KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LASTİK ÜRETİM TESİSİ BANBURY KARIŞIM ÜNİTESİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM TASARIMI VE UYGULAMASI

ABDULLAH TEMEL

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LASTİK ÜRETİM TESİSİ BANBURY KARIŞIM ÜNİTESİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM TASARIMI VE UYGULAMASI

ABDULLAH TEMEL

Dr.Öğr. Üyesi Murat AYAZ		
Danışman,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Prof.Dr. Engin ÖZDEMİR		
Jüri Üyesi,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Prof.Dr. Murat KALE		
Jüri Üyesi,	**Düzce Üniversitesi**	**.....**

Tezin Savunulduğu Tarih: 04.09.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bir enerji yoğun lastik üretim tesisinde, ürün ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesi için dijital dönüşüm tasarımı ve uygulamaları anlatılmıştır. Tasarlanan otomasyon sisteminde, öncelikle üretim sahasından veri toplama altyapısı oluşturularak sistem verileri elde edilmektedir. İkinci aşamada, bir üst katmana İmalat Yönetim Sistemi yerleştirilerek en üst katmandaki kurumsal kaynak planlama yazılımı ile entegre edilmektedir. Uygulama sonuçları irdelenmiş ve enerji verimliliği bakımından değerlendirilmiştir.

Bana bu konu üzerinde çalışma fırsatı veren ÖZKA LASTİK şirketine ve şirket içerisinde çalışmalarımda yardımcı olan değerli ekip arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca bana manevi desteğini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma, çalışmanın planlanması, değerlendirilmesi, geliştirilmesi aşamalarında bilgi ve deneyimleri ile çalışmalarımda bana yardımcı olan değerli danışman hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat AYAZ'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, yüksek lisans öğrenimim boyunca kendilerinden ders alarak bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım ve fikir alışverişinde bulunduğum tüm hocalarıma da teşekkür ederim.

Ağustos-2020 Abdullah TEMEL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ÖZET ix
ABSTRACT x
GİRİŞ 1
1. ENDÜSTRİ 4.0 VE UYGULAMALARI 3
1.1. Bulut Sistemleri 5
1.2. Otomasyon Sistemleri Adaptasyon Dönüşüm Çalışmaları 7
2. ENERJİ YOĞUN ENDÜSTRİYEL ÜRETİM TESİSİ 12
2.1. Lastik Üretim Aşamaları 12
2.2. Üretim İstasyonları 13
2.2.1. Banbury ünitesi 13
2.2.1.1. Karbon siyahı dozajlama 14
2.2.1.2. Polimer ve kimyasal paketi dozajlama 14
2.2.1.3. Yağ dozajı 15
2.2.1.4. Ekstrüder 17
2.2.1.5. Ekstrüder sonrası istasyonlar 19
3. DİJİTAL DÖNÜŞÜM TASARIMI 20
3.1. Dijital Dönüşüm Öncesi Tesis Yetkinliği 20
3.2. İmalat Yönetim Sistemi 21
3.2.1. S4/HANA veri tabanı 21
3.2.2. SAP ME yazılımı 22
3.2.2.1. Temel özellikler 23
3.2.2.2. İmalat yönetim sisteminin fonksiyonları 23
3.2.2.3. ME'nin fonksiyonları 23
3.2.2.4. Yönlendirme motoru (Routing engine) 24
3.2.2.5. Operatörler için ayarlanabilir kullanıcı ara yüzü 24
3.2.2.6. Zemin stok yönetimi (Floor stock management) 24
3.2.2.7. Üç boyutlu reçete 25
3.2.2.8. Uyumsuzluk kontrolü 25
3.2.2.9. Görsel test ve tamir 25
3.2.2.10. Bileşen kullanımı takibi 26
3.2.2.11. MII iSPC grafikleri ile istatistiksel proses kontrolü 26
3.2.2.12. Yetenek sertifikasyonu 26
3.2.2.13. Alet yönetimi 26
3.2.2.14. Faaliyet raporları 27
3.2.2.15. Operatör verilerinin toplanması ve yönetimi 27
3.2.2.16. Planlı sipariş güncelleme ara yüzü 27
3.2.2.17. Ürün hareketleri 27
3.2.2.18. Zamana duyarlı malzemeler 27

3.2.2.19. Mühendislik değişme süreci 28
3.3. Sistem Tasarımı 28
3.3.1. Tasarlanan sistem çalışma yapısı 29
3.3.1.1. ME / MII entegrasyonu 31
3.3.1.2. Bulut yapısı 32
3.3.1.3. Proses izleme ve kontrol ara yüzü 33
3.4. Sistem Kontrolü ve Yönetimi 35
3.4.1. MES uygulamaları 35
3.4.1.1. Depo-ham madde alım 35
3.4.1.2. Geliştirme aşamaları 37
3.4.1.3. Kauçuk 37
3.4.1.4. Sıcak oda 38
3.4.1.5. Helezon yönetimi 41
3.4.1.6. Ana yönetim ekranı 43
3.4.1.7. Operatör önyüzleri 44
3.4.1.8. Duruş yönetimi 44
3.4.1.9. İş emri 49
3.4.1.10. Ham madde tüketim yönetimi 51
3.4.1.11. Kimya odası işlemleri 51
3.4.1.12. Kauçuk işlemleri 53
3.4.1.13. Yarımamül işlemleri 54
3.4.1.14. Reçete sistemi 54
3.4.1.15. Canlı reçete ME/MII-SCADA müdahalesi 60
3.4.1.16. Laboratuvar 60
3.4.1.17. Raporlamalar 62
3.4.1.18. Proses parametreleri ve alarmlar 64
3.4.2. Otomasyon Yapısı 66
3.4.2.1. Haberleşme altyapısı 68
3.4.2.2. Saha revizyonları 69
3.4.2.3. Sistem kontrolü ve izleme 70
3.4.2.4. SCADA tüketim takibi 82
3.4.2.5. SCADA reçete yapısı 88
4. ENERJİ ÖLÇÜMLERİ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ 90
4.1. Enerji Ölçümleri 90
4.2. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) 97
4.2.1. Kullanılabilirlik 98
4.2.2. Performans 98
4.2.3. Kalite 99
4.2.4. Performans değerlendirmeleri 101
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 103
KAYNAKLAR 104
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 111
ÖZGEÇMİŞ 112

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sanayinin tarihsel gelişimi 8
Şekil 2.1. Lastik üretim aşamaları proses genel bakışı 12
Şekil 2.2. Banbury ünitesi modellemesi 13
Şekil 2.3. Banbury ünitesi iş akış şeması 16
Şekil 2.4. Banbury çıktısı hamurların gösterimi 17
Şekil 2.5. Ekstrüder sırt ağırlık ölçüm noktası 18
Şekil 3.1. ISA-95 piramidi 28
Şekil 3.2. İmalat yönetim sistemi çalışma yapısı 30
Şekil 3.3. Tasarlanan sistem kurgusu 31
Şekil 3.4. Bulut organizasyonu 33
Şekil 3.5. Malzeme girişi barkod organizasyonu 34
Şekil 3.6. Hammadde barkod ve el terminali ile kontrol yapısı 35
Şekil 3.7. Operatör el terminali depo ekranı 36
Şekil 3.8. Sepet aktarım ekranı 38
Şekil 3.9. Sıcak oda ana ekranı 39
Şekil 3.10. Sıcak oda bekleme durumu ekranı 39
Şekil 3.11. Sıcak oda barkod okutma ekranı 40
Şekil 3.12. Sıcak oda genel durum ekranı 40
Şekil 3.13. Helezon okutma ekranı 41
Şekil 3.14. Helezon işlemleri ekranı 42
Şekil 3.15. El terminali iş emri takip ekranı 43
Şekil 3.16. MES ana yönetim ekranı 43
Şekil 3.17. ME POD ekranı 44
Şekil 3.18. Operatör duruş ekranı 45
Şekil 3.19. Operatör iş emri ekranı 50
Şekil 3.20. Harman bitirme işlemleri 51
Şekil 3.21. Kimya odası iş emirleri ekranı 52
Şekil 3.22. Kauçuk menşei ekranı 54
Şekil 3.23. Reçete görüntüleme ekranı 55
Şekil 3.24. Reçete müdahale ekranı 56
Şekil 3.25. Makine reçeteleri sayfası 57
Şekil 3.26. Reçete ham madde hesaplama ve ekranı 58
Şekil 3.27. Hesaplama oluşturma detayları 59
Şekil 3.28. Ham madde oluşturmada malzeme seçilmesi işlemi 59
Şekil 3.29. Reçete canlı müdahale ekranı 60
Şekil 3.30. Laboratuvar test sonucu ekranı 61
Şekil 3.31. Laboratuvar gravite ekranı 61
Şekil 3.32. Rapor ana ekranı 62
Şekil 3.33. Batch raporu 63
Şekil 3.34. Faz raporu 63
Şekil 3.35. Doz raporu 64
Şekil 3.36. ARGE parametreleri 64
Şekil 3.37. Üretim parametreleri 65

Şekil 3.38. Bakım parametreleri 65
Şekil 3.39. Bakım alarm sayfası 66
Şekil 3.40. Otomasyon donanım mimarisi 69
Şekil 3.41. Sistem akış şeması 72
Şekil 3.42. SCADA ana sayfa ekranı 73
Şekil 3.43. SCADA genel izleme ekranı 73
Şekil 3.44. SCADA ana motor sayfası 74
Şekil 3.45. SCADA G/Ç listesi ana ekranı 75
Şekil 3.46. SCADA sürücü panosu G/Ç ekranı 76
Şekil 3.47. SCADA reçete ekranı 76
Şekil 3.48. SCADA alarm sayfası 77
Şekil 3.49. SCADA TCU sayfası 78
Şekil 3.50. SCADA parametre ana sayfası 79
Şekil 3.51. SCADA analog parametre sayfası 80
Şekil 3.52. SCADA tartım parametre sayfası 81
Şekil 3.53. SCADA manuel hareketler sayfası 81
Şekil 3.54. SCADA dozaj ekranı 82
Şekil 3.55. SCADA kauçuk tüketimi 83
Şekil 3.56. SCADA sepet / palet çıkarma 84
Şekil 3.57. SCADA yarımamül palet uyarısı 85
Şekil 3.58. SCADA yarımamül tüketimi 85
Şekil 3.59. SCADA kimya torbası tüketimi 86
Şekil 3.60. SCADA araba çıkarma 87
Şekil 3.61. SCADA barkod okutma uyarı ekranı 87
Şekil 3.62. SCADA barkod uyarı listesi 88
Şekil 4.1 Sürücü girişi ölçüm bağlantısı 90
Şekil 4.2 Yardımcı üniteler ölçüm bağlantısı 91
Şekil 4.3. Birinci reçete sürücü girişi aktif güç grafiği 92
Şekil 4.4. Birinci reçete bir harmandaki anlık aktif güç 92
Şekil 4.5. Birinci reçete sürücü girişi aktif enerjisi 93
Şekil 4.6. Birinci reçete bir harmandaki aktif enerji 93
Şekil 4.7. İkinci reçete sürücü girişi aktif gücü 94
Şekil 4.8. İkinci reçete bir harmandaki anlık aktif güç 94
Şekil 4.9. İkinci reçete sürücü girişi aktif enerjisi 95
Şekil 4.10. İkinci reçete bir harmandaki aktif enerji 95
Şekil 4.11. Yardımcı üniteler aktif güç 96
Şekil 4.12. Yardımcı üniteler harcanan aktif enerji 96
Şekil 4.13. Örnek OEE çizelge ekranı 100
Şekil 4.14. Verimlilik artış aşamaları 100

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Duruş nedenleri..... 47
Tablo 3.2. Otomasyon sistemi ekipman listesi..... 67
Tablo 4.1. Üretim performans karşılaştırması..... 101
Tablo 4.2. Duruş nedenlerinin karşılaştırılması (Haftalık Ort.)..... 102

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A : Amper
E : Enerji, (J)
L1 : Faz 1
L2 : Faz 2
L3 : Faz 3
P : Güç, (W)
V : Volt
T : Toplam

Kısaltmalar

AI : Analaog Input (Analog Giriş)
AO : Analog Output (Analaog Çıkış)
ARGE : Araştırma ve Geliştrime
BOM : Bill of Materials (Ürün Ağacı)
DI : Digital Input (Dijital Giriş)
DO : Digital Output (Dijital Çıkış)
ECC : Enterprise Central Component (Kurumsal Merkezi Bileşen)
ECO : Engineering Change Order (Mühendislik Değişme Süreci)
ERP : Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
IDOC : Industrial Documentation Service (Endüstriyel Döküman Servisi)
I/O : Input / Output (Giriş / Çıkış)
IOT : Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
ISA : International Society of Automation (Uluslararası Otomasyon Topluluğu)
HANA : High-Performance Analytic Appliance (Yüksek Performanslı Analitik Cihaz)
HMI : Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
HTML : HyperText Markup Language (Hiper Metin İşaretleme Dili)
HR : Human Resources (İnsan Kaynakları)
KPI : Key Performance Indicator (Anahtar Performans Göstergesi)
ME : Manufacturing Execution (Üretim Yürütme)
MES : Manufacturing Execution System (İmalat Yönetim Sistemi)
MII : Manufacturing Intelligence Integration (Üretim Zekası Entegrasyonu)
MSSQL : Microsoft SQL Server (Microsoft SQL Sunucusu)
OEE : Overall Equipment Effectiveness (Genel Ekipman Etkinliği)
OPC : Open Platform Communications (Açık Platform Haberleşmeleri)
PLC : Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantık Denetleyici)
PM : Product Management (Ürün Yönetimi)
SAP : Systems Applications and Products (Sistem Uygulamaları ve Ürünleri)
SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition (Merkezi Denetim ve Veri Toplama)
SPC : Statistical Process Control (İstattistiksel Proses Kontrolü)
SQL : Structured Query Language (Yapılandırılmış Sorgu Dili)
QA : Quality Assurance (Test Ortamı)
QM : Quality Management (Kalite Yönetimi)

QR : Quick Response (Çabuk Tepki)
PC : Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
PCo : Plant Connectivity (Tesis Bağlantısı)
RFC : Remote Function Call (Uzak Fonksiyon Çağrısı)
TCU : Thermal Central Unit (Termal Merkezi Birim)
TIA : Totally Integrated Automation (Tamamen Entegre Otomasyon)
VAC : Alternatif Akım
VDC : Doğru Akım
VPN : Virtual Private Network (Sanal Özel Ağ)

LASTİK ÜRETİM TESİSİ BANBURY KARIŞIM ÜNİTESİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM TASARIMI VE UYGULAMASI

ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte dijital dönüşümün önemi artmış ve giderek kaçınılmaz hale gelmeye başlamıştır. Üretim yapan firmalar verimliliklerini arttırmak ve uçtan uca izlenebilirliği sağlamak amacıyla dijital dönüşüm projelerine yatırım yapmaya başlamıştır. Lastik prosesinde de her geçen gün artan rekabet ve izlenebilirlik gerektiren bazı kalite yönergelerinin getirdiği zorunluluklar sebebiyle dijital dönüşüm kaçınılmaz olmuştur. Bu çalışmada, bir lastik üretim tesisinde ürün ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesi için dijital dönüşüm tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan otomasyon sisteminde, öncelikle üretim sahasından veri toplama (Shop Floor Control) altyapısı oluşturularak sistem verileri elde edilmektedir. İkinci aşamada, bir üst katmana İmalat Yönetim Sistemi yerleştirilerek en üst katmandaki Kurumsal Kaynak Planlama yazılımı ile entegre edilmektedir. Bu yapıda bulunan MES ve ERP katmanı bulut veri tabanı teknolojisini kullanmaktadır. Sunucular fabrika dışında konumlanmış ve side-to-side sanal özel ağ ile fabrika ağ bağlantısı sağlanmıştır. Böylelikle tüm üretim sahasının uçtan uca izlenmesi için tasarlanan otomasyon mimarisi, Banbury Karışım Ünitesi için uygulanarak performans verileri elde edilmektedir. Dijital dönüşüm öncesi ve önerilen otomasyon altyapısının uygulanması sonrası toplanan performans verileri; enerji verimliliği, ürün etkinliği ve toplam verim bakış açılarından karşılaştırılmaktadır. Sonuç olarak, önerilen sistemle %15 oranında Banbury ünitesi daha etkin kullanılmış ve dolayısıyla günlük 2.4 MWh'lık enerjinin geri kazanılması sağlanmıştır. Ayrıca atıl ürün oranının %5 azaldığı ve bu sayede 355.465 kg ürünün geri kazanıldığı, hammadde maliyeti göz önüne alındığında yıllık olarak 39.500 $ maliyet kazanımı sağlandığı görülmüştür. Dahası, arıza tespit ve bakım onarım süreçleri yeni otomasyon mimarisi ile çok daha etkin şekilde ve kısa sürelerde gerçekleştirilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital Dönüşüm, Endüstriyel Otomasyon, Enerji Verimliliği, İmalat Yönetim Sistemi, Kurumsal Kaynak Planlama.

DIGITAL TRANSFORMATION DESIGN AND APPLICATION FOR ENERGY EFFICIENCY IN BANBURY MIXING UNIT IN TIRE MANUFACTURING FACILITY

ABSTRACT

The significance of digital transformation concept has increased and has become inevitable every passing day with the advancing technology. Production industry companies have begun to invest in digitalization projects in order to complete traceability and efficiency requirements. Digital transformation has also become inevitable in the tire process due to increasing competition and the requirements of some quality directives. In this study, digital transformation design and implementation was performed in a tire production plant in order to improve product and energy efficiency. In the designed system, production data is obtained initially by implementing a Shop Floor Control infrastructure from the field. Secondly, a MES is placed on an upper layer and connected with the ERP software on the top layer. In this structure, the MES and ERP layer uses the cloud database technology. Plant network connection is provided with side-to-side VPN. In this way, the architecture designed for end-to-end monitoring of the entire field is applied for the Banbury Mixing Unit then performance data is obtained. Collected performance data are compared in terms of energy efficiency, product efficiency and overall efficiency. In result, the Banbury unit was used more efficiently by 15% and thus, an energy of 2.4 MWh was recovered daily. An annual cost recovery of $39,500 was achieved considering that scrap product rate decreased by 5%, 355.465 kg of product was recovered and considering the raw material costs. Furthermore, troubleshooting and repair and maintenance processes can be carried out much more effectively and in shorter periods with new architecture.

Keywords: Digital Transformation, Industrial Automation, Energy Efficiency, Manufacturing Execution System, Enterprise Resource Planning.

GİRİŞ

Dijital dönüşüm konusu bu günlerde sıklıkla tartışılmaktadır. “Dijital dönüşüm” kavramı aslında yeni değildir ve 1990'ların sonlarında tanıtılmaya başlanmış ve yine 2000'lerin ortalarında belirginleşmiştir. Daha dar bir anlamda "dijital dönüşüm", hem bireysel işletmeleri hem hükümetleri hem de iletişim, sanat, tıp ve bilim kitleleri gibi toplumun bütün kesimlerini etkileyen "kağıtsız geçiş" kavramını ifade etmektedir [1]. “Endüstri 4.0” olarak da bilinen dijitalleşme, kuruluşların gelişiminde kritik aşamayı temsil eder [2]. Endüstri 4.0 vizyonu; özerklik, ademi merkeziyetçilik ve ağ oluşturmayı garanti ederek kaynak ve süreç verimliliğini artırmak için yeni fırsatlar sunar [3]. Bu vizyon, üretim işletmelerine yüksek seviyelerde dijital yetenekler kazandırmada rehberlik etmesi bakımından önemlidir [4]. Dijital çağ, sanayi çağından çeşitli şekillerde farklılık gösterir. Örneğin, bugün bilgi işlem teknolojileri, ürün ve hizmetlerin katma değerinin önemli ve artan bir bölümünü temsil etmektedir [5].

Proses teknolojilerindeki hızlı değişiklikler, eskimeye maruz kalan mevcut sistemlere yeni teknolojilerin hızlı bir şekilde entegrasyonunu gündeme getirmiştir [6]. Bu yüzden son yıllarda dijital dönüşüm furyası tüm endüstride kendini hissettirmeye başlamıştır. Farklı firmalar dijital dönüşüm kavramına farklı perspektiflerle bakmaktadır ve bu perspektifle yatırım yapmaktadır [7]. Dijital teknolojiler, bir şirketin iş süreçlerinin verimliliğini sürdürmek için çok önemli hale gelmeye başlamıştır [8]. Firmalar yaptıkları yatırımlardan büyük faydalar bekler [9]. Bu kapsamda hesap verebilirlik, izlenebilirlik ve dokümantasyon kavramları kritik öneme sahiptir [10].

Merkezi olmayan üretim kontrolüyle dağınık yapılara sahip olan kurumlar, artan müşteri taleplerine daha hızlı ve gerçek zamanlı yanıt vermek için verimliliği artırmayı hedeflemektedirler. Bu beklentiler, MES tarafından yerine getirilebilir. Küreselleşmiş imalat işletmelerinde performans, kalite ve çevikliği artırmak için bu yönteme başvurulur [11]. MES sistemi üzerinde yapıyı yönetmek için otomasyon altyapısının tamamlanması gerekmektedir. Otomasyon, MES ve ERP sistemleri birbirine entegre

olur ve merkezi bir yönetim modeli oluşturulur. Otomasyon, ERP, MES gibi uygulamalar fabrika verimliliğini önemli bir şekilde arttırır [12]. MES yazılımı, kuruluş tarafından desteklenen yazılımlar ile veri toplama katmanları ve ERP kontrolünde bulunan katmanlar arasında bilgi alışverişi sağlar. ERP ve saha içi kontrol sistemleri genellikle kuruluşa özel birkaç farklı yazılım uygulamalarından oluşur [13].

1. ENDÜSTRİ 4.0 VE UYGULAMALARI

Son yıllarda dijital dönüşüm ve uygulamaları üzerine çalışmalar hız kazanmış ve ilgi giderek artmaktadır [7]. Endüstri 4.0 kavramının tam olarak keskin bir tanımı olmasa da sıklıkla kullanılan kavramlardan biridir [14]. Bu kavram ilk defa 2011 yılında Almanya Hannover'da gerçekleştirilen bir fuarda ortaya atılmıştır [15]. Almanya'da bu kavram bir hedefi ifade eder. Bilgi, iletişim ve otomasyon teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde ürünlerin, süreçlerin ve fabrikaların yaşam döngüleri boyunca canlı bilgileri elde edilir [16]. Türkiye'de de bu konu resmi olarak 2016 yılında ele alınmıştır ve devamında detaylı çalışmalar yapılmaya başlanmıştır [14].

Dijital dönüşüm çok sayıda süreci, etkileşimi, işlemi, teknolojik gelişimi, değişiklikleri, iç ve dış faktörleri, endüstrileri, paydaşları kapsar [17]. Dijital dönüşüm; üretim, pazarlama, tedarik zincir planlama, enerji yönetimi, verimliliği arttırma gibi pek çok konu başlığını içerecek şekilde tüketicilere, yöneticilere ve sektörden etkilenen pek çok kişiye çeşitli fonksiyonlar sağlar [18]. Hayatımızın içinde yer bulan dijital dönüşüm; çalışma, öğrenme, iletişim kurma ve iş birliği yapma gibi becerilerimizi değiştirmektedir [19]. Bu konu, geçmişten günümüze popülerliğini artırarak tartışılmıştır ve barındırdığı kavramların geliştirilmesine devam edilmektedir.

Yeni dijital teknolojiler nedeniyle rekabet önemli ölçüde değişmektedir [20]. Dijital teknolojinin çoğu endüstriyi dönüştüreceği açık olsa da daha fazla inceleme ve araştırma gerektiren bazı zorluklar vardır [2]. Başarılı bir dijital dönüşüm elde etmedeki kritik bir yapı da dijital proje ekibidir [21]. Bu bağlamda, küreselleşme ve hızla gelişen teknolojinin getirdiği karmaşıklık ve belirsizlik, kuruluşların dijital dönüşüme ilişkin zorlukların üstesinden gelmelerine yardımcı olacak becerilere sahip insan kaynakları talep etmektedir [22].

Mobilite ve tam zamanlı takip sağlamak için, dijital dönüşüme geçiş sürecinde zorluklarla karşılaşılmaktadır [23]. Şu anda, dünyada kamu ve özel sektör kuruluşları dijital dönüşüm kavramının motive ettiği yeni teknolojik zorluklarla karşı karşıyadır. Bunun için bu sürecin başarısı birçok kişiye bağlıdır [2]. Bu zamana kadar dijital

olmayan tecrübelerle ayakta kalan kuruluşlar için dijitalleşme kolay olmamaktadır. Firmalar ya mücadele etmektedir ya da yok olmaktadır. Yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalan firmalar da dijitalleşme sürecine yönelmektedir [5]. Şirketlerin dijital dönüşüm yol haritalarını tanımlamaya başlayabilmeleri için öncelikle mevcut statükolarını analiz etmeleri gerekir [24]. Bu sürecin başarılı olması ve olumlu sonuçlara yol açabilmesi için kuruluşların dönüşümlerinin yürütülmesini engelleyebilecek bir dizi faktörü hesaba katmaları gerekir [25]. Şirketler için dijital dönüşüm kavramı, hizmetlerin ve ürünlerin hem çevrimiçi hem de çevrimdışı olarak sunulduğu İnternet çağında rekabet edebilmek için yeni teknolojiler kullanma ihtiyacı ile ilişkili olarak algılanır [26]. İnternet altyapısının gittikçe geliştiği bu Endüstri 4.0 çağında, tüm bu gelişmelerle birlikte gömülü sistemler ve yapay zeka gibi kavramlara da yönelimin artması beklenmektedir [27].

Nwaiwu, yaşanan zorluklara paralel olarak dijital iş dönüşümü konusu ile ilgili genel anlayışın arttırılması için çeşitli kavramsal ve teorik çerçevelerin değerlendirilmesinde uygulanan akademik bir yaklaşımdan bahsetmiştir [28]. 2016 yılında Araujo; firmaların dijital dönüşümünü sağlamak için operasyonel yaklaşımlarını nasıl değiştirmesi gerektiğinden bahsetmiş [29], 2018 yılında Tyler; dijital dönüşümün sadece yeni teknolojiler kullanmakla ilgili olmamasından, başarılı bir uygulama için çalışanları merkeze yerleştiren bir stratejinin geliştirilmesinin gerekliliğini vurgulamıştır [30]. Kozhevnikov ve Korolev makalelerinde, dijital teknolojiler ile dijital güven fenomeni arasındaki ilişkiyi araştırmış ve dijital güveni bir omurga fikri olarak kullanarak, dijital platformun referans yapısal modelini oluşturmuştur [31].

