan yayınlanan verinin yerel ağ ve internete çıkan ağda minimum bant genişliği tüketmesi için, Intenseye H264/H265 Codec ile sıkıştırılmış yayın profillerine entegre olur. Bu Codec teknolojileri piyasadaki hemen hemen tüm IP kamera modelleri için standart bir özelliktir **Şekil 4.47.**

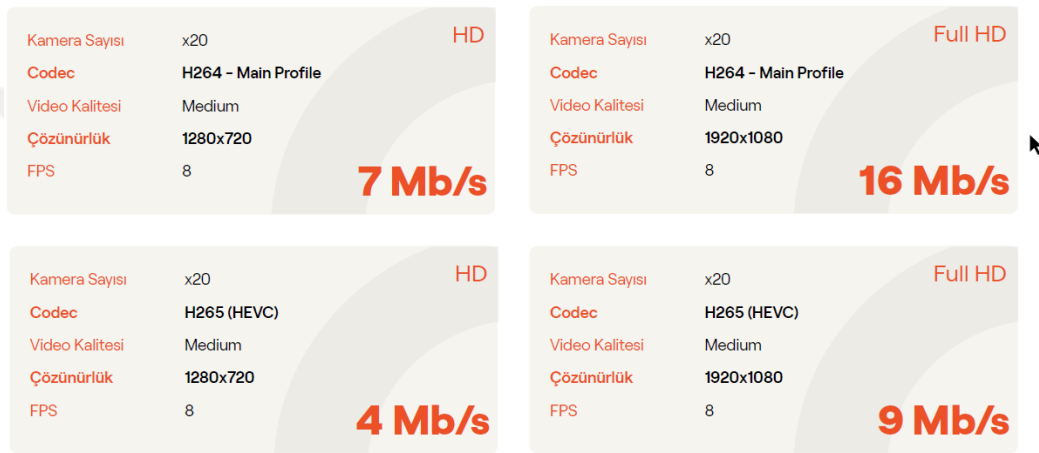
RTSP Yayın Desteği: Intenseye kameraların gerçek zamanlı yayınlarına RTSP protokolü üzerinden bağlanır. Bu Protokol hemen hemen tüm IP kamera modelleri için standart bir protokoldür.

1280x720p / 8FPS: Intenseye yapay zeka modellerin çalışabilmesi için minimum çözünürlük 1280x720 piksel olarak belirlenmiştir. Saniye minimum 8 kare yayın yapılması Intenseye’ın hareketli objeleri takip edebilmesi için yeterlidir **Şekil 4.48**.

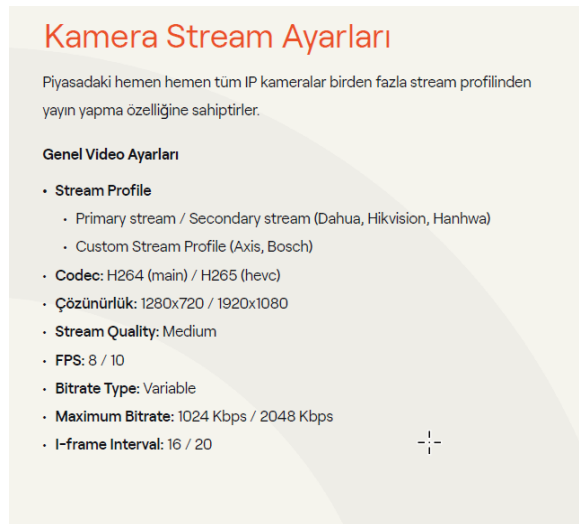
Bandwidth Kullanımı

H264 ve H265 codec teknolojileri sayesinde IP kameralar cihaz başına 1 Mb/s altında bandwidth tüketirler.

Kamera stream ayarlarında yapılacak optimizasyon ile Intenseye cihaz başına ortalama **0.2 ila 0.8 Mb/s** arası bandwidth tüketir.



Şekil 4.47: Intenseye IPS kullanılan IP kameralardaki bant genişliği bilgileri.



Şekil 4.48: Intenseye IPS teknik gereksinimler.

4.5.2. Intenseye IPS Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Intenseye IPS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 388,28 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.9.** Dijitalleşme öncesindeki süre 3280 dakika olup bu süre 777,4 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 5 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; Üretim alanında bir problemin incelenmesi, Dış Sahada Müşteri Şikayetinin veya Talebin İncelenmesi, Eğitim ve Ziyaret oluşturulmasıdır. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Tanımlama,
 - İhtiyaçların belirlenmesi
 - İşlem yapılacak alanların belirlenmesi
- Ölçülenmesi
 - Donanım kurulum
 - Sistem kurulum
- Analiz
 - Ölçümlerin toplanması
 - Analizlerin yapılması
- Uygulanması
 - Raporların oluşturulması
 - Raporların paylaşılması
- Kontrol edilmesi

- Haftalık değerlendirme toplantılarının yapılması
- Aylık değerlendirme toplantılarının yapılması

Tablo 4.9: Intenseye IPS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

			Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası						
			Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)		Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)		Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)
#	Grup İş adı	İş adı			Kişi #				Kişi #				
1	Tanımlama	İhtiyaçların belirlenmesi	60,00	6,04	1	60	47,40	26,53	1	47,4	12,6	0,13	1,68
2		İşlem yapılacak alanın belirlenmesi	30,00	6,04	1	30	30,00	2,12	1	30	0	0,13	0
3	Ölçümlemesi	Donanım Kurulum	0,00	0,00	1	0	300,00	2,12	1	300	-300	0,00	-1
4		Sistem Kurulum	0,00	0,00	1	0	120,00	2,12	1	120	-120	0,00	-0,4
5	Analiz	Ölçümlerin toplanması	480,00	6,04	1	480	0,00	0,00	1	0	480	0,13	64
6		Analizlerin yapılması	480,00	6,04	1	480	10,00	2,12	1	10	470	0,13	62,67
7	Uygulanması	Raporların oluşturulması	960,00	6,04	2	1920	0,00	0,00	1	0	1920	0,13	256
8		Raporların paylaşılması	20,00	6,04	2	40	0,00	0,00	1	0	40	0,13	5,33
9	Kontrol edilmesi	Haftalık Değerlendirme toplantılarının yapılması	30,00	6,04	3	90	30,00	2,12	3	90	0	0,13	0
10		Aylık Değerlendirme toplantılarının yapılması	60,00	6,04	3	180	60,00	2,12	3	180	0	1	0
Toplam						3280				777,4	2502,6		388,28

4.5.3. Intenseye IPS Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Intenseye uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre çalışamaz sağlık raporu almasıyla oluşan iş gücü kaybı süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 7,38 dakika hesaplanmıştır. (Tablo 4.10) Dijitalleşme öncesindeki süre 73,27 dakika olup, bu süre 39,18 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili makine adları, bu makineleri kullanan operatör sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

4.6. Dijital Kalite Dokümantasyon Yönetim Sistemleri (Digital Quality Documentation Management Systems)

20. yüzyılın sonu itibarıyla şirketlerin birçoğu müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için Kalite Yönetim sistemlerine eğilim gösterdiler. Hem süreçlerini daha sistematik bir şekilde yürütmek hem de pazarda bilinçli müşterileri kazanabilmek için şirket profesyonelliği ve kalitesini ispat edebilmek için vazgeçilmez bir unsur oldu. Şirketler zamanlar ilk sertifika gereksinimlerini sağlamak ve sonrasında da sertifika devamlılığını sürdürebilmek için bünyesinde doküman süreçleri ile ilgilenebilecek kadrolar oluşturmaya başladılar. Kalite ve diğer yönetim sistemleri her ne kadar verimliliklerini yükseltebilecek bir sistemler olsa da şirket içerisindeki dinamizm sebebiyle eşlenik gidememe sıkıntılarını beraberinden getirmiştir. Dolayısıyla sertifika devamlılığını yerine getirebilmek için yapılması gerektiği düşünülen fakat verimsiz bir iş yükü olarak kabul edilecek bir işlem halini almıştır.

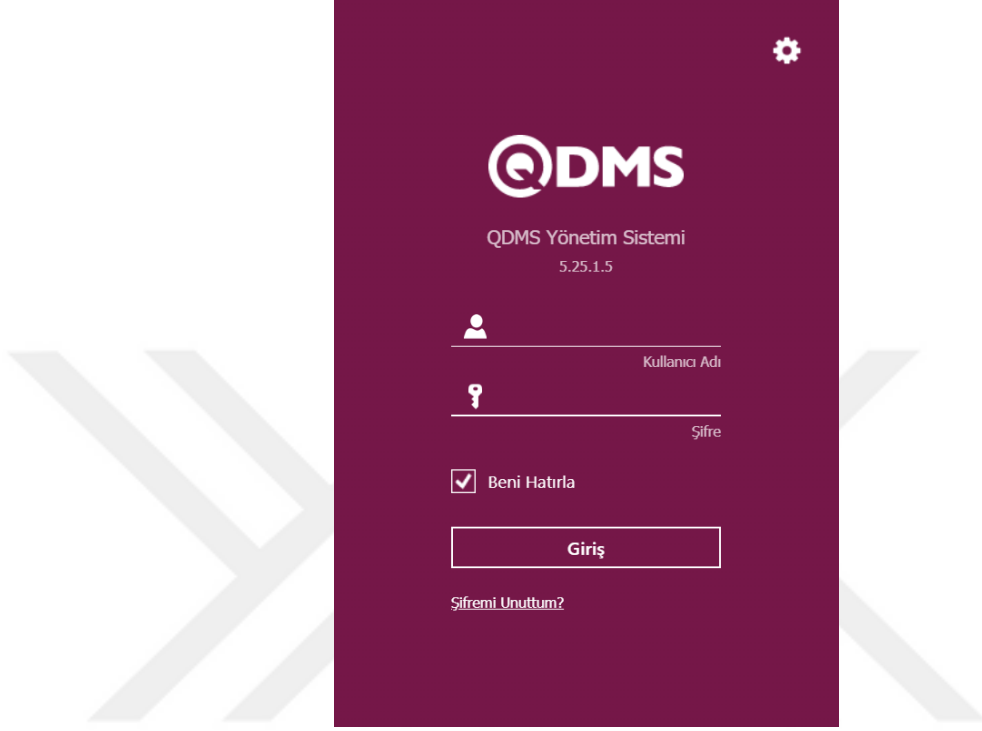
Dijitalleşen dünya, Şirket içerisinde Kalite ve diğer sistemlerin doküman takip ve doldurulma takibin sebebiyle zamanla değersizleşen ve hak ettiğini değeri tekrar kazanabilmesi için çözüm sunmuştur. Büyüyen üretim hacmi sebebiyle sistem içerisinde kullanılan doküman sayısı da orantılı olarak artmaktadır. Özellikle yüksek üretim miktarda üretim yapan şirketlerde bu tip çözümler yok ise, dokümanlara hızlı erişim aşırı uzun sürebilmektedir. Doküman yönetim sistemleri ile birlikte aşağıda belirtilen katma değersiz işlerden arındırılır.

- Doküman Arama zaman kazancı
- Doküman ilk yayınlanması ve revizyon işlemlerinde kağıt masrafı
- Çıktı alınan dokümanların ilgili kişilere ulaştırılması
- Zamanı geçen dokümanların üretim alanında kalması
- Revize edilen dokümanların belirlenen zaman zarfında saklanması için arşiv alanının oluşturulması

Bundan sonraki bölümde BİMSER firmasına ait QDMS çözüm uygulaması hakkında temel bilgiler verilecektir.

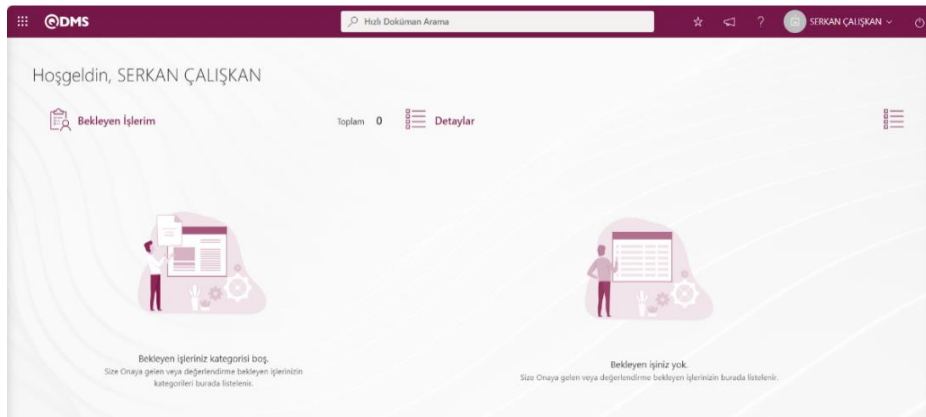
4.6.1. Bimser QDMS Çözümü

Bimser QDMS yönetim sistemine ilk olarak belirlenen web browser adresinden giriş yapılır **Şekil 4.49**.



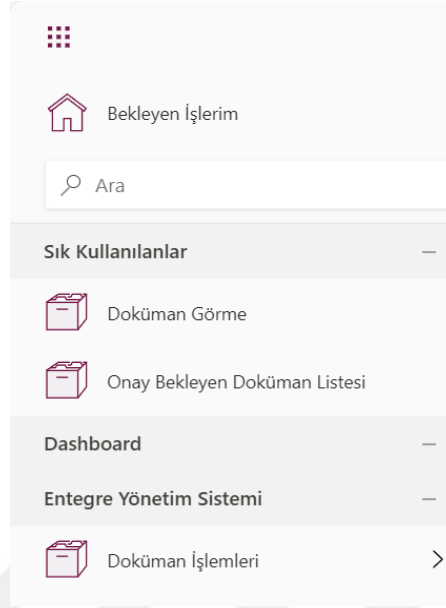
Şekil 4.49: Bimser QDMS Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.

Kullanıcı adı ve Şifresi girildikten sonra ana ekran gelir **Şekil 4.50**.



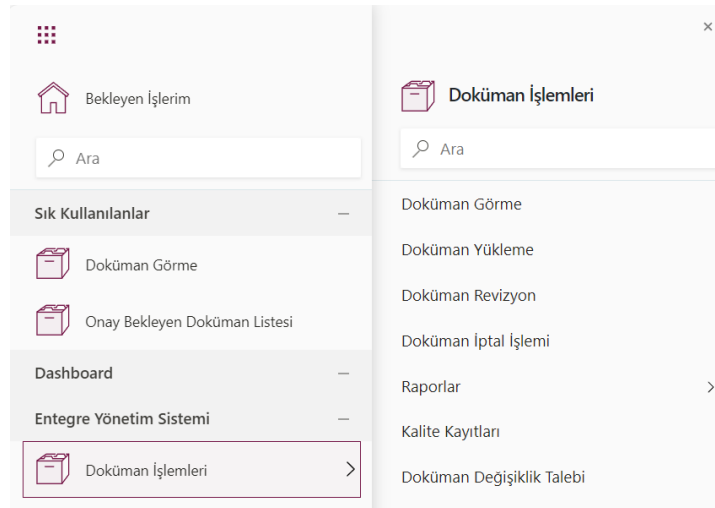
Şekil 4.50: Bimser QDMS Giriş ekranı.

Sol üst kısımda yer alan “” butonu yardımı ile menüye ulaşılır **Şekil 4.51.**



Şekil 4.51: Bimser QDMS menü penceresi.

QDMS sisteminde verilen yetki sınırında “Doküman Görme”, “Onay Bekleyen Doküman Listesi” gibi modüller aktifleşir. Doküman işlemlerine ilgili satır yanında açılan pencereden ulaşılabilir **Şekil 4.52.**



Şekil 4.52: Bimser QDMS Doküman İşlemleri menüsü.

Doküman aramayı kolaylaştırmak için üst kısımda arama alanı yer almaktadır **Şekil 4.53.**

Şekil 4.53: Bimser QDMS Arama fonksiyonu.

QDMS ile dökümanları klasör dizinleri altında saklamak mümkündür. Yeni oluşturulan veya revize edilen dökümanlar önceden belirlenen onay akışına göre ilgili yetkililere gönderilir. Onay verilen dökümanlar yine önceden belirlenen kişi veya gruplara dağıtımları yapılır.

4.6.2. Bimser QDMS Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Bimser QDMS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 186,46 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.11.** Dijitalleşme öncesindeki süre 930 dakika olup bu süre 1819,8 dakika 'ya yükselmiş, standart sapma azaltılmıştır. Buradaki kaybın sebebi kurulumdaki sürelerden kaynaklıdır. Kurulum sonrası bu kayıplar olmayacağından sonraki kullanımlarda direkt kazanç elde edilecektir. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 5 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; Üretim alanında bir problemin incelenmesi, Dış Sahada Müşteri Şikayetinin veya Talebin İncelenmesi, Eğitim ve Ziyaret oluşturulmasıdır. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Tanımlama

- Dosya listesinin hazırlanması
 - Eksik dosyaların hazırlanması
- Sistem kurulumu
 - Dosyaların uygun formata dönüştürülmesi
 - Donanım kurulum
 - Sistem kurulum
 - Dosyaların yüklenmesi
- Uygulanması
 - Kullanıcı hesaplarının oluşturulması
 - Kullanıcı bilgisayarlarının hazırlanması
 - Erişim
- Yeni doküman
 - Yeni doküman hazırlama
 - Yeni doküman yükleme
- Revizyon doküman
 - Mevcut doküman revizyon
 - Mevcut doküman yükleme

Tablo 4.11: Bimser QDMS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

			Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası						
#	Grup İş adı	İş adı	Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)
1	Sistem Kurulum	Dosya Listesinin Hazırlanması	120,00	6,04	1	120	120,00	1,77	1	120	0	0,00	0
2		Eksik Dosyaların hazırlanması	300,00	6,04	1	300	300,00	1,77	1	300	0	0,00	0
3		Dosyaların Uygun Formata Dönüştürülmesi	0,00	0,00	0	0	600,00	1,77	1	600	-600	0,00	-2
4		Donanım Kurulum	0,00	0,00	1	0	300,00	1,77	1	300	-300	0,00	-1
5		Sistem Kurulum	0,00	0,00	1	0	120,00	1,41	1	120	-120	0,00	-0,4
6		Dosyaların Yüklenmesi	0,00	0,00	1	0	120,00	1,41	1	120	-120	0,00	-0,4
7	Uygulanması	Kullanıcı Hesapların oluşturulması	0,00	0,00	12	0	9,50	1,41	12	114	-114	0,00	-0,38
8		Kullanıcı Bilgisayarlarının Hazırlanması	30,00	6,04	12	360	5,10	1,41	12	61,2	298,8	0,00	1,00
9		Erişim	10,00	6,04	1	10	4,90	1,41	1	4,9	5,1	36,00	183,6
10	Yeni Doküman	Yeni Doküman Hazırlama	60,00	6,04	1	60	60,00	1,41	1	60	0	0,13	0
11		Yeni Doküman Yükleme	10,00	6,04	1	10	4,80	1,77	1	4,8	5,2	0,13	0,69
12	Revizyon Doküman	Mevcut Doküman Revizyon	60,00	7,38	1	60	10,10	1,77	1	10,1	49,9	0,13	6,65
13		Revize Doküman Yükleme	10,00	7,38	1	10	4,80	1,77	1	4,8	5,2	0,13	0,69
Toplam						930				1819,8	-889,8		188,46

4.6.3. Bimser QDMS Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Bimser QDMS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre doküman arama süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 144,36 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.12**. Dijitalleşme öncesindeki süre 38,33 dakika olup, bu süre 19,17 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili makine adları, bu makineleri kullanan operatör sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

4.7. Büyük Veri Analiz Sistemleri (BDAS-Big Data Analysis Systems)

Büyük Veri Analiz Sistemleri son günlerde popülaritesi daha da artmıştır. Bunun sebebi şüphesiz dijitalleşen tesislerde toplanan verilerdir. Toplanan veriler işlenip analiz edilmediği sürece değersizdir. Fakat işlenip değerlendirilmeye hazır hale getirilen bir veri bir firma için hayati bir öneme bile sahip olabilir.

Veri değerinin öneminin farkında olan firmalar, yatırımlarını esirgememişlerdir. Toplanan veriler ayrıca işlenmeden yapılacak veya devam etmekte olan bir çok projeyi beslemektedir. Veriler kullanım alanlarına göre birçok kategoriye ayırmak mümkündür. Örneğin, üretim, satış, iş güvenliği vs. diye sıralayabiliriz.

İhtiyaç duyulan verinin nereden temin edileceği ve toplanan veri ile hangi faydalar sağlanacağını belirlemek öncelikli iştir. Toplanan veri topluluğunda bir sonuç çıkarmak veri miktarı ile doğru orantılıdır. Yani, değerlendirilecek veri kümesi ne kadar küçükse o kadar basit, ne kadar büyükse o kadar zorlaşabilir. Bu zor ve karmaşa veri topluluğunun değerli hale getirilebilmesi için Büyük Veri Analiz sistemlerinin doğmasına yol açmıştır.

Veriler doğru zamanda geç kalınmadan işlenebildiğinde kıymetlidir. Aksi takdirde veri analizi sonucunda aksiyon alabileceğimiz ya vakit kalmamıştır, yada toplanan verilerin sonuçları ile karşılaşmaya başlamışızdır. BDA sistemleri işlenecek veri kategorilerine göre çeşitlilik göstermektedir. İçerisinde kullanılan mühendislik çözümleri (istatistik, matematiksel denklemler vs.) ile kullanıcılara kısa sürede faydalı olacak sonuçlar sunmaktadırlar.

Bu bölümde Schneider Elektrik Aveva firmasına ait Aveva Insigth BDAS çözümünü anlatıp, faydalarından bahsedeceğiz.

4.7.1. Aveva Insigth BDAS Çözümü

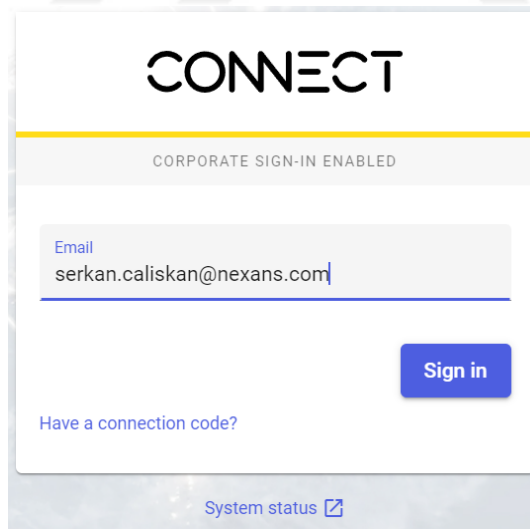
Aveva Insigth Schneider Electric Fransız firmasına bağlı Aveva firması tarafından Büyük veri analizini yapmak için geliştirilen bir web tabanlı uygulamadır. Schneider Aveva firmasının veriyi işlemek üzerine sunduğu bir çok çözüm vardır. Bu çözümlerdeki ayrışmalar hem bilgi kategorisine hem de kullanıcı ara yüzlerindeki görselleştirme zenginliklerine göre farklılık gösterir. Bu çözümleri MES, Historian,

Insigth vb. olarak sıralayabiliriz. Bu bölümde görsel zenginliği iyi olan Aveva Insigth çözümü üzerinde duracağız.

Aveva Insigth çözümünde sistem yapısı toplanan verilerin kategorilerine göre etiketlenmesi yani gruplanması ile başlar. 2 ayrı sunucu bulunur. Bunların ilki sistemin tasarlanması için yapay sunucu, diğeri ise gerçek sunucu olarak adlandırılır. Yapay Sunucu üzerinde verilerin nereden toplanacağı tanımlanır. Sonrasında veriler arasındaki ilişkiler düzenlenir. İlişki tanımlarını alt-üst seviyesi, sınıf, değişken, bağlantılı olma durumlarına göre basitçe açıklayabiliriz. Gruplandırma yapıldıktan sonra Yapay sunucuda uygun bir model kurulur. Sonrasında veri aktarımlarının düzgün olduğu test edilir. Testi geçen model gerçek sunucuya aktararak kullanıcıların kullanımına sunulur.

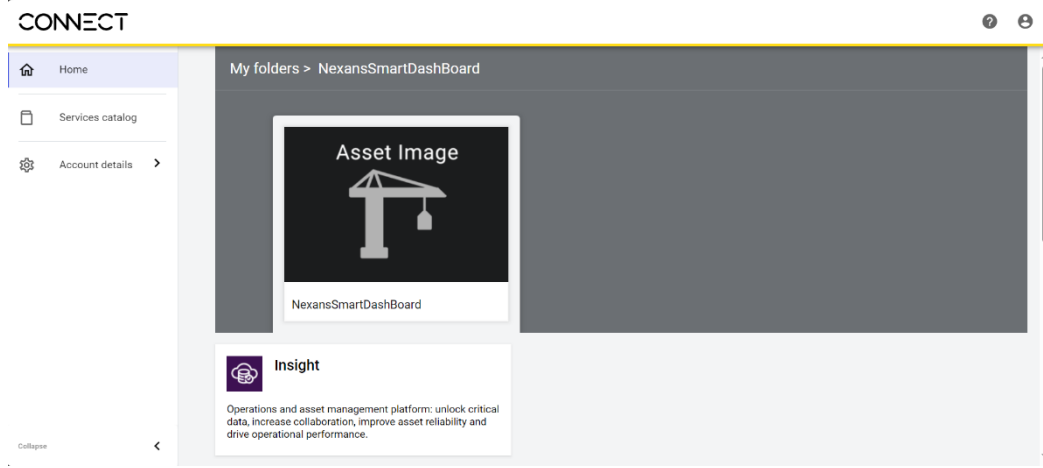
Uygulamayı Kullanım:

Aveva Insigth web tabanlı uygulamayı kullanmak için işk olarak internet erişimi gereklidir. İnternet erişimi sağlandığında verine adrese giriş yapıldığında ilk olarak bizi Giriş ana ekranı karşılar. Buraya yine alınan lisansta belirtilen kullanıcı adı ve soyadını yazarak giriş yapılabilir **Şekil 4.54**.



Şekil 4.54: Aveva Insight Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.

Ardından açılan pencere Aveva firmasına hangi çözümüne girmek istediğinizi seçmeniz gereken ekrandır. Buradan Insight kutucuğuna tıklanır **Şekil 4.55**.



Şekil 4.55: Aveva Insight Çözüm seçim ekranı.

Sonraki açılan pencere Aveva Insight BDAS çözümünün ana ekranıdır. Veriler üzerinde çalışma yapmadan önce aşağıdaki adımların izlenilmesi önemlidir.

- İhtiyacın belirlenmesi; çalışma sonunda ne çıktı elde etmek istediğimizi belirlemek gerekir.
- Tag listesinin hazırlanması; çalışmadan ihtiyacımız olan verileri hangi PLC'lerden alacağımızı belirlenmesidir.
- Alt yapının donanım kontrolü; PLC kontrolü yapılarak, veri akışının test edilmesidir.
- Donanım kurulum; Analiz yapılacak bilgisayar donanımların belirlenmesidir.
- Sisteme taglerin eklenmesi; Seçilen taglerin Aveva Insight web çözümüne tanımlanmasıdır.
- Sinyal veri kontrolü; Veri akışının sisteme doğru yapıldığının test edilmesidir.
- Kullanıcı hesapların oluşturulması; Kullanıcılara Uygulama lisansların ve erişim yetkilerinin belirlenmesidir.
- Kullanıcı bilgisayarların hazırlanması; Aveva Insight web çözümünün kullanılacak bilgisayarlarda gerekli konfigürasyonunun yapılmasıdır.

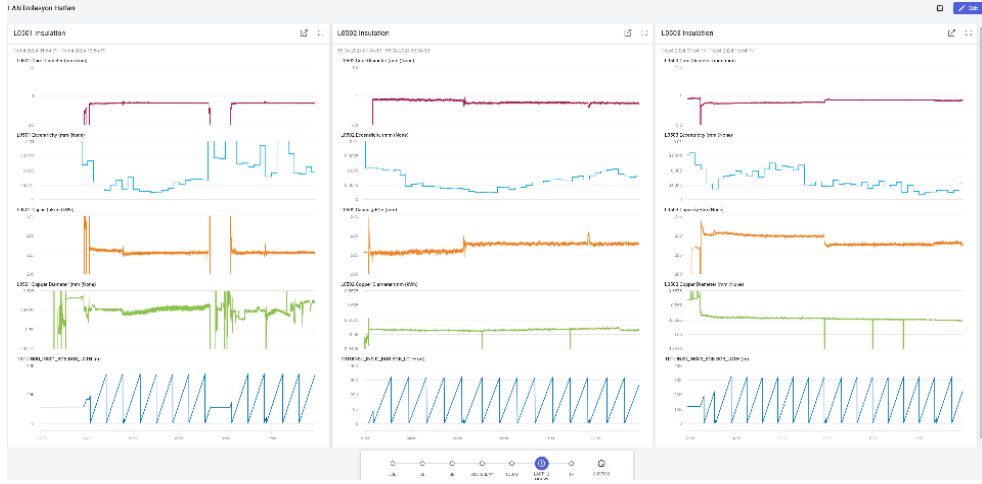
- Alarm listelerinin hazırlanması; web çözümünde belirlenen taglerde limitlere göre alarm kurulmasıdır. Limitlerin dışına çıktığında yine çözüm içinde veya mail ile ilgili kullanıcılara bilgilendirilmeler yapılabilmektedir.
- Dashboard'ların hazırlanması; oluşturulan grafiklerden kullanarak kullanıcılara göre özelleştirilmiş görsel pano oluşturulmasıdır.
- Haftalık ve Aylık değerlendirme toplantıların düzenli olarak yapılmasıdır.

Büyük Veri analizi sistemleri kullanıcılarına analiz yapabilmelerinin yanı sıra Yapay zeka, makine öğrenmesi gibi metodolojilerin kullanılmasına da zemin hazırlamaktadır. Aveva Insight BDAS uygulaması da oluşturulan etiketlere (tag'lere) ait kullanıcılara yine tanımlanan kurallara göre alarmlar oluşturmakta, üretim alanlarında takibi kolaylaştıracak, garfikler ve panolar (dashboard'lar) oluşturma imkanı sunmaktadır. Kullanıcılar bir çok etiketi ortak zaman ekseninde, birleştirme ve karşılaştırma yapabileceği grafikler oluşturarak problemi daha görünür hale getirebilmektedir **Şekil 4.56**.



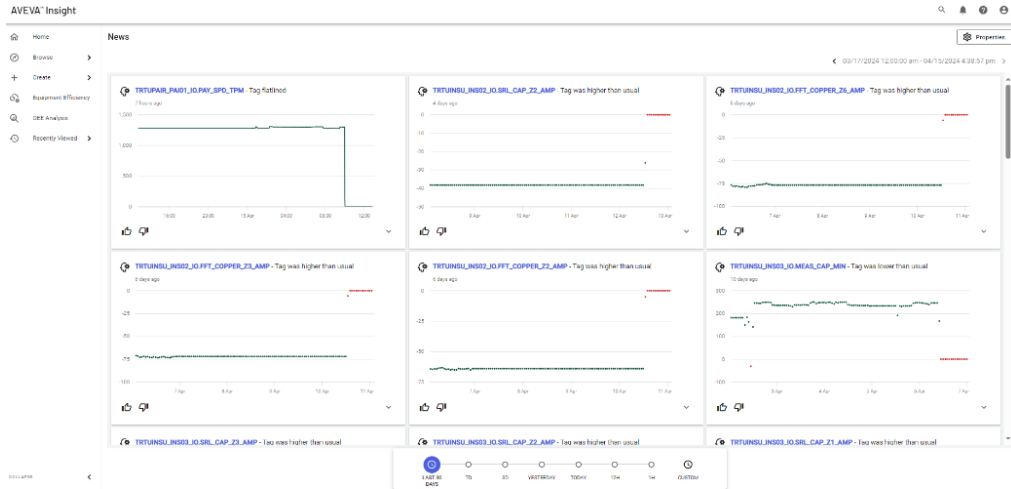
Şekil 4.56: Aveva Insight'ta etiketlerin ortak zaman ekseninde karşılaştırma.

Aveva Insight BDAS uygulamasında oluşturulan grafikler aynı ekranda buluşturularak takibi kolaylaştırması için panolar oluşturulabilir. Kullanım aynı daha çok benzer hatlar veya benzer etiketlerin belirli zaman aralığında veya canlı dataların karşılaştırılmasını sağlar **Şekil 4.57**.



Şekil 4.57: Aveva Insight'ta benzer grafiklerin bir araya geldiği Panolar

Aveva Insight BDAS uygulamasını bir diğer güzel özelliği ise Analitik Model oluşturulmasıdır. Tanımlanan etiketlerdeki olağan dışı durumları otomatik algılayıp, kullanıcıların yapay zeka veya Makine öğrenme metodolojilerinden faydalanarak ilerideki benzer problemleri otomatik olarak algılamasını sağlar. Kullanıcılar bu öğretimi saptanan durumların doğru bir saptama olup olmadığına karar vererek yaparlar **Şekil 4.58**.



Şekil 4.58: Aveva Insight'ta Analitik Model Süreci.

4.7.2. Aveva Insight BDAS Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Aveva Insight BDAS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 530,50 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.13**. Dijitalleşme öncesindeki süre 9456 dakika olup bu süre 4205 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 5 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; Üretim alanında bir problemin incelenmesi, Dış Sahada Müşteri Şikayetinin veya Talebin İncelenmesi, Eğitim ve Ziyaret oluşturulmasıdır. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Tanımlama,
 - İhtiyacın belirlenmesi
 - Tag listesinin hazırlanması
 - Alt yapının donanım kontrolü
- Sistem kurulumu
 - Donanım kurulum
 - Sisteme taglerin eklenmesi
 - Sinyal veri kontrolü
- Uygulanması
 - Kullanıcı hesapların oluşturulması
 - Kullanıcı bilgisayarların hazırlanması
 - Alarm listelerinin hazırlanması
- Yeni doküman

- Dashboard'ların hazırlanması
- Kontrol edilmesi
 - Haftalık değerlendirme toplantılarının yapılması
 - Aylık değerlendirme toplantılarının yapılması

Tablo 4.13: Aveva Insigth BDAS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

#	Grup İş adı	İş adı	Dijitalleşme Öncesi			Dijitalleşme Sonrası			Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Bireysel iyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam iyileşme Süresi (dk/gün)
			Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)					
1	Tanımlama	İhtiyacın Belirlenmesi	60,00	6,04	1	60	300,00	1,77	1	60	0	0,00	0
		Tag Listesinin Hazırlanması	0,00	0,00	1	0	300,00	1,77	1	300	-300	0,00	-1
2		Alt yapının Donanım Kontrolü	36,00	80,50	1	36	300,00	1,77	1	180	-144	0,00	-0,48
2		Donanım Kurulum	120,00	268,33	3	360	600,00	1,77	3	1800	-1440	0,00	-4,8
3	Sistem Kurulum	Sisteme Taglerin eklenmesi	0,00	0,00	1	0	600,00	1,77	1	600	-600	0,00	-2
4		Sinyal Veri kontrolü	0,00	0,00	1	0	60,00	1,77	1	60	-60	0,00	-0,2
7		Kullanıcı Hesapların oluşturulması	0,00	0,00	5	0	12,00	1,41	5	60	-60	0,00	-0,2
8	Uygulanması	Kullanıcı Bilgisayarlarının Hazırlanması	0,00	0,00	5	0	25,00	1,41	5	125	-125	0,00	-0,4
9		Alarm Listelerinin Hazırlanması	0,00	0,00	1	0	60,00	1,41	1	60	-60	0,00	-0,2
10	Yeni Doküman	Dashboard'ların hazırlanması	0,00	0,00	1	0	60,00	1,41	1	60	-60	0,00	-0,2
12	Kontrol edilmesi	Haftalık Değerlendirme toplantılarının yapılması	600,00	6,04	5	3000	60,00	1,41	5	300	2700	0,13	360
13		Aylık Değerlendirme toplantılarının yapılması	600,00	7,38	10	6000	60,00	1,41	10	600	5400	0,03	180
Toplam						9456				4205	5251		530,50

4.7.3. Aveva Insight BDAS Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Aveva Insigth BDAS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 3 adet düzgün zaman ölçümlerine göre analiz süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 22,2 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.14.** Dijitalleşme öncesindeki süre 138 dakika olup, bu süre 4,6 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili makine adları, bu makineleri kullanan operatör sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Tablo 4.14: Aveva Insigth BDAS uygulamasının kullanımı ile doküman arama süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.

#	Makine adı	Dijitalleşme Öncesi					Dijitalleşme Sonrası					Bireysel İyileşme Analiz Süresi (dk/gün)	Uygunuzluk Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Analiz Süresi (dk/gün)
		Dijitalleşme Öncesi Analiz Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Analiz Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Analiz Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Analiz Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Analiz Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Analiz Süre (dk/gün)					
1	M01	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
2	M02	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
3	M03	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
4	M04	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
5	M05	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
6	M06	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
7	M07	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
8	M08	3,00	0,22	0,25	0,75	0,10	0,01	0,25	0,025	0,725	0,2	0,1		
9	M09	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
10	M10	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
11	M11	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
12	M12	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
13	M13	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
14	M14	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
15	M15	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
16	M16	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
17	M17	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
18	M18	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
19	M19	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
20	M20	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
21	M21	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
22	M22	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
23	M23	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
24	M24	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
25	M25	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
26	M26	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
27	M27	3,00	0,22	2,00	6	0,10	0,01	2,00	0,2	5,8	0,2	1,0		
28	M28	3,00	0,22	2,00	6	0,10	0,01	2,00	0,2	5,8	0,2	1,0		
29	M29	3,00	0,22	2,00	6	0,10	0,01	2,00	0,2	5,8	0,2	1,0		
30	M30	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
31	M31	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
32	M32	3,00	0,22	2,00	6	0,10	0,01	2,00	0,2	5,8	0,2	1,0		
33	M33	3,00	0,22	0,33	1	0,10	0,01	0,33	0,03333333	0,96667	0,2	0,2		
34	M34	3,00	0,22	0,33	1	0,10	0,01	0,33	0,03333333	0,96667	0,2	0,2		
35	M35	3,00	0,22	0,33	1	0,10	0,01	0,33	0,03333333	0,96667	0,2	0,2		
36	M36	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
37	M37	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
38	M38	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
39	M39	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
40	M40	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
41	M41	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
42	M42	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
43	M43	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
44	M44	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
45	M45	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
46	M46	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
47	M47	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
48	M48	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
49	M49	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
50	M50	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
51	M51	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
52	M52	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
53	M53	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
54	M54	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
55	M55	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
56	M56	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
57	M57	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
58	M58	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
59	M59	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
60	M60	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
61	M61	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
62	M62	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
63	M63	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
64	M64	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
65	M65	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
66	M66	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
67	M67	3,00	0,22	0,13	0,375	0,10	0,01	0,13	0,0125	0,3625	0,2	0,1		
68	M68	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
69	M69	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
70	M70	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
71	M71	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
72	M72	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
73	M73	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
74	M74	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
75	M75	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
76	M76	3,00	0,22	0,50	1,5	0,10	0,01	0,50	0,05	1,45	0,2	0,2		
77	M77	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
78	M78	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
79	M79	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
80	M80	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
81	M81	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
82	M82	3,00	0,22	1,00	3	0,10	0,01	1,00	0,1	2,9	0,2	0,5		
					138						4,6	133,4	22,2	

4.8. Gerçek Zamanlı Konumlandırma Sistemleri (RTLS-Real Time Location Systems)

Kar elde edebilmek için firmaların elinde 2 parametre bulunmaktadır. Ya ürettiği hizmetin veya ürünün maliyetini azaltmak ya da bu hizmet veya ürünün satış bedelini arttırmaktır. İkinci yol piyasa rekabetçi ve müşteri kaybetme riskleri olması sebebiyle genellikle ilk yol tercih edilmektedir.

Maliyet azalmak için firmaların güçlü bir analiz yeteneğine sahip olması gerekmektedir. Toplanan verilerin işlenmesi ve anlaşılır hale getirilmesi bunun ilk adımı olarak kabul edilebilir. Sonraki adım ise analiz sonucu olan çıktıya göre alınacak kararın o ana uygun olması gerekmektedir. Çünkü bazı alınan kararlar güncelliğini yitirdikleri için bir iyileştirme sağlamaz aksine bazıları durumun daha da kötüleşmesine sebep olabilir. Dolayısıyla zaman unsuru analiz adımlarında firmaların önem vermelidir.

Yakın zamana ve ya gerçek zamana ait verilerin işlenmesi ile ortaya çıkan çıktılar daha faydalı olduğu genel bir kabul görmektedir. Firmalar alınacak kararların faydasını artırmak için gerçek zamanlı sistemlerin kullanılmasına önem vermiştir. Bu sistemler gerek üretim, gerekse üretime destek olan varlıkların, süreç içerisindeki verimliliğini arttırmak için lüksten çok, bir ihtiyaca dönüşmüştür.

Gerçek zamanlı sistemler, PLC ile veya belirli veri alıcıları ile toplanan verileri kullanıcılara paylaşma ve toplanan verilerden anlık veya belirli periyotlar için görsel analiz yapma özelliklerine sahiptir. Bu bölümde Trio Mobil firmasına ait RTLS web uygulaması ile çalışan ve ekipmanların konumlarının belirlenmesi üzerinde durulacaktır.