Altuntaş makalesinde dijital dönüşüm ile şirketlerin marka değeri arasındaki ilişkiyi ele almıştır [32]. Li yaptığı araştırmalar sonucunda, dijital teknolojilerin iş modellerinde yaygın değişiklikleri kolaylaştırdığını saptamış ve bazı önemli eğilimlerin bu sayede ortaya çıkabildiğini söylemiştir [33]. Chen ve diğ., endüstride yer alan yüksek kaza risklerine karşı, proses güvenliğinin sağlanması amacıyla sanal modelleme, teşhis ve müdahale gibi entegre uygulamalar içeren bir dijital ikizleme yönteminden bahsetmiştir [34]. Lindow ve diğ., bir fabrikanın dijital ikizinin oluşturulması ve işletilmesine yönelik çalışmalarda bulunmuştur [35]. Okita ve diğ., yapay sistemlerin karmaşık davranışlarını tespit edebilmek ve kesin ve bilimsel

temellere göre uygun önlemleri alarak güçlendirebilmek amacıyla yapay sistemlerin dijital ikizleri üzerine çalışma yapmışlardır [36].

2019 yılında Pavone makalesinde, gelişmiş makine öğrenimi teknolojilerinin benimsenmesinin; satışlara, dönüşüm oranlarına ve pazarlama performansına nasıl etki yapacağını açıklamıştır [37]. Ekonominin devam eden dijitalleşmesi birçok ekonomide yenilikçiliği teşvik etmek, verimlilik üretmek ve hizmetleri iyileştirmek olarak bilinir [1]. Küresel rekabet ile başa çıkmak ve üretim verimliliğini artırmak için endüstriler pek çok çaba sarf etmiştir. Bu nedenle, rekabet avantajlarını korumak ve geliştirmek için, farklı endüstriyel sektörlerde lider kuruluşların süreç optimizasyonunu ve verimliliğini iyileştirmeleri gerekir [13]. Böylece dijital iş ekosistemi kavramı ortaya çıkmış ve bu ekosistemin yayılabilmesi için otomasyon ile organizasyonun güçlü entegrasyonu gündeme gelmiştir [38].

1.1. Bulut Sistemleri

Endüstri 4.0; mobil bilgi işleme, bulut bilgi işleme ve büyük verilere dayanmaktadır. Endüstri 4.0 için bulut bilişim ve mobil bilişimin önemi, internet üzerinden küresel olarak erişilebilme özelliğinden ileri gelmektedir. Bahsedilen hizmetler ve servisler kolayca entegre edilebilir ve kullanılabilir [39]. Şirketler için veri depolamanın önemi çok büyüktür. Dijital dönüşüm süreçlerinden sonra üretimden elde edilen veri gözle görülür şekilde artmaktadır. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte sensörlerden toplanan veriler hızlı bir şekilde bulut ortamına aktarılabilir, depolanabilir ve analiz edilebilir [40]. Elde edilen bu büyük veriyi analiz etmek ve gerekli olan veriyi işlemek gerekir. Bunun için otomasyon altyapısının tamamlanması şarttır [14]. Oluşan bu büyük verinin hantallık yaratmaması için toplanan veriler ihtiyaca göre filtrelenmeli ve analiz edilmelidir. [41]. Şirketler bu kadar hızlı veri akışını yönetmeye, akıllı analitik cihazları bulunmadığı için hazır olmayabilir [42]. Bu kadar büyük veri altyapısının güvenliğinin sağlanması, bakım işlemleri ve sürdürülebilir olması için ciddi bir ekip gerekir. Bu da yeni ek maliyetler demektir. Gerek kurumların altyapısının elverişsiz olması gerek buna özel bir ekibin olmayışı gerekse tüm bunların kurum bünyesinde oluşturulmaya çalışıldığında karşılaşılan maliyetler, bulut alternatifini cazip hale getirmektedir. Ayrıca, üreticilerin karşılaştığı mevcut zorluklardan biri olan küreselleşme de bulut teknolojisine olan ihtiyacı arttırmıştır

[43]. Bulut bilişim, bir ağ içinde hızlı iletişimi mümkün kılar, böylece gerçek zamanlı karar verme işlemi sağlar [44].

Bulut teknolojisi, dijital dönüşüm teknolojisi ekosisteminin önemli bir dayanağıdır. Gelişmekte olan bir eğilimdir ve hem kamu hem de özel sektör kuruluşlarında ciddi kabul görmektedir. Endüstri uzmanları, bu teknolojinin önümüzdeki birkaç yıl içinde daha da büyümeye ve gelişmeye devam edeceğine inanıyor. Bulut bilişimin temel avantajları şunlardır: maliyet verimliliği, neredeyse sınırsız depolama, yedekleme ve kurtarma, otomatik yazılım entegrasyonu, bilgiye kolay erişim, hızlı dağıtım, çeviklik, servislerin kolay ölçeklendirilmesi ve yeni servislerin sunulması [1]. Bulutla üretimin avantajlarına ek olarak, azaltılmış maliyetler ve mevcut kaynakları kullanarak üretim sürecinin ölçeklenebilirliği de örnek verilebilir [38]. Bulutla üretim, üreticinin parçalara ve üretim verilerine herhangi bir internet bağlantılı cihazda erişim sağlamasına olanak tanır. Böylece, dünyanın herhangi bir yerinden bir cihazdaki veriyi okuyabilmek bulut konseptinin temel avantajlarındandır ve verilerin bu şekilde küresel olarak elde edilebilirliği imalat sanayi için yararlı olmuştur [43]. Bulutla üretimde, kaynaklar ve hizmetler hakkında sürekli olarak çok miktarda veri üretilir. Bu yüzden verilerin toplanması, işlenmesi, analizi ve kullanımı bulutla üretimde önemli araştırma konularıdır [45]. Mishra ve diğ., 2020 yılında makalelerinde, endüstri 4.0 kapsamında sayılabilecek bir bulut bilgi işlem veri toplama örneği vermektedirler [46]. Liu ve diğ., 2020 yılında makalelerinde, metal katkı üretiminde bulut tabanlı veri izleme yapısından bahsettiler [47]. Stock ve Seliger, makalelerinde akıllı çapraz bağlama yöntemiyle dijitalleşmeden ve bir buluta yerleştirilmiş bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak uçtan uca bir çözümün uygulanmasından bahseder [48]. Limani ve diğ., makalelerinde; akademik organizasyonları ve iş süreçlerini etkileyen dijital dönüşümün uygulanmasının etkilerini ve sonuçlarını açıklamaktadır [49].

Farklı ülkelerde, organizasyonlarda bu teknolojiyi benimsemek için bazı endişeler vardır. Bulut bilişim bir dizi avantaj sunsa da karar vericiler bulut bilişimi kullanıp kullanmamaya karar verirken bu endişelerden etkilenirler**.** Avantajlarına rağmen, birçok potansiyel bulut kullanıcısı hassas verilerini buluta yerleştirmekten endişe duyduğu için henüz buluta katılmamıştır. Buluttaki hassas veriler üzerinde olabilecek kontrol eksikliği, bulut tüketicileri için de büyük bir endişe kaynağıdır [1]. Ancak yine de cazip tarafları ağır bastığı için kuruluşlar tarafından tercih edilmektedir [50].

Literatürde dijital dönüşüm üzerine yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde çoğunlukla kavramsal tasarım ve öngörüler ortaya konulmaktadır. Bu çalışmada ise dijital dönüşümün endüstriyel işletmelere sağlayacağı katkılar uygulama tabanlı gerçekleştirilerek performans verileri elde edilmiştir. Bu kapsamda, lastik üretim prosesinde banbury karışım ünitesinin dijital dönüşüm tasarımı ve uygulaması ele alınmaktadır. Çalışma kapsamında önerilen dijital dönüşümün enerji verimliliği, ekipman etkinliği, atıl ürün azalımı ve toplam verimli bakım üzerine etkileri uygulamalı olarak incelenmektedir. Dijital dönüşümü gerçekleştirilen Banbury ünitesinin bileşen ve çalışma prensibi 2.2.1. bölümde detaylandırılmıştır. Önerilen dijital dönüşüm sistemi tasarım aşamaları 3.3. bölümde, uygulama sonucu elde edilen veriler ve performans analizi ise 4. bölümde ele alınmıştır. Performans analizleri ile elde edilen çıktılar dijital dönüşümün özellikle lastik üretim endüstrisi açısından sağladığı katkılar sonuç bölümünde sunulmuştur.

1.2. Otomasyon Sistemleri Adaptasyon Dönüşüm Çalışmaları

Modern endüstride sanayi gelişimi birkaç yüzyıl sürdü ve şimdiki Endüstri 4.0 çağına dek geldi [51]. Günümüzde Dijital Dönüşüm, Endüstri 4.0, Yapay Zekâ, Arttırılmış Gerçeklik, Makine Öğrenmesi, IOT, bulut gibi pek çok kavram konuşulmaktadır. Şu anda Endüstri 4.0, özellikle gelişmiş dünyanın üretim ve imalat endüstrisinde, endüstri ortamındaki yakın değişiklikleri tanımlamak için kullanılan oldukça popüler bir terimdir [52]. Endüstri 4.0 kavramı genel olarak “internet” kelimesi ile de ifade edilebilir [53]. Bu aşamaya gelene kadar sanayi pek çok aşamalardan geçmiştir. Sanayinin tarihsel gelişimi Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

18. yy’da buhar makineleri kullanılarak başlayan süreç, günümüzde dördüncü sanayi devrimi adı altında devam etmektedir [54]. Dördüncü sanayi devrimi, gelecekte yaygınlaşacak olan akıllı fabrikalarda gerçek ve dijital dünya arasındaki beraberliği sağlayan bir vizyonun ifadesidir ve mevcut paradigmanın değişmesi anlamına gelir [55]. Türkiye’de bu kavramların gündemde olması umut verici olsa da ne yazık ki pek çok kuruluşun, çalışanların ve patronların farkındalık düzeyi sınırlıdır.

Dijital dönüşüm her endüstriyi etkiler [56]. Dijital dönüşüm, dijital yeterliliklerden yararlanarak işletmelerin iş modellerinde ve ekosistemlerinde değişiklik yapmalarını

sağlar [57]. Geleceğin teknolojilerini şimdiden yakalamak ve rakipler karşısında yaya kalmamak için atılması gereken adımlar ivedilikle atılmalıdır.



Şekil 1.1. Sanayinin tarihsel gelişimi

Dijitalleşmenin yol haritası çıkarılmalı ve atılacak adımlar için iyi bir strateji oluşturulmalıdır. Dijital dönüşüm stratejisi, bir şirketi dijital dönüşüm yolculuğu boyunca yönlendiren yapılandırılmış ve resmi bir plan olarak görülmektedir [17]. İyi tanımlanmış bir dijital dönüşüm stratejisi, bir üretim ortamında dijital uygulamanın genel başarısı için kritik öneme sahiptir [58]. Dijital dönüşüm ve dijital olgunluğun önündeki en büyük engellerden biri, işletme içinde dönüşümü sağlamak için açık ve tutarlı bir dijital stratejinin olmamasıdır [59]. Olgunlaşmış dijital şirketler, stratejik kurumsal hedeflere ulaşmak için dijital teknolojilerin kullanılması gerektiğinin farkındadır [60]. Türkiye'de dijitalleşmeye yönelik adımlar çok yeni olmakla birlikte, şirketlerin mevcut alt yapısı ikinci ve üçüncü sanayi devrimi arasında sıkışmaktadır. Hala tam anlamıyla otomasyona geçilememiştir [14]. 4. sanayi devrimine geçiş sürecinde öncelikle bu altyapı eksikliklerini gözden geçirmek gerekir.

Dijital dönüşümün sağlanabilmesi için bir işletmede uçtan uca izleme şarttır. Hammadde girişinden çıkan ürüne kadar gelen süreçte tüm hammadde, yarımamül, yapımda çalışan operatörler, kalite kontrol bilgileri vb. pek çok bilgiye istenildiği gibi

ulaşılabilmelidir. Yani ürünün dijital izi oluşturulmalıdır. Tüm bu kurguyu yönetmek için oluşturulacak model 3 ana başlıkta toplanır:

- Üretim Sahasından Verileri Toplamak (Shop Floor Control). Bunun için çeşitli yöntemler mevcuttur. Kiosk, endüstriyel PC, barkod sistemleri vb. ile manuel olarak veya PLC, HMI, SCADA, sensörler vb. ile otomatik olarak veri toplama yapılabilir.
- İmalat Yönetim Sistemi (MES) yazılımı. Ar-Ge, Üretim, kalite, bakım yönetimi, raporlama, OEE, reçete yönetimi, çizelgeleme gibi detaylı veri alanları oluşturulur. MES sistem destekleyici unsurlardan yararlanılır.
- ERP (Enterprise Resource Planning) yazılımı. Satış, malzeme, stok, finans, üretim, satın alma, insan kaynakları yönetimi gibi veri alanları oluşturulur.

Dijital dönüşüm süreçlerinde tamamlanan projelerin devreye alınmasından önce kullanılan bazı yöntemler, sürecin daha anlaşılır ve oturaklı bir şekilde kavranmasını sağlar. Simülasyon ve dijital ikizleme gibi kavramlar bunlara örnek olarak verilebilir. Ayrıca ürünlerin gerçekten üretilmeden önce sanal ortamda üretilmesi ile birlikte oluşabilecek senaryolar değerlendirilir. Bu sayede gerçek üretimde hız, esneklik, maliyet düşüşü ve kalitede artış gözlenir [61]. Dijital dönüşüm süreçleri tamamlandığında ve devreye alındığında, hammaddenin girişinden ürünün çıkışına kadar tüm proseslerde ürün, makine, personel bazında raporlandırma mümkün olur. Üretim sahası ve makinalar anlık olarak izlenebilir ve çok daha kısa sürelerde müdahale imkânı sağlanır.

Bahsedilen sonuçların elde edilebilmesi için, bazı yöntemler ön plana çıkmıştır. Tasarlanan kurgunun düzgün çalışması için olmazsa olmaz şey otomasyon altyapısıdır. Verinin kaynağı olan bilgiyi elde etmek için otomasyon altyapısının hazırlanmış olması ve sahadaki verinin erişilebilir olması gerekmektedir. Sensörler insanlardan veya nesnelerden topladıkları veriyi dijital ortama aktaran otomasyon elemanlarıdır [62]. Dijital modeli değiştirmek için sistemdeki sensörlerden gelen geri bildirimler kullanılarak dijital dünyada neredeyse gerçek zamanlı olarak fiziksel bir üretim sistemi gösterilebilir [63]. Kullanılan sensörler dijital dönüşüm süreçlerinde önemli yer tutar. Tepeden alta değil, alttan tepeye doğru izlenecek adımlar sayesinde başarıya ulaşılmaktadır ve en nihayetinde uçtan uca izleme sağlanmaktadır. Bu bir

endüstrideki dijital dönüşüm için, tipik olarak teknoloji odaklı bir "aşağıdan yukarıya" yaklaşımıdır [64].

Toplanan verilerin depolanması için farklı veri tabanı teknolojileri mevcuttur. MSSQL, Historian, No-SQL, S4/HANA bunlara örnektir. Shop Floor Control – MES, MES-ERP katmanları arasında entegrasyon sağlanır. Veriler fiziki sunucularda veya bulutta depolanır. Tüm kurguda kullanılacak olan veri makinalardan sağlıklı bir şekilde toplanmalıdır. Her makinanın-sistemin kendine özgü ufak çaplı otomasyon altyapısı olsa da bunların derlenip toplanması ve aynı veri tabanına ulaştırılması gerekir. Bu yöntemler hakkında verilebilecek örnekler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bir SCADA sisteminin SQL-Lite üzerinden depoladığı verilerin bir servis yazılımı yazılarak ana projedeki MSSQL-Server'a aktarılması.
- Prosesin durumuna göre, mevcut sensörlerden veri toplama, dijital ikizleme yapılarak eklenen sensörlerden IOT tabanlı veri toplanması.
- Dijital ikizleme ile sadece alınacak verilerin toplandığı standart bir PLC üzerinden verilerin çekilmesi.
- Direkt olarak makineyi çalıştıran PLC'den verinin çekilmesi.
- Makineye ait PLC'ye bağlı bir HMI üzerinden verinin çekilmesi.
- Mevcutta bulunan eski teknoloji PLC veya HMI cihazlarının yenilenmesi ile sistemin veri toplamaya hazır hale getirilmesi
- Direkt olarak PLC veya HMI cihazlarından veri çekmek yerine bunların bağlı olduğu OPC Server üzerinden istenen sistemlere verinin çekilmesi.
- Hiç otomasyon altyapısı olmayan manuel sistemlerde veri çekme yönteminin kurgulanması. Üretilen ürün sayısının ve işlem aşamalarının izlenebileceği sensörler yerleştirmek ve eklenecek PLC ile başlangıç-bitiş-duruş saatlerini almak ve verileri sunucuya aktarmak bu yönteme örnek olarak verilebilir.

Farklı marka ve modeldeki PLC/HMI cihazlardan veri çekmek için ilgili protokol ve driverların tanımlı olduğu bir donanım/yazılım kullanılmalıdır. Araya OPC server konmadan veri çekildiği durumlarda bu gereklilik MES destek donanım/yazılımları ile sağlanmaktadır.

Her ne kadar bazı makinelerde/sistemlerde PLC/HMI altyapısı veri çekmeye müsait olsa da, toplanmak istenen veriler PLC yazılımının içinde olmayabilir veya sistemde revizyon gerekebilir. Örneğin Taylor Chart üzerinde kağıda yazdırılan bir basınç/sıcaklık verisi için sisteme transmitterler eklenip Taylor Chart iptal edilebilir. Bu da demektir ki, PLC sıcaklık okuma modülü ve analog okuma modülü sisteme dahil edilecektir. Bazı durumlarda sadece haberleşme için ek ethernet altyapılı haberleşme modülü eklenmesi gerekebilir. Örneklerde de görüldüğü gibi pek çok farklı veri toplama yöntemi mevcuttur. Bu verilerin ortak bir noktada toplanması ve tüm üst katmanları beslemesi tercih edilen bir yönelimdir.

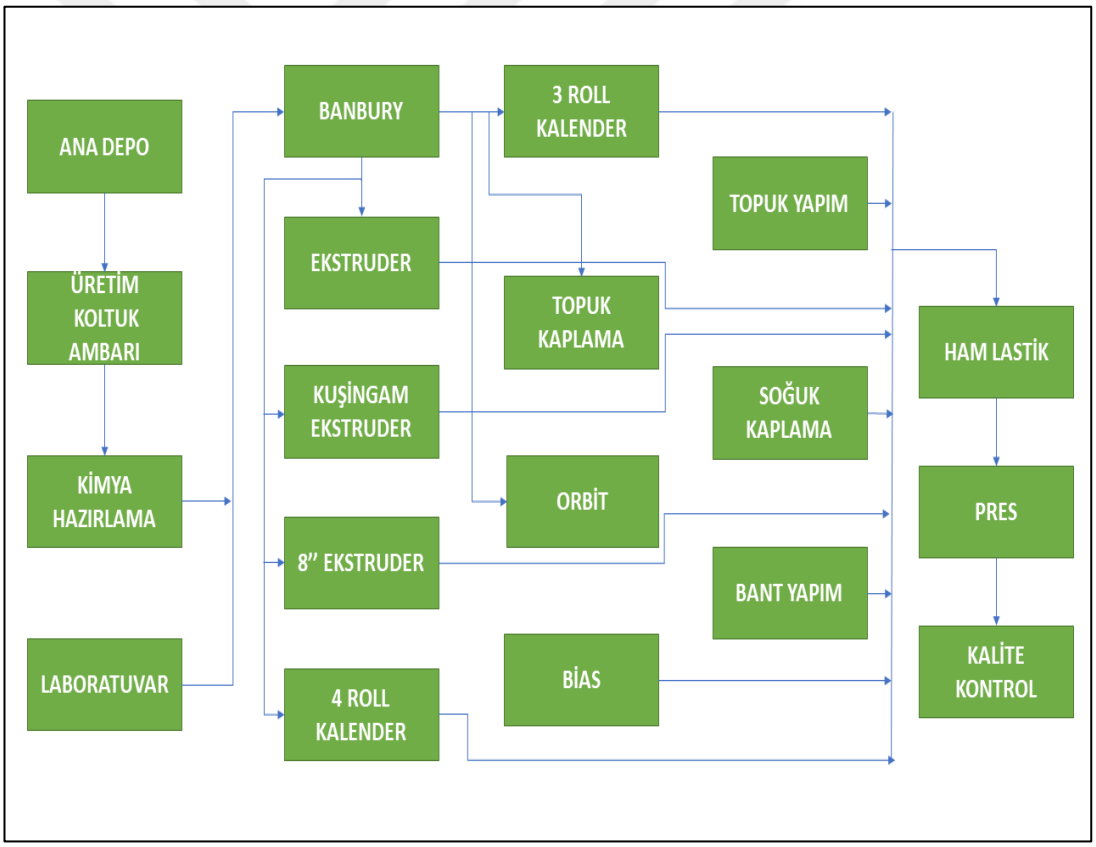
Verilen örneklere ve kullanılan yöntemlere bakıldığında, dijital dönüşümünü tamamlamamış sistemlerde veri toplamanın meşakkatli bir süreç olduğu aşikardır. Dijital dönüşüm süreçlerinde hedeflenen verimlilik artışı, veri güvenilirliği, insandan kaynaklı hataların minimize edilmesi gibi hedefler güçlü bir otomasyon altyapısıyla mümkündür Dijital dönüşüm şirketlerin iş modellerinde, süreçlerinde, yapılarında, ürünlerinde ve kültürlerinde köklü bir değişim meydana getirir [65]. Dijitalleşmenin arttırılması üretkenlikte olumlu bir etkiye sahiptir [63]. İşe yarayacak olan gerekli bilginin alınması için yapılacak revizyonlar çok iyi kurgulanmalıdır. Maliyet-performans dengesi iyi hesaplanmalıdır. Tüm bu süreçlerin hayata geçirilebilmesi için şirket içinde derinlemesine bir anlaşılabilirlik, diğer bir ifadeyle farkındalık gereklidir. Dijital dönüşüm belirli bir zaman alır ve bu uzun süreçte insan kaynakları dijitalleşmenin gölgesinde hissedebilir. Bu durumun yönetilmesi için, yöneticiler sürecin mevcut durumu hakkında tüm personelle sık sık iletişim kurmalıdır [66]. Bu öngörüler şirket bünyesinde mevcut değil ise, dışarıdan bir uzman yardımı gereklidir [64].

2. ENERJİ YOĞUN ENDÜSTRİYEL ÜRETİM TESİSİ

2.1. Lastik Üretim Aşamaları

Lastik üretim prosesi çeşitli aşamalardan meydana gelir. Ham madde girişinden çıkan lastiğe kadar çok farklı makinalar/sistemler kullanılır. Emek ağırlıklı yani insana bağımlı üretim metotları izlenir. Bu durum da pek çok verimlilik sorunlarını doğurur. Bu yüzden üretimin izlenebilir olması şarttır.

Aşağıda verilen Şekil 2.1'de prosese genel bakış gösterilmiştir:



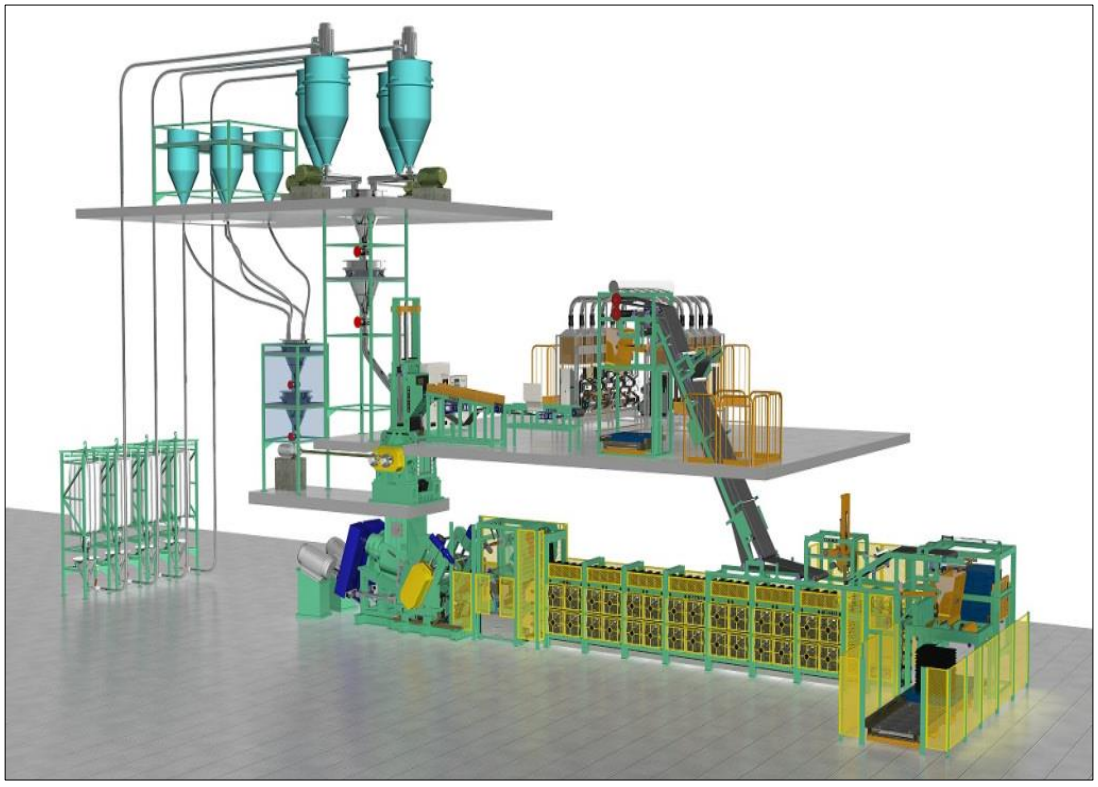
Şekil 2.1. Lastik üretim aşamaları proses genel bakışı

Doğal kauçuk, yapay kauçuk, lastik tiplerine özgü performans arttırıcı kimyasallar, karbon vb. hammaddeler depoya giriş yapar. Bazı kauçuk hammaddelerin üretime hazır olması için sıcak odada 24 saat beklemesi gerekir. Hazırlanan kimyasallar ve hammaddeler bambury (mikser)'e girer ve çıkan hamur laboratuvarda analiz edilir.