4.8.1. Trio Mobil RTLS Çözümü

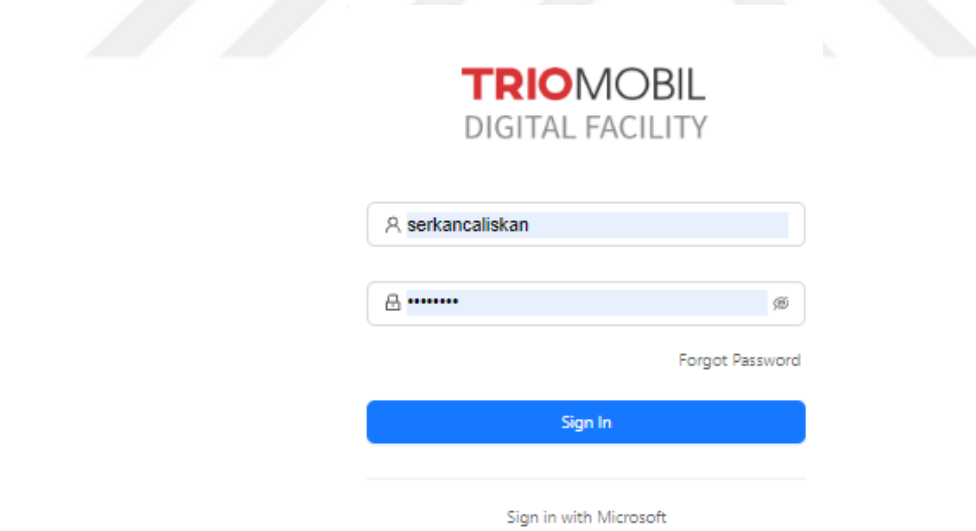
Günümüzde gerçek zamanlı konum belirleme üzerine çalışmalar son sürat devam etmektedir. Gerek iç piyasada gerekse yurtdışı piyasada bu konuda çözüm üreten bir çok firmaya rastlamak mümkün. Trio mobil onlarca senelik deneyimini Digital Tesis platformunda RTLS çözümü ile bizlere hizmet vermektedir. Bu çözüm ile birlikte RFID sinyali verebilen-alabilen veya sadece sinyali yansıtabilen etiket ve ya pilli RFID kutucuk konum belirleme sürecinin en önemli parçasıdır. RTLS sisteminde

hareket eden her bir varlığın bu etiketler ile konumlarını belirlemek mümkün. Bu özelliği istenilen ihtiyaçlar için kullanılabilir. Örneğin ürün takibi, hareketli ekipman takibi, çalışanların takibi, çalışan-alan takibi, yalnız çalışan kişinin takibi bunların başında gelir.

Trio Mobil RTLS çözümü bir web tabanlı bir çözümdür. Bu özelliği sayesinde kullanıcılarına erişim esnekliğini sunmaktadır. Sistemde takip edilen varlıkların konumlarını internet erişimi sağlayabildiği her ortamda bilgi edinebilmektedir. Ayrıca sistemin anlık sonuçlarını görerek yine hızlı karar vermesine olanak sağlamaktadır. Şimdi Trio Mobil RTLS çözümünü daha detaylı inceleyelim.

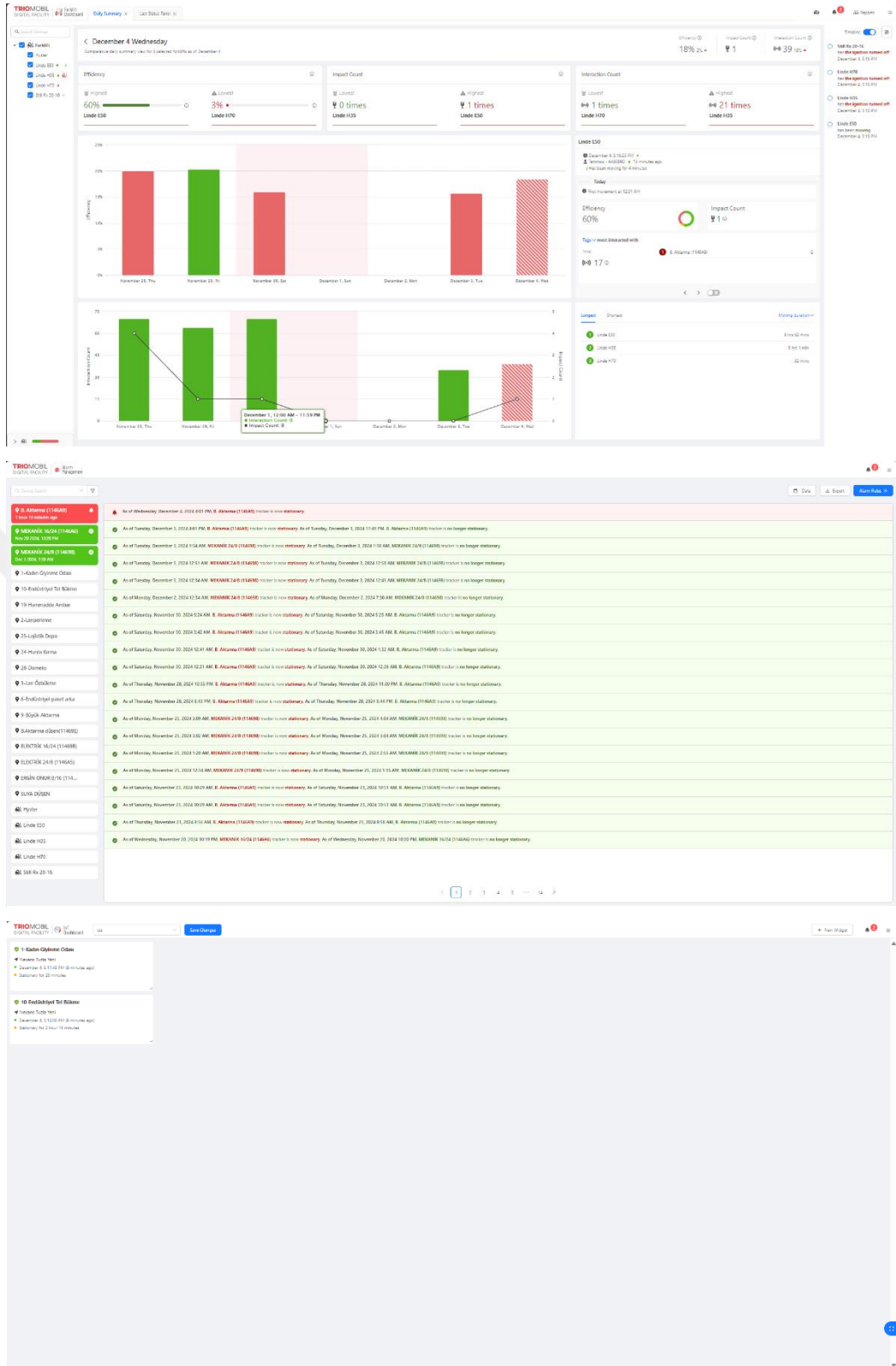
Uygulamayı Kullanım:

Trio Mobil firması tarafından geliştirilen Gerçek zamanlı Konumlandırma Sistem uygulaması ekipmanların konum takiplerini yapmak için geliştirilen bir web tabanlı uygulamadır. İnternet erişimi sağlandığında verine adrese giriş yapıldığında ilk olarak bizi Giriş ana ekranı karşılar. Buraya yine alınan lisansta belirtilen kullanıcı adı ve soyadını yazarak giriş yapılabilir **Şekil 4.59**.



Şekil 4.59: Trio Mobil RTLS Kullanıcı Adı ve Parola Sayfası.

Açılan pencere Trio Mobil Digital Facility ana ekranıdır. Ekranlar arası geçiş ve takip edilen ekipman veya kişilerin anlık durumlarını buradan kolaylıkla takip edilebilmektedir **Şekil 4.60**.



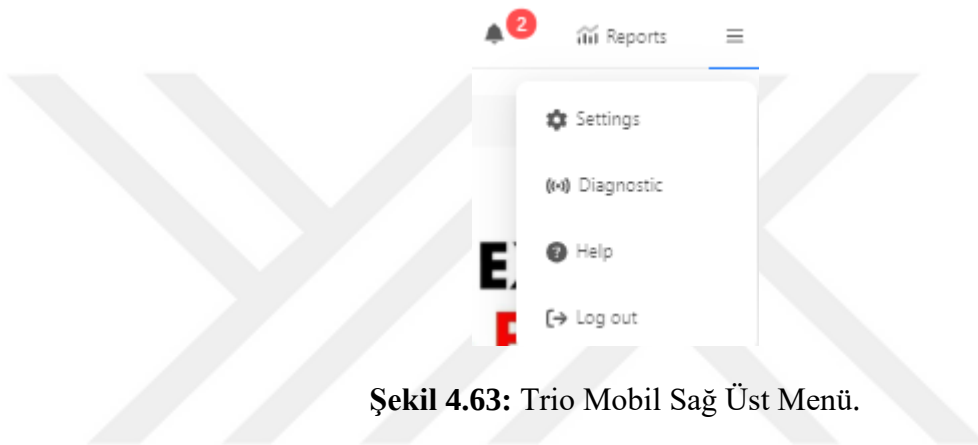
Şekil 4.61: Trio Mobil RTLS Ana Ekranları.

Ana ekranda üst kısımda sekmeler mevcuttur. Burada ilgili alt ekranlara geçişler de mümkündür **Şekil 4.62.**



Şekil 4.62: Trio Mobil RTLS Ana Ekran Üst Sekmeler.

Sağ üst köşede ise alarmları bulabileceğimiz Alarm butonu, Raporlar ve Ayarlar menüsü bulunmaktadır **Şekil 4.63.**



Şekil 4.63: Trio Mobil Sağ Üst Menü.

Alarm butonuna basıldığında geçmişe ait belirlenen kurallar dışına çıkıldığı olaylar listelenmektedir. Hangi ekipman veya personelin hangi tarih ve saatte ne sebeple alarm olduğu detaylıca belirtilmektedir **Şekil 4.64.**

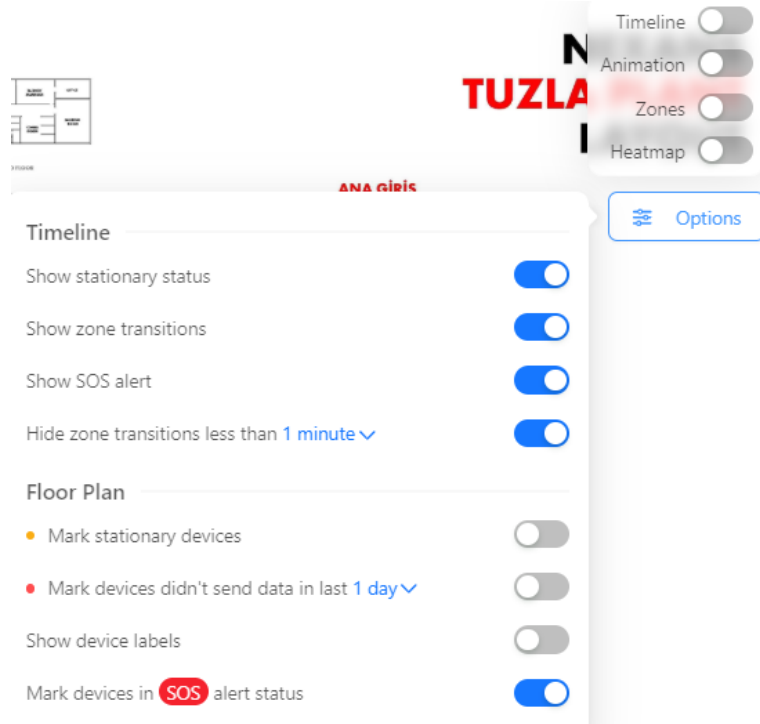
Alarm History [🔗](#)

- ✓ As of Friday, December 6, 2024 4:03 PM, **B.**
AktarmaPersonel1146A9 tracker is now **stationary**. As of Friday, December 6, 2024 11:47 PM, **B. AktarmaPersonel1146A9** tracker is **no longer stationary**.
- ✓ As of Friday, December 6, 2024 4:03 PM, **B.**
AktarmaPersonel1146A9 tracker is now **stationary**. As of Friday, December 6, 2024 11:47 PM, **B. AktarmaPersonel1146A9** tracker is **no longer stationary**.
- ✓ As of Friday, December 6, 2024 3:30 AM, **B.**
AktarmaPersonel1146A9 tracker is now **stationary**. As of Friday, December 6, 2024 3:33 AM, **B. AktarmaPersonel1146A9** tracker is **no longer stationary**.
- ✓ As of Thursday, December 5, 2024 4:01 PM, **B.**
AktarmaPersonel1146A9 tracker is now **stationary**. As of Thursday, December 5, 2024 11:47 PM, **B. AktarmaPersonel1146A9** tracker is **no longer stationary**.
- ✓ As of Thursday, December 5, 2024 12:40 PM, **B.**
AktarmaPersonel1146A9 tracker is now **stationary**. As of Thursday, December 5, 2024 12:41 PM, **B. AktarmaPersonel1146A9** tracker is **no longer stationary**.

< 1 2 3 4 5 ... 52 >

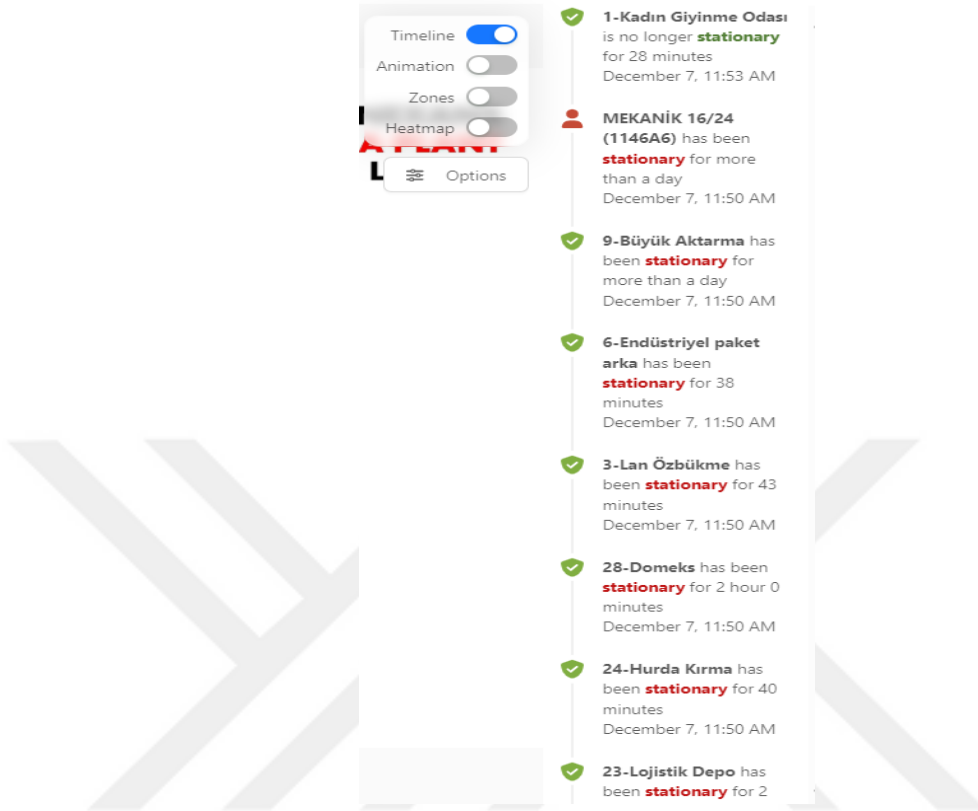
Şekil 4.64: Trio Mobil Alarm butonu ve listesi

Ekran için sağ üst bölümde ekrandaki layouta ait katmanları yönetebileceğimiz ayarlar yer almaktadır. Ayarlardaki fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz Şekil 4.65.



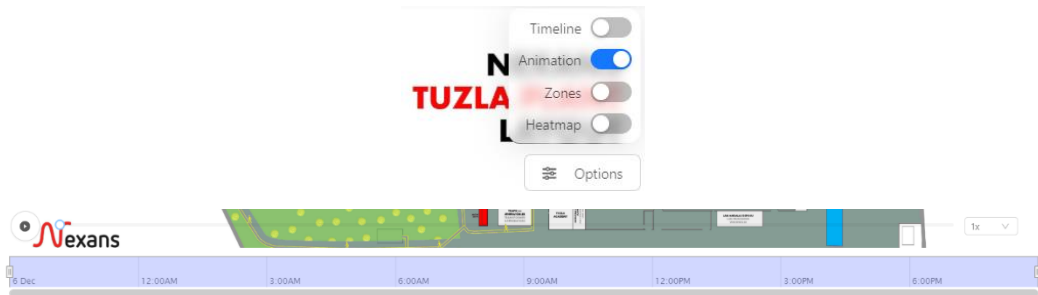
Şekil 4.65: Trio Mobil RTLS Ekran ayarları menüsü.

Timeline: Takip edilen varlıkların tüm olay geçmişini listelemek için kullanılır. Ayar aktifleştirildiğinde sağ tarafta pencere içerisinde olaylar listelenir **Şekil 4.66**.



Şekil 4.66: Trio Mobil RTLS Ekran ayarlarında zaman çizelgesi fonksiyonu.

Animation: Takip edilen varlıkların harita üzerinde zaman çizelgesine göre animasyon halinde hareketlerin görselleştirilmesi için kullanılır. Alt kısımda açılan pencerede zaman çizelgesine göre zaman aralığı yönetilir **Şekil 4.67**.



Şekil 4.67: Trio Mobil RTLS sisteminde Animasyon fonksiyonu.

Zones: Yeni Alanların oluşturulması için gereklidir. Ekranın sol üstünde yeni alanlar oluşturulması için buton gelir **Şekil 4.68**.



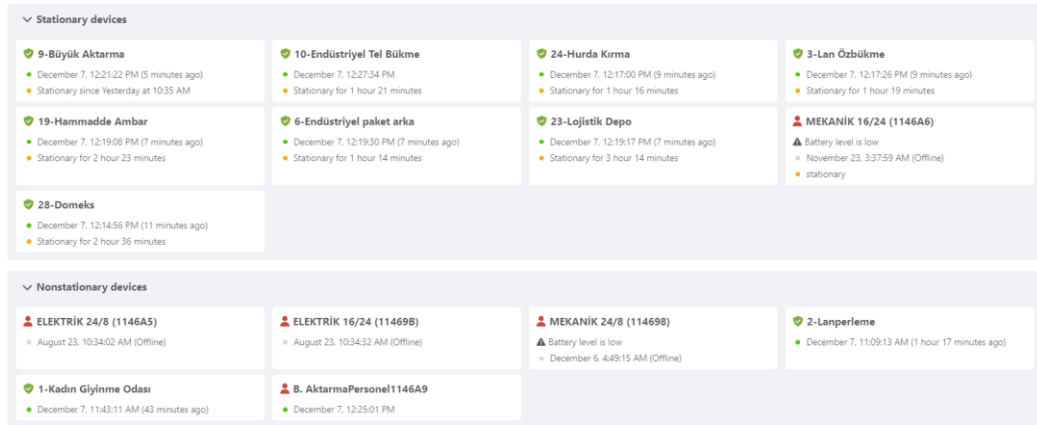
Şekil 4.68: Trio Mobil RTLS sisteminde yeni alanlar ekleme fonksiyonu.

Heatmap: Harita üzerinde takip edilen varlıkların hareketinin yoğunlaştığı bölgeleri göstermek için kullanılır. Harita üzerinde beliren renkler hareket yoğunluğunu gösterir. Yoğunluk atmosferine paralel renkler sırasıyla; mavi, yeşil, sarı ve kırmızı şeklinde devam etmektedir **Şekil 4.69**.



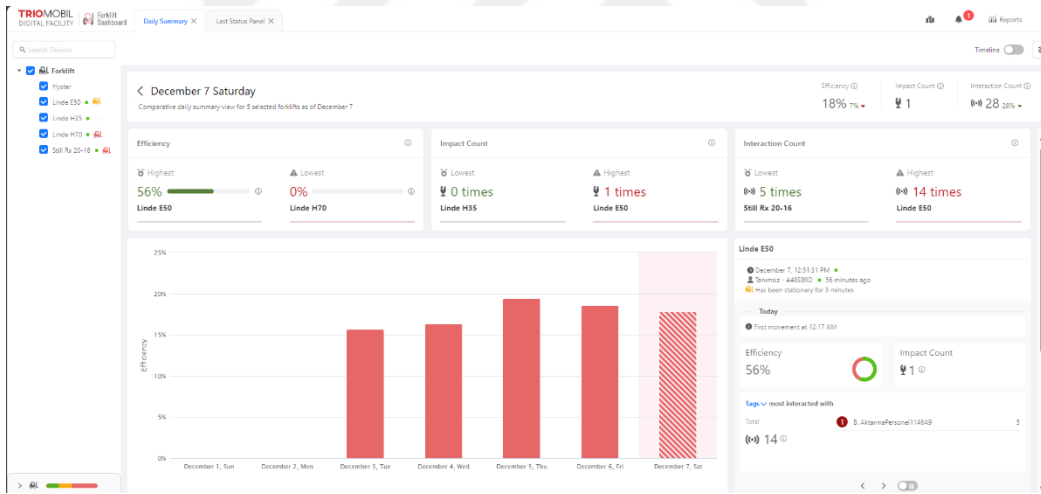
Şekil 4.69: Trio Mobil RTLS Isı haritalama fonksiyonu.

Indicator Tracking ekranında harita haricinde kullanılan bir diğer alt ekran durum panelidir. Takip edilen varlıkların hareketli olup olmamalarına göre gruplandırılması ve hareketsiz kalma durumları gösterilmektedir **Şekil 4.70**.



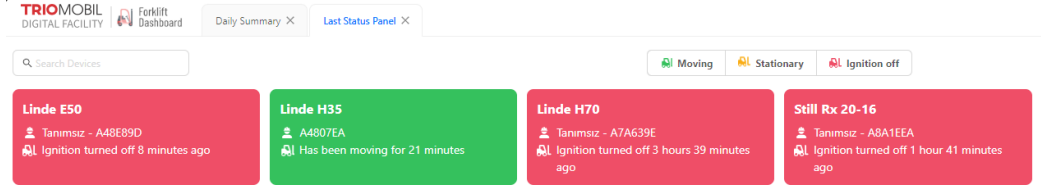
Şekil 4.70: Trio Mobil RTLS Durum paneli ekranı.

Forklift Dashboard ekranında takip edilen forkliflerin seçilen zaman aralığındaki verimlilik grafikleri yer almaktadır. Bu grafikler seçilen forkliflerin verimlilik oranı, etki sayısı ve diğer varlıklar ile etkileşime girme sayıları gösterilmektedir. Forklift kullanım analizi için kullanıcılar anlık kolaylıkla bilgi verebilmektedir **Şekil 4.71**.



Şekil 4.71: Trio Mobil RTLS Forklift grafik takip panosu.

Forklift Dashboard ekranında Indoor Tracking ekranında olduğu gibi takip edilen varlıkların durumunu göstere Durum Paneli alt ekranı da bulunmaktadır. Bu ekranda forkliflerin ne kadar süredir çalıştığı veya durduğu bilgisi görülmektedir **Şekil 4.72**.



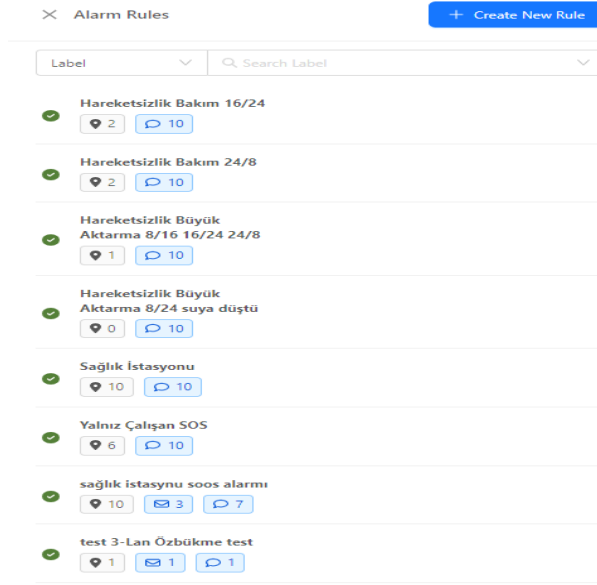
Şekil 4.72: Trio Mobil RTLS Forklift Durum Panel ekranı.

Alarm Management ekranında adından da anlaşıldığı gibi takip edilen varlıklarda oluşturulan kuralların dışına çıkıldığı olaylar listelenmektedir Şekil 4.73.



Şekil 4.73: Trio Mobil RTLS Alarm Yönetim ekranı

Ayarlanan alarmlar sağ üstteki Alarm Kuralları butonuna basılınca listelenmektedir. Açılan pencere kurallar hangi bölgelerde kuralın işlediği ve alarm meydana gelmesi durumunda SMS bilgilendirmesi yapılacak GSM numaraları ve mail bilgilendirmesi yapılacak e-mail adresi gösterilmektedir Şekil 4.74.



Şekil 4.74: Trio Mobil RTLS Alarm yönetim penceresi.

Alarm oluşturma ekranı yine Alarm Kuralları penceresinden yapılmaktadır. Oluşturulacak Alarm kuralı 5 adımda gerçekleşir. Bunlar; Kaynak seçimi, Alarm Kuralı, Zamanlama, Aksiyon ve Hatırlatma adımlarıdır **Şekil 4.75**.

The screenshot displays the 'Trio Mobil RTLS Alarm rule creation' interface, which is divided into five sequential steps: 1. Select Device, 2. Alarm Rule, 3. Schedule, 4. Action, and 5. Reminder. The interface is currently on the 'Alarm Rule' step (Step 2).

Step 1: Select Device (Completed)

Step 2: Alarm Rule (Current Step)

- * Label:** [Text input field]
- * Device Type:** [Tracker] [Forklift] ⓘ
- * Alarm Type:** [Idle Alarm] [Zone Alarm] [SOS Alarm]
- Duration:** [Slider] [2] mins ⓘ
- Recovery Duration:** [Toggle] [Slider] [2] mins ⓘ

Step 3: Schedule (Completed)

Step 4: Action (Completed)

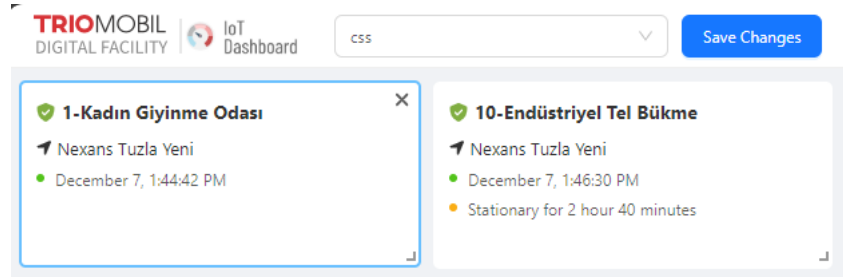
Step 5: Reminder (Completed)

Additional Information:

- Optional Note:** Optionally, you can specify date or time range that you prefer to have the alarm rule apply. For example, you can create an alarm rule that only applies during working hours.
- Date Range:** [Select date] - [Select date]
- + Add Weekdays** [Button]
- Optional Note:** Optionally, you can specify email addresses and the mobile number for SMS to which you want to send notifications in case an alarm occurs. Even if you do not specify a recipient here, you can still track alarms on web or mobile applications with instant notifications and review past alarms. You can add up to 10 recipients in total.
- + Add Phone** [Button]
- + Add Email** [Button]
- + Add Web Request** [Button]
- Offline Alert:** [Toggle] [Slider] [20] mins ⓘ

Şekil 4.75: Trio Mobil RTLS Alarm kuralı oluşturma adımları

Trio Mobil RTLS web uygulamasında son ekran IoT Dashboard ekranıdır. Burada takip edilecek varlıkların ilgili grafiklerin kullanıcıya göre özelleştirilmişano ekranıdır. Panoda sadece takip edilecek grafikler konularak sadeleştirme ve ekranlar arasındaki geçiş sıklığını azaltmaktadır **Şekil 4.76**.



Şekil 4.76: Trio Mobil RTLS IoT ekranı.

4.8.2. Trio Mobil RTLS Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Trio Mobil RTLS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her sistem kullanımı için 386,6 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.15**. Dijitalleşme öncesindeki süre 3340 dakika olup bu süre 850 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre Analizi 5 ana başlıkta incelenmiş olup; bunlar; ihtiyacın tanımlanması, bunları ölçecek sistem ve donanımın belirlenmesi, uygulama ile ölçülmesi, uygulanması ve kontrol edilmesidir. Bu başlıklarda incelenen alt işlemlerini de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Tanımlama,
 - İhtiyacın belirlenmesi
 - İşlem yapılacak alanların belirlenmesi
 - İşlem yapılacak ekipmanların belirlenmesi
 - İşlem yapılacak çalışanların belirlenmesi
- Ölçümlenmesi
 - Donanım kurulum

- Sistem kurulumu
- Analiz
 - Ölçümlerin toplanması
 - Analizlerin yapılması
- Uygulanması
 - Raporların oluşturulması
 - Raporların paylaşılması
- Kontrol edilmesi
 - Haftalık değerlendirme toplantılarının yapılması
 - Aylık değerlendirme toplantılarının yapılması

Tablo 4.15: Trio Mobil RTLS uygulama kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

			Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası						
#	Grup İş adı	İş adı	Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)
1	Tanımlama	İhtiyaçların belirlenmesi	60,00	6,04	1	60	60,00	1,77	1	60	0	0,13	0
2		İşlem yapılacak alanların belirlenmesi	30,00	6,04	1	30	30,00	1,77	1	30	0	0,13	0
3		İşlem yapılacak ekipmanları belirlenmesi	30,00	6,04	1	30	30,00	1,77	1	30	0	0,13	0
4		İşlem yapılacak çalışanların belirlenmesi	30,00	6,04	1	30	30,00	1,77	1	30	0	0,13	0
5	Ölçümlemesi	Donanım Kurulum	0,00	0,00	1	0	300,00	1,41	1	300	-300	0,003	-1
6		Sistem Kurulum	0,00	0,00	1	0	120,00	1,41	1	120	-120	0,003	-0,4
7	Analiz	Ölçümlerin toplanması	480,00	6,04	1	480	0,00	0,00	1	0	480	0,13	64
8		Analizlerin yapılması	480,00	6,04	1	480	10,00	1,41	1	10	470	0,13	62,67
9	Uygulanması	Raporların oluşturulması	960,00	6,04	2	1920	0,00	0,00	1	0	1920	0,13	256
10		Raporların paylaşılması	20,00	6,04	2	40	0,00	0,00	1	0	40	0,13	5,33
11	Kontrol edilmesi	Haftalık Değerlendirme toplantılarının yapılması	30,00	6,04	3	90	30,00	1,41	3	90	0	0,13	0
12		Aylık Değerlendirme toplantılarının yapılması	60,00	6,04	3	180	60,00	1,41	3	180	0	1	0
Toplam						3340				850	2490		386,6

4.8.3. Trio Mobil RTLS Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada Trio Mobil RTLS uygulamasının kullanımı öncesi ve sonrasındaki ekipmanların tesis içindeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre ekipmanların kullanım süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 900 dakika hesaplanmıştır **Tablo 4.16**. Dijitalleşme öncesindeki süre 2200 dakika olup, bu süre 1300 dakika 'ya indirgenmiş, standart sapma azaltılmıştır. Tabloda ilgili makine adları, bu makineleri kullanan operatör sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı

gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Tablo 4.16: Trio Mobil uygulamasının kullanımı ile ekipmanların süre iyileşmesi kaynaklı kapasite artışı.

#	Makine Adı	Dijitalleşme Öncesi				Dijitalleşme Sonrası						
		Dijitalleşme Öncesi Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Öncesi Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Ortalama Süre (dk/gün)	Dijitalleşme Sonrası Standart Sapma Süre (dk/gün)	Kişi #	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Bireysel İyileşme Süresi (dk/gün)	Frekans (#/gün)	Toplam İş Gücü Kaybı İyileşme Süresi (dk/gün)
1	F01	440	18,03	1	440	260	5,66	1	260	180	1,00	180,0
2	F02	440	18,03	1	440	260	5,66	1	260	180	1,00	180,0
3	F03	440	18,03	1	440	260	5,66	1	260	180	1,00	180,0
4	F04	440	18,03	1	440	260	5,66	1	260	180	1,00	180,0
5	F05	440	18,03	1	440	260	5,66	1	260	180	1,00	180,0
2200					1300					900		900,00

5. ANALİZ

Gelişen teknoloji ile üretim alanındaki gelişmeleri takip etmek giderek zorlaşmaktadır. Süreçlerini incelediğimiz Kablo İmalat sektöründe faaliyet göstere yabancı sermayeli firmada 8 farklı çözümün öncesinde ve sonrasındaki katkıları incelenmiş, uygulama kullanımındaki süre analizi hem de üretim sahasındaki performans analizi yapılmıştır.

5.1. Genel Süre Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada uygulamalarının kullanımı öncesi ve sonrasındaki ilgili kişilerin iş yükündeki süresel değişiklikleri incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 5 adet düzgün zaman ölçümlerine göre kazanılan süre her bir dijital dönüşüm çözümünün her sistem kullanımı için yıl içerisinde 8104 saat ve 9,7% oranda iyileşme hesaplanmıştır **Tablo 4.17**. Dijitalleşme öncesindeki süre 19995,6 dakika olup bu süre 8136,5 dakika 'ya indirgenmiştir. Tabloda ilgili grup iş adımları, alt iş adımları ve bu işleri yapan kullanıcı sayıları ve günlük sıklığı ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

Süre analizlerdeki çözümlerin her biri için farklı işlem dizesi ve frekans olduğu için ayrı ayrı ele alınmıştır. Buradaki süre kazançları çalışma yapılan firmada uygulamayı kullanan beyaz yaka personel işlem süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası olarak iki durumda ele alınmıştır. Toplam iyileşme süresi hesabı, ilgili personel haftanın 5 günü çalıştığı için frekans 5gün/hafta ve 300gün/yıl üzerinden yapılmıştır.

Tablo 4.17: Uygulamaların kullanımı öncesi ve sonrasındaki süre ölçümü ve karşılaştırılması.

# Dijital Dönüşüm Uygulamaları	Toplam Dijitalleşme Öncesi Süre (dk/gün)	Toplam Dijitalleşme Sonrası Süre (dk/gün)	Frekans	Toplam İyileşme Süresi (dk/gün)	Toplam İyileşme Süresi (saat/yıl)	Toplam İyileşme %
1 Üretim Yürütme Sistemleri (MES)	23,7	2,36	1/gün	21,3	106,7	90%
2 Sipariş Çizelgeleme Sistemleri (OSS)	162,74	107,58	1-2/gün	75,0	374,8	46%
3 Sanal Gerçeklik Sistemleri (VRS)	878,9	263,9	1-2/Ay	126,2	631,0	14%
4 Akış Takip ve Yönetim Sistemleri (ATMS)	339	112,8	1/gün	222,6	1112,8	66%
5 Görüntü İşleme Sistemleri (IPS)	3280	777,4	1/hafta	388,3	1941,4	12%
6 Dijital Kalite Dökümantasyon Yönetim Sistemleri (DQDMS)	930	1819,8	1/hafta	188,5	942,3	20%
7 Büyük Veri Analiz Sistemleri (BDAS)	9456	4205	1/hafta	530,5	2652,5	6%
8 Gerçek Zamanlı Konumlandırma Sistemleri (RTLS)	3340	850	1/hafta	386,6	1933,0	12%
Toplam	18410,34	8138,84		1938,9	9694,5	949,5%

5.2. Genel Verimlilik Analizi

Bu bölümde Kablo İmalat sektöründe faaliyet gösteren yabancı sermayeli özel firmada uygulamaların kullanımı öncesi ve sonrasındaki üretimdeki verimlilik performans göstergesi Kapasite miktarı incelenmiştir. Farklı zamanlarda farklı kullanıcılar üzerinde yapılan en az 3 adet düzgün zaman ölçümlerine göre çeşitli süre iyileşmesi kaynaklı kapasitesinin günlük ortalama 5601 saat hesaplanmıştır. (Tablo 4.18) Dijitalleşme öncesindeki süre 24596 saat olup, bu süre 12484 saat 'e indirgenmiştir. Tabloda ilgili dijital dönüşüm çözümleri dijitalleşme öncesi ve sonrası kullanım sıklığıyla birlikte ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca tabloda işlemlerin süreleri dijitalleşme öncesi ve sonrası hem bireysel, hem de kişi sayısına göre çarpılarak toplam süreler hesaplanmış, son sütunda ise frekansına göre net iyileşme süresi belirtilmiştir.

İncelenen çözümleri her biri faydalarının değişiklik göstermesi sebebiyle farklı Performans kriterlerinde incelenmiştir. Bu faydaları ve kattıkları değerleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Üretim Yürütme Sistemleri; OEE% ve Kapasite artış %.
- Süreç Çizelgeleme Sistemleri; Kapasite artış, dk.
- Sanal Gerçeklik Sistemleri; Bakım arıza süresi, dk.
- Aksiyon Takip Sistemleri; Kapasite artış, dk.

- Görüntü İşleme Sistemleri; İş gücü kaybı, İş gücü kapasite, dk.
- Dijital Kalite Doküman Yönetim Sistemleri; Hazırlık Süresi Azaltma, dk.
- Büyük Veri Analizi Sistemleri; Ölçüm Süresi Azaltma, dk.
- Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri

Tablo 4.18: Uygulamaların kullanımı ile süre iyileşmesi kapasite artışı

#	Dijital Dönüşüm Uygulamaları	Performans Kriteri	Toplam Dijitalleşme Öncesi Durum	Toplam Dijitalleşme Sonrası Durum	Frekans	Birim İyileşme	Toplam İyileşme
1	Üretim Yürütme Sistemleri	OEE%, Kapasite artışı %	58,1%	71,9%	1/gün	123,8%	123,8%
2	Sipariş Çizelgeleme Sistemleri	Kapasite Artış (dk)	92	60,4	1-2/gün	28,2 dk/gün	141 saat/yıl
3	Sanal Gerçeklik Sistemleri	Bakım Anıza Süresi Azaltma (dk)	73,3	39,2	1-12/gün	7,4 dk/gün	37 saat/yıl
4	Aksiyon Takip ve Yönetim Sistemleri	Kapasite Artış (dk)	147,26	43,80	1/gün	103,5 dk/gün	517 saat/yıl
5	Görüntü İşleme Sistemleri	İş Gücü Kaybı, Süre, İş gücü kapasitesi (dk)	22080	11040	1/hafta	331,07 dk/gün	276 saat/yıl
6	Dijital Kalite Dokümantasyon Yönetim Sistemleri	Süre Süre Azaltma (dk)	0,83	0,42	1-2/gün	3,8 dk/gün	19 saat/yıl
7	Büyük Veri Analiz Sistemleri	Ölçüm Süresi Azaltma (dk)	3	0,1	1/hafta	22,2 dk/gün	111 saat/yıl
8	Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri	İş Gücü Kaybı, Süre, İş gücü kapasitesi (dk)	2200	1300	1/hafta	900,0 dk/gün	4500 saat/yıl
Toplam			24596	12484		1396 dk/gün	5601 saat/yıl

6. SONUÇ

Çalışmanın temel amacı, yalın üretim hatlarında dijitalleşme ve Endüstri 4.0 uygulamalarıyla süreçlerin iyileştirilmesi ve operasyonel mükemmellik seviyesine ulaşılmasıdır. Yalın üretim düşüncesi, israfların azaltılması ve müşteri memnuniyetinin artırılması felsefesine dayanır. Bu felsefenin dijital altyapıya (Endüstri 4.0 bileşenleri ve diğer dijital uygulamalar) entegre edilmesiyle; toplam ekipman etkinliğinin artırılması, katma değer yaratan faaliyetlerin en üst düzeye çıkarılması, gereksiz işlerin (israfların) ortadan kaldırılması, verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılması, müşteri talebine uygun kaliteli ürün üretimi ve buna bağlı olarak müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenmiştir.

Araştırmada yalın üretim felsefesini benimsemiş Kablo İmalatı yapan işletmede kullanılan temel Dijital dönüşüm uygulamayı incelenmiş ve kazanımları hem uygulama kullanım süresi hem de çeşitli verimlilik parametrelerinde incelenmiştir.

6.1. Yalın Üretim ve Endüstri 4.0 Bileşenin Küresel Rekabetteki Önemi

Küresel rekabette hız kazanabilmek için gerekli tüm yetkinliklere ancak yalın üretim ve dijitalleşme bileşenlerinin birlikte uygulanmasıyla ulaşılabileceği aşikârdır. Çalışanların verileri gerçek zamanlı olarak görebilmesi sayesinde anlık müdahaleler yapılmış, bu sayede tüm verilerin analizi gerçekleştirilmiş ve problemlere hızlıca çözüm bulunmuştur. Ancak, verilerin yalnızca anlık olarak gözükmesinin tek başına işletmeye faydası yoktur. Yalın üretim felsefesi, her şeyin "doğru ve mükemmel olma" anlayışına dayandığı için, verilerin doğru şekilde yönetilebilmesi adına yalın üretim tekniklerinin benimsenmesi gerekmektedir. Yalın sistemde aksiyon alınarak sorunların kök nedenlerine inilir. Verilerin dijital sistemler aracılığıyla planlı ve doğru yönetilmesi ve anında aksiyon alınma şansı, fonksiyonel mükemmellik seviyesine yaklaşmanın önemli adımlarındandır.