2.2. Üretim İstasyonları

2.2.1. Banbury ünitesi

Banbury sistemi lastik üretiminin ilk aşamasında yer alan birimdir. Banbury sistemi, hammadde dozajlama, mixer ve batch-off olmak üzere üç aşamadan oluşur. Hammadde dozajlama sistemi içerisinde, karbon ve yağ dozajlama, polimer dozajlama ve pişirici toz kimyasal dozajlama aşamaları bulunmaktadır. Karbon ve yağ, kendi sistemlerinin içerisinde bulunan kefelerde tartılarak dozajlanacak miktar ayarlandıktan sonra mikser içerisine otomatik olarak alınır. Polimer ve kimyasal paketi ise, konveyör bant üzerinde reçete değerlerine göre tartıldıktan sonra mikser içerisine yollanır. Mikser, içerisine atılan hammaddelerin belirli özelliklere göre karıştırıldığı bölümdür. Mikserden çıkan ürün batch-off kısmında istiflenir. Çıkan ürün son kademe ürünü değilse, konveyör sistemi ile tekrar miksere girmek üzere malzeme yükleme konveyörüne getirilir. Bu işlemler, iş emrine göre son kademeye gelene kadar devamlı tekrar eder. Son kademeden çıkan bitmiş ürün kompound olarak adlandırılır. Bu ürün tüm fabrikaya yayılır ve diğer makinalarda işlenir. Yukarıda özetlenen banbury ünitesinin modellemesi Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Banbury ünitesi modellemesi

Şekilde 2.2'de görüldüğü gibi Banbury sisteminde 3 katlı bir yapı bulunmaktadır. Üst katta karbon ve yağ dozajlama siloları bulunmaktadır. Orta katta tartım konveyörü ve mikserin giriş kapağı bulunmaktadır. Kimyasal ve pişiriciler tartım konveyöründen daha önce tartılmış torbalar ile atılmaktadır. Bu torbalar, harici bir odada iş emri reçetelerine göre, farklı kimyasalların bir araya getirilmesi ile doldurulur. Bu işlemde hassas tartım operasyonu yapılır.

2.2.1.1. Karbon siyahı dozajlama

Sistemde karbon siyahı, Bigbag boşaltma ünitelerinden dozaj helezonları vasıtasıyla karbon siyahı dozaj kefelerine boşaltılmaktadır. Buradan da miksere verilir. Karbon siyahı lastiğe siyah rengini veren bileşendir. Karbon siyahının cinsi reçetelere göre farklılık gösterebilir. Yani farklı tiplerdeki hamurlar için hep aynı karbon siyahı kullanılmaz. Bu yüzden karbon dozajlama kısmında oluşabilecek hata çıkan tüm ürünü etkiler. Doz aşımı veya yanlış tipte karbon kullanımı ürünün hurdaya çıkmasına neden olabilir.

2.2.1.2. Polimer ve kimyasal paketi dozajlama

Her mikserin kendine ait 3 adet konveyör bandı bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi tartım bandı, bir diğeri transfer bandı, üçüncüsü de aktarma bandıdır. Tartım bandı üzerinde yük hücrelerine sahiptir ve bununla ilgili bir kontrol ekranı bulunmaktadır. Reçetede istenilen Polimer ve Kimyasal paket hammadde kodları ve ağırlık set değerleri ekran üzerinde gösterilmekte ve operatör, panel üzerinde gösterilen hammaddeyi tartım bandına yerleştirmektedir. Konulan malzemeler, tolerans değerleri içerisindeyse ve bantla ilgili tüm bileşenlerin tartımı tamamlandıysa transfer bandına transfer edilip bir sonraki hammadde ve set değeri panel üzerinde gösterilmektedir. Ancak toleransı bloke etmek ve sistemi kandırmak operatör inisiyatifinde bulunmaktadır.

Tartım bandında aynı zamanda Kimyasal paket girdilerinin kontrolü de yapılmaktadır. Paket kimyasallar, tartım bandına gelmeden önce kimya odasında ilgili reçetelere göre oluşturulmuş kimyasal ve pişiricilerin paketlenmesi ile oluşturulur. Bu paketlerin içerdiği kimyasallar belirtilen tolerans değerlerine göre tartılarak pakete doldurulur. Bu işlem manuel olarak yapılmaktadır. Tartım konveyöründe, reçetede belirtilen

Kimyasal Paket, ağırlık set değerine göre tartılmalıdır. Ekran üzerinde hangi kimyasal paketten alınması gerektiği ve paket ağırlık bilgisi operatöre gösterilmektedir. Burada da tolerans maniple edilebilir. Her iki hammadde için de doğruluk kontrolü mevcut durumda yapılamamaktadır. Herhangi bir barkod kontrolü veya başka bir kontrol mekanizması yoktur. Önerilen sistem ile bu gibi sorunların aşılması hedeflenmiştir. Aktarma bandı ise ara kademe malların tekrar miksere girmesi işleminde çıkan ürünün tekrar tartım bandına aktarılmasında kullanılır.

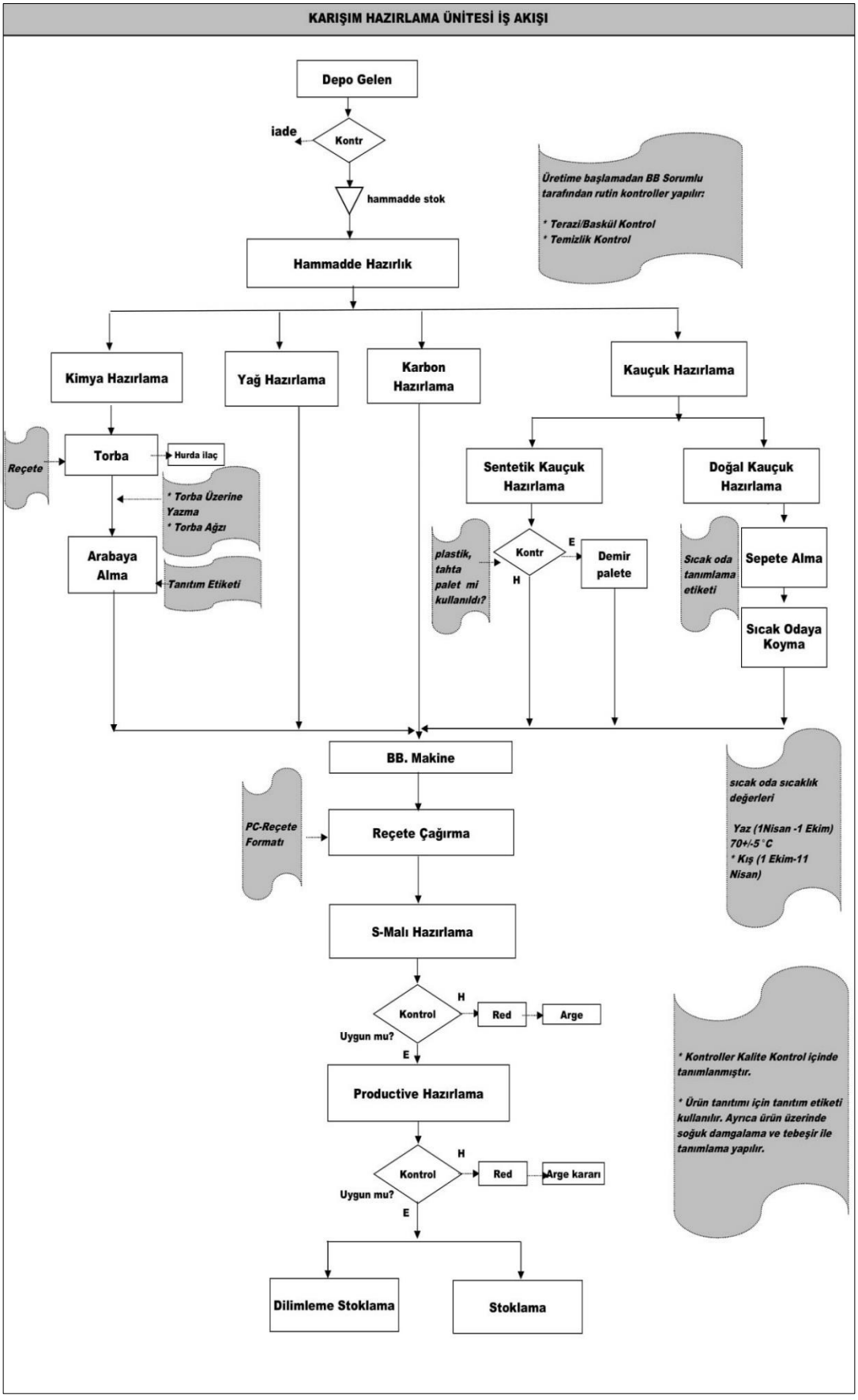
2.2.1.3. Yağ dozajı

Miksere yağ dozajı ana yağ stok ve ara yağ stok tankları üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu tankların altlarında birer adet Yağ Dozaj Pompası bulunmaktadır. Bu Pompalar ve Yağ Dozaj Kabini üzerindeki Dozaj Vanaları vasıtasıyla yağ dozajlama işlemi dozaj kefesine yapılmaktadır. Buradan da miksere boşaltılır. Banbury'den çıkan hamur yarımamülünü kimyasallar, polimer, karbon ve yağ hammaddeleri meydana getirir. Reçete tanımlarına göre hangi işlemden geçeceği ve ne oranda karıştırılacağı belirlenen hammaddeler mikserde karıştırılır ve çıkan ürün elde edilir. Ürünün homojenizasyonu, kalite vb. gibi etkenlere göre kademe (her bir karışım aşaması) sayısı değişebilir.

Banbury karışım ünitesi mevcut durum iş akış şeması aşağıdaki Şekil 2.3'te gösterildiği gibidir. Bu akış şeması dijital dönüşümü tasarımından önce banbury karışım ünitesinin iş akış şemasını ifade eder. Hammadde girişinden hamur üretimine kadar geçen süreçler gösterilir.

Şekil 2.4'te banbury'den çıkan hamurlar ve istiflenme şekli gösterilmektedir. Ara kademe ürünler yeniden karışıma gönderileceği zamana kadar konulan paletler üzerinde bekler. Son kademe ürünler ise diğer istasyonlara gönderilmeden önce paletler üzerine istiflenir.

Banbury'den çıkan hamur extrüder, kuşingam extrüder, 8'' ekstrüder, 4 roll kalender, 3 roll kalender, topuk yapım, ve orbit yapım makinalarına gider. Bahsedilen ekstrüder çeşitleri değişik ebatlarda ve farklı işlevli çıkacak olan sırt denilen yarımamüller için kullanılır.



Şekil 2.3. Banbury ünitesi iş akış şeması



Şekil 2.4. Banbury çıktısı hamurların gösterimi

2.2.1.4. Ekstrüder

Banbury'den gelen hamur belirli kalıplarda kalınlık-genişlik-uzunluk parametrelerine göre burada çekilir. Hazır sırt (konvansiyonel) ve yanaklar belirlenen reçetelere göre burada kesilir. Banbury'den gelen hamur ekstrüder makinasının içine yollanır. Bu kısım kafa olarak adlandırılır. Kafa çıkışından gelen hamur, farklı lastik ebatlarına göre değişen kalıptan geçer ve desen oluşur. Hamur bir konveyör hattı üzerinde yolculuğuna başlar. Burada çıkan hamur üzerine ebat bilgileri boyanır. Boyama işleminden sonra ilk kantara gelir. İlk kantarda kafadan çıkan hamurun 1 metresi tartılır. Buradan çıkan sonuca göre, çıkış kantarındaki sırtın kaç kg gelmesi gerektiği hesaplanır. Böylece kafadan gelen hamur beslemesi alınmak istenen sonuca göre ayarlanacaktır. Otomatik bir hesaplama sistemi bulunmamaktadır. Burada operatörün önceki işlemlerden edindiği tecrübe devreye girmektedir. Örneğin, aynı ebat üzerinde çalışılırken bir önceki çekimde işe yarayan bir yöntemin (örneğin girişte 12 kg sağlamak) tekrar uygulanması ve deneme yanılma yöntemi yapmak. Hedefi tutturmak

için ilk çekimler genelde yeniden kullanım olarak gelir. Şekil 2.5'te ilk ağırlık ölçüm noktası gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Ekstrüder sırt ağırlık ölçüm noktası

Hat sonunda ölçülen ağırlık kalite kontrolü açısından önemli bir veridir. Burada ölçülen ağırlığı ayarlamak için ilk kantara bakılır. İlk kantar verisi ise sadece göz ile kontrol edilir. PLC, HMI veya PC veya bağlantısı yoktur. Kantardan sonra hamur konveyör hattı üzerinde devam eder. Bu esnada hamur kalınlığı kumpas kullanılarak el ile ölçülür. Otomatik bir kalınlık ölçme sistemi yoktur. Dolayısıyla PLC içinde de böyle bir veri yoktur.

Bir sonraki işlemde sırt belirlenen parametrelere göre kesime gider. Hat sonunda ürün istenen uzunlukta gelmezse yeniden kullanım konumuna düşer. Bu kararı operatör verir. Sırt kontrol edilmeden önce, soğutma işlemi için havuza girer. Havuzda soğutma yapılmasının nedeni çekme etkisini minimuma indirmek ve kesim sonrası sırtın çıkıştaki uzunluğunun istenilen düzeyde kalmasını sağlamaktır. Aksi takdirde çekme etkisinden dolayı uzunluk tutturulamaz.

Havuz sıcaklığını veya geçen malzeme sıcaklığını ölçen bir sistem bulunmamaktadır. Bazen havuzdan geçen ürünün tamamen soğuyamama durumu da oluşmaktadır. Soğuyamama durumundan dolayı sıcak kalan malzeme çekme yapmakta ve çıkan ürün yeniden kullanım ürünü olmaktadır. Havuz işleminden çıkan sırt son kontrol kantarına gelir. Burada çıkan sırtın ağırlığı ölçülür. Bu kantar verisi de ilk kantarda olduğu gibi gözle kontrol edilmektedir.

Kantar ekranından okunan ağırlık bilgisi yine manuel olarak, kâğıda alınan notlarla karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma ile malzemenin OK veya NOT OK olduğu sadece operatörün inisiyatifine bırakılmıştır. Bu durum ciddi kalite kontrol ve verimlilik problemlerine neden olmaktadır.

2.2.1.5. Ekstrüder sonrası istasyonlar

Kalender makinalarında kord ipine hamur kaplanır. Topuk makinasında lastik jantları için kullanılan metal parçaya hamur kaplanır. Orbit, büyük ebatlı lastik makinalarında ekstrüderden çıkan hazır sırt yerine, bant üzerine çeşitli katlarda sırt sarılmasında kullanılan hamuru üretir.

Bias makinasında kalenderden gelen kaplanmış kord bezi belirli açılara göre kesilir. Tüm bu parçalar lastik yapım makinalarında evlendirilir ve ham lastik oluşturulur. Ham lastik preslerde çeşitli kalıplarla pişirilir ve çıkan ürün kullanılan lastiğin son şeklidir. Kalite kontrolü ürün üzerinde yapılır. Soğuk kaplama bölümünde, harici olarak üretilen özel desenli lastik sırtı, pişmiş lastiğin üzerine özel bir teknikle yapıştırılır ve tekrar pişime gider.

3. DİJİTAL DÖNÜŞÜM TASARIMI

3.1. Dijital Dönüşüm Öncesi Tesis Yetkinliği

MESA Yetkinlik- Olgunluk düzeylerine (MESA WP53) göre, tesisin mevcut durumu aşağıda belirtildiği gibi 4 kalem olarak belirlenmiştir [67]. Mevcut altyapı seviyeleri[1] belirlenmiş ve özetlenmiştir:

1) Üretim: 2. Seviye, Yönetilen
2) Bakım: 2. Seviye, Yönetilen
3) Kalite: 2. Seviye, Yönetilen
4) Envanter: 2. Seviye, Yönetilen

Verilen altyapı kategorileri incelendiğinde güncel durumda, veriler güvenilir değildir ve işletim ile operasyonel metrikler arasındaki bağlantı tam olarak yerine oturmamıştır. Mevcut bilgi teknolojileri sistemleri gerçek zamanlı bilgi sağlayabilir durumda değildir. Analizlerin temelini oluşturan veriler elle toplanıp, Microsoft Excel dosyası olarak kaydedilmekte ve vardiya bazlı, günlük, haftalık, aylık gibi çeşitli frekanslarda raporlanmaktadır.

Tesisin dijital dönüşümünü tamamladığı gelecek durumda, Ar-Ge, üretim, kalite, bakım ve stok yönetimi birimlerinin kritik fonksiyonları MES yazılımı altında yönetilecektir.

Ürün yaşam döngüsü yönetimi, ürün reçete ve envanter yönetim sistemlerine bağlantılar, üretim planlama ve çizelgeleme, arıza bilgilerinin tek elden yönetilmesi, tüm metriklerin izlenmesi ve raporlanmasının otomatik hale getirilmesi ile birlikte, tesisin daha esnek karar verme kabiliyetine sahip olması beklenmektedir. Mevcut durumda bulunan belirsizlikler ortadan kalkacaktır. Bu sayede, dijital dönüşüm ile amaçlanan verimlilik hedeflerine kolayca ulaşılabilecektir.

[1] En yüksek olgunluk seviyesi 5 olarak belirlenmiştir.

3.2. İmalat Yönetim Sistemi

3.2.1. S4/HANA Veri Tabanı

SAP, daha önceden kullanılan R/3 veri tabanı yerine, yeni nesil S/4 HANA veri tabanını kullanmaya başlamıştır [68]. İmalat Yönetim Sistemi veri tabanı olarak S/4 HANA veri tabanını kullanmaktadır. SAP son yıllardaki enerjisinin büyük bir çoğunluğunu S/4 HANA veri tabanının geliştirilmesine harcamıştır. Bu geliştirme süreci sonunda ortaya çıkan Hana veri tabanının avantajları şunlardır:

- Hana veri tabanı mimari yapısı olarak bellek (memory) üzerinde çalışmaktadır. Tüm verileri bellek üzerinde tuttuğundan bellek hızının sabit disk hızlarına oranla çok yüksek olduğunu göz önünde bulundurursak S/4 HANA veri tabanı hızlı yapısıyla gerçeğe yakın hesaplamalar (Near Real Time Computing) yapabilmektedir.
- S/4 HANA büyük veri, hızlı cevap süresi ve toplam maliyet anlamında büyük yararlar sağlamaktadır. Bu konuları biraz açarsak;

Büyük verinin geleneksel veri tabanlarında işlenmesi sabit disk üzerinde tutulan verinin işlenecek kısımlarının belleğe alınıp ardından işlenmesine ve sonrasında diğer işlenecek verinin belleğe alınması ve işlenmesi şeklinde devam eden döngüsel bir sürece sahip olduğundan ve bellek ile sabit diskler arası veri transfer hızının düşük olması nedeniyle işlem hızları düşüktür. Ayrıca burada devreye tek seferde bellek alanını geçen verilerin belleğe alınıp işlenmesi işlemi girdiğinde bir tek sorgu için dahi buradaki giriş/çıkış (I/O) işlemlerinin süreleri çok uzamakta ve sistem kaynaklarını hızla tüketmektedir. Bu da sistemi kullanan diğer kullanıcıların hızlarını etkilemektedir. Hana veri tabanında ise tüm veriler bellek üzerinde tutulduğundan bellek ile sabit disk arasında giriş çıkış işlemlerine ihtiyaç duymamaktadır.

Hızlı cevap süresi veri tabanının işlemleri bitirme süresiyle yakından ilgilidir. İşlem süresini hızlı bitiren veri tabanları sorgulara daha süratli sonuçlar dönmektedir.

Toplam maliyet anlamında ise geleneksel yöntemlerle veri işlendiğinde oluşacak kapasite artışı ve verim sorunları toplam maliyet anlamında S/4 HANA veri tabanını ön plana çıkarmaktadır.

- S/4 HANA veri tabanının hızı diğer geleneksel veri tabanlarının hızının yaklaşık 3600 katıdır [69]. Bu da 50 terabayt verinin 0.04 saniyede işlenmesi anlamına gelmektedir.

- SAP, ERP yapısında oluşturduğu tüm yapıyı S/4 HANA üzerine almıştır ve S/4 HANA veri tabanı ile entegre olarak çalıştırabilmiştir.
- S/4 HANA birden fazla pasif paralel işlemci üzerinde çalışabilmekte ve Hadoop gibi veri tabanlarıyla entegre çalışabilmektedir.
- S/4 HANA veri tabanı bulut sunucular üzerinde ve mobil platformlarda çalışabilmektedir.
- S/4 HANA 4000'den fazla algoritmaya sahip analiz kütüphanesiyle önceden hazırlanmış kolay kullanılabilir analizler sunmaktadır.
- HTML5 üzerinde geliştirilmiş iPad uygulamaları doğrudan S/4 HANA veri tabanına bağlanabilmektedir. Bu Hana veri tabanının diğer sistemlerle etkili ve uyumlu çalışmasının bir örneğidir.
- S/4 HANA makineleri fiziksel ortamda elinizin altında durabilecek makineler olduğundan verilerinizle alakalı endişe etmenize gerek kalmaz.
- SAP Fiori yapısıyla birlikte SAP'nin en büyük eksiği olan kullanıcı ara yüzlerindeki kullanıcı dostu ara yüzü eksiğini de tamamlamıştır. Bu sayede daha az hamle yaparak daha fazla işlemi kolayca yapmak mümkün olmaktadır.
- S/4 HANA veri tabanı geleneksel veri tabanlarının aksine verileri satır temelli olarak değil kolon temelli olarak tutulduğundan kolonlar üzerinde yapılan toplama, çıkarma gibi işlemler daha hızlı sonuç dönmektedir.
- S/4 HANA veri tabanı birçok farklı kaynaktan verileri toplayabilir ve işleyebilir. Bunlardan bazıları gerçek zamanlı çoğaltma ile ERP verilerinin sisteme alınmasıdır. Bir diğeri "SAP Business Object" çözümlerinin sistemin içine alınmasıdır.
- Birleştirilmiş bilgi modelleme ve dizayn ortamıyla birlikte tüm veri modelleri tamamen sanal olarak oluşturulabilir ve detaylı operasyonel veri üzerinde hesaplamalarla modellenebilmektedir.
- Mevcut veri modellerinin basitleştirilmesi ve yeniden modellenmesi sağlanabilmektedir.

3.2.2. SAP ME yazılımı

SAP ME Modül, güçlü, şirket seviyesinde, ölçeklendirilebilir ayrık global üreticilerin üretimi ve imalat sahasını yönetebildiği ve kontrol edebildiği ve Endüstri 4.0'ın gerçekleştirebildiği bir endüstri çözümüdür. İş katmanı sistemlerini imalat sahasına

entegre eden ve bitmiş ürün ve ürün seviyelerini tekli ve çoklu kurulumlarla görebilmeyi sağlayan çok katmanlı çözümleri vardır.

3.2.2.1. Temel özellikler

SAP ME Modülü Endüstri 4.0 uyumlu, lot numarası tanımlayabilen imalat sahası çözümleri sunmaktadır. İzleme ve takip etme özelliklerini barındırır. Uyumsuzluk yönetimi ve anlık örnekleme yaparak, görsel test imkânı sunar ve onarım desteği sağlar. Entegre süreçlerde sıfır hata oranıyla çalışır. Operatörler için web tabanlı rol bazlı erişim ve kişisel çizelgeler sunar. "SAP ERP" ve "SAP Plant Connectivity" modülleri ile üretim sahasına kolay entegrasyon sağlanır.

3.2.2.2. İmalat yönetim sisteminin fonksiyonları

Ürün siparişleri ve üretim planlaması MES'in içerisinden alınır. Bileşen kabul/kontrol ve düzeltme işlemleri ve makine onay işlemleri buradan yapılır. Operatörlerin iş başı ve iş bitiş saatlerinin toplanması, operatör yönlendirme ve sertifika onaylama işlemlerinin yapılması, kaynaklara gönderilen kontrol verisinin yönetilmesi yine bu platform üzerinde gerçekleşir.

İzlenebilirlik ve seri üretimin sağlanması, envanter ve tüketim kontrolü, kalite kontrolü, veri toplama ve istatistiksel proses kontrolü, kaynak durumlarının incelenmesi, kusur, test, onarım, yeniden kullanım ve hurda kontrollerinin yapılması ve performans kontrollerinin yönetimi MES platformu üzerinden yapılır.

3.2.2.3. ME'nin fonksiyonları

ERP – İmalat sahası entegrasyonunu sağlayan yapıdır. İzlenebilirliğin etkin kılınmasında önemli bir rol oynar. Uyuşmazlık yönetiminin yapılması, iş gücü takibinin sağlanması, ürün transferinin sağlıklı bir şekilde yapılması, ürün ölçümlerinin yapılması gibi işlemler bu sistem üzerinden yürütülür. Üretim yöntemi değişimlerinin yönetilmesi, görsel şirket entegrasyonunun yapılması, test ve onarım, geri iade ve tamir gibi işlemlerin yürütülmesinde rol oynar. Gerçek zamanlı istatistiksel proses kontrolünü sağlar. Makine entegrasyon katmanı (PCo) ile sahadan verilerin kolayca alınmasına olanak sağlar.

3.2.2.4. Yönlendirme motoru (Routing engine)

Bileşenlerin ve ürünün süreç boyunca takibinin kontrolünü sağlar. Gerçek zamanlı verilere kontrol ve sayısal mantık kontrolü ekler. İş kuralları ve sonuçlarına göre ürünleri otomatik olarak yönlendirir. ECC (ERP Merkezli Bileşen-SAP'nin bir önceki nesil ERP yazılımıdır) ile entegre raporlama ve güncel yönlendirme yapabilmektedir.

Bu özellikleriyle yönlendirme motoru; gerçek zamanlı durumları izleyerek üretim sürecini güçlendirir ve üretim sürecindeki farklılıkları azaltır. Üretim nesnelerinin ve kurallarının stabil bir şekilde kullanılmasını sağlar. Tek bir yönlendirmede çoklu senaryoları içinde barındırarak mühendislik maliyetini azaltır.