6.2. Proje Sonuçları

- **Üretim ve Duruş Bilgilerinin Gerçek Zamanlı Toplanması:** Üretim sürecindeki tüm duruş bilgilerinin sahadan gerçek zamanlı olarak toplanması sağlanmıştır.
- **Kayıpların Takibi ve Verimliliğin Artırılması:** Kayıpların takip edilmesi ve analiz edilmesiyle verimlilik artırılmış ve maliyetler azaltılmıştır.
- **Gerçek Zamanlı OEE Takip Altyapısı:** Gerçek zamanlı OEE takip altyapısı oluşturulmuştur.
- **Toplam Ekipman Verimliliğinde İyileşme:** OEE değerlerinde belirgin bir iyileşme sağlanmıştır.
- **Standart Dışı Durumların Tespiti:** Standart dışı durumlar gerçek zamanlı olarak tespit edilmiştir.
- **Üretim Aksaklıklarının Tespiti ve Müdahale:** Üretimle ilgili aksaklıklar tespit edilerek zamanında müdahale edilmesi sağlanmıştır.
- **Operatörlere Gerçek Zamanlı Bilgi Sağlama:** Operatörlere gerçek zamanlı bilgi sağlanarak performans artırılmıştır.
- **Kâğıtsız Üretim Ortamı:** Kâğıtsız üretim ortam altyapısı sağlanmıştır.
- **Üretim Bilgilerinin Gerçek Zamanlı Aktarımı:** Üretim bilgileri sistemden sahaya ve sahadan sisteme gerçek zamanlı olarak aktarılmıştır.
- **Üretim Teyitlerinin Pratik ve Anlık Toplanması:** Üretim teyitleri palet/sepet etiketi ile pratik ve anlık olarak toplanmıştır.
- **Ardışık Operasyonların Kontrolü:** Ardışık operasyonlar kontrol edilmiştir.
- **Stok Hareketlerinin Takibi:** Stok hareketleri kasa ve palet bazında takip edilmiştir.
- **Gerçek Zamanlı Stok Görüntüleme:** Gerçek zamanlı stokları görerek mevcut hataların önüne geçilmiştir.
- **Basit ve Kısa Zamanlı Sayım:** Basit ve kısa zamanlı sayım adımları gerçekleştirilmiştir.
- **Siparişlerin Takibi ve Kontrolü:** Gelen siparişlerin nerede ve hangi kaynaklar ile gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

- **Alternatif Rota Belirleme:** Siparişlere belirlenmiş rotalara, alternatif rotalar belirlenmiştir.
- **Üretim içi Uzaktan Erişim:** Üretim sürecini hızlandırmak için gerekli teknik bilginin ulaşımı hızlandırılmıştır.
- **Çalışan Sanal Eğitim Desteği:** Ekipman ihtiyacı olmadan çalışan eğitimleri sanal ortamda eğitim verilmiştir.
- **Problemlerin ve Aksiyonların Takibi:** Üretim sürecinde meydana gelen problemlere ve ilgili aksiyonlar kontrol altına alınmıştır.
- **Görüntü İşleme Destekli İşçi Sağlığı ve Güvenliği Arttırıcı Aksiyonlar:** Görüntü işleme destekli içi sağlığını tehdit edebilecek risklere önlem alınmıştır.
- **Görüntü İşleme Destekli 5S Ortam Takibi ve Kontrolü:** Görüntü işleme destekli üretim ortamındaki 5S aksiyonları kontrol altına alınmıştır.
- **İşletme İçi Doküman Takibi ve Yönetimi:** İşletme için kullanılan dokümanlara hızlı erişim imkanı elde edilmiştir.
- **Gerçek Zamanlı Ölçüm Sonuçları Görüntüleme:** Üretim sürecinde kullanılan ölçüm cihazlarındaki verilere ulaşılmıştır.
- **Gerçek Veriler ile İstatistiksel Çalışma İmkani:** Üretim sürecinde meydana gelen veriler toplanarak 6 Sigma çalışmaları yapılmıştır.
- **Gerçek Zamanlı Ekipman Takibi ve Yönetimi:** Üretim sürecinde kullanılan ekipmanların verimlilik takibi yapılmış, iyileştirme yapılmıştır.
- **Ekipman-Ekipman, Ekipman-İnsan, İnsan-İnsan Etkileşim Takibi ve Kontrolü:** Üretim sürecinde ekipman ve insanların birbirleriyle olan etkileşimlerin kontrol altına alınmıştır.

6.3. Endüstri 4.0 ve Teşviklerin Önemi

Gerçek dünya ile sanal dünyanın uyumlu çalışabilmesi için devletin işletmelere, üniversitelere ve ticaret odalarına teşvik paketleri hazırlaması gerekmektedir. Endüstri 4.0 bileşenlerinin işletmelerde kullanılması, ilk etapta maliyetli bir yatırım gibi görünse de, mevcut ekipmanlar üzerinden dijital sistem uygulamaları entegre edilerek yüksek maliyetler önlenebilir.

Endüstri 4.0, büyük işletmeler kadar KOBİ'ler için de kritik bir öneme sahiptir. Üretimin küresel dili olarak kabul edilen Endüstri 4.0, işletmenin büyüklüğüne bakmaksızın uygulanabilir. KOBİ'lerin küresel ve yerel rekabette güçlü olabilmesi için bu dönüşüme hazır hale getirilmesi önemlidir. Devlet, üniversite ve sanayi işbirliğiyle KOBİ'lere yönelik destek paketlerinin artırılması gerekmektedir. Teknik altyapı, bilişim, AR-GE, İnovasyon ve dijital yetkinliklere sahip personelin sağlanması, tüm departmanlarda teknik ve dijital bütünlüğün oluşturulması gereklidir. Eğitimler verilerek yeterli işgücü sağlanmalı, bilgi güvenliği korunmalı, yatırım teşvikleri artırılmalı ve dijitalleşme konusunda danışmanlık hizmetleri sunulmalıdır. KOBİ'lerin dijital dönüşümü tehdit olarak görmemesi ve modern iş modelleri oluşturarak katma değerli işlemleri maksimum seviyeye çıkarmaları hedeflenmelidir.

6.4. Araştırmanın Uygulama Alanı

Araştırmanın yapıldığı işletme, İstanbul ilinde Kablo imalat sanayi sektöründe faaliyet göstermektedir. Kablo İmalat sanayi ile Enerji ve Elektrik sanayinin dijital olgunluk seviyesini artıracak ve iki sektörü daha fazla bağlayacak öngörülmektedir. Bu bağlamda, iki sektörün teknik ve mühendislik çalışmalarına ağırlık vermesi, gelecekte ortaya çıkacak mesleklere yönelik eğitim çalışmalarının düzenlenmesi ve tedarik zinciri paydaşları olarak birbirlerinin eksiklerini tamamlamaları gerekmektedir.

Endüstri 4.0'ın başarısı, yalnızca akademik veya ticari girişimlerle sınırlı kalmayıp, akademi-iş dünyası-siyaset üçgeninin sağlam bir şekilde oluşturulmasıyla mümkündür. Bu tez çalışmasıyla, büyüme, istihdam, yatırım ve iş dünyası gibi alanlarda farkındalık yaratılarak, dijital dönüşümün adaptasyon sürecinin başarılı ve kolay bir şekilde gerçekleşmesine katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

6.5. Sonuç ve Öneriler

- **Yalın Üretim Teknikleri:** İşletmede yalın üretim tekniklerinin uygulanmasıyla, israfların azaldığı ve işlevsel mükemmellik seviyesine ulaşmak için müşteri değerinin önemi ortaya konmuştur.

- **Endüstri 4.0 ve Dijital Uygulamalar:** Yalın üretim felsefesiyle bütünleşik bir sistem olarak uygulanmasıyla, problemlere çözüm bulunmuş ve süreçler iyileştirilmiştir.
- **Verilerin Anlık İzlenmesi ve Analizi:** Verilerin anlık izlenip analiz edilmesi işletmeye katkı sağlamış, yalın üretim teknikleriyle bütünleştirilerek eş zamanlı ve doğru aksiyonlar alınmıştır.
- **Performans Artışı:** Endüstri 4.0 uygulamalarının işletmede uygulanmasıyla, üretim yönetim sistemindeki performans artmış ve işletme performans kriterleri doğru orantılı olarak artmıştır.
- **Yeni İş Modelleri ve Stratejiler:** Endüstri 4.0 ve dijital uygulamalar, süreçlerin iyileştirilmesine, rekabet avantajı sağlamaya ve yeni iş modellerinin oluşturulmasına olanak tanımıştır.

Bu tez çalışması, Endüstri 4.0'ın sadece akademik veya siyasi bir girişim olarak görülmemesi gerektiğini vurgulamakta, devlet-işletme-siyasi-akademi beşgeninde farkındalık yaratmayı hedeflemektedir. Böylece, işsizliğe çözüm, kalkınmanın sağlanması, doğru yatırım noktalarının belirlenmesi ve işletmelerin dijital dönüşümü tehdit olarak görmemesi amaçlanmaktadır. Tüm paydaşların ortak noktada birleşmesi, ülkenin ekonomik yönden büyümesine büyük katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın yapıldığı fabrika, işletmeye bağlı diğer ülkelerdeki fabrikalar arasında Endüstri 4.0'a ilk geçiş yapan fabrika olduğundan, diğer fabrikalara örnek teşkil edecek ve bu konuda destek sağlayacaktır. İşletme, başarılı bir dönüşüm süreci gerçekleştirmiş olup, kendi sektörü ve diğer sektörlerle olumlu katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, gelecekte bu konuda araştırma yapmak isteyen akademisyenler ve öğrenciler, farklı sektörlerde Endüstri 4.0 bileşenlerini inceleyerek süreç iyileştirme analizleri gerçekleştirebilirler. Ayrıca, yalın üretim felsefesini uygulamadan dijital dönüşüm gerçekleştiren işletmelerle kıyaslamalar yapabilirler.

6.6. Sonuç ve Değerlendirme

Yukarıda belirtilen çalışmalardan elde edilen veriler ve sonuçlar, yalın üretim ve dijitalleşmenin entegrasyonunun verimlilik ve kapasitenin artırılmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Dijital üretim sistemleri, yalın üretim teknikleriyle

birleştiğinde, verilerin anlık izlenmesi ve doğru aksiyonların alınmasıyla süreç iyileştirmeleri daha etkin ve hızlı bir şekilde geręekleřtirilebilmektedir. Bu bağlamda, araştırmaların gösterdiği gibi, yalın üretim ve Endüstri 4.0 uygulamalarının başarılı bir şekilde entegrasyonu, işletmelerin küresel rekabette hız kazanmasını ve fonksiyonel mkemellik seviyesine ulaşmasını sağlayacaktır.

Tez çalışmasında, yalın üretim ve dijital üretim sistemlerinin entegrasyonu ile süreç iyileştirme çalışmalarının hızlanacağı ve adaptasyonun artacağı varsayılarak, bir yıl sonraki verimlilik ve kapasite artışının, örnek alınan çalışmalardaki artıştan daha yüksek olacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda, yalın üretim felsefesini benimseyen ve dijitalleşmeye odaklanan işletmelerin, süreçlerini optimize ederek verimliliklerini artırma yolunda önemli adımlar atabileceği sonucuna varılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223-236.
- Abreu, J., Martins, P. V., Fernandes, S., & Zacarias, M. (2013). Business processes improvement on maintenance management: a case study. *Procedia Technology*, 9, 320-330.
- Acar, E. Ö., & Çakırkaya, M. (2018). Bir üretim hattında toplam ekipman etkinliğinin ölçülmesi ve geliştirilmesi üzerine bir uygulama. *GÜSBEED, Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(24), 217-230.
- Adalı, M. R., Kiraz, A., Akyüz, U., & Halk, B. (2017). Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: Büyük ölçekli bir traktör işletmesinde uygulama. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 242-251.
- Adem A., Kaya B., Çakıt E., Dağdeviren M., (2021). “Üretim Sistemlerindeki Dijital Dönüşümün İş Etüdü Teknikleri Üzerinde Etkisi”, *Verimlilik Dergisi*, Özel Sayı, pp.110-122.
- Aguilar-Escobar, V. G., Bourque, S., & Godino-Gallego, N. (2015). Hospital kanban system implementation: Evaluating satisfaction of nursing personnel. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 21(3), 101-110.
- Agwu, O. E., Akpabio, J. U., Alabi, S. B., & Dosunmu, A. (2018). Artificial intelligence techniques and their applications in drilling fluid engineering: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 167, 300-315.
- Ağpak, K., Gökçen, H., Saray, N. N., & Özel, S. (2002). Stokastik görev zamanlı tek modelli u tipi montaj hattı dengeleme problemleri için bir sezgisel. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(4), 115-124.
- Ahire, C. P., & Relkar, A. S. (2012). Correlating failure mode effect analysis (FMEA) & overall equipment effectiveness (OEE). *Procedia Engineering*, 38, 3482-3486.
- Ahmad, M. F., Zakuan, N., Jusoh, A., & Takala, J. (2012). Relationship of TQM and business performance with mediators of SPC, lean production and TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 186-191.
- Ahmad, M. O., Dennehy, D. Conboy, K., & Oivo, M. (2018). Kanban in software engineering: A systematic mapping study. *The Journal of Systems and Software*, 137, 96-113.

Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709-756.

Alahyari, H., Gorschek, T., & Svensson, R. B. (2019). An exploratory study of waste in software development organizations using agile or lean approaches: A multiple case study at 14 organizations. *Information and Software Technology*, 105, 78-94.

Al-Badi, A., Tarhini, A., & Khan, A. I. (2018). Exploring big data governance frameworks. *Procedia Computer Science*, 141, 271-277.

Aldowaisan, T., Nourelfath, M., & Hassan, J. (2015). Six Sigma performance for non-normal processes. *European Journal of Operational Research*, 247(3), 968-977.

Alimohammadlou, M., & Eslamloo, F. (2016). Relationship between Total Quality Management, knowledge Transfer and knowledge Diffusion in the academic settings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 230, 104-111.

Allen, T. T. (2010). *Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma : Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems* (Second Edition). London : Springer London.

Amellal, H., Meslouhi, A., & Allati, A. E. (2019). Secure Big Data using QKD protocols. *Procedia Computer Science*, 148, 21-29.

Andreasson, L. & Henfridsson, O. (2009, January). Digital differentiation, software product lines, and the challenge of isomorphism in innovation: A case study., Sözlü Bildiri, *17th European Conference on Information Systems, European Conference on Information Systems (ECIS 2009)*, Verona, Italy, 1-14.

Anshari, M., Almunawar, M. N., Lim, S. A., & Al-Mudimigh, A. (2019). Customer relationship management and big data enabled: Personalization & customization of services. *Applied Computing and Informatics*, 15, 94-101.

Antikainen, M., Uusitalo, T., & Kivikytö-Reponen, P. (2018). Digitalisation as an enabler of circular economy. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 73, 45-49.

Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120-1127.

Anurag. (2017, Haziran). 5 benefits: Competitive advantages of big data in business. 8 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.newgenapps.com/blog/importance-benefits-competitive-advantage-big-data> adresinden alınmıştır.

Anvari, A., Ismail, Y., & Hojjati, S. M. H. (2011). A study on total quality management and lean manufacturing: Through lean thinking approach. *World Applied Sciences Journal*, 12(9), 1585-1596.

Apostu, A., Puican, F., Ularu, G. E. A. N. I. N. A., Suciu, G., & Todoran, G. (2013). Study on advantages and disadvantages of Cloud Computing—the advantages of Telemetry Applications in the Cloud. *Recent Advances in Applied Computer Science and Digital Services*, 118-123.

Aqlan, F., & Al-Fandi, L. (2018). Prioritizing process improvement initiatives in manufacturing environments. *International Journal of Production Economics*, 196, 261-268.

Aradhye, A. S., & Kallurkar, S. P. (2014). A case study of just-in-time system in service industry. *Procedia Engineering*, 97, 2232-2237.

Arcidiacono, G., Calabrese, C., & Yang, K. (2012). *Leading Processes to Lead Companies: Lean Six Sigma : Kaizen Leader & Green Belt Handbook*. Milano : Springer Milan.

Armistead, C., & Machin, S. (1997). Implications of business process management for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(9), 886-898.

Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of major lean production waste in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering*, 97, 2167 - 2175.

Avram, M. G. (2014). Advantages and challenges of adopting cloud computing from an enterprise perspective. *Procedia Technology*, 12, 529-534.

Ayçin, E., & Özveri, O. (2016). Yalın üretim uygulamalarında israfın azaltılması ile performans ölçütleri arasındaki ilişkilerin ve etkileşimin dematel yöntemiyle analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(35), 325-353.

Aydemir, H. (2018). Sanayi 4.0 ve Türkiye ekonomisi açısından etkileri. *Sosyoekonomi*, 26(36), 253-261.

Aydın, H. (2009). *Yalın üretim sistemi, değer akış haritalama yöntemi ve yalın üretim sisteminin çalışanlara etkileri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Aydiner, A. S., Tatoglu, E., Bayraktar, E., Zaim, S., & Delen, D. (2019). Business analytics and firm performance: The mediating role of business process performance. *Journal of Business Research*, 96, 228-237.

Azizi, A., & Manoharan, T. (2015). Designing a future value stream mapping to reduce lead time using SMED-A case study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153-158.

Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13), 137-143.

- Bakri, A. H., Rahim, A. R. A., Yusof, N. M., Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65(3). 485-491.
- Bal, A., & Satoglu, S. I. (2014). Maintenance Management of Production Systems with Sensors and RFID: A Case Study. In *Global Conference on Engineering and Technology Management (GCETM)* (pp. 82-89).
- Ball, P., & Lunt, P. (2018). Lean eco-efficient innovation in operations through the maintenance organisation. *International Journal of Production Economics*, July, (1-11).
- Banger, G. (2016). *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Bangsow, S. (2010). *Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk - Usage and Programming with Examples and Solutions*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bansee, J., & Chowdary, B. V. (2007, May-June). A new concept of cellular manufacturing: A case study. Sözlü Bildiri, *Fifth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2007)*, Tampico, México, 1-10.
- Barbrow, S., & Hartline, M. (2015). Process mapping as organizational assessment in academic libraries. *Performance Measurement and Metrics*, 16(1), 34-47.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Baygin, M., Yetis, H., Karakose, M., & Akin, E. (2016, September). An effect analysis of industry 4.0 to higher education. *15th international conference on information technology based higher education and training (ITHET)*, Elazig, Turkey, 1-4.
- Bell, C. (2014). *Maintaining and Troubleshooting Your 3D Printer*. Apress: Berkeley, CA. Bell, C. (2015). *3D Printing with Delta Printers*. Apress: Berkeley, CA.
- Bhasin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing: A Holistic Approach*. Cham: Springer International Publishing.
- Bhatnagar, H. (2017). Demonetization to digitalization: A step toward progress. *Management and Economics Research Journal*, 3, 11-15.
- Bhusiri, N., Qureshi, A. G., & Taniguchi, E. (2014). Application of the just-in-time concept in urban freight transport. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 171-185.
- Birgün, S., Gülen, K. G., & Özkan, K. (2006). Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: İmalat sektöründe bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 47-59.

Bititci, U. S., Ackermann, F., Ates, A., Davies, J., Garengo, P., Gibb, S., ... & Shafti, F. (2011). Managerial processes: business process that sustain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(8), 851-891.

Blöch, S. J., Michalicki, M., & Schneider, M. (2017). Simulation game for lean leadership – shopfloor management combined with accounting for lean. *Procedia Manufacturing*, 9, 97 -105.

Bohnen, F., Buhl, M., & Deuse, J. (2013). Systematic procedure for leveling of low volume and high mix production. *College International pour la Recherche en Productique Journal of Manufacturing Science and Technology*, 6(1), 53-58.

Bolatan, G. I. S., Gozlu, S., Alpkan, L., & Zaim, S. (2016). The impact of technology transfer performance on total quality management and quality performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 235, 746-755.

Book, M., Gruhn, V., & Striemer, R. (2016). *Tamed Agility: Pragmatic Contracting and Collaboration in Agile Software Projects*. Cham : Springer International Publishing.

Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1-31.

Borkowski ,M., Fdhila, W., Nardelli, M., Rinderle-Ma, S., & Schulte, S. (2019). Event- based failure prediction in distributed business processes. *Information Systems*, 81, 220-235.

Breyfogle, F. W. (2007, Mart). Lean tools that improve processes: An overview. *BPTrends*, 1-7. 03 Şubat 2019 tarihinde <https://www.bptrends.com/bpt/wp-content/publicationfiles/FOUR%2003-07ART-LearnToolsThat%20ImproveProcesses Breyfogle-Final.pdf> adresinden alınmıştır.

Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112-1119.

Browning, T. R., & Heath, R. D. (2009). Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program. *Journal of Operations Management*, 27, 23–44.

Bruun, P., & Mefford, R. N. (2004). Lean production and the Internet. *International Journal of Production Economics*, 89(3), 247-260.

Buch, D., & Jinwala, D. C. (2010, December). Denial of service Attacks in wireless sensor networks. Sözlü Bildiri, *International Conference on Current Trends in Technology*, Nirma University, Nuicone, Ahmedabad, India.

Businessdictionary. (T.Ya.). Robot definition. 7 Ağustos 2019 tarihinde <http://www.businessdictionary.com/definition/robot.html> adresinden alınmıştır.

Businessdictionary. (T.Yb.). Workflow diagram (WFD) definition. 14 Ağustos 2019 tarihinde <http://www.businessdictionary.com/definition/workflow-diagram- WFD.html> adresinden alınmıştır.

Buxmann, P., Hess, T., & Ruggaber, R. (2009). Internet of services. *Business & Information Systems Engineering: The International Journal of WIRTSCHAFTSINFORMISRAF*, 1(5), 341-342.

Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital supply chain: literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157-177.

Cakmakci, M. (2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2). 168-179.

Caldera, H., T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2019). Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in 'lean' SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 218, 575-590.

Campos, A. C. S. M., & de Almeida, A. T. (2016). Multicriteria framework for selecting a process modelling language. *Enterprise Information Systems*, 10(1), 17-32.

Chaudhari, T., & Raut, N. (2017). Waste elimination by lean manufacturing. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(5), 168-170.

Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2017b). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Access*, 6, 6505-6519.

Chen, S., Fan, S., Xiong, J., & Zhang, W. (2017a). The design of JMP/SAP based six sigma management system and its application in SMED. *Procedia Engineering*, 174, 416 – 424.

Chhetri, S. R., Faezi, S., Rashid, N., Faruque, M. A. (2018). Manufacturing supply chain and product lifecycle security in the era of industry 4.0. *Journal of Hardware and Systems Security of Industry 4.0*, 2, 51-68.

Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A., ve Fantoni, G. (2018). Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia. *Computers in Industry*, 100, 244-257.