3.2.2.5. Operatörler için ayarlanabilir kullanıcı ara yüzü

Ayarlanabilir kullanıcı ara yüzleri seri ve lot bazlı takibi mümkün hale getirmektedir. Reçeteler, bileşenler ve girilen veriler tek bir ekranda gösterilmektedir. Ürünün bitirilebilmesi için gerekli tüm adımlar gösterilmektedir. Ayrıca karşılaşılan uyumsuzluklar göstermekte ve kayıt altına almaktadır.

Ayarlanabilir kullanıcı ara yüzünün sahip olduğu bu özellikler ile birlikte; yapılabilen ayarlamalarla müşterinin süreç ve akış ile ilgili istekleri karşılanabilmektedir. Hem yüksek hacimli üretimlerde hem de montaj kısmında çok katmanlı üretim desteklenmektedir. Böylece hatalar azaltılmakta ve kalite artırılmaktadır. Kâğıt kullanmadan imalat sahasını yönetmek mümkün kılınmaktadır.

3.2.2.6. Zemin stok yönetimi (Floor stock management)

Zemin Stok Yönetimi Sistemi, depolama alanlarını belirlenmesi ve henüz depolanmamış malzemelerin takip edilebilmesinde rol oynamaktadır. Henüz depolanmayan malzemelerin yerleri görüntülenebilir ve envanter numaraları ayırt edilebilir. Henüz depolanmamış ürünler ile ilgili bilgiler raporlanabilmektedir.

Zemin Stok Yönetimi'nin bu özellikleri sayesinde, malzeme ikmalleri hızlanmaktadır ve henüz depolanmamış küçük miktarlardaki malzemelerin yer değişimleri takip edilebilmektedir. Mevcut depolanmamış malzemelerin farklı depolara esnek bir

şekilde dağıtılabilmesi sağlanmaktadır. İmalat sahasında bulunan henüz depolanmamış ürünler anlık olarak görülebilmektedir.

3.2.2.7. Üç boyutlu reçete

ME reçete hazırlama özelliği ile iki ve üç boyutlu reçeteler hazırlanabilmektedir. Karşılıklı etkileşime açık modeller, animasyonlar ve videolar desteklenmektedir. Reçete revizyonu ve etkinlik kontrolü yapılabilmektedir. Reçete yapısına üretim araçları eklenebilmektedir. Belirlenen alarmlarla birlikte otomatik modda çalışılabilmektedir ve manuel çalışmalar da kayıt altına alınabilmektedir.

Sistemin bu özellikleri sayesinde, daha fazla detaya sahip olunmaktadır. Böylece hakim olunan detaylı veri sayesinde hataların azaltılması sağlanır. Kağıtsız bir şekilde imalat sahasının yönetimini sağlanır. Daha hızlı anlama mümkün kılınarak, öğrenme eğrisi azaltılır. Doküman kontrolün kayıt altına alınır.

3.2.2.8. Uyumsuzluk kontrolü

Bir süreçteki hatalar manuel ya da otomatik olarak kayıt altına almaktadır. Uyumsuz süreç ya da malzeme kontrol edilir. Otomatik olarak süreçleri durdurma ya da yönlendirme yapılabilmektedir. Analitik ya da iş katmanıyla ilgili kurallar tanımlanabilmektedir. Böylece kötü mamulün gözden kaçmasını engellenmektedir. “SAP QM” (Kalite yönetimi) modülüyle uyumlu çalışmaktadır.

Uyumsuzluk kontrolünün bu özellikleri sayesinde, uyumsuzluk kayıt sisteminin kullanımı kolaylaşmaktadır. Süreç ve iş kuralları güçlendirilmektedir ve uyumsuzluklar gösterilmektedir. Yaşanan uyumsuzluklardan stabil bir şekilde veri alınabilmektedir.

3.2.2.9. Görsel test ve tamir

Görsel test ve tamir özelliği sayesinde hatalar grafik olarak kayıt altına alınabilmektedir. Modellere mekânsal bilgiler eklenebilmektedir. Uyumsuzluk hiyerarşisi tanımlanabilmektedir ve bir uyumsuzluk tanımı altında birden fazla hata gösterilebilmektedir. Hata ve özür kodu ile tanımlanabilir veri toplanmaktadır. Hata ve özürler onay sürecinden geçmektedir.

Görsel test ve tamirin bu özellikleri sayesinde, hatalı verinin kalite analizi daha iyi yapılabilmektedir. Hata oranları azaltılarak kazanç elde edilmektedir. Dijital ürünlerin tekrar kullanılabilmesi sağlanabilmektedir. Giriş hataları azaltılmaktadır ve önceki hataların anlık analizleri yapılabilmektedir.

3.2.2.10. Bileşen kullanımı takibi

Bileşen kullanımlarının takibi ile hatalı bir bileşen tespit edildiğinde o bileşenle üretilen tüm ürünler bulunabilmektedir.

3.2.2.11. MII iSPC grafikleri ile istatistiksel proses kontrolü

MII iSPC Grafikleri ile İstatistiksel Proses Kontrolü sayesinde gerçek zamanlı istatistiksel proses kontrolü yapılır. Trend ve değişimler kontrol edilir. Birden fazla SPC grafik tipi desteklenmektedir. Trend alarmları oluşturabilmektedir. Analitik SPC ve Proses kontrol yeterliliği gösterilir.

Böylece analizlerde daha kaliteli sonuçlar alınabilmektedir. Ürün ve süreç analizlerle geliştirilebilmektedir. Ürün ve süreçte görülen hatalar azaltılabilmektedir. Kapasite artırılabilmekte, OEE ve kazançlar iyileştirilebilmektedir. Kalite maliyeti azaltılabilmektedir.

3.2.2.12. Yetenek sertifikasyonu

Yetenek sertifikasyonu özelliği ile bir görevi kimin başarabildiği kontrol edilmektedir. Yetenek sertifikasyonu tek bir yerden yapılmaktadır. “SAP” HR (İnsan kaynakları) modülü ile birlikte çalışmaktadır. Sertifikasyon kalıcı olarak uzatılmaktadır. Zaman aşımları ya da by-pass durumlarında alarmlar oluşturulmaktadır.

Böylece enspektörler ve kalite mühürleri kontrol edilebilmektedir. Doğru insanın işi gerçekleştirmesi sağlanmaktadır. Potansiyel hatalar azaltılmaktadır. Aktivite kayıtları ile hareketler izlenebilmektedir.

3.2.2.13. Alet yönetimi

Alet Yönetimi ile, aletler ve kullanımları izlenmektedir. Aletlerin durumu yönetilmektedir. Kalibre edilmiş aletlerin kullanılması sağlanmaktadır. Alet ve alet

kitleri tanımlanmaktadır. Aletlerin bakımları için “SAP PM” modülü ile entegre olunabilmektedir.

Böylece, her zaman kalibre edilmiş aletlerle çalışılması sağlanmaktadır. Hangi ürün üzerinde hangi aletin kullanıldığı takip edilebilmektedir. Bu sayede operasyonun zorluğu azaltılabilmektedir. Entegre olmuş süreçler tasarlanabilmektedir.

3.2.2.14. Faaliyet raporları

Kullanıcıların yaptığı müdahaleler zaman ve süre olarak kayıt altına alınır. Filtrelerle detaylı aramalar yapılabilir. Detaylı ve özel rapor hazırlama kabiliyeti bulunmaktadır.

3.2.2.15. Operatör verilerinin toplanması ve yönetimi

Operatörlerin çalışma zamanları sisteme alınmaktadır. Amir onayıyla birlikte sistemdeki operatöre ait kayıtlar görülebilir, düzenlenebilir ve eklenebilir. ERP sistemine entegre olunarak ödemelere ilişkin çalışma kayıtları gönderilmektedir.

3.2.2.16. Planlı sipariş güncelleme ara yüzü

SAP ERP sisteminden SAP ME sistemine miktar değişikliği gibi planlı sipariş değişiklikleri gönderilebilmektedir. Böylece, sipariş değişimine çabuk reaksiyon sağlanabilmektedir. Üretim verimliliğinin en yüksek değere çıkarılması sağlanır.

3.2.2.17. Ürün hareketleri

Kullanılan tüm malzeme ve miktarlar SAP ERP sistemine gönderilmektedir. Planlı siparişler için geri besleme yapılmaktadır.

3.2.2.18. Zamana duyarlı malzemeler

Mühendislik ana verisinin kontrolü saplanmaktadır. Malzeme kontrolü ve kullanımı takip edilmektedir. Malzeme girdi çıktısı kontrol edilmektedir. Operatörler zamanla ilgili konularda bilgilendirilmektedir. Malzeme süreci kayıt altına alınmaktadır.

Böylece, malzeme kayıpları azaltılabilmektedir. Uyumluluk garanti edilebilmektedir. Tamamen entegre süreçler tasarlanabilmektedir. Endüstriyel ve yasal süreçlere uyum sağlanabilmektedir.

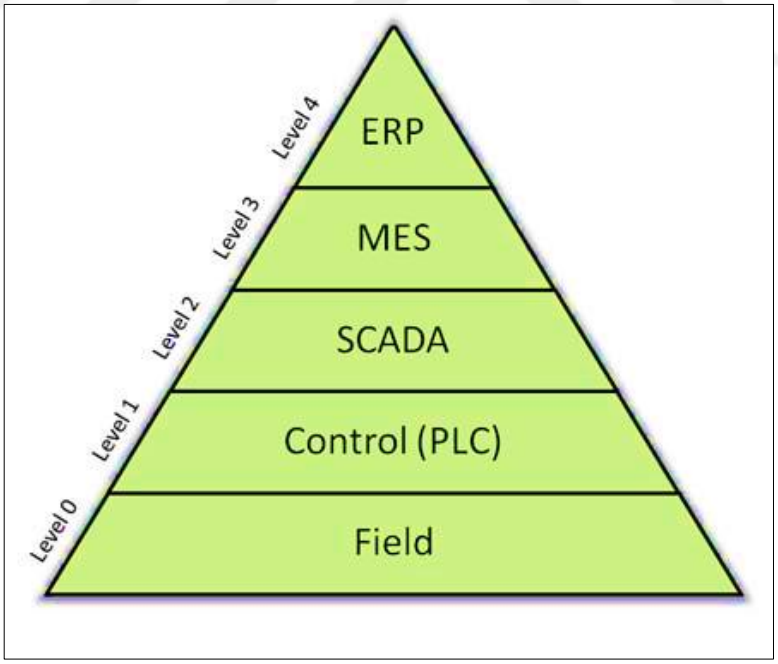
3.2.2.19. Mühendislik değişme süreci

ECO ile mühendislik ana verisinin değişimi kontrol edilmektedir. Değişikliklerin yayılması ve uygulanması sağlanmaktadır. Tut-bırak işlemleri otomatik olarak uygulanabilmektedir. ECO raporları tutulmaktadır. Operatörler değişiklikler hakkında bilgilendirilmektedir.

Böylece, değişikliklerin etkisi azaltılabilmektedir ve değişiklik yayınlama süreci hızlanabilmektedir. Otomatik ya da manuel yayınlama yapılabilmektedir. Değişiklik ve etkiler kayıt altına alınabilmektedir. Endüstriyel ve yasal uyumluluk sağlanabilmektedir.

3.3. Sistem Tasarımı

Tasarlanan dijital dönüşüm sistem yapısında, ISA-95 otomasyon piramidi [70] üzerinde de belirtilen hiyerarşik yapıların bir benzerinin kurulması esası benimsenmiştir.



Şekil 3.1. ISA-95 piramidi

Şekil 3.1'de gösterilen ISA-95 otomasyon piramidini özetleyecek olursak, ilk aşamada sahadan veriler sensörler, indikatörler vb. cihazlar yardımıyla toplanır ve PLC

sistemine aktarılır. PLC'de toplanan bu veriler SCADA üzerinden izlenebilir ve kontrol edilebilir.

Bir üst katmanda MES sistemi, SCADA ve PLC katmanları ile entegre olur. MES sistemi, SCADA sisteminden gerçek zamanlı veriler, sistem parametreleri işlem kuralları, statik veriler gibi çeşitli varlıkları işleyebilen bir veri tabanına bağlanır [71]. En üst katmanda ERP üzerinden tüm hesaplamalar saha verilerine dayalı olarak yapılabilir. MES katmanında SAP ME/MII entegrasyonu ile aşağıda belirtilen hedeflerin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır:

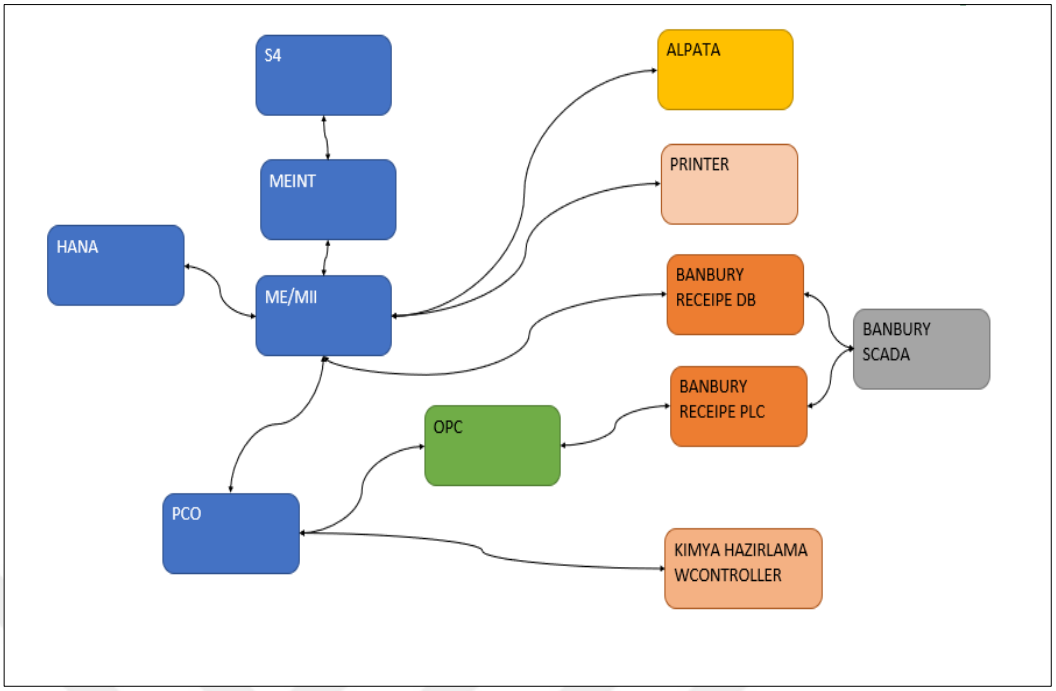
- Üretim planlama faaliyetlerinde verim artışı,
- MES'in tedarik zincirine dahil edilmesi,
- Darboğazların görülmesi ve giderilmesi,
- Performans artışı,
- İsrafın azaltılması,
- Sistemlerin entegre bir şekilde çalışarak uçtan uca izlenebilirliğin sağlanması,
- Etkin reçete yönetimi yapısının kullanılabilmesi.

Veri toplama, imalat yönetim sistemlerinin doğru bir şekilde uygulanması için esastır. Geleneksel kâğıt bazlı operasyon tarzı, genellikle hataya açıktır [72]. Tasarlanan sistemde hayata geçirilen değişiklikler, bu türden hataların önüne geçilmesi için planlanmıştır.

ME/MII yazılımı üretim operatörlerinin SAP sistemi ile haberleştiği saha ön yüzlerini oluşturmaktadır. Kullanıcıların işlerini her noktada kolaylaştıracak olan bu önyüzler, makinalardan gelen verilerle entegre edilerek kullanıcılara iş emri başlatma, üretim fazlarını yönetme, fire girişi yapabilme ve üretim teyidi verebilme imkanlarını sunmaktadır. SAP ME / MII'a PLC ve SCADA yazılımı ile aktarılan makine ve operasyon verileri gerçek zamanlı olarak kayıt edilmektedir.

3.3.1. Tasarlanan sistem çalışma yapısı

Banbury sürecinde kullanılacak olan İmalat Yönetim Sistem çalışma yapısı aşağıda Şekil 3.2.'de görülen diyagram üzerinden sağlanmaktadır.

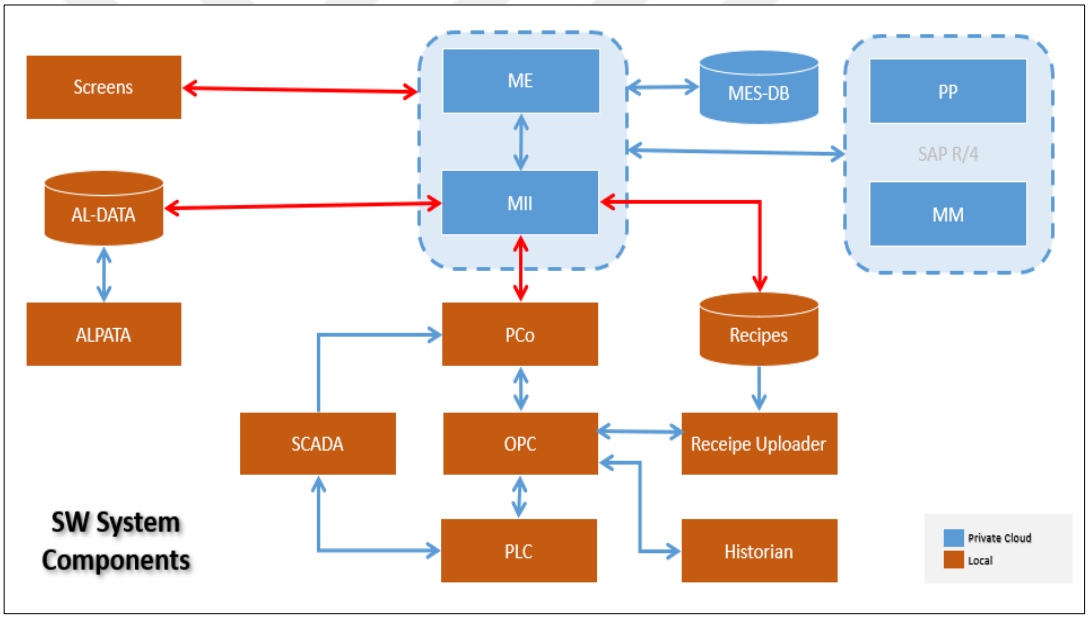


Şekil 3.2. İmalat yönetim sistemi çalışma yapısı

İmalat Yönetim Sistemi yapı olarak iki farklı yerde çalışmaktadır. Bunların biri bulut hizmetinin üzerinde koşan bulut sunucuları ki bunlar diyagramda mavi renkle gösterilmiştir diğeri ise laboratuvarda bulunan sunucu odasındaki iş istasyonu bilgisayarıdır. Turuncu renkle gösterilen Banbury RECEIPE DB denilen veri tabanı ve yeşil renkle gösterilen OPC bu makine üzerinde çalışmaktadır. Bu makinenin üretimin devamlılığında oynadığı rol şudur: Bulut sunucularında çalışan sistemlere network bağlantısı ya da herhangi bir sebeple bağlanılamadığında sabahtan verilen iş emirlerini bu bağlantıya ihtiyaç duymadan bu makine üzerinden çalıştırabilecektir. Böylece sistemsel bağımlılıklar en aza indirilmiştir. Bu makine üzerinde ayrıca PLC'lerdeki sensor verilerini anlık olarak toplayacak Historian veri tabanı kurulmuştur. OPC ve PCO yazılımları da bu makine üzerinde çalışmakta olup, bulut üzerinde çalışan ME/MII ile banburylerin haberleşmesini sağlamaktadır. ALPATA'daki barkod okutma ve ürünlerin üretime alınması işlemi yeni barkod okuyucular üzerinden yapılmaktadır. ALPATA ile entegrasyon konusunda gerekli çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca Planlama Birimi'nin yaptığı depo talepleri ERP üzerinden yapılmaktadır ve bu depo talepleri ALPATA sistemine aktarılmaktadır. Bu süreçte Banbury SCADA sistemi ile ortak kullanılan reçete veri tabanı tasarlanmıştır. SCADA ile ilgili detaylı anlatım ilgili bölümde yapılacaktır. İmalat Yönetim Sistemi veri tabanı olarak S/4 Hana veri tabanını kullanmaktadır.

3.3.1.1. ME / MII entegrasyonu

İnşa edilen dijital dönüşüm tasarımında; makinelerin üretim reçete bilgileri, ürün ağaçları, malzeme bilgileri, hammaddelerin depo girişinden itibaren takibi ve planlama verileri SAP ERP sisteminde bulut üzerinde S4/HANA veri tabanında tutulmaktadır. İşletme ARGE birimi reçeteleri ERP üzerinden girmekte ve gerekli güncellemeleri ERP üzerinden yapmaktadır. Ayrıca ERP üzerinde tutulan aktif reçete yapısı sayesinde planlama yapılması esnasında ihtiyaç duyulan hammaddelerin hesaplanması ve kontrolü daha sıkı yapılabilmektedir. ME/MII katmanında bu verilerin çağırılması ve işlenmesi, makinelere ait bazı diğer çalışma bilgilerinin tutulması ve makinelerin çalışmasının etkin bir şekilde kontrol edilmesi planlanmaktadır. Şekil 3.3'te sistem kurgusu gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Tasarlanan sistem kurgusu

Bu kurguda, bulut üzerinde SAP ERP katmanında tutulan ve ME/MII katmanı ile kontrol edilen ürün reçetelerinin doğrudan PLC'ye yazdırılması planlanmıştır. ME/MII katmanından gelen veriler doğrudan PLC'ye OPC server üzerinde bulunan PCo vasıtasıyla yazılacaktır. SCADA mevcut ünite izlenebilirliğini sağlamaktadır ve operatörlere makine şematiği üzerinde canlı durumu göstermektedir. SAP sistemlerinin çalıştığı durumda SCADA üzerinden ürün reçetesi gönderilmemektedir. Mevcut yapının izlenebilir duruma getirilmesi, makine fonksiyonlarının ve MES

sisteminin daha etkin kullanabilmesi için, otomasyon altyapısı yenilenerek, süreçlere uygun yeni yazılım ağı oluşturulmuştur.

ME/MII katmanında veriler bulut üzerinde bulunan SAP S/4 HANA veri tabanında tutulmaktadır. PCo/OPC yerel veri tabanı alanında Historian veri tabanı da tanımlı olup, anlık saha verileri alınmaktadır. Historian veri tabanının kullanılmasının amacı; anlık basınç, sıcaklık gibi verilerin yerel olarak bu veri tabanında tutulması ve buluta yani S4/HANA veri tabanına çıkmadan makine izleme fonksiyonlarının yerine getirilmesinin sağlanmasıdır.

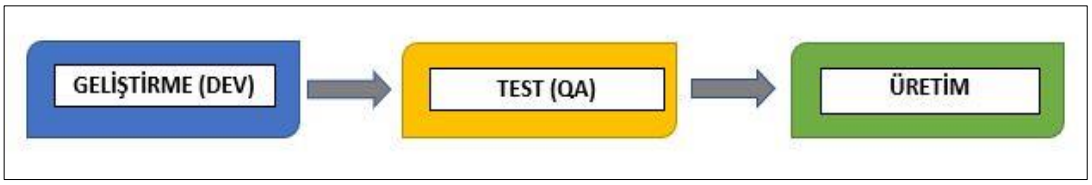
SCADA'nın yapı üzerindeki işlevi makinenin anlık durumunu operatörlere göstermenin yanı sıra ME/MII bağlantısının koptuğu durumlarda yeni reçete seçilebilmesidir. SCADA'nın bu işlemi yapabilmesi için; yerel ağ üzerinde tutulan bir veri tabanı üzerinde güncel reçete bilgileri tutulmaktadır. Bunu sağlamak için, ME/MII katmanında reçete bilgisi değiştirildiği anda yerel ağa senkronize olunarak ilgili veriler yerel ortamda bulunan bu veri tabanına da yazılmaktadır. Bu sayede ME/MII bağlantısının bulunmadığı durumlarda makinanın çalışması sağlanmaktadır. Bulut sunucularında çalışan sistemlere ağ bağlantısı sorunu ya da herhangi bir sebeple bağlanılamadığında, önceden verilen iş emirleri bulut bağlantısına ihtiyaç duyulmadan çalıştırabilmektedir. Böylece sistemsel bağımlılıklar en aza indirilmiştir. Kurgulanan bu yapıyla alternatif reçete ve ürün ağacı yapısıyla birlikte, hammadde değişkenliklerinde izlenmesi gereken reçeteler yönetilmektedir ve hammaddelerin ürün üzerindeki etkileri etkin bir şekilde gözlemlenebilmektedir.

3.3.1.2. Bulut yapısı

Tasarlanan yapıda, kullanılan sunucular bulut teknolojisi üzerinde konumlandırılmıştır ve fabrikadaki ağa side-to-side VPN ile bağlanmıştır. Böylece bulut üzerindeki sunucu, fabrika içerisinde çalışan sunucularla sanalda aynı katmana getirilecektir. Aralarında kurulan Firewalllar sayesinde iki ağ arasında güvenlik açıkları minimuma indirilmiştir.

Şekil 3.4'te de görüldüğü üzere, bulut yapısı üç katman üzerine kurulmuştur: Sistemin geliştirmelerinin yapıldığı DEV (Geliştirme) katmanı, geliştirilen uygulamaların ve verilerin denendiği QA (Test) katmanı ve canlı sürümün kurulduğu Prod (Canlı)

katman. Bu katmanlardan ilk önce DEV katmanı kurulur ve buradaki işlemler bitince DEV'in yanına QA de kurulur. Testlerden sonra Prod katmanı da kurulur. Çalışmanın sonunda üç katman da aynı anda çalışır durumda olmaktadır. Böylece yapılan yazılım ve geliştirmeler canlı ortamı etkilememektedir. Yeni geliştirmeler önce DEV ortamında geliştirilmekte, ardından QA ortamında verilerle test edilmekte, son olarak da Prod ortamına aktarılmaktadır.