Chien, C. H., Chen, C. H., & Jeng, T. S. (2010, March). An interactive augmented reality system for learning anatomy structure. Sözlü Bildiri, *Proceedings of the International Multiconference of Engineers and Computer scientists (IMECS 2010)*, International Association of Engineers, 1, Hong Kong, China, 1-19.

Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102-107.

Chung, W. W., Tan, K. H., Koh, S. L., Law, C. C., & Ngai, E. W. (2007). *Benchmarking: An international Journal*, April, 387-406.

Cluzel, F., Yannou, B., Afonso, D. ve Leroy, Y. (2010). Managing the Complexity of Environmental Assessments of Complex Industrial Systems with a Lean 6 Sigma Approach., M. Aiguier, F. Bretaudeau ve D. Krob. (Editörler), *Complex Systems Design & Management: Proceedings of the First International Conference on Complex System Design & Management* (279-294). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Conner, B. P., Manogharan, G. P., Martof, A. N., Rodomsky, L. M., Rodomsky, C. M., Jordan, D. C., & Limperos, J. W. (2014). Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services. *Additive Manufacturing*, 1, 64-76.

Costa, L. B. M., Filho, M. G., Fredendall L. D., & Paredes, F. J. G. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, (122-133).

Crichton, D., Mattmann, C. A., Cinquini, L., Law, E., Chang, G., Hardman, S. ve Shams, K. (2010). Architecting Scientific Data Systems in the Cloud., Z. Mahmood. (Editör), *Cloud Computing - Methods and Practical Approaches* (25-46). London: Springer.

Çakır, A., & Güngör, O. (2010). Rfid ile kargo yönetimi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(2), 83-89.

Çakırkaya, M., & Acar, Ö. M. (2016). 5S tekniği aşamaları ve makarna sektöründe bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(4), 845-868.

Dalcı, İ., & Taş, V. N. (2006). The effect and implementation of just-in-time system from a cost and management accounting perspective. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 109-124.

Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394.

Damij, N., Damij, T., Grad, J., & Jelenc, F. (2008). A methodology for business process improvement and IS development. *Information and Software Technology*, 50(11), 1127-1141.

Daneshjoo, N., Pajerská, E. D., Klimek, M., & Danishjoo, E. (2018). Software support for optimizing layout solution in lean production. *Technology, Education, Management, Informatics Journal*, 7(1), 33-40.

Dani, V. S., Freitas, C. M. D. S., & Thom, L. H. (2019). Ten Years of Visualization of Business Process Models: A Systematic Literature Review. *Computer Standards & Interfaces*, 66, 1-21.

De Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2005). Equipment effectiveness: OEE revisited. *he Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 18(1), 190-196.

Deeb, S., Haouzi, H. B., Aubry, A., & Dassisti, M. (2018). A generic framework to support the implementation of six sigma approach in SMEs. *International Federation of Automatic Control PapersOnline*, 51(11), 921-926.

Dickson, E. W., Singh, S., Cheung, D. S., Wyatt, C. C., & Nugent, A. S. (2009). Application of lean manufacturing techniques in the emergency department. *Journal of Emergency Medicine*, 37(2), 177-182.

Dijitalleş (T.Y.). Dijitalleşme. Dijitalleşmenin önemi ve faydaları. 06 Ağustos 2018 tarihinde <https://www.dijitalles.com/blog/dijitallesme/dijitallesmenin-onemi-ve-faydalari/> adresinden alınmıştır.

Dombrowski, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & lean production systems: A use cases analysis. *Procedia Manufacturing*, 11, 1061-1068.

Dopico, M., Gomez, A., De la Fuente, D., García, N., Rosillo, R., & Puche, J. (2016). A vision of industry 4.0 from an artificial intelligence point of view. Sözlü Bildiri, *Proceedings on the International Conference on Artificial Intelligence (ICAI) The SOEEring CommitOEE of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp)*, Administracion de Empresas, University of Oviedo, Gijón, Asturias, Spain, 407-413.

Drohmeretski, E., Costa, S. E. G., Lima, E. P., & Garbuio, P. A. E. (2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, 52(3), 804-824.

Dudek-Burlikowska, M., & Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 36(1), 95-102.

Dunlop, N. (2013). *Beginning Big Data with Power BI and Excel*. Apress: Berkeley, CA.

Durmusoglu, M. B., & Satoglu, S. I. (2011). Axiomatic design of hybrid manufacturing systems in erratic demand conditions. *International Journal of Production Research*, 49(17), 5231-5261.

Economitimes (T.Y.). Definition of ‘Gantt Chart’. 12 Temmuz 2019 tarihinde <https://economictimes.indiatimes.com/definition/gantt-chart> adresinden alınmıştır.

Edrawsoft. (T. Ya.). Application of block diagram - Benefits of block diagram. 13 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.edrawsoft.com/block-diagrams-introduction.php> adresinden alınmıştır.

Edrawsoft. (T. Ya.). What is workflow diagram - Overview of workflow diagram 14 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.edrawsoft.com/what-is-workflow.php> adresinden alınmıştır.

Edtmayr, T., Sunk, A., & Sihn, W. (2016). An approach to integrate parameters and indicators of sustainability management into value stream mapping. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 41, 289-294.

Eğilmez, M. (2018). Endüstri 4.0. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 15, 264-271.

Electronicshub. (2017, Kasım). Different types of sensors. 7 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.electronicshub.org/different-types-sensors/> adresinden alınmıştır.

Ellingsen, O. (2017). Commercialization within advanced manufacturing: value stream mapping as a tool for efficient learning. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 60, 374-379.

Engineeringarticles. (2015, Temmuz). What is manufacturing process?. 12 Ağustos 2019 tarihinde <http://www.engineeringarticles.org/manufacturing-process-meaning-and-types/> adresinden alınmıştır.

Engineersgarage. (2011). Sensors: Different types of sensors. 7 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.engineersgarage.com/articles/sensors> adresinden alınmıştır.

Enke, J., Kraft, K., & Metternich, J. (2015). Competency-oriented design of learning modules. *Procedia College International pour la Recherche en Productique IRP*, 32, 7-12.

Enríquez, F., Troyano, J. A., & Romero-Moreno, L. M. (2018). Using a business process management system to model dynamic teaching methods. *The Journal of Strategic Information Systems*, July, 1-17.

Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*, 198, 520-529.

Erin, R., Carrano, A. L., & Sudit, M. (2012, February). An mip approach to the u-line balancing problem with proportional worker throughput. *Sözlü Bildiri, 12th IMHRC (International Material Handling Research Colloquium) Proceedings*, Georgia Southern University, Gardanne, France, 1-22.

Erlach, K. (2013). *Value Stream Design: The Way Towards a Lean Factory*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Erol, S. (2012, Şubat). Yalın yaklaşım ve yalın üretim. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. *Anahtar Dergisi*, 278. 26 Ocak 2019 tarihinde <http://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/yalin-yaklasim-ve-yalin-uretim/145> adresinden alınmıştır.

Ersoy, A. R. (2019, Mart). Endüstri 4.0 sürecinde neredeyiz?. *Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu*. 23 Temmuz 2019 tarihinde <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-surecinde-neredeyiz/> adresinden alınmıştır.

Ersöz, T., Öztürk, E., & Gürel, E. (2018). Demir çelik sektöründe toplam verimli bakım uygulaması. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Ocak, 447-458.

Ertel, W. (2011). *Introduction to Artificial Intelligence*. London: Springer.

Esmaeel, R. I., Zakuan, N., Jamal, N. M., & Taherdoost, H. (2018). Understanding of business performance from the perspective of manufacturing strategies: fit manufacturing and overall equipment effectiveness. *Procedia Manufacturing*, 22, 998-1006.

Etezadzadeh, C. (2016). *Smart City – Future City? : Smart City 2.0 as a Livable City and Future Market*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Fahem, M., Shah, Sb. B. H., Butt, R. A., Raza, B., Anwar, M., Ashraf, M. W., Ngadi, Md. A., & Gungor, V. C. (2018). Smart grid communication and information technologies in the perspective of Industry 4.0: Opportunities and challenges. *Computer Science Rewiev*, 30, 1-30.

Farshid, M., Paschen, J., Eriksson, T., & Kietzmann, J. (2018). Go boldly!: Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business. *Business Horizons*, 61(5), 657-663.

Feinleb, D. (2014). *Big Data Bootcamp - What Managers Need to Know to Profit from the Big Data Revolution*. Apress: Berkeley, CA.

Feldhofer, M., Dominikus, S., & Wolkerstorfer, J. (2004). Strong authentication for RFID systems using the AES algorithm. *Lecture Notes in Computer Science*, 3156, 357- 370.

Fırat, S. Ü., & Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 devrimi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme: Kavramlar, küresel gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*, 114(2017), 10- 23.

Fielder, A., Panaousis, E., Malacaria, P., Hankin, C., & Smeraldi, F. (2016). Decision support approaches for cyber security investment. *Decision Support Systems*, 86, 13-23.

Firuzan, A. R., & Ayvaz, Y. Y. (2004). Yeni bir felsefe ışığında yan sanayilerden beklenenler ve tam zamanında üretim. *Yönetim ve Ekonomi*, 11(1), 19-26.

Freddi, D. (2018). Digitalisation and employment in manufacturing: Pace of the digitalisation process and impact on employment in advanced Italian manufacturing companies. *AI & Society*, 33, 393-403.

Froger, M., Bénaben, F., Truptil, S., & Boissel-Dallier, N. (2019). A non-linear business process management maturity framework to apprehend future challenges. *International Journal of Information Management*, 49, 290-300.

Furht, B. (2011). *Handbook of Augmented Reality*. New York: Springer.

Furterer, S., & Elshennawy, A. K. (2005). Implementation of TQM and lean Six Sigma tools in local government: a framework and a case study. *Total Quality Management*, 16(10), 1179-1191.

Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017, Kasım). 3rd International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS), Ankara, 149-174.

Gabriel, M., & Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 14(2), 131-136.

Gao, S. ve Low, S.P. (2014). *Lean Construction Management: The Toyota Way*. Singapore: Springer Singapore.

Garbie, I. (2016). *Sustainability in Manufacturing Enterprises - Concepts, Analyses and Assessments for Industry 4.0*. Switzerland: Springer, Cham.

García, J. L., Maldonado, A. A., Alvarado, & Rivera, D. G. (2014). Human critical success factors for kaizen and its impacts in industrial performance. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70, 2187-2198.

Gehrke, L., Kühn, A. T., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., Dawood, D., Singh, L., Kulik, J., & Standley, M. (2015, April). A discussion of qualifications and skills in the factory of the future: A German and American perspective. Sözlü Bildiri, *Hannover Messe*, Düsseldorf, Germany, 1-25.

Gerger A., (2023). “Aşağıdan Yukarıya Endüstri 4.0 Dönüşüm Yaklaşımı: Yalın Yönetim”, OKU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), pp.908-930.

Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0 - The Industrial Internet of Things*. Bangken, Thailand: Apress, Berkeley, CA.

Glegg, S. M.N., Ryce, A., & Brownlee, K. (2019). A visual management tool for program planning, project management and evaluation in paediatric health care. *Evaluation and Program Planning*, 72, 16-23.

Gobble, M. m. (2018). Digitalization, digitization, and innovation. *Research-Technology Management*, 61(4), 56-59.

Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A structural literature review of the single minute exchange of die: The latest trends. *Procedia Manufacturing*, 17, 783-790.

Google Trends. (2019, Temmuz). Son 5 yılda Türkiye’de Endüstri 4.0’ın Google üzerinden aranma trendi. 23 Temmuz 2019 tarihinde <https://trends.google.com.tr/trends/explore?date=today%205y&geo=TR&q=end%C3%BCstri%204.0> adresinden alınmıştır.

Gökçen, H., Kara, Y., & Atasagun, Y. (2010). Integrated line balancing to attain Shojinka in a multiple straight line facility. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 23(5), 402-411.

Görçün, Ö. F. (2016). *Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta Yayınları.

Grangel-González, Baptista, P., Halilaj, L., Lohmann, S., Vidal, M., Mader, C., & Auer, S. (2016, September). The Industry 4.0 standards landscape from a semantic integration perspective. Sözlü Bildiri, *IEEE 22nd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Limassol, Cyprus, 1-9.

Groover, M. P. (2007). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Prentice Hall Press

Gruber, H. (2019). Proposals for a digital industrial policy for Europe. *Telecommunications Policy*, 43(2), 116-127.

Guizzo, E. (T.Y.). What is a robot?. *IEEE*. 7 Ağustos 2019 tarihinde <https://robots.ieee.org/learn/> adresinden alınmıştır.

Günay, K., Çetin, T., & Baykoç, Ö. F. (2004). Montaj hattı dengelemede geleneksel ve u tipi hatların karşılaştırılması ve bir uygulama çalışması. *Teknoloji*, 7(3), 351-359.

Günther, O. P., Kletti, W. ve Kubach, U. (2008). *RFID in Manufacturing*. Berlin, Heidelberg: SpringerLink.

Gürsoy Ö., (2020) “Yalın Üretim Sisteminde Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 Uygulamaları ile Süreç İyileştirme Analizi: Bir İmalat İşletmesinde Uygulama”, Aydın Üniversitesi Doktora Tezi, İşletme Anabilim Dalı, pp.0-377.

Gyenge, B., Szilagyi, H., & Kozma, T. (2015). Lean management in case of a logistics service provider company. *Journal of Central European Green Innovation*, 3(1), 119-134.

Haefner, B., Kraemer, A., Stauss, T., & Lanza, G. (2014). Quality value stream mapping. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 17, 254-259.

Haider, A. A., Mirza, J., & Akhtar, H. (2007). Experimental comparison of one piece flow production: A simulation based approach. *European Journal of Scientific Research*, 19(1), 97-104.

Hamzeh, R., Zhong, R., & Xu, X. W. (2018). A Survey study on Industry 4.0 for New Zealand Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 26, 49-57.

Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 57, 128-133.

Heizer, J. ve Render, B. (1995). *Production & operations management strategic and tactical decisions* (4th ed). New Jersey: Prentice Hall, Inc.

Heng, Z., Aiping, L., Liyun, X., & Moroni, G. (2019). Automatic estimate of OEE considering uncertainty. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 81, 630-635.

Henshel, D., Cains, M. G., Hoffman, B., & Kelley, T. (2015). Trust as a human factor in holistic cyber security risk assessment. *Procedia Manufacturing*, 3, 1117-1124.

Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233-249.

Hilton, R. J., & Sohal, A. (2012). A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 29(1), 54-70.

Hitpass, B., & Astudillo, H. (2019). Editorial: Industry 4.0 challenges for business process management and electronic-commerce. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 14(1), 1-3.

Hlying, L. (2015). Digitalization dynamics: user interface innovation in an automotive setting. *University of Oslo. Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Department of Informatics*, 1645, 1-142.

Hoellthaler, G., Braunreuther, S., & Reinhart, G. (2018). Digital lean production – An approach to identify potentials for the migration to a digitalized production system in SMEs from a lean perspective. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 67, 522-527.

Hoerl, R. W., Gardner, M. M. (2010). Lean Six Sigma, creativity, and innovation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 30-38.

Houshmand, M., & Jamshidnezhad, B. (2006). An extended model of design process of lean production systems by means of process variables. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 22(1), 1-16.

Hüttmeir, A., Treville, S., Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 118(2), 501-507.

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.

Ibarra, D., Ganzarain, J., & Igartua, J. I. (2018). Business model innovation through Industry 4.0: A review. 22, 4-10.

Iftene, A., & Trandabăţ, D. (2018). Enhancing the Attractiveness of Learning through Augmented Reality. *Procedia Computer Science*, 126, 166-175.

Intelzone Smarter Units. (2018, Mart). Use of IoT and OEE for improving the performance of production- Benchmarks for OEE. 17 Ağustos 2019 tarihinde <http://intelzone.com/2018/03/04/uses-of-iot-and-oe-for-improving-the-performance-of-production/> adresinden alınmıştır.

İslam, S., & Daud Ahmed, M. (2012). Business process improvement of credit card department: case study of a multinational bank. *Business Process Management Journal*, 18(2), 284-303.

İnce, U. (2018). *Tekstil sektöründe değer akışı haritalama uygulaması ve yalın üretim anlayışı*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Jackson, K., Efthymiou, K., & Borton, J. (2016). Digital manufacturing and flexible assembly technologies for reconfigurable aerospace production systems. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 52, 274-279

Jadhav, J. R., Mantha, S. S., & Rane, S. B. (2015). Analysis of interactions among the barriers to JIT production: interpretive structural modelling approach. *Journal of Industrial Engineering International*, 11(3), 331-352.

JANTSA (T.Y.). Anasayfa ve AR-GE. 11 Nisan 2020 tarihinde <http://www.jantsa.com/index.php/tr/anasayfave>
<http://www.jantsa.com/index.php/tr/arge> adreslerinden alınmıştır.

Jarach, D. (2002). The digitalisation of market relationships in the airline business: the impact and prospects of e-business. *Journal of Air Transport Management*, 8, 115–120.

Jeong, K. Y., & Phillips, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), 1404-1416.

Jiménez, E., Tejeda, A., Pérez, M., Blanco, J., & Martínez, E. (2012). Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. *International Journal of Production Research*, 50(7), 1890–1904.

Jin, H., Ibrahim, S., Bell, T., Qi, L., Cao, H., Wu, S. ve Shi, X. (2010). Tools and Technologies for Building Clouds., N. Antonopoulos ve L. Gillam. (Editörler), *Cloud Computing - Principles, Systems and Applications* (3-20), London: Springer.

Joglekar, G. S., Giridhar, A., & Reklaitis, G. (2014). A workflow modeling system for capturing data provenance. *Computers & Chemical Engineering*, 67, 148-158.

Jonsson, K., Westergren, U. H., & Holmström, J. (2008). Technologies for value creation: An exploration of remote diagnostics systems in the manufacturing industry. *Information Systems Journal*, 18(3), 227-245.

Juels, A. (2006). RFID security and privacy: A research survey. *IEEE journal on selected areas in communications*, 24(2), 381-394.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013, Nisan). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 working group. *Acatech- National Academy of Science and Engineering*, 1-78. 10 Ağustos 2018 tarihinde <https://www.acatech.de/publikation/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/> adresinden alınmıştır.

Kahloun, F., & Ghannouchi, S. A. (2018). Improvement of Quality for Business Process Modeling Driven by Guidelines. *Procedia Computer Science*, 126, 39-48.

Kalantar-zadeh, K. (2013). *Sensors - An Introductory Course*. New York: Springer, Boston, MA.

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107-119.

Kang, G., Yang, L., & Zhang, L. (2019). Verification of behavioral soundness for artifact- centric business process model with synchronizations. *Future Generation Computer Systems*, 98, 503-511.

Karam, A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886-892.

Katayama, H. (2017). Legend and future horizon of lean concept and technology. *Procedia Manufacturing*, 11, 1093-1101.

Kavzoğlu, T., & Şahin, E. K. (2012, Ekim). Bulut bilişim teknolojisi ve bulut CBS uygulamaları, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, Zonguldak, Türkiye, 1-16.

Kearney, A. T., & WHO Logistics Study. (2015). Digital supply chains: Increasingly critical for competitive edge. *WHO Otto Beisheim School of Management*, 1-15. 27 Ekim 2018 tarihinde <https://www.africa.atkearney.com/documents/10192/6500433/Digital+Supply+Chains.pdf/a12fffe7-a022-4ab3-a37c-b4fb986088f0> adresinden alınmıştır.

Keaveney, S., Connolly, P., & O'Cearbhaill, E. D. (2018). Kinematic error modeling and error compensation of desktop 3D printer. *Nanotechnology and Precision Engineering*, 1(3), 180-186.

Kemmer, S. L., Saraiva, M. A., Heineck, L. F. M., Pacheco, A. V. L., Novaes, M. V., Maurao, C. A. M. A., & Moreira, L. C. R. (2006). The use of andon in high rise building. *Proceedings International Group for Lean Construction*, 14, 575-581.

Kennedy, F. A., & Brewer, P. C. (2006). The lean enterprise and traditional accounting—Is the honeymoon over?. *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, September / October, 17(6), 63-74.

Kennedy, F. A., & Widener, S. K. (2008). A control framework: Insights from evidence on lean accounting. *Management Accounting Research*, 19(4), 301-323.

Kennedy, F., Owens-Jackson, L., Burney, L., & Schoon, M. (2007, Mayıs). How do your measurements stack up to lean?. *Strategic Finance*, 33-41. 02 Şubat 2019 tarihinde <https://sfmagazine.com/wp-content/uploads/sfarchive/2007/05/How-Do-Your-Measurements-Stack-Up-to-Lean.pdf> adresinden alınmıştır.

Kesayak, B. (14 Aralık). Endüstri 1.0'dan 4.0'a doğru. 19 Eylül 2019 tarihinde <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> adresinden alınmıştır.

Khalid, A., Kirisci, P., Khan, Z. H., Ghrair, Z., Thoben, K., & Pannek, J. (2018). Security framework for industrial collaborative robotic cyber-physical systems. *Computers in Industry*, 97, 132-145.

Kilpatrick, J. D. (2003). Lean principles. *Manufacturing Extension Partnership Center – The University of Utah*, 1-6. 10 Şubat 2019 tarihinde https://www.academia.edu/8097844/Lean_Principles_2003_Utah_Manufacturing_Extension_Partnership_Lean_Principles adresinden alınmıştır.

Klimova, A., Bilyatdinova, A., & Karsakov, A. (2018). Existing teaching practices in augmented reality. *Procedia Computer Science*, 136, 5-15.

Klotz, L., Horman, M., Bi, H. H., & Bechtel, J. (2008). The impact of process mapping on transparency. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(8), 623-636.

Kluza, K., & Nalepa, G. J. (2017). A method for generation and design of business processes with business rules. *Information and Software Technology*, 91, 123-141.

Kobusińska, A., Leung, C., Hsu, C., Raghavendra, S., & Chang, V. (2018). Emerging trends, issues and challenges in Internet of Things, Big Data and cloud computing. *Future Generation Computer Systems*, 87, 416-419.

Koçak, A. (2016). İmalat süreçlerinde kullanılan performans ölçütleri üzerine bir literatür araştırması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(3), 160-185.

Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean automation enabled by Industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 2015, 1870-1875.

Korpela, K., Hallikas, J., & Dahlberg, T. (2017, January). Digital supply chain transformation toward blockchain integration. *Sözlü Bildiri, 50th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 50, Big Island, Hawaii, 4182-4191.

Korytkowski, P., Grimaud, F., & Dolgui, A. (2014). Exponential smoothing for multi-product lot-sizing with heijunka and varying demand. *Management and Production Engineering Review*, 5(2), 20-26.

Korytkowski, P., Wisniewski, T., & Rymaszewski, S. (2013). Multivariate simulation analysis of production leveling (heijunka) - a case study. *International Federation of Automatic Control Proceedings*, 46(9), 1554-1559.

Krevelen, D., & Poelman, R. (2007). Augmented reality: Technologies, applications, and limitations. *Vrije Univ. Amsterdam, Dep. Comput. Sci.*, 1-25. 2 Temmuz 2019 tarihinde https://www.researchgate.net/profile/Rick_Van_Krevelen2/publication/292150312_Augmented_Reality_Technologies_Applications_and_Limitations/links/56ab2b4108aed5a01359c113/Augmented-Reality-Technologies-Applications-and-Limitations.pdf adresinden alınmıştır.

Krishna, A., Poizat, P., & Salaün, G. (2019). Checking business process evolution. *Science of Computer Programming*, 170, 1-26.

Krishnaiyer, K., Chen, F. F., & Bouzary, H. (2018). Cloud Kanban framework for service operations management. *Procedia Manufacturing*, 17, 531-538.

Krumeich, J., Jacobi, S., Werth, D., & Loos, P. (2014, May). Towards Planning and Control of Business Processes Based on Event-Based Predictions., A. Abramowicz, & A. Kokkinaki. (Editörler), *Business Information Systems, 17th International Conference, BIS 2014*, (38-49) Larnaca, Cyprus: SpringerLink.

Kulaç, Ü. (2013). Yalın üretim felsefesi. 26 Ocak 2019 tarihinde <https://lean.org.tr/yalin-uretim-felsefesi/> adresinden alınmıştır.

Kulkarni, P. P., Kshire, S. S., & Chandratre, K. V. (2014). Productivity improvement through lean deployment & work study methods. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(2), 429-434.

- Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3-4), 393-408.
- Kumar, R., Dwivedi, R. K., & Verma, A. (2016). Poka-Yoke technique, methodology & design. *Indian Journal of Engineering*, 13(33), 362-370.
- Kumar, S. V., Mani, V. G. S., & Devraj, N. (2014). Production planning and process improvement in an impeller manufacturing using scheduling and OEE techniques. *Procedia Materials Science*, 5, 1710-1715.
- Kutin, A., Dolgov, V., Sedykh, M., & Ivashin, S. (2018). Integration of Different Computer- aided Systems in Product Designing and Process Planning on Digital Manufacturing. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 67, 476-481.
- Lacheheb, M. N., Hameurlain, N., & Maamri, R. (2019). Resources consumption analysis of business process services in cloud computing using petri net. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 1-23.
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431-440.
- Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20-23.
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 16, 3-8.
- Lee, R. G., & Dale, B. G. (1998). Business process management: a review and evaluation. *Business Process Management Journal*, 4(3), 214-225.
- Leusse, P., Periorellis, P., Dimitrakos, T., & Nair, S. K. (2009, June). Self managed security cell, a security model for the Internet of Things and Services. *Sözlü Bildiri, 2009 First International Conference on Advances in Future Internet*, Athens, Greece, 47- 52.
- Leviäkangas, P. (2016). Digitalisation of Finland's transport sector. *Technology in Society*, 47, 1-15.
- Leyh, C., Martin, S., & Schäffer, T. (2017, September). Industry 4.0 and lean production — A matching relationship? An analysis of selected Industry 4.0 models. *Sözlü Bildiri, Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, Prague, Czech Republic, 989-993.
- Li, D. (2016). Perspective for smart factory in petrochemical industry. *Computers & Chemical Engineering*, 91, 136-148.

Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *The Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5-20.

Lippolt, C. R. ve Furmans, K. (2008). Sizing of Heijunka-controlled Production Systems with Unreliable Production Processes., T. Koch. (Editör), *Lean Business Systems and Beyond* (11-19), Boston, MA: Springer US.

Llewellyn, N., & Armistead, C. (2000). Business process management: Exploring social capital within processes. *International Journal of Service Industry Management*, 11(3), 225-243.

Lopez, J., & Rubio, J. E. (2018). Access control for cyber-physical systems interconnected to the cloud. *Computer Networks*, 134, 46-54.

Lu, S., Xu, C., Zhong, R. Y., & Wang, L. (2017). A RFID-enabled positioning system in automated guided vehicle for smart factories. *Journal of Manufacturing Systems*, 44, 179-190.

Luenendonk, M. (2017, Ocak). Industry 4.0: Definition, design principles, challenges, and the future of employment. *Cleverism*. 28 Temmuz 2017 tarihinde <https://www.cleverism.com/industry-4-0/> adresinden alınmıştır.

Lugert, A., Völker, K., & Winkler, H. (2018). Dynamization of value stream management by technical and managerial approach. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 72, 701-706.

Luthra, S., & Mangla, S. M. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168-179.

Lyyn, T. (2018). Addressing the Complexity of HPC in the Cloud: Emergence, Self-Organisation, Self-Management, and the Separation of Concerns., T. Lyyn, J. P. Morrison ve D. Kenny. (Editörler), *Heterogeneity, High Performance Computing, Self-Organization and the Cloud* (1-30), Dublin, Ireland: Palgrave Macmillan, Cham

Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2015). A review of contributing factors and challenges in implementing kaizen in small and medium enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35, 522-531.

Machado, C. G., Winrotha, M., Carlssonb, D., Almströma, P., Centerholtb, V., & Hallin, M. (2019). Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 81, 1113-1118

Macintyre, M. ve Bestwick, S. (2012). Opportunities to Improve Health Visiting Services Through Lean Thinking., L. A. Macaulay, I. Mile, J. Wilby, Y. L. Tan, L. Zhao ve B. Theodoulidis. (Editorler), *Case Studies in Service Innovation* (95-99), New York, NY: Springer New York.

Mackay, D., Bititci, U., Maguire, C., & Ates, A. (2008). Delivering sustained performance through a structured business process approach to management. *Measuring Business Excellence*, 12(4), 22-37.

Maffei, A., Grahn, S., & Nuur, C. (2019). Characterization of the impact of digitalization on the adoption of sustainable business models in manufacturing. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 81, 765-770.

Maguad, B. A. (2007). Lean strategies for education: Overcoming the waste factor. *Education*, 128(2), 248-255.

Majstorovic, V., Sibalija, T., Ercevic, M., & Ercevic, B. (2014). CAI model for prismatic parts in digital manufacturing. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 25, 27-32.

Maraşlı, H., & Kemahlı, H. (2013). Yalın üretim bazlı üretim izleme ve iyileştirme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 45-64.

Maraşlı, H., Akça, C., & Kama, A. (2016). Yalın düşünce ve değer akış haritalamasının dondurma üretim işletmesinde uygulanması. *International Journal of Academic Value Studies*, 2(5), 106-120.

Martellini, M. (2013). *Cyber Security Deterrence and IT Protection for Critical Infrastructures*. Como, Italy: Springer, Cham.

Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A practical study of the application of SMED to electron-beam machining in automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 647-654.

Martins, P. V., & Zacarias, M. (2017). An agile business process improvement methodology. *Procedia Computer Science*, 121, 129-136.

Marzagão, D. S. L., & Carvalho, M. M. (2016). Critical success factors for Six Sigma projects. *International Journal of Project Management*, 34(8), 1505-1518.

Maskun, Manuputty, A., Noor, S. M., & Sumardi, J. (2013). Cyber Security: Rule of Use Internet Safely?. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 103, 255-261.

Masplus (T.Y.). Neden MAS?. 9 Temmuz 2019 tarihinde <https://www.masplus.com.tr/neden-mas/> adresinden alınmıştır.

Matzka, J., Mascolo, M., & Furmans, K. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 49-60.

Mayr, A., Weigelt, M., Kühn, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 72, 622-628.

Meidan, A., García-García, J. A., Escalona, M. J., & Ramos, I. (2017). A survey on business processes management suites. *Computer Standards & Interfaces*, 51, 71-86.

Meissner, H., Ilse, R., & Aurich, J. C. (2017). Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 62, 165-169.

Mendling, J., Baesens, B., Bernstein, A., & Fellmann, M. (2017). Challenges of smart business process management: An introduction to the special issue. *Decision Support Systems*, 100, 1–5.

Mertes, H. (2017). The importance of an integrated software ERP solution in the glass processing industry. *Glass Performance Days 2017 (GPD2017)*, FeneTech. 28 Temmuz 2019 tarihinde http://www.gpd.fi/GPD2017_proceedings_book/presentations/Horst_Mertes_presentation.pdf adresinden alınmıştır.

Michniewicz, J., & Reinhart, G. (2014). Cyber-physical robotics—automated analysis, programming and configuration of robot cells based on Cyber-Physical-Systems. *Procedia Technology*, 15, 566-575.

Miltenburg, J. (2001). One-piece flow manufacturing on U-shaped production lines: a tutorial. *IIE Transactions*, 33(4), 303-321.

Mladineo, M., Veza, I., Gjeldum, N., Crnjac, M., Aljinovic, A., & Basic, A. (2019). Integration and testing of the RFID-enabled smart factory concept within the learning factory. *Procedia Manufacturing*, 31, 384-389.

Modi, D. B., & Thakkar, H. (2014). Lean thinking: Reduction of waste, lead Time, cost through lean manufacturing tools and technique. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(3), 339-344.

Montanus, M. L. (2016). *Business Models for Industry 4.0: Developing a Framework to Determine and Assess Impacts on Business Models in the Dutch Oil and Gas Industry*. Unpublished Master's Thesis, Faculty of Technology, Policy and Management – Delft University of Technology, Netherlands.

Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2018). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology*, September, 876-940.

Morlock, F., & Meier, H. (2015). Service value stream mapping in industrial product-service system performance management. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 30, 457-461.

Möldner, A. K., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2018). Exploring lean manufacturing practices' influence on process innovation performance. *Journal of Business Research*, September, 1-17.

Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466 – 473.

Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535.

Mura, M. D., Dini, G., & Failli, F. (2016). An integrated environment based on augmented reality and sensing device for manual assembly workstations. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 41, 340-345..

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. (2018a). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17.

Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018b). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 1-24.

Nafors, D., Barring, M., Estienne, M. (2018). Supporting discrete event simulation with 3D laser scanning and value stream mapping: Benefits and drawbacks. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 72, 1536-1541.

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Cambridge: Productivity Press.

Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., & Hayati, N. (2012). Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia – Case Study. *Procedia Engineering*, 41, 1721-1726..

Nguyen, H., Dumas, M., ter Hofstede, A. H., La Rosa, M., & Maggi, F. M. (2019). Stage- based discovery of business process models from event logs. *Information Systems*, 84, 214-237.

Nguyen, M., & Do, N. (2016). Re-engineering assembly line with lean techniques. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 40, 590-595.

Norzaimi, C. A. M. (2012, April). The effectiveness and impacts of one piece flow manufacturing technique into manufacturing industries. Sözlü Bildiri, 3rd *International Conference on Engineering and ICT (ICEI2012)*, Malacca, Malaysia, 1-7.

Nyemba, W. R., & Mbohwa, C. (2017). Process mapping and optimization of the process flows of a furniture manufacturing company in Zimbabwe using machine distance matrices. *Procedia Manufacturing*, 8, 447-454.

Nyhuis, P., & Vogel, M. (2006). Adaptation of logistic operating curves to one-piece flow processes. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(3/4), 284-299.

Ohno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production. crc Press.

Oksuz M., Oner M., Oner S., (2008). “Yalın Üretim Teknikleri Endüstri 4.0 Perspektifinde Değerlendirilmesi”, 4. Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı, Konferans Sayfası.

Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089.

Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 60, 380 – 385.

Oral, A., Gönen, D., Karaoğlu, A. D., Tuncer, C., & Kundakçı, S. S. (2018). Makine montajında zaman israfının kaldırılması için reba ve muri çalışması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 102-111.

Orr, L. M. ve Orr, D. J. (2014). Eliminating Waste in Business: Run Lean, Boost Profitability. Berkeley, CA: Apress.

Oussous, A., Benjelloun, F. Z., Lahcen, A. A., & Belfkih, S. (2018). Big Data technologies: A survey. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 30(4), 431-448.

Öksüz, M. K., Öner, M., & Öner, S. C. (2017, Eylül). Yalın üretim tekniklerinin Endüstri 4.0 perspektifinden değerlendirilmesi. Sözlü Bildiri, 4. *Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı*, Tunceli, 1-10.

Özçelik, T., & Cinoğlu, F. (2013). Yalın felsefe ve bir otomotiv yan sanayi uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(23), 79-101.

Özdagoğlu, A., & Rebiş, S. (2016). Applications of Kaizen and cycle time reduction as lean production techniques in a semi-flexible PVC film producer. *International Journal of Management Economics and Business*, 12(28), 25-37.

Özkan, K., Birgün, S., & Kılıçoğulları, P. (2005, Kasım). Müşteriden tedarikçiye değer yaratma: Otomotiv endüstrisinde değer akışı haritalandırma uygulaması. Sözlü Bildiri, *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, 307-312.

Özkoç, A. E. (2004). Yalın düşünce ve israfın tek düzen muhasebe sistemi çerçevesinde kaydı: Bir yaklaşım ve örnek uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 119-138.

Öztürk, İ. (2017). Altı sigma, yalın üretim ve yalın altı sigma metodolojisinin tarımsal işletmelerde verimlilik ve kalite üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(3), 201-208.

- Özveri, O., & Çakır, E. (2012). Yalın altı sigma ve bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 17-36.
- Paritala, P. K., Manchikatla, S., & Yarlagadda, P. K. (2017). Digital manufacturing-applications past, current, and future trends. *Procedia Engineering*, 174, 982-991.
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, 17(1), 77-86.
- Parviainen, P., Tihinen, M., Kääriäinen, J., & Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 5(1), 63-77.
- Paschek, D., Ivascu, L., & Draghici, A. (2018). Knowledge Management–The Foundation for a Successful Business Process Management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 238, 182-191.
- Patil, P. S., Parit, S. P., & Burali, Y. N. (2013). Review paper on “Poka Yoke: The revolutionary idea in total productive management”. *International Journal of Engineering And Science*, 2(4), 19-24.
- Pentimone, D. (2017). The Digital revolution: Its advantages and disadvantages. 6 Ağustos 2018 tarihinde <http://fromdanielsdesk.com/2017/04/20/the-digital-revolution-its-advantages-and-disadvantages/> adresinden alınmıştır.
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138-155.
- Pérez-Álvarez, J. M., Maté, A., Gómez-López, M. T., & Trujillo, J. (2018). Tactical business-process-decision support based on KPIs monitoring and validation. *Computers in Industry*, 102, 23-39.
- Pérez-Castillo, R., Fernández-Ropero, M., & Piattini, M. (2019). Business process model refactoring applying IBUPROFEN. An industrial evaluation. *Journal of Systems and Software*, 147, 86-103.
- Pieńkowski, M. (2014). Waste measurement techniques for lean companies. *International Journal of Lean Thinking*, 5(1), 1-16
- Pinto, H., Pimentel, C., & Cunha, M. (2016). Implications of total productive maintenance in psychological sense of ownership. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 217, 1076-1082
- Plesa, S., & Prostean, G. (2018). Business Process Management for Model Based Design Automotive Projects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 238, 313-322.

Prinz, C., Kreimeier, D., & Kuhlenkötter, B. (2017). Implementation of a learning environment for an Industrie 4.0 assistance system to improve the overall equipment effectiveness. *Procedia Manufacturing*, 9, 159-166.

Proente (2019, Ocak). Endüstri 4.0 ve üretim yönetim sistemi. 25 Haziran 2019 tarihinde <https://proente.com/uretim-yonetim-sistemi/> adresinden alınmıştır.

Puvanasvaran, A. P., Mei, C. Z., & Alagendran, V. A. (2013). Overall equipment efficiency improvement using time study in an aerospace industry. *Procedia Engineering*, 68, 271-277.

Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia Engineering*, 69, 1184-1190.

Rafferty, W., Rafferty, L. ve Hung, P. C. K. (2016). Introduction to Big Data. ., P. C. K. Hung (Editör), *Big Data Applications and Use Cases*, (1-16). Oshawa, Canada: SpringerLink.

Rahimi, F., Møller, C., & Hvam, L. (2016). Business process management and IT management: The missing integration. *International Journal of Information Management*, 36(1), 142-154.

Rahman, N. A. A., Sharif, S. S., & Esa, M. M. (2013). Lean manufacturing case study with Kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174-180.

Rajenthirakumar, D., & Gowthamshankar, R. (2011). Analyzing the benefits of lean tools: A consumer durables manufacturing company case study. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara- International Journal of Engineering*, 9(3), 335-339.

Raschke, R. L., & Sen, S. (2013). A value-based approach to the ex-ante evaluation of IT enabled business process improvement projects. *Information & Management*, 50(7), 446-456.

Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting & Social Change*, 132, 26-33.

Riezebos, J., Klingenberg, W., & Hicks, C. (2009). Lean production and information technology: Connection or contradiction?. *Computers in Industry*, 60(4), 237-247.

Ringen, D., Aschehoug, S., Holtskog, H., & Ingvaldsen, J. (2014). Integrating quality and lean into a holistic production system, *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 17, 242 – 247.

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

Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of lean production principles and tools for quality improvement of production processes in a carton company. *Procedia Manufacturing*, 11, 1069-1076.

Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for SOEEl Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034-1042.

Rossini M., Cifone F., Kassem B., Costa F., Portioli-Staudacher A., (2021). “Being lean: how to shape digital transformation in the manufacturing sector”, *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 32 No. 9, pp. 239-259.

Rubio, S., & Corominas, A. (2008). Optimal manufacturing–remanufacturing policies in a lean production environment. *Computers & Industrial Engineering*, 55(1), 234–242.

Rusli, M. H. M., Jaffar, A., Ali, M. T., & Muhamud, S. (2012). Integrating big island layout with pull system for production optimization. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 6(12), 2655-2659.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.

Saghafian, S., & Jokar, M. R. A. (2009). Integrative cell formation and layout design in dellular manufacturing systems. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 3(2), 97-115.

Sahoo, S., & Yadav, S. (2018). Total quality management in Indian manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*, 21, 541-548.

Saleem, Md., & Verma, D. S. (2014). Application of lean manufacturing to achieve higher productivity in precision surface equipment industries. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(8), 174-190.

Salinas-Coronado, J., Aguilar-Duque, J. I., Tlapa-Mendoza, D. A. ve Amaya-Parra, G. (2014). Lean Manufacturing in Production Process in the Automotive Industry., J. L. García-Alcaraz, A. A. Maldonado-Maciasve G. Cortes-Robles. (Editörler), *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America* (3-26). Cham : Springer International Publishing.

Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A. & Cevikcan, E., (2018). A Conceptual Framework for Industry 4.0, *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Springer Series in Advanced Manufacturing (in press)

Satoglu, S.I., Ustundag, A., Cevikcan, E. & Durmusoglu M.B., (2018). Lean Production Systems for Industry 4.0, *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* Springer Series in Advanced Manufacturing (in press).

Sambamurthy, .V., Bharadwaj, A., & Grover, V. (2003). Shaping agility through digital pptions: Reconceptualizing the role of information technology in contemporary firms. *Management Information Systems Research Center, University of Minnesota*, 27(2), 237-263.

Santos, C., Mehra, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017a). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972- 979.

Santos, K., Loures, E., Piechnicki, F., & Canciglieri, O. (2017). Opportunities assessment of product development process in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1358- 1365.

Sarı, E. S. (2018). Yalın üretim uygulamaları ve kazanımları. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 17, 585-600.

Sarikulak, Ö. (2018). *Endüstri devrimlerinin performans göstergelerine etkilerinin incelenmesi ile Endüstri 4.0 analizi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Satoglu, S., Ustundag, A., Cevikcan, ve Durmusoglu, M. B. (2018). Lean Production Systems for Industry 4.0., A. Ustundag ve E. Cevikcan. (Editörler), *Industry 4.0: Managing The digital transformation* (43-59). Birmingham: Springer.

Saty, S., Weber, I., Paik, H. Y., Di Ciccio, C., & Mendling, J. (2019). Business process improvement with the AB-BPM methodology. *Information Systems*, 84, 283-298.