Şekil 3.4. Bulut organizasyonu

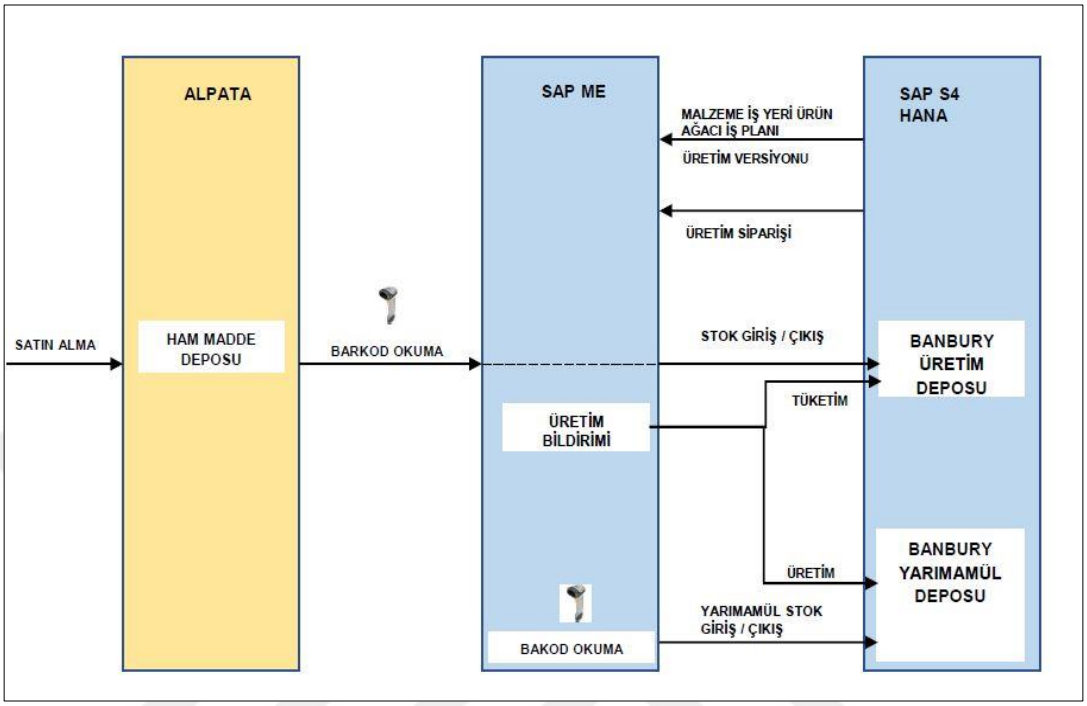
Her katman içerisinde S4/HANA veri tabanının olduğu Suse Linux tabanlı bir sunucu bulunmaktadır. Veri tabanının çalıştığı sunucu bu sunucudur. Yine her katman içinde birer adet S4/HANA uygulama ve MII uygulama sunucusu bulunmaktadır. Bu sunucular üzerinde uygulamalar koşmakta olup, veri tabanına kullanıcılar doğrudan bağlanamamakta, ancak belirtilen işlemleri yapmak üzere bu sunucular üzerinden bağlanabilmektedirler. Bu sayede katmanlı yapıyla veri tabanı güvenliği sağlanmaktadır. Ayrıca SAP sistemine uzaktan erişimler için bir nevi dağıtıcı görevi gören SAP'nin özel yazılımı olan SAP Router yazılımı ayrı bir sunucu üzerine kuruludur.

3.3.1.3. Proses izleme ve kontrol ara yüzü

Tasarlanan sistemde, izlenebilirliğin sağlanması amacıyla birtakım önlemler alınmıştır. Barkodlar, veri toplama ve envanter kontrolü amacıyla otomatik tanımlama için birçok endüstriyel üründe yaygın olarak kullanılmaktadır [73]. Tasarlanan sistemde de hammadde girişinden çıkan son ürüne kadar barkod ile takip yapılmaktadır. Banbury hammadde depoya malzeme girişi ve tasarlanan yapının organizasyonu Şekil 3.5'te verilmiştir.

İşletmede kurulu ALPATA sistemi üzerinden, hammadde deposundan barkodu okutularak çıkarılan hammaddeler, banbury hammadde kabulüne gelir. Burada okutulan barkodlar SAP ME sistemi üzerinde tanımlanır. Gelen malzemeler barkod okutularak sistem üzerinde Banbury Üretim Depoya aktarılır. Banbury çalışırken

tüketilecek hammaddeler buradan düşülür ve çıkan yarı mamül hamur Yarımamül depoya aktarılır.

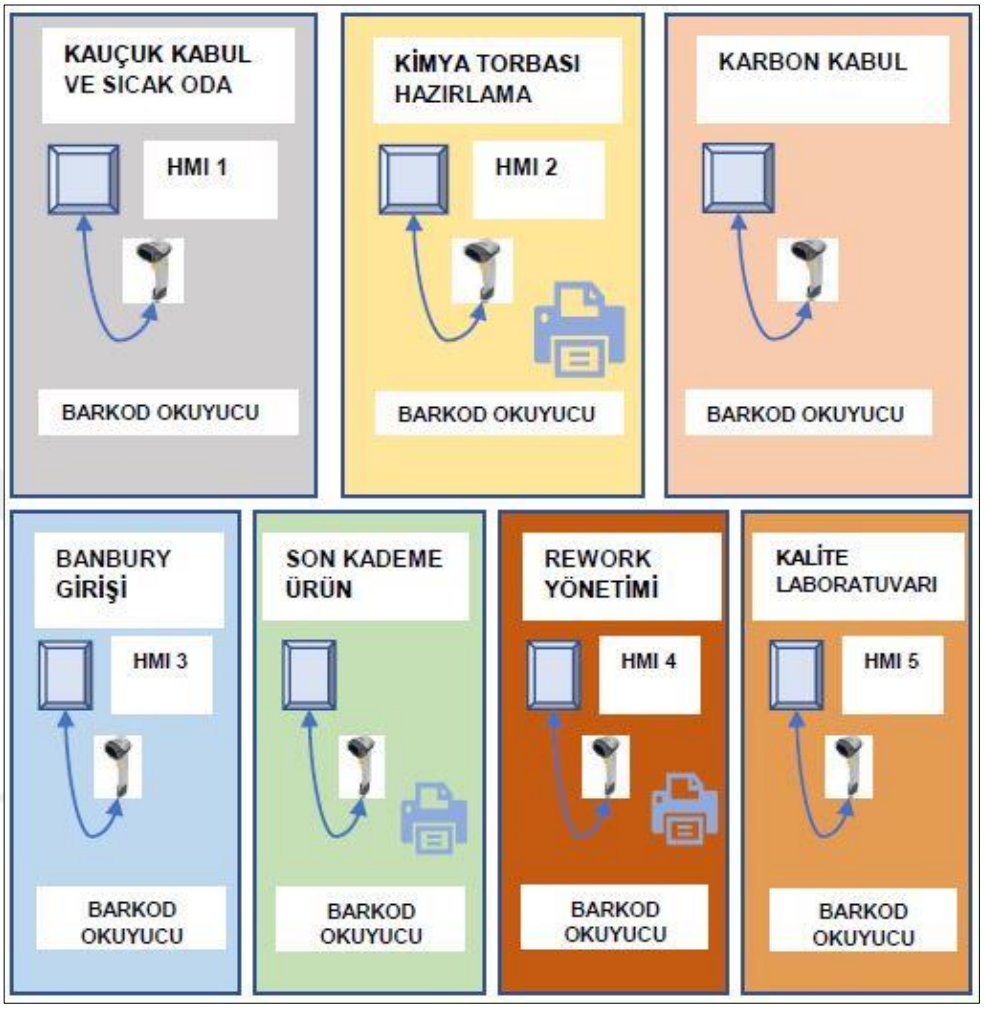


Şekil 3.5. Malzeme girişi barkod organizasyonu

Hammadde girişi, hazırlanması, yüklenmesi ve sonraki işlemler ile ilgili tasarlanan yapı Şekil 3.6'da verilmiştir. Hammadde ambarına giren kauçuk barkod okutularak ME sistemine tanımlanır. Doğal kauçuk hammaddeleri sıcak odaya girmek ve bir gün burada beklemek zorundadır. Doğal olmayan kauçuklar banburyde kullanılmaya hazırdır. Sıcak oda takibi barkodla yapılamaktadır. Süresi dolan kauçuk odadan çıkarılmaktadır. Burada FIFO (First in First out) mantığı benimsenmiştir. Kimya hazırlama odasında hazırlanan paketler ME sisteminde reçetelerine göre tanımlanır ve barkodlanır. Makinada dozajlanacak olan karbon çuvallarının da depo girişinde ve malzeme yüklemesinde barkod kontrolü yapılır.

Banbury girişinde, miksere gitmek için konveyör üzerinde tartılacak olan hammadde kontrolü barkod sistemi ile yapılır. Yanlış malzeme atılmasının önüne geçilir ve geriye dönük takip sağlanmış olur. Son kademe çıkan ürünler barkodlanır ve el terminaliyle barkodlar okutup bilgiler sisteme aktarılır. Tamir ekranı, yeniden kullanım ürünlerin tekrar kullanımının takibi için tasarlanmıştır. Bu ürünlerin takibi de barkodlama

yöntemi ile yapılır. Laboratuvara gelen numuneler barkodlanarak kaydedilir. Böylece çıkan sonuçlar numune alınan batch ile ilişkilendirilir.



Şekil 3.6. Hammadde barkod ve el terminali ile kontrol yapısı

3.4. Sistem Kontrolü ve Yönetimi

3.4.1. MES uygulamaları

3.4.1.1. Depo-ham madde alım

MII İmalat Entegrasyonu ve Zekası modülü üzerinde çalışan depo-mal hareketlerinin sisteme aktarılması için ekran tasarımı yapılmıştır. Fabrika bünyesinde kullanılmakta olan mevcut ERP yazılımı olan NETSİS ve bu yazılımın saha işlerini yöneten alt uygulaması olan ALPATA yazılımı ile, önerilen sistemin entegrasyonunun yapılabilmesi için birtakım sayfalar tasarlanmıştır. Bu sayfaların ilki depo mal hareketlerinin yapıldığı ekran sayfasıdır. ALPATA sistemi üzerinde tutulan ana depo

ürünlerinin üretime içerisine çekilmesi yine ALPATA sistemi üzerinden olmaktaydı. Tasarlanan sistemde, bu adımda ALPATA yazılımı kaldırılmış ve bu ekran üzerinden SAP ortamına alımlar tanımlanmıştır.

Operatör ilgili ekran üzerinden üretime gönderilen paletlerin barkodlarını okutmaktadır ve bir listeye atmaktadır. Liste üzerinde yapılan kontroller ile üretime gönderilen miktar ve alınan miktar kontrol edilmektedir ve SAP ERP sistemine aktarılmaktadır. Burada operatör son ana kadar okuttuğu paletleri silebilmektedir. Sisteme aktarma işlemi topluca yapılmaktadır. Sistem hem okutulan paletleri SAP ERP sistemine almakta hem de ALPATA sistemi devreden kalkana kadar ALPATA ortamındaki bütünlüğü bozmamak adına ALPATA veri tabanı tablolarına gerekli güncellemeleri yapmaktadır. Operatör el terminali ekranı Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Operatör el terminali depo ekranı

3.4.1.2. Geliştirme aşamaları

Arka planda, ALPATA sistemi ile İmalat Yönetim Sistemi entegrasyonu için ALPATA üzerinde viewları hazırlanmıştır. Mevcut durumda kullanılmakta olan NETSİS ve ALPATA ERP sistemi ile entegre olabilmek için ALPATA sistemi üzerinde veri tabanı viewları oluşturulmuştur. MII-İmalat Entegrasyonu ve Zekası modülü tarafında ALPATA stokunun okunarak S4/HANA veri tabanına transfer edecek backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) yazılmış ve günlük olarak çalışması için planlayıcı tanımlanmıştır. MII-İmalat Entegrasyonu ve Zekası modülü tarafında oluşan malzeme taleplerinin ALPATA sistemine aktarılması işlemi hazırlanmıştır. Böylece, SAP ERP sistemi üzerinde oluşturulan talep bilgileri doğrudan ALPATA sistemi veri tabanlarına aktarılmaktadır. Bu sayede depo tarafında ALPATA sistemini kullanan depo personeli de bu talepleri görebilmektedir. Bu işlem için ALPATA sistemi üzerinde veri tabanı tabloları hazırlanmıştır.

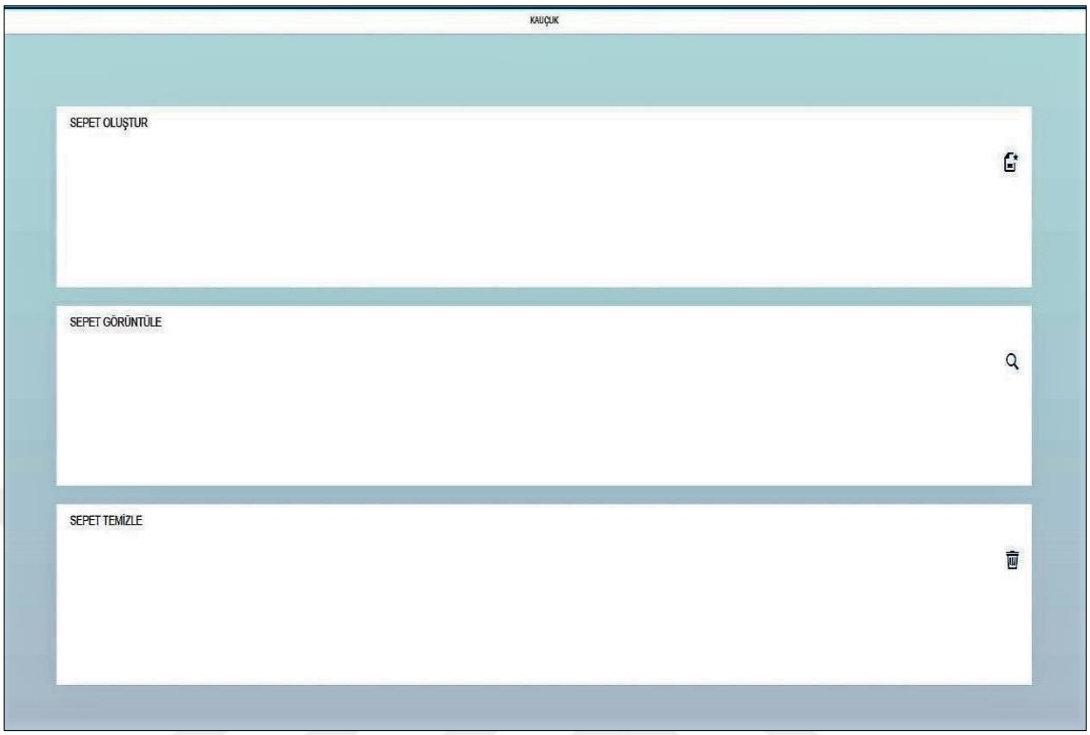
Operatör Ekranlarının backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) yazılmıştır. Bu fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan ekran görüntüsü alınmamıştır.

Depo mal hareketleri ekranı ile SAP yazılımı arasındaki RFC testi yapılmıştır. Depo mal hareketleri için tasarlanan ekran üzerinden gönderilen barkod bilgilerini SAP MII ara yüzündeki kod blokları ile SAP ERP sistemi üzerine gönderen RFC'ler test edilmiştir. Bu fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan ekran görüntüsü alınmamıştır.

3.4.1.3. Kauçuk

Makinelere hammadde olarak giren kauçukların takibi için, depoya alım yapıldıktan sonra üzerine alındığı metal sepetlere, metal benzersiz QR barkodlar yapıştırılmıştır. Bu sepetlere depodan gelen bir ya da birden fazla palet kauçuk yüklenebilmektedir. Bu kapsamda, sepetin ağırlık sınırını sanal ortamda da aşmayacak şekilde bir ekran üzerinden aynı üründen en fazla 3 palet ya da 1500 kg ağırlığa gelecek kadar palet bir sepetin içine aktarılabilmektedir. Burada kauçukların izlenebilirliğini kaybetmemek için, aynı stok koduna sahip olsa bile farklı lot numaralı ham maddeler aynı sepete eklenememektedir.

Aşağıdaki Şekil 3.8'de verilen ekran kauçuk paletlerinin sepetlere aktarıldığı ekrandır.



Şekil 3.8. Sepet aktarım ekranı

3.4.1.4. Sıcak oda

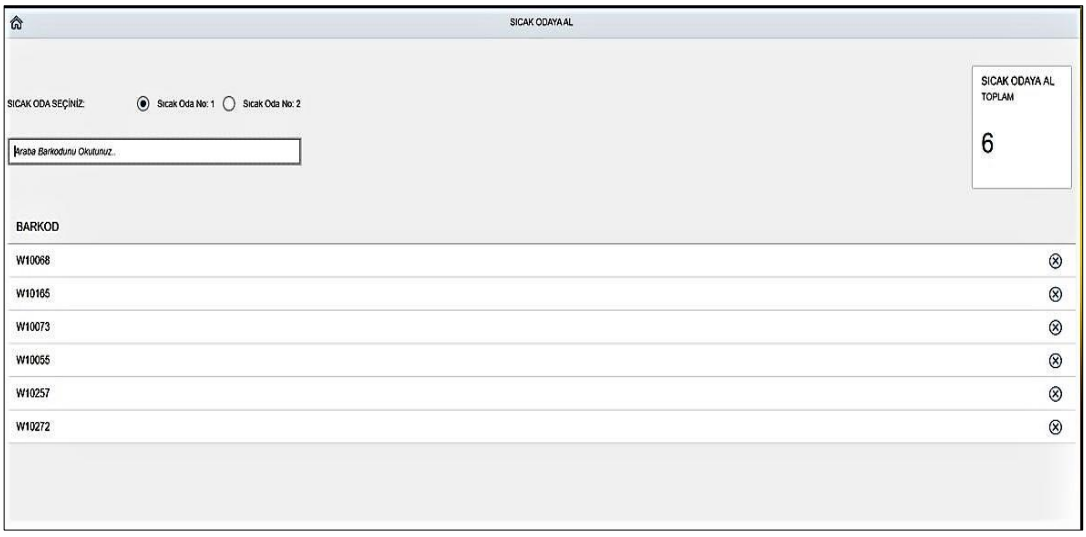
Banbury prosesi yapısı gereği içerisinde doğal kauçuk bulunduran bir prosestir. Bu sebeple kullanılacak olan doğal kauçukların belirli zamanlar dahilinde sıcak odada bulunması gerekmektedir. Doğal kauçukların bekletildiği sıcak oda işlemleri için düzenlemeler yapılmıştır. Sıcak odaya giren kauçuklar 24 saat beklemelidir. Bu sistemi organizasyonu yönetmek için el terminali ekranlarının tasarımı yapılmıştır.

Sıcak oda için kullanıma sunulan barkod okuyucular ile kauçuk sepetlerinin barkodları okutulmaktadır. Sıcak odada 24 saatten az kalan sepetlerin çıkmasına izin verilmemektedir. Malzemeler sıcak odadan çıktığında çıkış tarihleri sepetlere atanmaktadır. Mevsime göre değişen soğuma süreleri tanımlanır. Bu süre içinde kullanılmayan sepetler "kullanılamaz" olarak tanımlanmaktadır. Örnek vermek gerekirse, yaz mevsiminde kauçukların sıcak odadan çıktıktan sonra 4 saat içinde soğuyacağı bilindiğinden sıcak oda çıkışından itibaren 4 saatte kullanılmayan kauçuklar "kullanılamaz" olarak atanmakta ve yeniden sıcak oda prosesine gönderilmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.9'da sıcak oda ana ekranı gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Sıcak oda ana ekranı

Sıcak oda işlemleri için backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) yazılmıştır. Sıcak odaya alınan kauçukların 24 saat bekleyip beklemediğini kontrol eden arka plan kodları yazılmıştır. Şekil 3.10'da gösterilen sıcak odada bekleyen hammaddelerin görüldüğü ve çıkış zamanlarının kontrol edildiği ekran tasarlandı. Bu ekranlar sıcak oda istasyonunda bulunan bir bilgisayar üzerinde görüntülenmektedir.



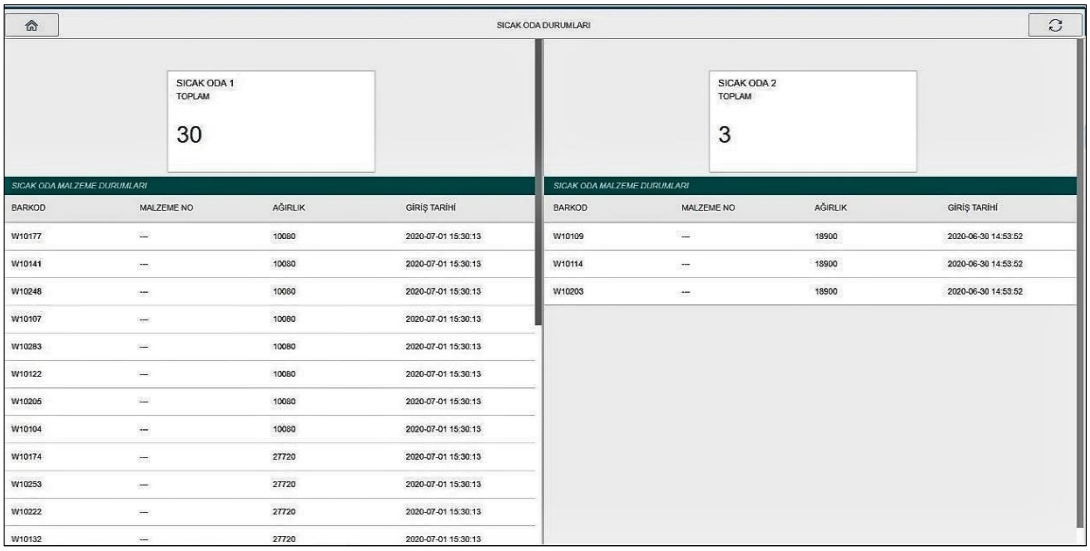
Şekil 3.10. Sıcak oda bekleme durumu ekranı

Şekil 3.11'de sıcak oda barkod okutma ekranı gösterilmiştir. Okutulan barkodlar anlık olarak burada gösterilmektedir. Daha sonra "Sıcak odaya al" butonu ile topluca sıcak odaya alma işlemi yapılmaktadır.



Şekil 3.11. Sıcak oda barkod okutma ekranı

Şekil 3.12'de sıcak odaya alınan kauçukların genel durumu görüntülenmektedir. Barkod okutucu ile sıcak oda içinde okutulan sepetler toplu olarak bu sayfa üzerinden üretime veya diğer sıcak odaya alınmaktadır. Süresi dolmayan sepetlerin üretime alınmasına izin verilmemektedir. Diğer sıcak odaya alınan kauçuklarda da toplam sürenin 24 saat olmasına bakılır.



Şekil 3.12. Sıcak oda genel durum ekranı

Şekil 3.12'de gösterilen ekranda 1 numaralı ve 2 numaralı sıcak odalarda bulunan sepetler görüntülenmektedir. Anlık durum özeti buradan takip edilebilirler. Burada sepet barkod numarası, malzeme numarası, ağırlık ve sıcak odaya giriş tarihi takip edilebilir.

3.4.1.5. Helezon yönetimi

Makine üzerinde malzeme alımları barkod okutarak yapılmaktadır. ME/MII sistemi üzerinde karbon kısmının barkod yönetimi yapılmaktadır. Karbon katında barkod okutma işlemleri için bir el terminali temin edilmiş olup el terminaline aşağıda Şekil 3.13'de gösterilen uygulama yazılmıştır. Uygulama ile;

- Karbon takılacak helezon ve big bag barkodları okutulmaktadır ve big bag depo alımları sayfasından kontrol edilmektedir.
- Depo tarafından ham maddeler teslim alınmadıysa üretimde kullanılamamaktadır. Böylece alım yapılmadan kullanımlarım önüne geçilmektedir.
- Barkod okutulduğunda o barkoda ait karbon sisteme tanıtılmaktadır ve SCADA sistemi tarafından başkaca bir işleme ihtiyaç duymadan ilgili hamurda kullanılabilmektedir.

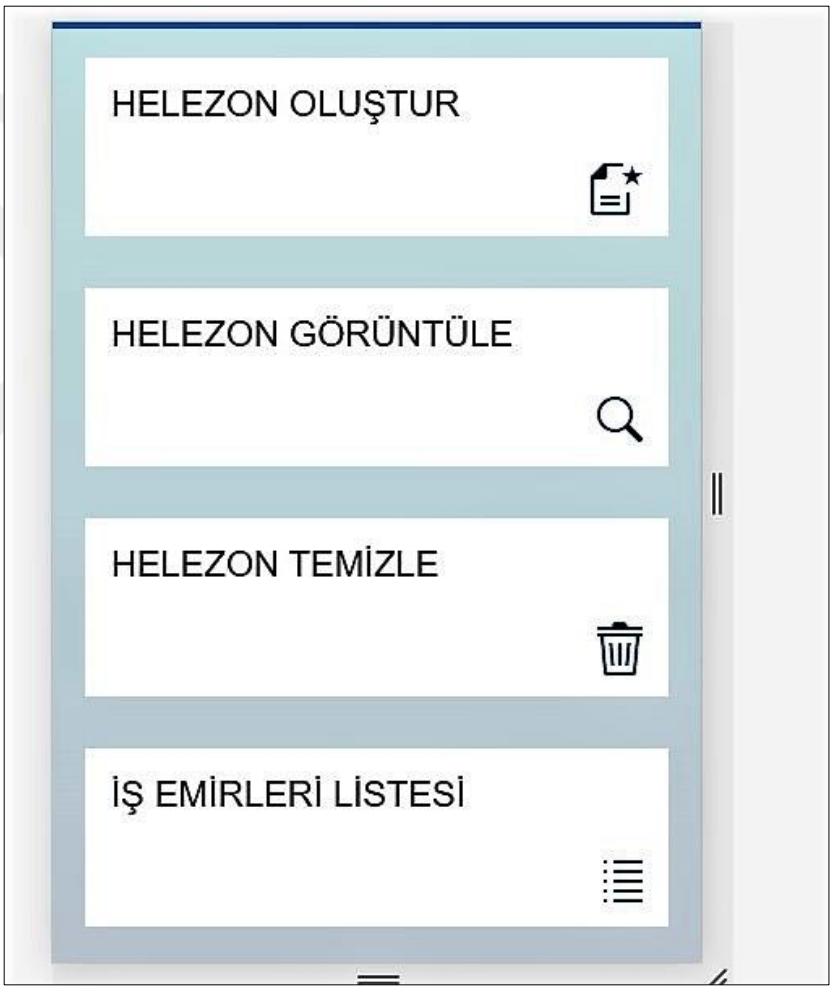


Şekil 3.13. Helezon okutma ekranı

• Sehven takılan yanlış barkodlar sistem tarafından hamurun reçetesine tanımlı olmadığı için iş emri başlatılamamaktadır. Böylece yanlış karbonlu hamur üretmenin önüne geçilebilmektedir.