Sayar, M., & Yüksel, H. (2018). Endüstri 4.0 ve Türkiye Kamu Sektöründe Endüstri 4.0 Dönüşümü. *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 83-98.

Schoenthaler, F., Augenstein, D., & Karle, T. (2015, July). Design and governance of collaborative business processes in Industry 4.0. Sözlü Bildiri, *Cross-organizational and Cross-company BPM (XOC-BPM) co-located with the 17th The Institute of Electrical and Electronics Engineers Conference on Business Informatics (CBI 2015)*, Lisbon, Portugal.

Schuldenfrei, M. (2019). Horizontal and vertical integration in Industry 4.0. 8 Temmuz 2019 tarihinde <https://www.manufacturing.net/article/2019/04/horizontal-and-vertical-integration-industry-40> adresinden alınmıştır.

Schumacher S., Bildstein A., Bauernhansl T., (2020). “The Impact of the Digital Transformation on Lean Production Systems”, 53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, *Procedia CIRP* 93, pp.783-788.

Schuster, E. V., Brock, D. L., ve Allen, S. J. (2007). *Global RFID - The Value of the EPCglobal Network for Supply Chain Management*. Berlin, Heidelberg: SpringerLink.

Schwab, K. (2016). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Çev. Dicleli, Z.) İstanbul: Optimist Yayıncılık (Eserin orijinali Dünya Ekonomik Forumu Yayınevi aracılığıyla 2016'da yayımlandı).

Scurati, G. W., Gattullo, Fiorentino, M., Ferrise, F., Bordegoni, & Uva, A. E. (2018). Converting maintenance actions into standard symbols for Augmented Reality applications in Industry 4.0. *Computers in Industry*, 98, 68-79.

Sedelmaier, Y. & Landes, D. (2017). How can we find out what makes a good requirements engineer in the age of digitalization?. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 7(3), 147-164.

Sekimura, T., & Maruyama, T. (2006). Development of enterprise business application software by introducing Toyota Production System. *Fujitsu Scientific & Technical Journal* 42(3), 407-413.

Sertyesilisik, B. (2014). Lean and Agile Construction Project Management: As a Way of Reducing Environmental Footprint of the Construction Industry., H. Xu ve X. Wang. (Editörler), *Optimization and Control Methods in Industrial Engineering and Construction* (179-196). Dordrecht: Springer Netherlands.

Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, 785-805.

Shahin, A., & Ghasemaghaei, M. (2010). Service Poka Yoke. *International Journal of Marketing Studies*, 2(2), 190-201.

Shamah, R. A. M. (2013). Measuring and building lean thinking for value creation in supply chains. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(1), 17-35.

Shen, C. C. (2015). Discussion on key successful factors of TPM in enterprises. *Journal of Applied Research and Technology*, 13(3), 425-427.

Shewchuk, J. P. (2008). Worker allocation in lean U-shaped production lines. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3485-3502.

Shingo, S. (1986). Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system. CRC Press

Shukla, N., Keast, J. E., & Ceglarek, D. (2014). Improved workflow modelling using role activity diagram-based modelling with application to a radiology service case study. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 116(3), 274-298.

SigmaCenter Kalite ve Verimlilik Yönetimi Danışmanlığı (2016, Mayıs). 7 Temel israf. *Uludağ Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Bölgesi (ULUTEK)*. 09 Şubat 2019 tarihinde <https://www.sigmacenter.com.tr/7-temel-israf.html> adresinden alınmıştır.

Silva, A. M., & Baranauskas, C. C. (2000, October). The andon system: Designing a CSCW environment in a lean organization. *Sözlü Bildiri, 6th International Workshop on Groupware (CRIWG 2000)*, Madeira, Portugal, 130-133.

Silva, E. H. D. R., Shinohara, A. C., de Lima, E. P., Angelis, J., & Machado, C. G. (2019). Reviewing Digital Manufacturing concept in the Industry 4.0 paradigm. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 81, 240-245.

Silva, S. C., & Alves, A. C. (2004). A framework for understanding cellular manufacturing systems. *E-Manufacturing: Business Paradigms and Supporting Technologies*, January, 163-172.

Simaria, A. S., Sa', M. Z., & Vilarinho, P. M. (2009). Meeting demand variation using flexible U-shaped assembly lines. *International Journal of Production Research*, 47(14), 3937-3955.

Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen Philosophy: A Review of Literature. *The Icfai University Journal of Operations Management*, 8(2), 51-72.

Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599.

Skhmot, N. (2017, Agustos). The 8 wastes of lean. The lean way, 15 Şubat 2019 tarihinde <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean> adresinden alınmıştır.

Small, E. P., Ayyash, L., & Hamouri, K. A. (2017). Benchmarking performance of tqm principals in electrical subcontracting in Dubai: A case study. *Procedia Engineering*, 196, 622-629.

SmartAndon (T. Y.). Smart andon architecture. Benefits. 10 Şubat 2019 tarihinde <http://www.smartandon.com/Andon.html> adresinden alınmıştır.

Smartdraw. (T. Ya.). What is a block diagram?. 13 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.smartdraw.com/block-diagram/> adresinden alınmıştır.

Smartdraw. (T. Yb.). What is a workflow diagram?. 15 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.smartdraw.com/workflow-diagram/> adresinden alınmıştır.

Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9-29.

Soliman, M., & Saurin, T. A. (2017). Lean production in complex socio-technical systems: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 135–148.

Song, J., & Jeong, J. (2019). Rule Extraction Required for Manufacturing Process Design. *Procedia Computer Science*, 151, 630-635.

Sony, M. (2018). Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. *Production & Manufacturing Research*, 6(1), 416-432.

Soriano, J., Heitz, C., Hutter, H., Fernández, R., Hierro, J. J., Vogel, J., Edmonds, A. ve Bohnert, T. M. (2013). Internet of Services., G.Goos, J. Hartmanis ve J. Leeuwen. (Editörler), *Evolution of Telecommunication Services The Convergence of Telecom and Internet: Technologies and Ecosystems* (283-325). New York Dordrecht London: Springer Heidelberg.

Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018b). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611-622.

Sousa, P., Tereso, A., Alves, A., & Gomes, L. (2018a). Implementation of project management and lean production practices in a SME Portuguese innovation company. *Procedia Computer Science*, 138, 867-874.

Spectralengines. (2018, Şubat). Industry 4.0 and how smart sensors make the difference. *Spectral Engines Member of Nynomic Group*. 7 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.spectralengines.com/articles/industry-4-0-and-how-smart-sensors-make-the-difference> adresinden alınmıştır.

Stahl A. F., Gustavsson, M., & Karlsson, N. (2015). Lean production tools and decision latitude enable conditions for innovative learning in organizations: A multilevel analysis. *Applied Ergonomics*, 47, 285-291.

Stanescu, A. M., Repta, D., Moisescu, M. A., Sacala, I. S. & Benea, M. (2014). Towards a Generic Enterprise Systems Architecture Based on Cyber-Physical Systems Principles., L. M. Camarinha-Matos, & H. Afsarmanesh. (Editörler), *Collaborative Systems for Smart Networked Environments, 5th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2014*, (245-252), Amsterdam, The Netherlands: SpringerLink.

Sary, C. ve Neubauer, M. (2017). *S-BPM in the Production Industry*. Linz, Austria: Springer, Cham.

Steckowych, K., & Smith, M. (2019). Workflow process mapping to characterize office- based primary care medication use and safety: A conceptual approach. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 15(4), 378-386.

Sternberg, H., Stefansson, G., Westernberg, E., Gennäs, R. B., Allenström, E., & Nauska, M. L. (2012). Applying a lean approach to identify waste in motor carrier operations. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(1), 47-65.

Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 40, 536-541.

- Stoldt, J., Trapp, T. U., Toussaint, S., Süsse, M., Schlegel, A., & Putz, M. (2018). Planning for digitalisation in SMEs using tools of the digital factory. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 72, 179-184.
- Stopka, M., Kohár, R., Gramblička, S., & Madaj, R. (2017). Dynamical analysis of 3D Printer's powertrain. *Procedia Engineering*, 192, 845-850.
- Subramaniam, S. K., Husin, S. H., Singh, R. S. S., & Hamidon, A. H. (2009). Production monitoring system for monitoring the industrial shop floor performance. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*, 1(3), 28-35.
- Subramanian, N., & Jeyaraj, A. (2018). Recent security challenges in cloud computing. *Computers & Electrical Engineering*, 71, 28-42.
- Subramanyachary, P. (2017). Digitalization in India: A needed gadget for business environment. *IRA-International Journal of Management & Social Sciences*, 6(2) 253-259.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., & Uchikawa, S. (2007). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-forhuman system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564.
- Sujová, A., & Marcineková, K. (2015). Improvement of Business Processes—a Research Study in Wood-processing Companies of Slovakia. *Procedia Economics and Finance*, 34, 296-302.
- Sumer, B. (2018). Impact of Industry 4.0 on Occupations and Employment in Turkey. *European Scientific Journal*, 14(10), 1-17.
- Sundin, E., Björkmen, M., Eklund, M., Eklund, J., & Engkvist, I. (2011). Improving the layout of recycling centres by use of lean production principles. *Waste Management*, 31(6), 1121-1132.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40-45.
- Svahn, F. (2012). Digital product innovation: Building generative capability through architectural frames. *Umeå University, Faculty of Social Sciences, Department of Informatics*, 9-219. 2 Ağustos 2018 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/260881451_Digital_Product_Innovation_Building_Generative_Capability_through_Architectural_Frames adresinden alınmıştır.
- Swain, A. K., Cao, Q. R., & Gardner, W. L. (2018). Six Sigma success: Looking through authentic leadership and behavioral integrity theoretical lenses. *Operations Research Perspectives*, 5, 120-132.

Şahin, A. (2017, Şubat). Akıllı üretim çağı: Endüstri 4.0. *Fortune Turkey*. 27 Ekim 2018 yılında <http://www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841> adresinden alınmıştır.

Şahin, L. (T. Y.). Endüstri 4.0 hangi enstrümanlarla gerçekleşecek?. 8 Temmuz 2019 tarihinde <http://www.profdreventsahin.com/endustri-4-0-hangi-enstrumanlarla-gerceklesecek.html> adresinden alınmıştır.

Şeker, A. (2016). Yalın üretim sisteminde kanban, tek parça akışı ve u tipi yerleştirme sistemleri. *International Journal of Social Science*, 50, Autumn II, 449-470.

Şimşir, İ., Bağış, M., Kurutkan, M. N., & Oğuz, B. (2013, Mayıs). Sağlık hizmetlerinde israf yönetimi. Sözlü Bildiri, 4. *Uluslararası Sağlıkta Performans ve Kalite Kongresi*, Ankara, 1-15.

Taddeo, R., Simboli, A., Di Vincenzo, F., & Ioppolo, G. (2019). A bibliometric and network analysis of Lean and Clean(er) production research (1990/2017). *Science of the Total Environment*, 653, (765-775).

Taş, H. Y. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi'nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 1817-1836.

Techopedia (T.Y.). Artificial Intelligence (AI). Definition - What does Artificial Intelligence (AI) mean?. 24 Ekim 2018 tarihinde <https://www.techopedia.com/definition/190/artificial-intelligence-ai> adresinden alınmıştır.

Tekin, M., Arslan, M., Etlioğlu, M., & Tekin, E. (2018). Büyük ölçekli bir işletmede 5S uygulaması. *International Journal of Social and Humanities*, 2(1), 106-122.

Tekin, Z. (2018). İşletmelerin Endüstri 4.0 uygulamalarının içerik analizi yöntemiyle incelenmesi. *PressAcademia Procedia*, 7(1), 251-255.

Telukdarie, A., Buhulaiga, E., Bag, S., Gupta, S., & Luo, Z. (2018). Industry 4.0 implementation for multinationals. *Process Safety and Environmental Protection*, 118, 316-329.

Temiz, İ., Atasoy, E., & Sucu, A. (2010). Toplam ekipman etkinliği ve bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(4), 49-60.

Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: a literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(6), 766 - 799.

The App Solutions (T.Y.). Benefits of using augmented reality for business. Advantages of augmented reality for business. 3 Temmuz 2018 tarihinde

<https://theappsolutions.com/blog/development/ar-benefits-for-business/> adresinden alınmıştır.

Thoben, K. & Lewandowski, M. (2015, October). Information and Data Provision of Operational Data for the Improvement of Product Development., A. Bouras, B. Eynard, S. Foufou, & K. Thoben. (Editörler), *Product Lifecycle Management in the Era of Internet of Things, 12th IFIP WG 5.1 International Conference, PLM 2015*, (3-12), Doha, Qatar: SpringerLink.

Thomas, A., Barton, R., & Chuke-Okafor, C. (2008). Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 113-129.

Tilson, D., Lyytinen, K., & Sørensen, C. (2010). Research Commentary Digital Infrastructures: The Missing IS Research Agenda. *Information Systems Research*, 21(4), 748-759.

Tjell, J., & Bosch-Sijtsema, P. M. (2015). Visual management in mid-sized construction design projects. *Procedia Economics and Finance*, 21, 193-200.

Tokcan, T. (2011). *Süreç yönetimi ve süreç iyileştirme teknikleri, gıda işletmesinde bir uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir

Treville, S., & Antonakis, J. (2006). Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. *Journal of Operations Management*, 24(2), 99–123.

Tsao, L., Rau, P., & Ma, L. (2015). Development of a quick instrument measuring Kaizen culture (for Chinese). *Procedia Manufacturing*, 3, 4708-4715.

Tsigkas, A. C. (2013). *The Lean Enterprise: From the Mass Economy to the Economy of One*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Tsou, J., & Chen, W. (2008). The impact of preventive activities on the economics of production systems: Modeling and application. *Applied Mathematical Modelling*, 32(6), 1056-1065.

TUBİTAK (2016, Aralık). Yeni sanayi devrimi akıllı üretim sistemleri teknoloji yol haritası. *TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı*, 1-26. 26 Temmuz 2019 tarihinde http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf adresinden alınmıştır.

Tupa, J., Simota, J., & Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1223-1230.

Turan, H. (2016). Çevik üretim ile yalın üretimin karşılaştırılması. *Journal of Life Economics*, Temmuz, 61-76.

TÜSİAD & BCG (Mart, 2016). Türkiye'nin Sanayi 4.0 dönüşümü raporu. Yayın No: TÜSİAD-T / 2016-03 / 576, 13-60. 11 Nisan 2020 tarihinde <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf> adresinden alınmıştır.

Ucan, B. (2012). The effects of digitalization on Turkish caricature. *International Journal of Electronics; Mechanical and Mechatronics Engineering*, 2(4), 361-371.

Ufua, D. E., Papadopoulos, T., & Midgley, G. (2018). Systemic lean intervention: Enhancing lean with community operational research. *European Journal of Operational Research*, 268(3), 1134–1148.

Uriarte, A. G., Ng, A. H. C., & Moris, M. U. (2018). Supporting the lean journey with simulation and optimization in the context of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 25, 586-593.

Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.

Veech, D. S. (2004). A person-centered approach to sustaining a lean environment – Job design for self-efficacy. *Defense Acquisition Review Journal*, Ağustos – Kasım, 159- 171.

Venkatesh, J. (2007). An introduction to total productive maintenance (TPM). *The Plant Maintenance Resource Center*, April, 3-20.

Veres (Harea), C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900-905.

Vestin, A., Säfssten, K., & Löfving, M. (2018). On the way to a smart factory for single-family wooden house builders in Sweden. *Procedia Manufacturing*, 25, 459-470.

Vidya, M. (T.Y.). What is a sensor? Different types of sensors with applications. 7 Ağustos 2019 tarihinde <https://www.electricaltechnology.org/2018/11/types-sensors-applications.html> adresinden alınmıştır.

Vilarinho, S., Lopes, I., & Sousa, S. (2017). Design procedure to develop dashboards aimed at improving the performance of productive equipment and processes. *Procedia Manufacturing*, 11, 1634-1641.

Vilda, F. G., Yagüe-Fabra, J. A., Torrents, A. S., Jauregui-Becker, J. M., & Wits, W. W. (2018). A geometrical model for managing surface productivity of U-shaped assembly lines. *College International pour la Recherche en Productique Annals - Manufacturing Technology*, 67(1), 479-482.

Viriyasitavat, W., & Hoonsoopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 32-39.

Vogelsang, M. (2010). *Digitalization in Open Economies: Theory and Policy Implications*. Heidelberg : Physica-Verlag HD

Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 63, 125- 131.

Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A conceptual model of lean manufacturing dimensions. *Procedia Technology*, 11, 1292-1298.

Wang, H. J., Zhao, J. L., & Zhang, L. J. (2009). Policy-Driven Process Mapping (PDPM): Discovering process models from business policies. *Decision Support Systems*, 48(1), 267-281.

Wang, L. & Wang, G. (2016). Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and industry 4.0. *I.J. Engineering and Manufacturing*, 4, 1-8.

Wang, P., Yang, T., & Chang, M. (2017). Effective layout designs for the Shojinka control problem for a TFT-LCD module assembly line. *Journal of Manufacturing Systems*, 44(1), 255-269.

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 1-10.

Wang, Z., Chen, L., Zhao, X., & Zhou, W. (2014). Modularity in building mass customization capability: The mediating effects of customization knowledge utilization and business process improvement. *Technovation*, 34(11), 678-687.

Wasmund, R. (2017). The internet of services in Industrie 4.0. *Concept Systems*. 29 Ağustos 2018 tarihinde <https://conceptsystmsinc.com/the-internet-of-services-in-industrie-4-0/> adresinden alınmıştır.

Weinberg, B. D., Milne, G. R., Andonova, Y. G., & Hajjat, F. (2015). Internet of Things: Convenience vs. privacy and secrecy. *Business Horizons*, 58, 615 – 624.

Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & 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

Wielki, J., & Koziół, P. (2019). Optimization of business processes with the use of microlocation tools based on the Industry 4.0 concept. *Calitatea*, 20(S1), 469.

Wiktorsson, M., Do Noh, S., Bellgran, M., & Hanson, L. (2018). Smart Factories: South Korean and Swedish examples on manufacturing settings. *Procedia Manufacturing*, 25, 471-478.

Wohlers, B., Dziwok, S., Pasic, F., Lipsmeier, A., & Becker, M. (2019). Monitoring and Control of Production Processes based on Key Performance Indicators for mechatronic Systems. *International Journal of Production Economics*, July, 1-19.

Wolniak, R., Skotnicka, B., & Zasadzien, The use of value stream mapping to introduction of organizational innovation in industry. *Metalurgija*, 53(4), 709-712.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2010). Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon and Schuster.

Wu, M., & Moon, Y. (2019). Alert correlation for cyber-manufacturing intrusion detection. *Procedia Manufacturing*, 34, 820-831.

Wu, P., & Low, S. P. (2013). *Lean and Cleaner Production Applications in Prefabrication to Reduce Carbon Emissions*. New York: Springer.

Xu, J., Huang, E., Hsieh, L., Lee, L. H., Jia, Q. S., & Chen, C. H. (2016). Simulation optimization in the era of Industrial 4.0 and the Industrial Internet. *Journal of Simulation*, 10(4), 310-320.

Xu, Y., & Chen, M. (2016). Improving just-in-time manufacturing operations by using internet of things based solutions. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 56, 326-331.

Xu, Z., Liu, Y., & Zhang, H. (2018). Special section on intelligent sensing and applications for cyber-physical systems. *Future Generation Computer Systems*, 81, 382-383.

Ye, Y., Wang, M., Yao, S., Jiang, J. N., & Liu, Q. (2019). Big data processing framework for manufacturing. *Procedia College International pour la Recherche en Productique*, 83, 661-664.

Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 546-556.

Yıldız, A., & Uğur, L. (2018). Endüstri 4.0 ile yalın üretim arasındaki ilişkinin incelenmesi. Sözlü bildiri, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 672-678.

Yoo, Y. (2010a). Computing in Everyday Life: A Call for Research on Experiential Computing. *Management Information Systems Quarterly*, 34(2), 213-231.

Yoo, Y. (2010b). Digitalization and Innovation. *Institute of Innovation Research, Hitotsubashi University*, 10(09), 1-33.

Yoo, Y., Henfridsson, O., & Lyytinen, K. (2014). The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research. *Information Systems Research*, 21(4), 1-21.

Yüksekbilgili, Z., & Çevik, G. Z. (2018). Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (FESA)*, 3(2), 422-436.

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 – An introduction in the phenomenon. *The International Federation of Automatic Control Papers OnLine*, 46(25), 8-12.

Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review. 3(5), 616-630.

Zhu, Z., Zhao, J., & Bush, A. A. (2020). The effects of e-business processes in supply chain operations: Process component and value creation mechanisms. *International Journal of Information Management*, 50, 273-285.

Zwolińska, B. (2016). Use of the method wsm to the identify muda. *Research in Logistics & Production*, 6(6), 513-522.



ÖZGEÇMİŞ

Serkan ÇALIŞKAN, 2006 yılında başladığı Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü 2010 yılında başarıyla tamamlayarak kariyerini özel sektörde devam etti. Çalıştığı özel firmanın sunduğu fırsat ile 2021 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2017 yılında beri Kablo Üretim sektöründe özel bir şirkette Sürekli İyileştirme ve Dijital Dönüşüm Müdür Yardımcısı olarak çalışma hayatına devam etmektedir.