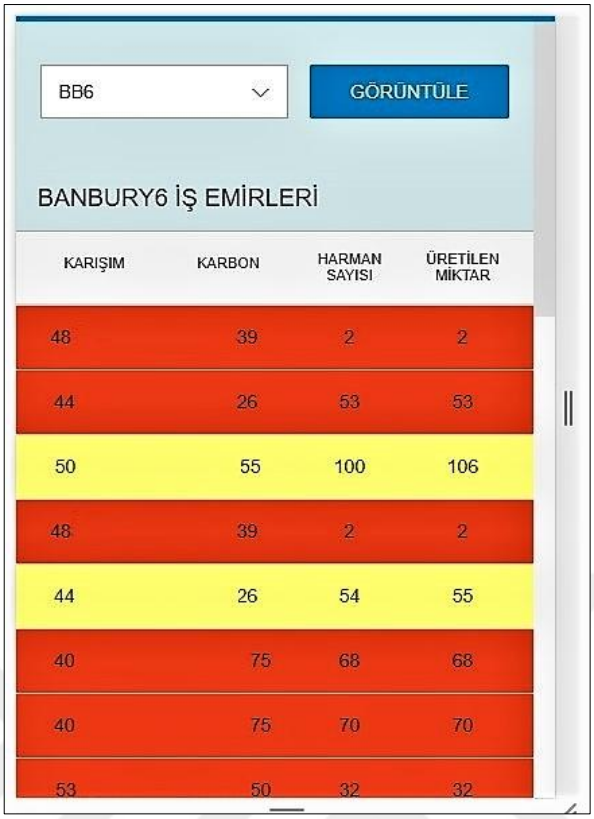
• SCADA tarafından düşülen tüketimlerle hangi üründe hangi barkodlu ürün kullanıldığı raporlanmaktadır.

• El terminali ekranında Şekil 3.14'te gösterilen yarım kalan big bagler tekrar kullanmak için alındıklarında kullanacakları depoya alma alanı ve biten big bagleri almak için kullanılan bir alan vardır.



Şekil 3.14. Helezon işlemleri ekranı

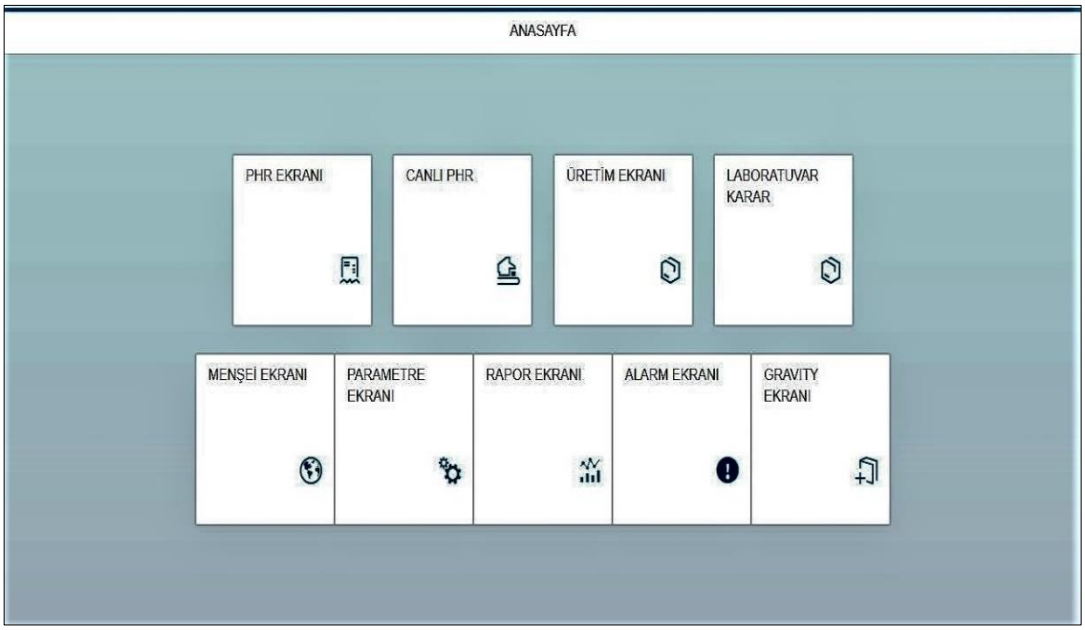
• Şekil 3.15'te ekran üzerindeki iş emirleri sayfasından seçilen banburyde hangi iş emrinin çalıştığını, sonraki iş emirlerinin ne olduğunu ve bu iş emirlerinde hangi karbonların kullanılacağını karbon katındaki personel hiçbir yere gitmeden görebilmektedir. Böylece iş emri bitişlerini takip ederek zaman kaybetmeden değişim yapılabilmektedir.



Şekil 3.15. El terminali iş emri takip ekranı

SCADA ve PLC üzerinde ise diğer hammaddelerin barkod yönetimi yapılır. Bu süreç ile ilgili detaylı bilgi ilgili bölümde verilmiştir.

3.4.1.6. Ana yönetim ekranı



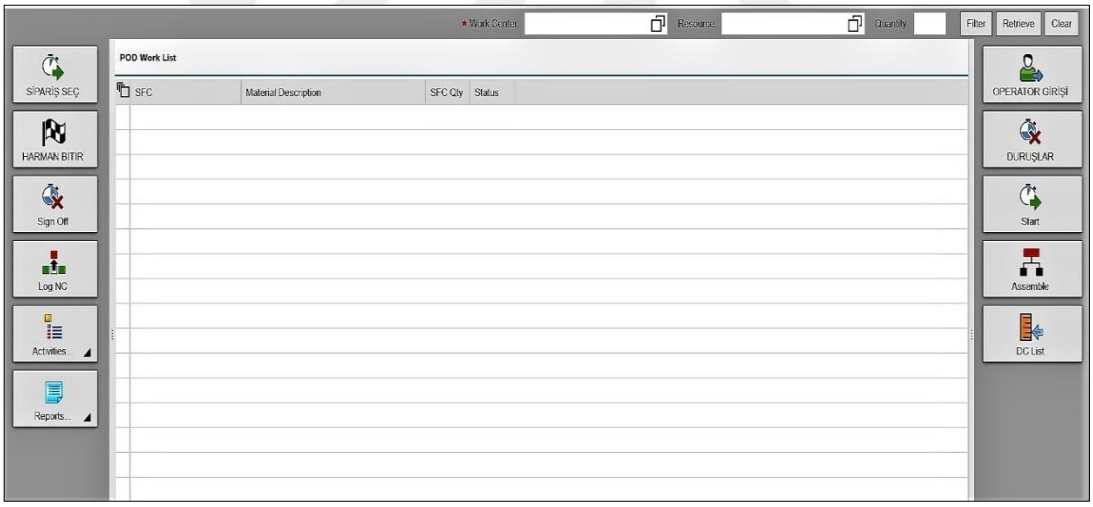
Şekil 3.16. MES ana yönetim ekranı

Şekil 3.16.'da ana uygulamanın ekranı verilmiştir. Bu kısımdan istenen sayfaya gidilerek ilgili sayfalar görüntülenebilir.

3.4.1.7. Operatör önyüzleri

Banbury operatörleri gerekli iş emri değişimlerini Şekil x ekran üzerinden çekecektir. İş emri başlatılan hamurun reçetesi başkaca bir işleme ihtiyaç duymadan SCADA tarafına aktarılır ve makine seçilen iş emrinden çalışmaya devam eder.

SAP ME sistemi içerisinde yer alan operatör ekranları yani POD ekranları operatörlerin vardiya başlangıçlarında kimliklerini okuttukları, ERP tarafından gelen iş emirlerini gördükleri, atanmış iş emirlerini başlattıkları ve bitirdikleri ekranlardır. Bu ekranlar üzerinden makine ya da proses ile ilgili herhangi bir duruş olduğunda operatör bu ekran üzerinden duruş girmektedir. Şekil 3.17'de örnek bir POD ekranı verilmiştir.



Şekil 3.17. ME POD ekranı

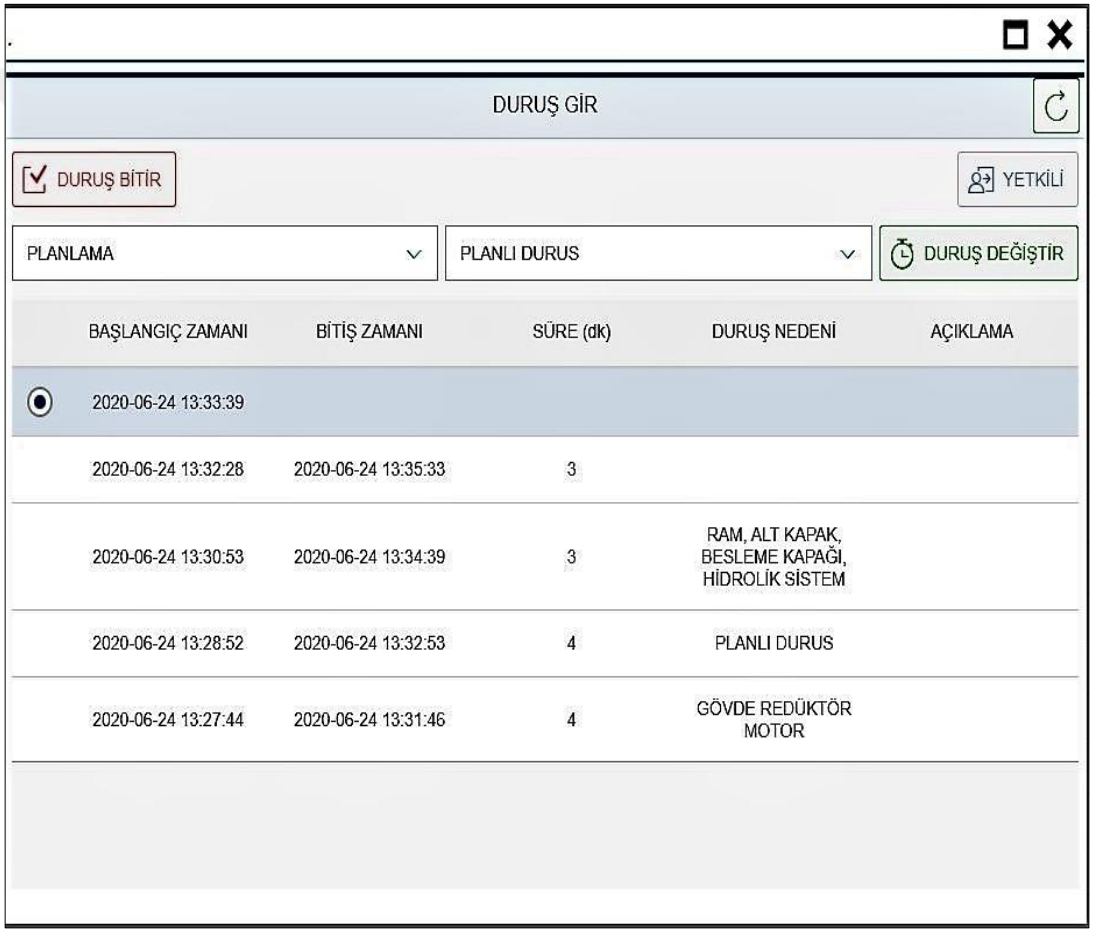
Şekil 3.17'de gösterilen ekran operatör ekranlarının ana sayfasıdır. Ekran üzerindeki fonksiyonları kullanabilmek için operatörün giriş yapması gerekmektedir. Operatörler girişlerini yaparken kimlik kartları üzerine yapıştırılan QR barkodları, SCADA sistemine entegre olan barkod okuyucular üzerinden okutmaktadırlar.

3.4.1.8. Duruş yönetimi

Sayfa üzerinde duruşların girildiği duruşlar sekmesi bulunmaktadır. Bu sayfa üzerinde operatör duruş başlatabilmektedir. Aynı şekilde makine üç dakikadan fazla nedensiz

durduğunda duruşu kendisi oluşturmaktadır. Duruş oluştuktan sonra nedeni belirtilip duruş kapatılmadan makine çalışmamaktadır. Şekil 3.18'de operatör duruş ekranı verilmiştir.

Duruşlar firmanın yapısına uygun olarak 3 kademe olarak planlanmıştır. Birinci kademe ve ikinci kademe operatör tarafından girilmektedir. Bakım bölümüyle alakalı duruşlar 3 kademeli, diğer duruşlar 2 kademelidir. Operatör 3 kademeli duruş seçtiğinde duruşu kendisi kapatamamaktadır. Yetkili bakım personelinin gelip kartını barkod okuyucuya okutarak sisteme girmesi ve duruşu kapatması gerekmektedir.



Şekil 3.18. Operatör duruş ekranı

Makine belirlenen süre kadar çalışmadığında otomatik olarak duruş başlatmaktadır. Duruş açık olduğu müddetçe makineler yeni harman üretimine geçememektedir. Duruş başladıktan sonra operatör duruş nedenini girmek zorundadır.

Operatörün önünde duruşlarla ilgili iki kademeli bir seçme butonu vardır ve ana başlıkları seçmektedir. Bu başlıklar,

- Mekanik
- Elektrik
- ARGE
- Bilgi işlem
- Planlama
- Diğer

şeklindedir.

Bu ana başlıkların alt kademelerindeki nedenler de seçildikten sonra "Duruş Değiştir" butonuna basarak duruş nedenini belirlemektedir.

Duruş nedeni mekanik ya da elektrik kaynaklı ise operatörün açtığı duruş kapatılamayacaktır. Duruş bu nedenlerle oluştuğu takdirde teknik birime e-posta ya da SMS ile haber verilmektedir. Teknik arızaların yaşandığı durumlarda operatör teknik personelin gelmesini beklemektedir. Gelen personel kendi kartını barkod okuyucuya okutarak sisteme girmekte ve duruş nedeninin alt kademesini belirlemektedir. İşlem bittiğinde ise duruş bitirilecektir. Diğer duruş nedenlerinde duruşu operatör bitirebilecektir.

Örneğin; karbon beklediği için duruş başlatacak olan operatör ilk seçme alanından PROSES seçeneğini seçmektedir. İkinci seçme alanından ise KARBON BEKLEME seçeneğini seçmektedir. Böylece duruş değişmiş olacaktır. Ardından işlem tamamlandıktan sonra operatör duruşu bitirmektedir.

Diğer bir senaryoda operatör karbon besleme sisteminde oluşan bir arızadan dolayı duruş oluşmuşsa, operatör ilk seçme alanında mekanik seçeneğini seçmektedir. İkinci alanda da karbon besleme sistemini seçmektedir. Ardından mekanik teknisyeni gelip kendi kartını barkod okuyucuya okutmaktadır. Duruş sebebinin alt başlığını KLAPE VALF ARIZASI şeklinde seçmektedir. Ardından bakım işlemi tamamlandıktan sonra duruş, teknisyen tarafından bitirilecektir. Bu sayede makinenin çalışmasına izin verilecektir.

Duruş nedenlerinin alt kademeleriyle birlikte aldığı son hal aşağıdaki Tablo 3.1'de verilmiştir:

Tablo 3.1. Duruş nedenleri

Duruş Başlığı	**Açıklama**
Mekanik	Karbon Besleme Sistemi; Vinç Arızaları Helezon Arızaları Klape ve Membran Arızaları Valf Arızaları Rulman, Redüktör, Dişli Arızaları Ram-Alt Kapak-Besleme Kapağı-Hidrolik Sistemi; Piston Arızaları Hidrolik Ünite Ekipman Arızaları Kapak Arızaları Soğutma Sistemi Arızaları Gövde-Redüktör-Motor; Pompa Arızaları Ana Soğutma Sistemi TCU Arızaları Redüktör Mekanik Aksam Arızları Ekstrüder-Mil; Ekstrüder ve Mil Ekipman Arızası Soğutma Sistemi Arızası Batchoff; Bant Arızaları Rulman ve Dişli Arızaları Askı Arızaları

Tablo 3.1. (Devam) Duruş nedenleri

Elektrik	Karbon; Klape Arızaları Fotosel Arızaları Durum Sensörü Arızaları Tartım İndikatörleri ve Loadcell Arızaları Mikser; Motor Sürücü Arızası DC Sistemler ve Kumanda Sistemi Arızaları PT-100 ve Termokubl Arızaları Basınç Transmitteri Arızaları Sinyal Arızaları Sensör arızalı TCU; Akış Sinyali Arızaları Oransal Vana Sinyal Arızaları Elektrikli Vana Arızaları PT-100 ve Termokubl Arızaları Extruder; Limit Şalter Arızaları Akış Sinyali Arızaları Mal Seviye Sensörü Arızaları Motor ve Sürücü Arızaları DC Sistemler ve Kumanda Sistemi Arızaları PT-100 ve Termokubl Arızaları Basınç Transmitteri Arızaları Sinyal Arızaları Sensör Arızalı Fotosel Arızaları Fan Arızaları

Tablo 3.1. (Devam) Duruş nedenleri

Proses	Batchoff / Mil Hamur Düzensizlikleri ve Sıkışması Arızaları Temizlik Duruşu Eleman Eksikliği Hazırlık Karbon Mal Düzensizlikleri Hammadde ve Proses Bekleme Duruşları Elektrik Kesintisi Yemek Değişimi
ARGE	Teknolojik Deneme ve Duruşlar Yeni Ürün Denemeleri
Bilgi işlem	Network PC ve Ekipman Arızaları
Planlama	Planlı Duruşlar
Diğer	Diğer

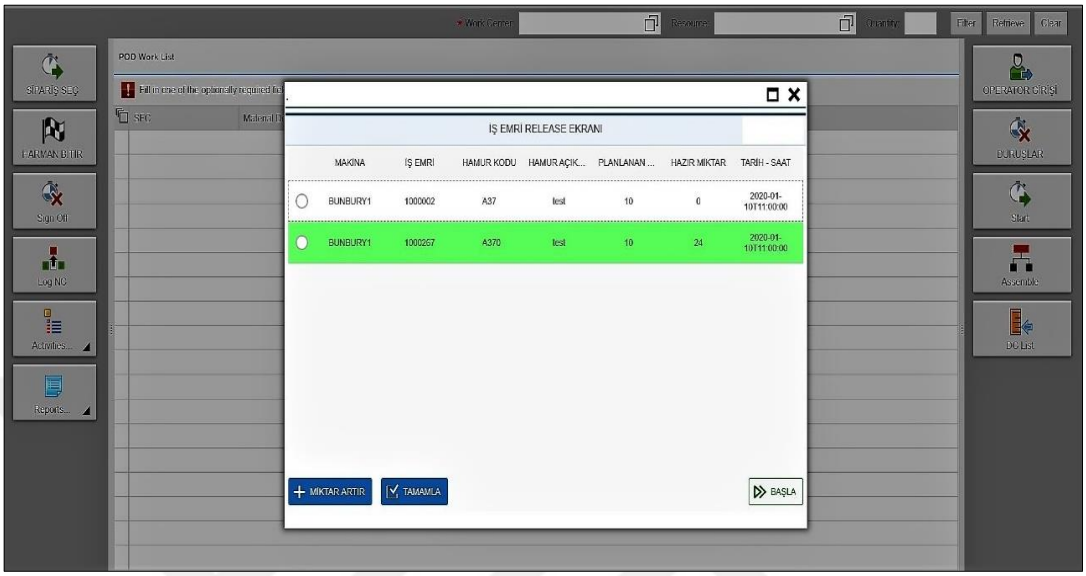
3.4.1.9. İş emri

İş emirleri, sistemin yapısı gereği sırayla başlamaktadır. Burada operatör müdahalesine ihtiyaç yoktur ancak hammadde eksikliği planlama değişikliği ya da laboratuvar test sonuçlarıyla alakalı bir değişiklikten ötürü plan değiştiğinde operatör Şekil 3.19'da verilen ekran üzerinden bir başka iş emrine geçebilmektedir. Mevcut durumda çalışan iş emri beklemeye alınabilmektedir. Ayrıca istenirse askıya alınan bu iş emrine daha sonra dönülebilmektedir.

Bazı durumlarda operatörler ellerinde bulunan hammaddeyi bitirmek için planlanan miktardan daha fazla ürün üretebilmektedir. Bu durumda miktar artır fonksiyonuyla yapılması gereken harman miktarı artırabilmektedir. Aynı şekilde planlanan miktardan daha az sayıda ürün üretilmiş ise ve iş emrinin bitirilmesi gerekiyorsa, sayfadaki "Tamamla" butonuyla iş emri bitirilmektedir.

İş emirleri harman denilen bölümlere ayrılmıştır. Makinenin her bir çalışma periyodu bir harman ürün ürettir. Yani bir "cycle" çalışma bir harman çalışmayı ifade eder. Makineden çıkan ürünler kompound ya da hamur olarak tamamlanır. Üretilen

hamurlara da barkod yapıştırılır. Operatörler Şekil 3.19'daki ekran üzerinden "Harman Bitir" butonuna tıklayarak harmanı bitirir. Barkod çıkarmak için yapılan harman aralığı ekran üzerinden seçilerek eşsiz kodlu barkod oluşturulur ve yazıcıya gönderilir.



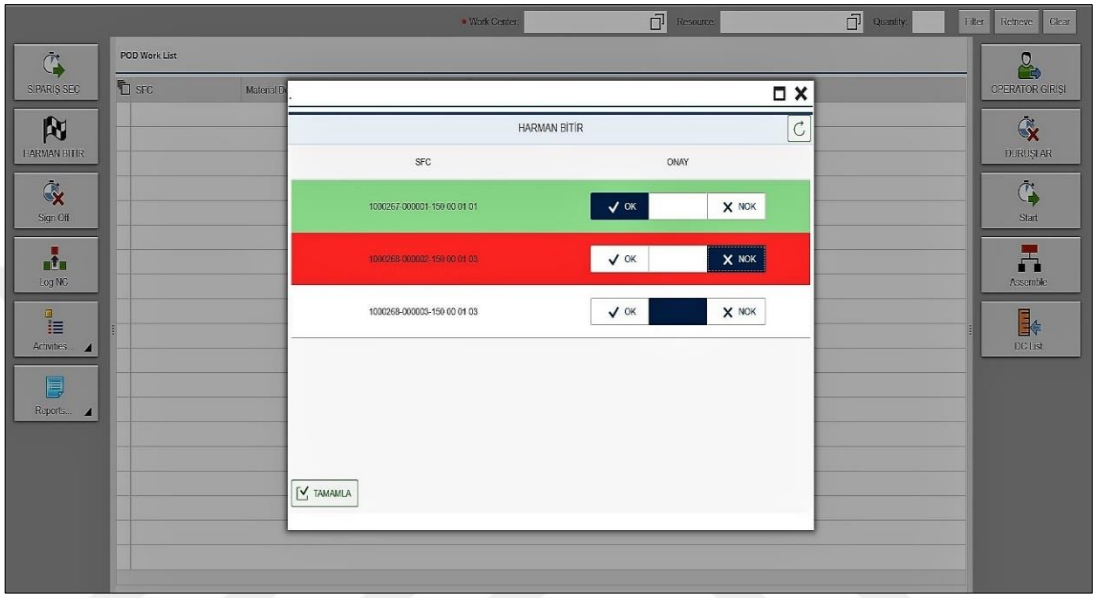
Şekil 3.19. Operatör iş emri ekranı

Burada bu inisiyatifin operatöre verilmesinin temel sebebi makinelerin çalışma yapısıdır. Devamlı bir operasyon olduğu için hangi aralığın hangi harmanlara denk geldiği tam olarak kestirilemez. Bazı durumlarda çıkan hamurlar askı rolleri vasıtasıyla üst kata çıktığında araya sıkışan bazı hamurlar operatör tarafından rollerden indirilmektedir ve konveyör yerine transpalet ile yukarıya taşınmaktadır. Bu durumda oluşacak olan harman sayısı karışıklığının önüne geçebilmek için bu ekran tasarlanmıştır. Böylece çıkan harmanlar barkod ile ilişkilendirilmektedir. Şekil 3.20'de harman bitirme ve barkod oluşturma adımları gösterilmiştir.

Oluşturulan barkodlar, makine başına koyulan barkod yazıcılar vasıtasıyla çıkarılmaktadır. Çıktısı alınan QR barkod içerisinde 18 haneli bir SFC kodu tanımlıdır. Bu koda ise operatörün girdiği harman aralığı bilgisi, hamur bilgisi, oluşturulma zamanı gibi parametreler bağlanmıştır.

Geliştirme aşamalarında; ara kademe ürünlerinin ve son üretilen kademe ürününün etiketlenmesi için oluşturulması gereken etiket dizaynı yapılmıştır. Etiket üzerinde bulunacak veriler belirlenmiştir. Kullanılacak olan barkodun görsel dizaynı yapılmıştır.

Yazıcılar, MII-İmalat Entegrasyonu ve Zekası sunucu bilgisayarına tanıtılmıştır ve modül üzerine entegrasyonunun yapılması işlemi tamamlanmıştır. Tasarlanan sistemde, endüstriyel ethernet haberleşme protokolüne sahip endüstriyel barkod yazıcılar kullanılmıştır. Bu yazıcılar, MII bilgisayarının olduğu bulut sunucusu üzerinde tanımlanmıştır.



Şekil 3.20. Harman bitirme işlemleri

3.4.1.10. Ham madde tüketim yönetimi

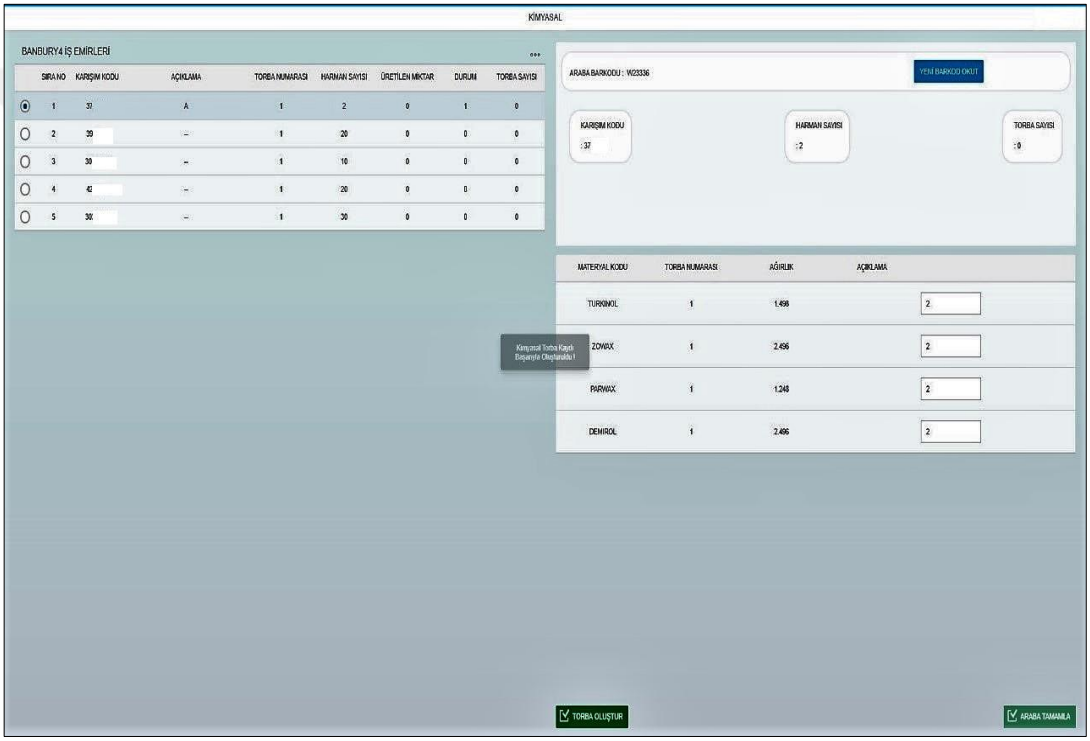
Makinelerde operatörler kauçukları kullanmadan önce sepetlerin barkodlarını PLC/SCADA sistemine okutmaktadır. Anlık olarak tüketilen kauçuk miktarı, sepetin toplam ağırlığından düşülmektedir. Böylece çıkan ürünlerde hangi lot numarası, hangi parti ve hangi paletlerden ürün kullanıldığı ERP tarafında takip takip edilebilmektedir. Tüketilen miktarlar İmalat Yönetim Sistemi'ne gönderilir. Buradan da ERP katmanına entegre olunarak tüketim olarak yansıtılır. PLC/SCADA tarafındaki ham madde tanımlama ve tüketim sistemi 3.4.2.4 bölümünde anlatılmıştır.

3.4.1.11. Kimya odası işlemleri

MII İmalat Entegrasyonu ve Zekası modülü üzerinde çalışan Kimya Ünitesi yönetim ekranları tasarımı yapılmıştır. Kimya Ünitesinde operatörlerin önünde bulunan tartım cihazından anlık tartım verisi alınabilmektedir. Alınan anlık tartım verisi SAP sistemi ile entegre edilmiştir. Böylece tartım sisteminin bir parçası olan panel PC üzerinde bu

veri gösterilebilmektedir. İş emirleri de bu panel PC üzerinde bulunan ve Şekil 3.21'de gösterilen ekran üzerine düşmektedir.

Operatör ilgili iş emrine başlamadan önce üzerlerine QR barkod takılan kimya arabalarından boş olanını yanına alıp, iş emrini seçtikten sonra barkod okuyucuyla araba barkodunu okutmaktadır. Ardından tartımlara başlanmaktadır. Her yapılan tartım esnasında alınan tartım değeri Ethernet portu üzerinden SAP sistemine aktarılmaktadır. Operatörün önünde görüntülenen bu değerin, reçete ile belirlenen tolerans aralığında olup olmadığı kontrol edilmektedir.



Şekil 3.21. Kimya odası iş emirleri ekranı

Onaylanan tartım işleminden sonra diğer tartım işlemine geçilir. Bu işlemler reçetede tanımlanan tüm ham maddeler tamamlanana kadar devam eder. İlgili reçeteye ait kimyasalların tamamı tartıldığında, operatör "Torba Oluştur" butonuna basarak kimya torbasını oluşturur. Oluşturulan torba arabaya konur. Tüm tartımlar tamamlandığında veya araba kapasitesi dolduğunda ise operatör "Araba Tamamla" butonuna basar. İş emri tamamlandığında başka bir iş emrine geçilir. Bu işlemlerden geçerek oluşturulan kimya arabaları makinelerin önüne çekilmektedir. Operatör kimya torbalarını kullanmadan önce araba barkodunu okutarak ilgili kimya arabasını makine PLC/SCADA sistemine bağlamak zorundadır. Sisteme bağlanan araba içerisindeki

kimya torbaları adetsel bazda tüketilmektedir. Torba içerisindeki kimyasalların miktarı daha önceden tartıldığı için, adetsel bazda düşülen kimya torbası tüketim miktarları ile torba içerisindeki ham maddenin tartım miktarı çarpılarak ham madde bazında takip sağlanmış olur. Tüketim verileri İmalat Yönetim Sistemi katmanı vasıtasıyla ERP sistemine gönderilmektedir.

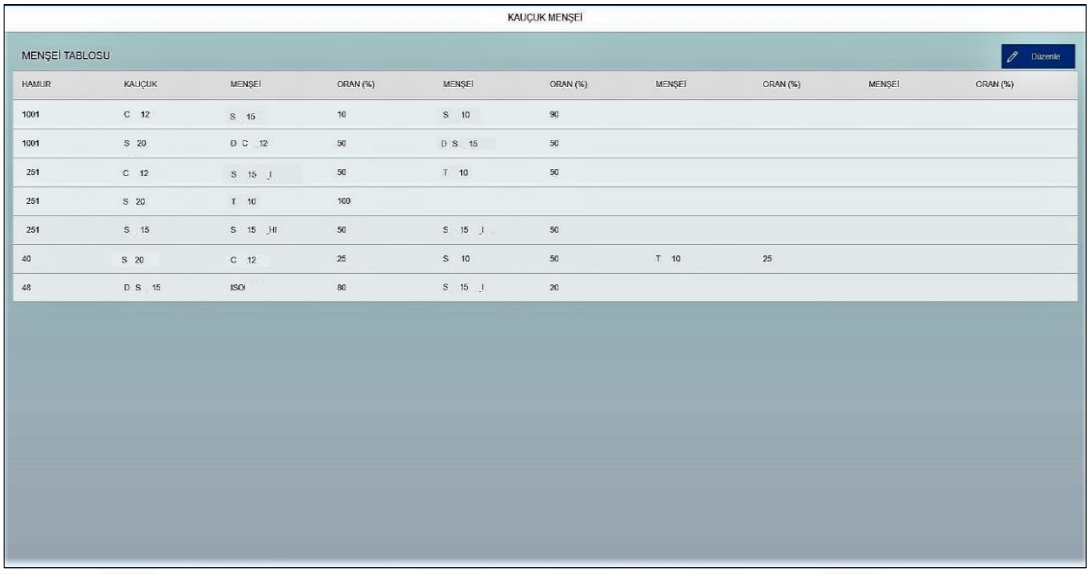
Geliştirme aşamalarında; ME005 ürün ve depo yerleşimi backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) yazılmıştır. SAP ERP üzerinde depoya kaydedilen ürünlerin firma adına tanımlı depo numarasına taşınma işlemleri yapılmıştır. Bu fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan ekran görüntüsü alınmamıştır.

PCO -Tesis Bağlantısı modülü üzerinden kimya tartım ünitesindeki tartılarla sistemin haberleştirilmiştir.

Kimya tartım işlemi için backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) ve veri tabanı tabloları oluşturulmuştur. Bu fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan ekran görüntüsü alınmamıştır.

3.4.1.12. Kauçuk işlemleri

Kauçuk hammaddesi muhteviyatı ve özelliği itibariyle menşei değişikliklerinden çok fazla etkilenmektedir. Bu sebeple aynı ürün olsa dahi farklı ülkelerden alınan farklı menşeilere ait ürünler farklı tepkiler vermektedir. Bu durum da ürünün kalitesine doğrudan etki etmektedir. Bu değişiklikleri kontrol edebilmek ve izlenebilirliği kaybetmemek ancak bunları yaparken de planlama bölümünün çalışma esnekliğini kısıtlamamak amacıyla Şekil 3.22'de verilen menşei ekran tasarımı yapılmıştır. İlgili ekranda hangi ürüne hangi menşeili üründen yüzde kaç oranında katılacağı ARGE tarafından belirlenmektedir. ARGE kullandığı hesaplama ekranından bağımsız olarak bu ekrana menşei bilgisini girmektedir. Böylece, her menşei değişikliği yapıldığında tüm reçeteleri güncelleme zorunluluğu kalmamıştır. Ayrıca planlama departmanı da malzeme tüketimlerine bakarken ve yeni malzeme talebi yapmadan önce bu dataları incelemektedir. Planlanan iş emirlerinin reçeteleri de arka planda burada belirtilen menşei bilgisine göre oluşturulmaktadır. Böylece reçete malzeme bilgisi menşei bazında ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.22. Kauçuk menşei ekranı

3.4.1.13. Yarımamül işlemleri

Yukarıda bölüm 3.1.4.9'da bahsedilen harman bitirme işleminden sonra elde edilen ilgili hamura ait barkodlu etiketler, ara kademelerin tüketiminde önemli bir rol alır. Operatör bir ara kademe ürün reçetesini çalıştırdığı zaman, operasyona başlayabilmesi için bu etiketler üzerindeki yarımamül barkodlarını barkod okuyucu ile PLC/SCADA sistemine okutmak zorundadır. Okutulan paletler makinaya bağlanır. Böylece her tartım işlemi esnasında tartılan miktar, paletlerden eşit olarak düşülür. Bunun sebebi ara kademelerde homojeniteyi sağlamak için birkaç paletin aynı anda sisteme verilerek tartım işlemine alınmasıdır.

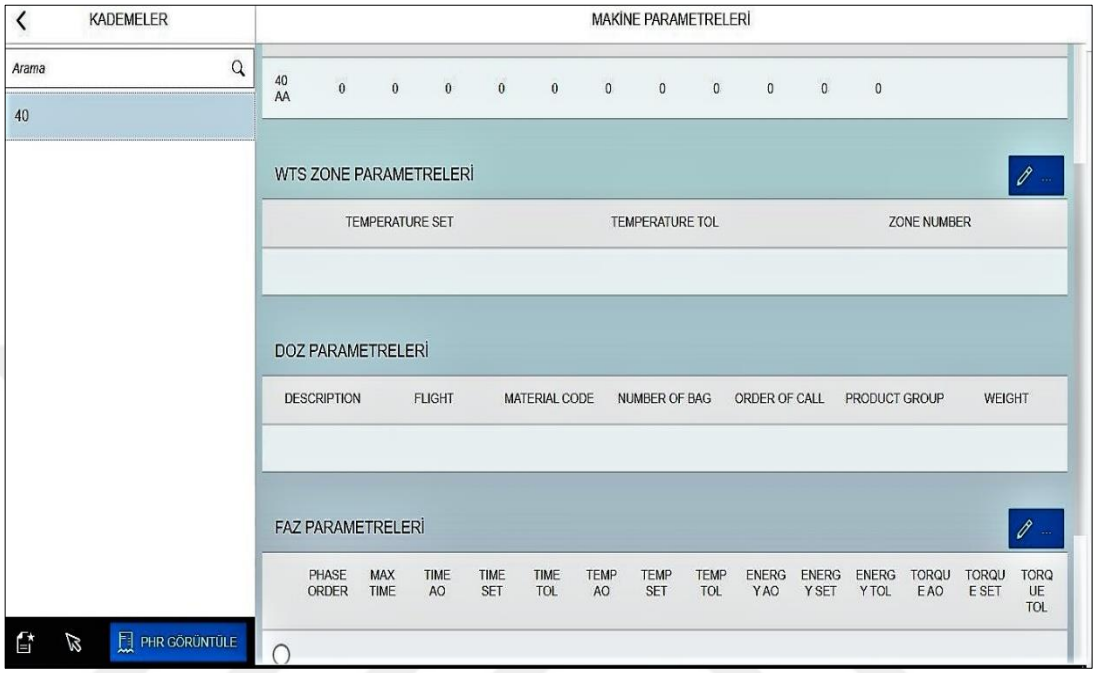
3.4.1.14. Reçete sistemi

Tasarlanan sistemde, ARGE Birimi reçeteleri ERP üzerinden girmektedir ve gerekli güncellemeleri ERP üzerinden yapmaktadır. Böylece şu an aktif olmasa da ileride aktif edilecek muhasebe modülüyle entegre bir şekilde ürünlerin maliyet muhasebeleri yapılabilecektir. Ayrıca ERP üzerinde tutulan aktif reçete yapısı sayesinde planlama yapılması esnasında ihtiyaç duyulan hammaddelerin hesaplanması ve kontrolü daha sıkı yapılabilecektir.

Reçete sistemi ERP üzerinde tutulmaktadır ancak fonksiyonel kolaylık açısından ve banbury hamurlarının genel standartları ile uyumlu reçete hazırlayabilmek için lastik

endüstrisine özel hesaplama yöntemlerini içeren ve MII üzerinde çalışan bir uygulama geliştirilmiştir.

Tüm reçetelerin tutulduğu ekran şekil 3.23'teki gibidir:

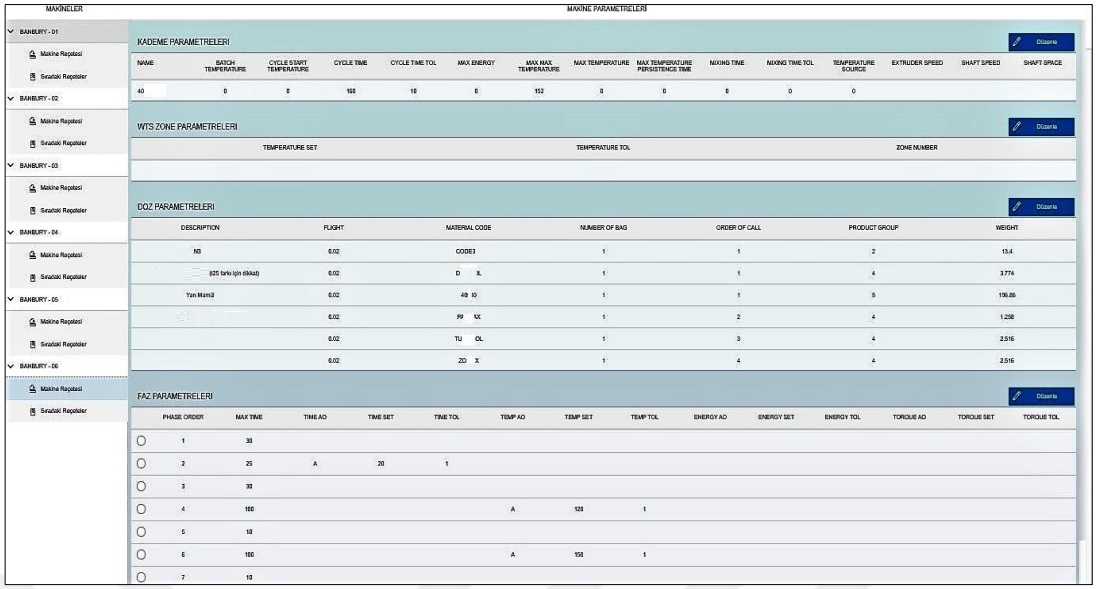


Şekil 3.23. Reçete görüntüleme ekranı

Bu reçeteler üzerinde aktif reçeteler belirlenmektedir. Mevcut bir reçete yapısından tüm alt kademeleriyle yeni bir reçete kopyalanabilmektedir. Ayrıca istenirse sadece alt kademeler de kopyalanabilmektedir. Böylece yeni revizyonların oluşturulması kolaylaştırılmıştır.

Reçetelerde kullanılacak malzeme bilgisi daha öncesinde bazı Excel sayfaları üzerinde tutulmaktaydı. Bu Excel sayfalarındaki hesaplama mantıkları aynen saklanarak malzeme reçeteleri yukarıdaki gösterilen ekranlara aktarılmıştır. Bu sayede;

- Excel dosyası üzerinde hesaplama yapılıp daha sonra bu verilerin sisteme kaydedilmesi gibi, hem tutarlılığı bozan hem de kayıt imkânı vermeyen ve iş yoğunluğunu artıran bir yöntem yerine daha izlenebilir bir yönteme geçilmiştir. Böylece, malzemelerin değişen özellikleri de tek bir yerden kontrol edilmektedir.
- Aynı sayfa üzerinden makineyi çalıştıran makine parametreleri de girilebilmektedir ve bu parametreler değiştirilebilmektedir.
- Bu sayfa üzerinden gerekli reçete aktif ya da pasif duruma getirilebilmektedir.



Şekil 3.24. Reçete müdahale ekranı

Mesai saatleri dışında makineye müdahale edilmesi gereken bir durum ortaya çıktığında gerekli personelin yalnızca o iş emrinde çalışan reçeteye müdahale edebilmesi için bir sayfa hazırlanmıştır. Böylece ana reçetelere müdahale edilmesi önlenir.

Şekil 3.24'te gösterilen sayfada mevcutta çalışmakta olan ve o gün için verilmiş olan iş emirlerine ait reçeteler hem malzeme hem de makine reçetesi olmak üzere gösterilme ve müdahale imkânı sunmaktadır.

Reçete sistemi geliştirmelerine bakacak olursak; ERP üzerinde oluşturulan ürün reçeteleri ile ARGE birimi tarafından MII İmalat Entegrasyonu ve Zekası üzerinde oluşturulan reçetelerin kontrolü işlemi tamamlanmıştır. Bu fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan ekran görüntüsü alınmamıştır.

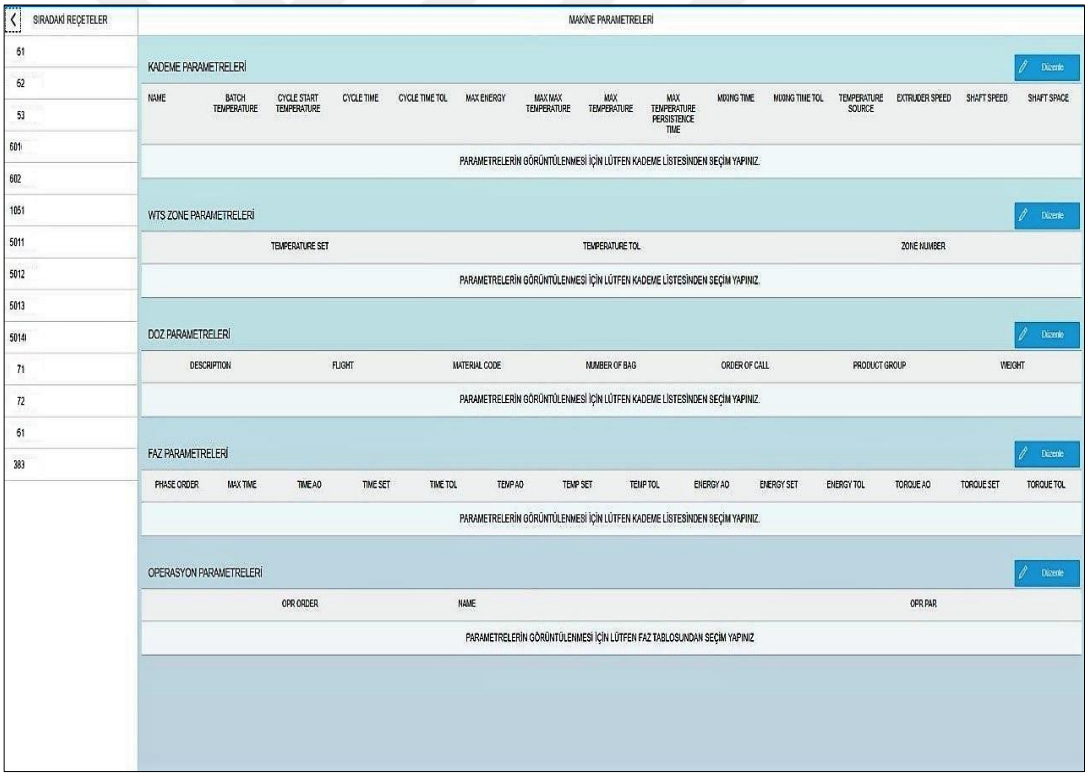
ERP üzerinde oluşturulan ve İmalat Yönetim Sistemi'ne gönderilen ürün siparişleri onaylanmış ise "Sipariş Değiştirilemez" kontrolü yapılmıştır. Bu fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan ekran görüntüsü alınmamıştır.

ME tarafındaki katalogların yaratılması için sihirbazın çalıştırılması tamamlanmıştır. Bunlar ME uygulamasının çalışması için gerekli olan arka plan işlemleridir. Bu işlemler SAP üzerindeki konfigürasyonun ME üzerine aktarılmasını sağlamaktadır.

S4/HANA veri tabanı üzerinde IDOC ayarları yapılmıştır. SAP ile ME/MII arasındaki haberleşmeleri sağlayan iletişim protokolünün konfigürasyon ayarları yapılmıştır.

SCADA-İmalat Yönetim Sistemi haberleşmeleri için gerekli veri tabanı tabloları oluşturulmuştur. Banbury cihazları ile SCADA haberleşmesi için yaratılan veri tabanı tabloları otomasyon sistemiyle birlikte test edilmiştir. Bu fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan ekran görüntüsü alınmamıştır.

Reçete veri tabanına makine reçetelerinin gönderimi için backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) yazılmıştır. Şekil 3.25'te gösterilen makine reçeteleri sayfası üzerinde tanımlanan makine reçeteleri, ilgili iş emri geldiğinde hazırlanan veri tabanına entegre olunarak bu veri tabanına transfer edilir. Bu işlemle, ilgili hamura ait reçete bilgisi gönderilmektedir.



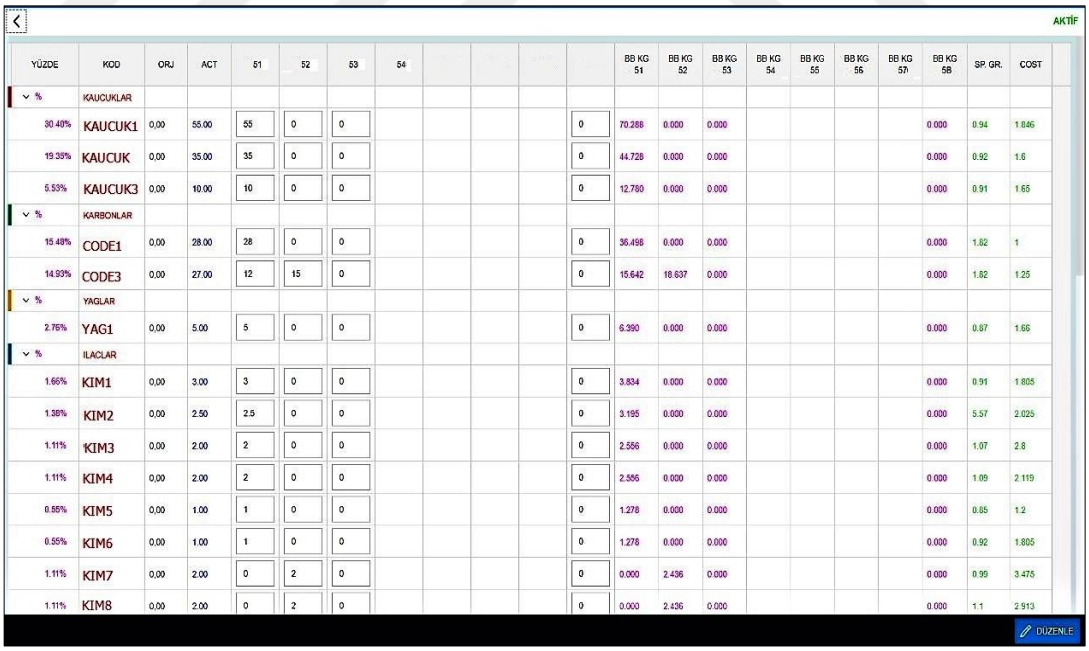
Şekil 3.25. Makine reçeteleri sayfası

Reçete veri tabanının MII İmalat Entegrasyonu ve Zekası modülüne tanıtılması işlemi yapılmıştır. SAP MII üzerinde veri servisleri olarak ilgili veri tabanının MII modülüne tanıtılma işlemi yapılmıştır. MII üzerinden kullanılabilirliği test edilmiştir. Bu

fonksiyonlar direkt olarak kod satırlarından oluştuğundan erkan görüntüsü alınmamıştır.

Reçete veri tabanında, üretim/tüketim miktarlarının alınarak S4/HANA veri tabanına teyit olarak gönderilmesi işlemi yapılmıştır. Makine üzerinde tüketilen ham madde ve üretilen ürün miktarlarının ERP üzerine gönderilmesi işlemi yapılmıştır. Böylece hangi iş emrinde hangi üründen ne kadar üretildiği ve hangi ham maddelerin tüketildiği bilgileri saklanabilmektedir. Bu işlem; otomasyon katmanı, MES katmanı ve ERP katmanlarının birbirine entegre edilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Reçete veri tabanına BOM ürün ağacı gönderilmesi için gerekli için backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) yazılmıştır. Her hamura ve her hamurun makinenin her bir tur çalışması sonucu oluşan her kademesine birer reçete tanımlanmıştır. Bu reçetelerin veri tabanına gönderilmesinin ardından da reçeteler SCADA sistemi tarafından okunmaktadır. Makinenin çalışması için ürün ağaçları veri tabanına yazılmaktadır. Bu işlem için MII üzerinde Şekil 3.26'da gösterilen ekran tasarlanmıştır.

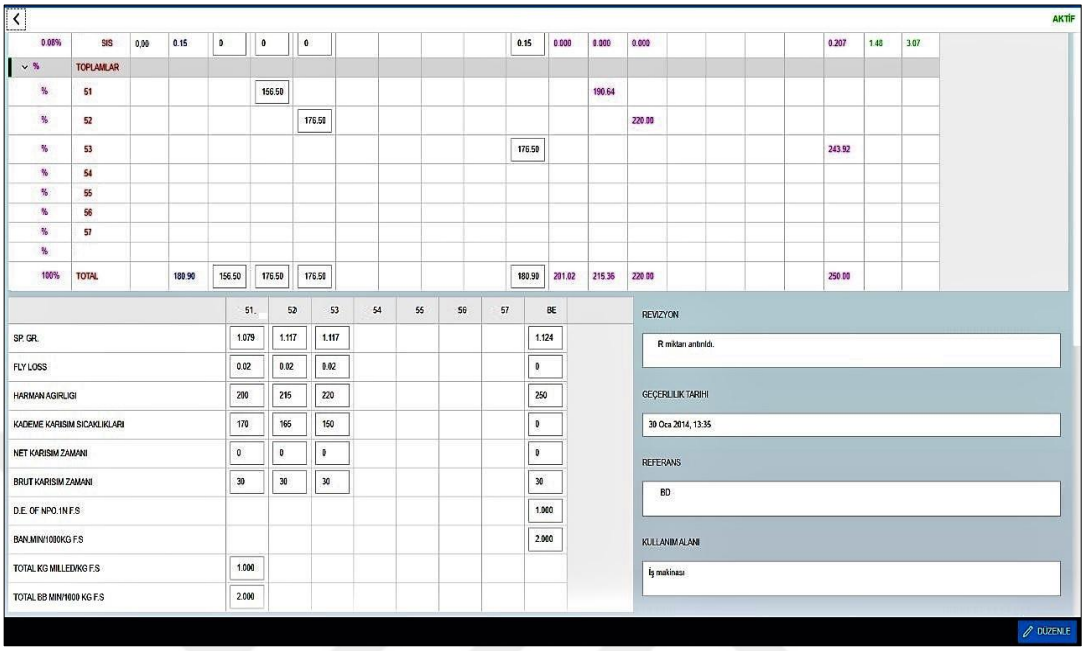


YÜZDE	KOD	ORJ	ACT	51	52	53	54					BB KG 51	BB KG 52	BB KG 53	BB KG 54	BB KG 55	BB KG 56	BB KG 57	BB KG 58	SP. GR.	COST
%	KAUCUKLAR																				
30.40%	KAUCUK1	0,00	55.00	55	0	0					0	70.288	0.000	0.000					0.000	0.94	1.846
19.39%	KAUCUK	0,00	35.00	35	0	0					0	44.728	0.000	0.000					0.000	0.92	1.6
5.53%	KAUCUK3	0,00	10.00	10	0	0					0	12.760	0.000	0.000					0.000	0.91	1.65
%	KARBONLAR																				
15.48%	CODE1	0,00	28.00	28	0	0					0	36.498	0.000	0.000					0.000	1.82	1
14.93%	CODE3	0,00	27.00	12	15	0					0	15.642	18.637	0.000					0.000	1.82	1.25
%	YAGLAR																				
2.75%	YAG1	0,00	5.00	5	0	0					0	6.390	0.000	0.000					0.000	0.87	1.66
%	ILACLAR																				
1.66%	KIM1	0,00	3.00	3	0	0					0	3.834	0.000	0.000					0.000	0.91	1.805
1.38%	KIM2	0,00	2.50	2.5	0	0					0	3.195	0.000	0.000					0.000	5.57	2.025
1.11%	KIM3	0,00	2.00	2	0	0					0	2.556	0.000	0.000					0.000	1.07	2.8
1.11%	KIM4	0,00	2.00	2	0	0					0	2.556	0.000	0.000					0.000	1.09	2.119
0.55%	KIM5	0,00	1.00	1	0	0					0	1.278	0.000	0.000					0.000	0.85	1.2
0.55%	KIM6	0,00	1.00	1	0	0					0	1.278	0.000	0.000					0.000	0.92	1.805
1.11%	KIM7	0,00	2.00	0	2	0					0	0.000	2.436	0.000					0.000	0.99	3.475
1.11%	KIM8	0,00	2.00	0	2	0					0	0.000	2.436	0.000					0.000	1.1	2.913

Şekil 3.26. Reçete ham madde hesaplama ve ekranı

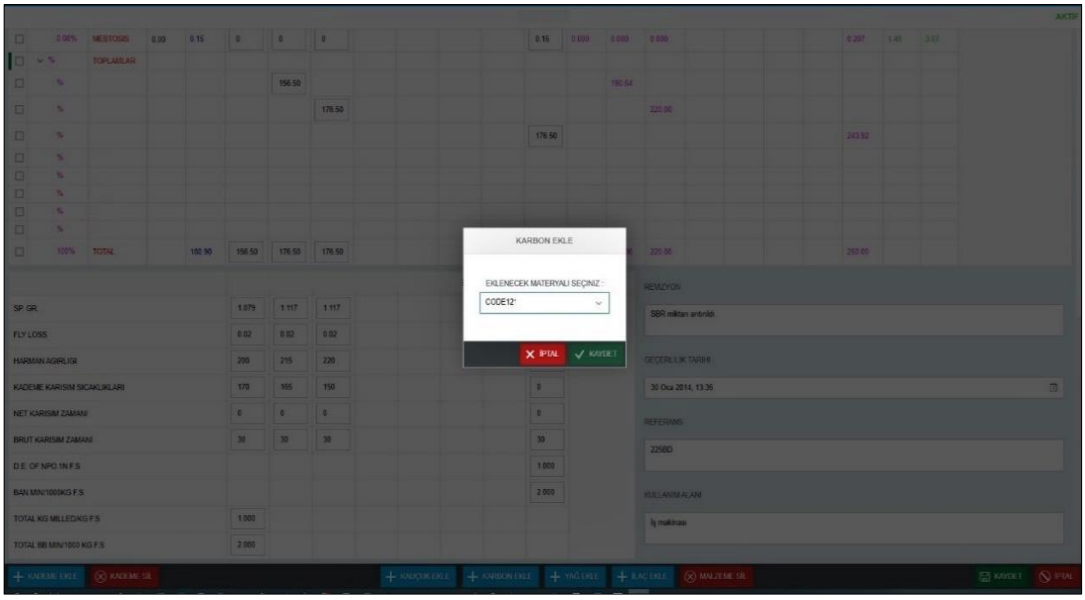
Burada ARGE birimi, ilgili hamura ait reçeteyi uluslararası bir lastik standart hesaplama yöntemine göre oluşturmaktadır. Bunun için ekran üzerinden anlık işlemler ve hesaplamalar yapan bir sayfa tanımlanmıştır. Sayfa üzerinde aşağıda Şekil 3.27'de

gösterilen reçeteye ait genel bilgiler ve standartlar ile reçetenin revizyon tarihi, revizyon sebebi ve geçerlilik zamanı gibi bilgiler girilmektedir.



Şekil 3.27. Hesaplama oluşturma detayları

Şekil 3.27'de gösterilen sayfa üzerinde malzeme seçilmesi işlemi örneği Şekil 3.28'de gösterilmektedir.

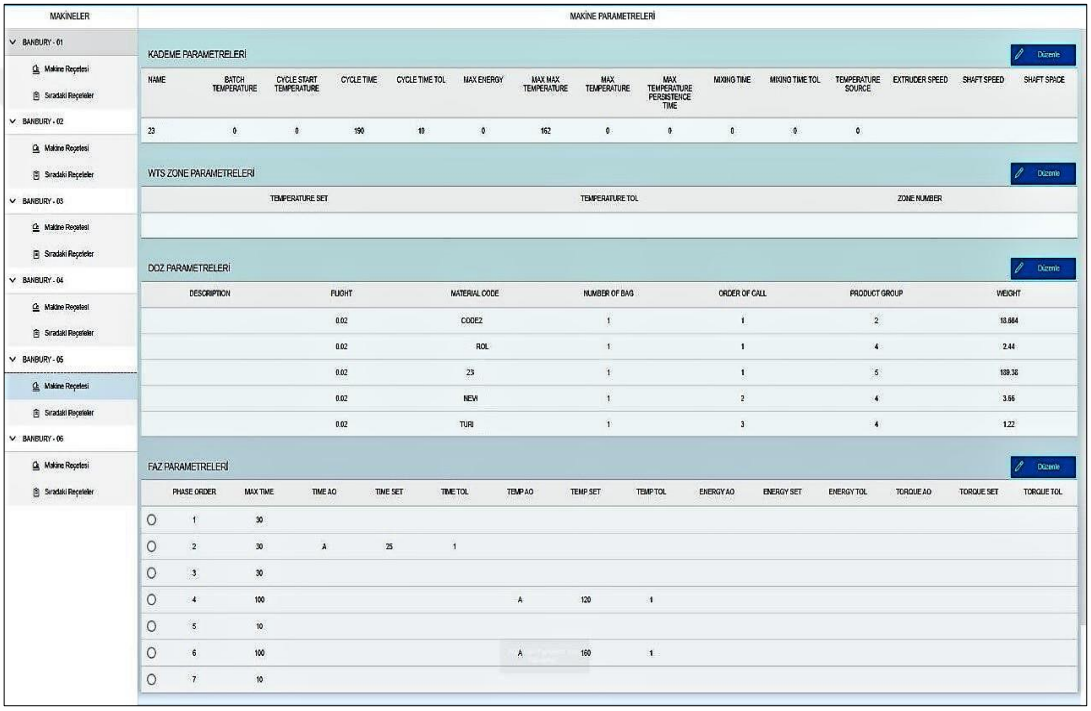


Şekil 3.28. Ham madde oluşturmada malzeme seçilmesi işlemi

Reçeteye girilecek tüm ham maddeler bu şekilde eklenir. Onay işlemlerinin ardından reçete tamamlanır.

3.4.1.15. Canlı reçete ME/MII-SCADA müdahalesi

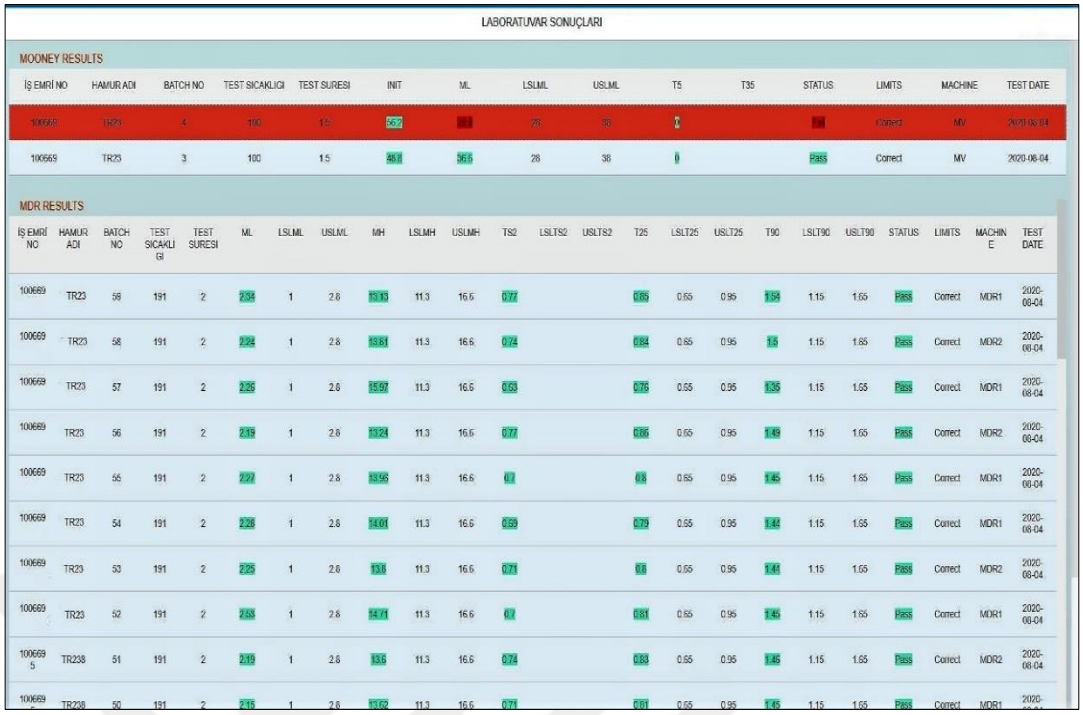
Reçete değişikliği yapıldığında PLC cihazlarının reçete çekilmesi ile ilgili data bloklarının içinde bulunan ilgili hafıza bitinin tetiklenmesi için gerekli işlemler tanımlanmıştır. Test edilmiş ve devreye alınmıştır. Canlı reçete üzerinde değiştirilmesi gereken anlık değerler Şekil 3.29'da verilen ekran üzerinden yapılmaktadır. Canlı reçete değerleri üzerinde bir değişiklik yapıldığında ilgili makinenin PLC cihazı ile entegre olunup bahsedilen hafıza biti tetiklenir. Bu hafıza biti sayesinde makinenin reçeteyi yeniden çekmesi sağlanmaktadır.



Şekil 3.29. Reçete canlı müdahale ekranı

3.4.1.16. Laboratuvar

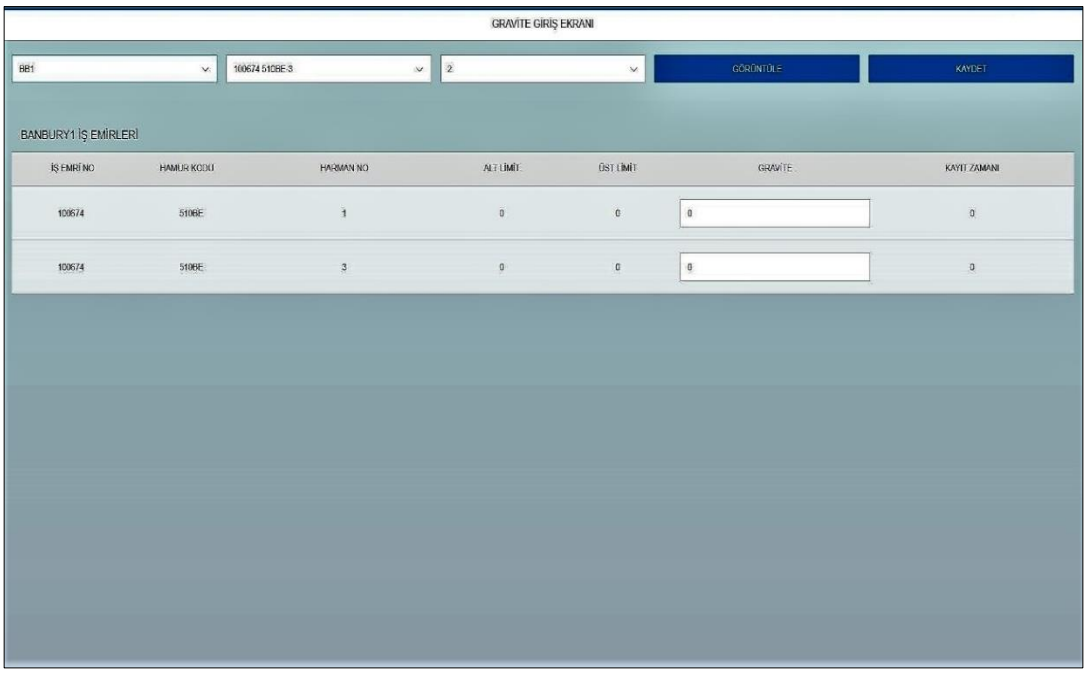
Laboratuvar test cihazlarının sonuçlarının sisteme entegrasyonu çalışmaları yapılmıştır. Numune test sonuçlarını onaylama ve barkod okutarak ilişkilendirme çalışmaları yapılmıştır. Test sonuçlarının imalat yönetim sistemine aktarılması için gerekli olan backend transactionları (arka planda çalışan fonksiyonları) yazılmıştır. Bunun için sistemde oluşturulan tablo üzerinden ürün barkodu ve test numarası alınmaktadır. Ardından bu bilgiler test cihazları üzerinden çekilen ".txt" formatındaki test sonuç bilgileriyle eşleştirilmektedir. Şekil 3.30'da ilişkilendirme işleminin sonucunu gösteren sonuç ekranı gösterilmiştir.



Şekil 3.30. Laboratuvar test sonucu ekranı

Testi geçen numuneler yeşil renkli ve “PASS” işaretlidir. Testi geçemeyen numuneler ise kırmızı renkli ve “FAIL” işaretlidir.

Ayrıca gravite için tasarlanan ve alınan sonuçların girildiği ekran da Şekil 3.31’de gösterilmiştir.

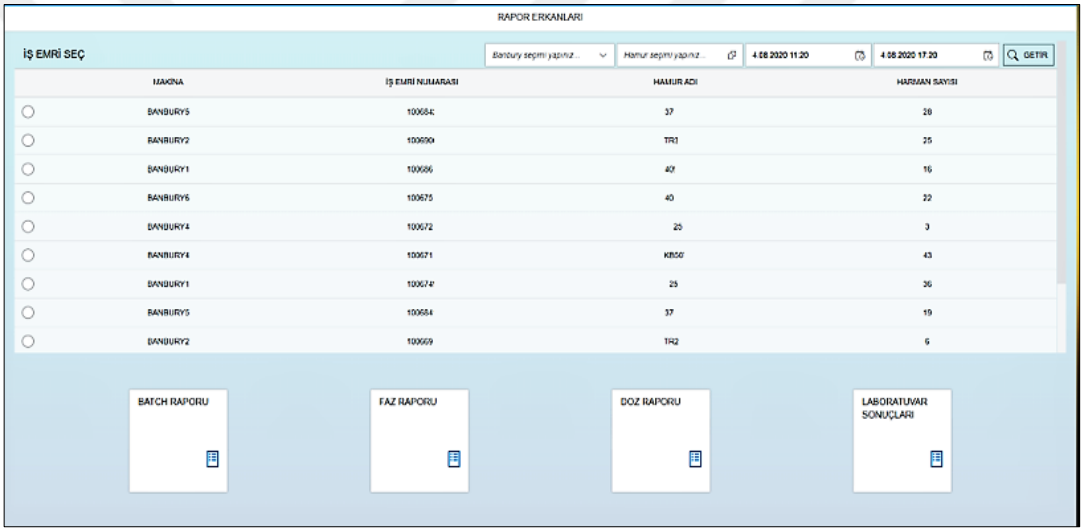


Şekil 3.31. Laboratuvar gravite ekranı

Belirlenen harman aralıklarına göre yapılan gravite testlerinin sonuçları veri tabanına aktarılmaktadır.

3.4.1.17. Raporlamalar

Üretilen ürünlere ait bilgiler ilk PLC data bloklarının içerisinde 100 rapora kadar rapor serisine kadar tutulabilmektedir. Her zaman son 100 rapor tutulur. MES sistemine ise en son gelen rapor aktarılır. Üretilen ürüne ait 4 farklı rapor bulunmaktadır. Bunlar, batch (harman) raporları, faz raporları, doz raporları ve laboratuvar test raporlarıdır. Laboratuvar test raporu yukarıda 3.4.1.16. bölümünde anlatılmıştır. Şekil 3.32'de ana rapor ekranı verilmiştir.



Şekil 3.32. Rapor ana ekranı

Kullanıcılar üst barda bulunan filtreleme ile ilgili iş emirlerinin seçimini yapabilir. Seçilen iş emirlerinin istenen tipte raporlarına alt kısımda bulunan butonlara basılarak ulaşılabilir. Şekil 3.33'te batch raporu sayfası verilmiştir.

Batch raporu sayesinde kullanıcılar hangi hamurun hangi zaman diliminde çıktığını harman bazında takip edebilir. Rapor içeriğinde bir harmanda gerçekleşen toplam süre, karışma süresi, cycle süresi, ram basma süresi, kapak açma sıcaklığı ve çalışma modu gibi datalar izlenir.

Şekil 3.34'te bir harman içerisinde makine çalışma aşamaları olan fazların raporları verilmiştir. Faz raporu sayesinde seçilen aralıktaki harmanın fazları detaylı olarak incelenebilir. Rapor içeriğinde faz numarası, harman bilgisi, faz süresi, faz sıcaklığı,

rotor devri gibi bilgiler izlenebilir. Böylece detaylı analiz yapılabilir. Hata durumları ve kalite açısından yaşanabilecek sorunlar analiz edilebilir.

Şekil 3.35'te doz raporu verilmiştir. Doz raporunda bir harmanda tüketilen ham maddelerin ve yarımamüllerin dozaj miktarları takip edilebilir. Böylece sistemden alınan gerçek tüketim verileri anlık olarak kaydedilir ve veri tabanına gönderilir. Bu rapor sayesinde tüketimler ve stok durumlarının yönetimi kolaylaşır. Ayrıca hatalı miktarlarda kullanım olup olmadığı da denetlenir.



BATCH RAPORU

GRAFİK GÖRÜNTÜLE | Mixing Süresi Alt Limit | Mixing Süresi Üst Limit | FİLTRELE | TEMİZLE

MAKİNA	İŞ EMRİ NUMARASI	HAMUR ADI	HARMAN NUMARASI	BAŞLANGIÇ ZAMANI	BİTİŞ ZAMANI	TOPLAM SÜRE	MIXING SÜRESİ	CYCLE SÜRESİ	RAMDOWN SÜRESİ	DISCHARGE SICAKLIĞI	MANUELE GEÇİŞ ZAMANI	ÇALIŞMA MODU
ORTALAMA			4			193.25	112.00	81.25	71.25	148.07		
BANBURY3	100682	23	10	15:17:14 04/08/2020	15:18:55 04/08/2020	266	89	179	83	150.2	0	0
BANBURY3	100682	23	9	15:12:47 04/08/2020	15:14:25 04/08/2020	118	85	33	79	150.3	0	0
BANBURY3	100682	23	8	15:10:48 04/08/2020	15:12:32 04/08/2020	216	95	123	86	150.8	0	0
BANBURY3	100682	23	7	15:07:10 04/08/2020	15:10:20 04/08/2020	189	179	-10	37	141	27	M

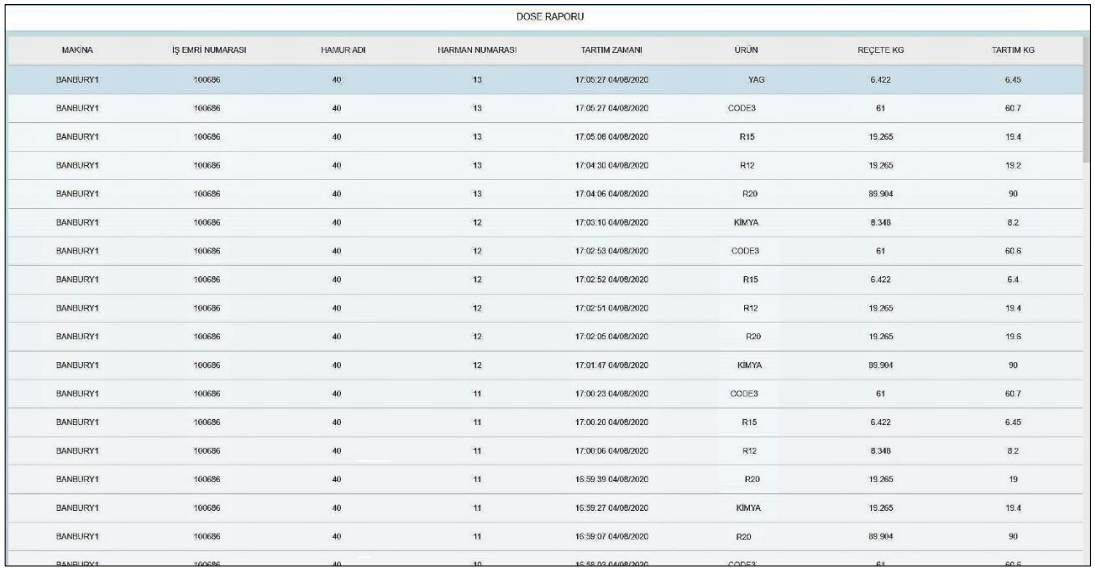
Şekil 3.33. Batch raporu



FAZ RAPORU

MAKİNA	İŞ EMRİ NUMARASI	FAZ NUMARASI	HAMUR ADI	HARMAN NUMARASI	FAZ SÜRESİ	SICAKLIK	ENERJİ	MOTOR HIZI	RAM BASINCI
BANBURY3	100682	5	23	10	11	142.86	0	35.20634	0
BANBURY3	100682	4	23	10	63	150.1678	0	34.90741	0
BANBURY3	100682	3	23	10	6	111.044	0	34.90741	0
BANBURY3	100682	2	23	10	20	106.5486	0	44.23611	0
BANBURY3	100682	1	23	10	11	61.27778	0	43.63426	0
BANBURY3	100682	5	23	9	11	141.5231	0	35.20634	0
BANBURY3	100682	4	23	9	59	150.2569	0	35.20634	0
BANBURY3	100682	3	23	9	6	119.7778	0	34.90741	0
BANBURY3	100682	2	23	9	20	119.2431	0	43.93518	0
BANBURY3	100682	1	23	9	14	118.8866	0	44.23611	0
BANBURY3	100682	5	23	8	11	141.9688	0	35.20634	0
BANBURY3	100682	4	23	8	66	150.7917	0	35.20634	0
BANBURY3	100682	3	23	8	6	116.8068	0	35.81018	0
BANBURY3	100682	2	23	8	20	119.1539	0	43.93518	0
BANBURY3	100682	1	23	8	12	108.103	0	44.83796	0

Şekil 3.34. Faz raporu



DOSE RAPORU

MAKINA	İŞ EMRİ NUMARASI	HAMUR ADI	HARMAN NUMARASI	TARTIM ZAMANI	ÜRÜN	REÇETE KG	TARTIM KG
BANBURY1	100686	40	13	17:05:27 04/08/2020	YAG	6.422	6.45
BANBURY1	100686	40	13	17:05:27 04/08/2020	CODE3	61	60.7
BANBURY1	100686	40	13	17:05:08 04/08/2020	R15	19.265	19.4
BANBURY1	100686	40	13	17:04:30 04/08/2020	R12	19.265	19.2
BANBURY1	100686	40	13	17:04:06 04/08/2020	R20	89.904	90
BANBURY1	100686	40	12	17:03:10 04/08/2020	KİMYA	8.348	8.2
BANBURY1	100686	40	12	17:02:53 04/08/2020	CODE3	61	60.6
BANBURY1	100686	40	12	17:02:52 04/08/2020	R15	6.422	6.4
BANBURY1	100686	40	12	17:02:51 04/08/2020	R12	19.265	19.4
BANBURY1	100686	40	12	17:02:05 04/08/2020	R20	19.265	19.6
BANBURY1	100686	40	12	17:01:47 04/08/2020	KİMYA	89.904	90
BANBURY1	100686	40	11	17:00:23 04/08/2020	CODE3	61	60.7
BANBURY1	100686	40	11	17:00:20 04/08/2020	R15	6.422	6.45
BANBURY1	100686	40	11	17:00:06 04/08/2020	R12	8.348	8.2
BANBURY1	100686	40	11	16:59:39 04/08/2020	R20	19.265	19
BANBURY1	100686	40	11	16:59:27 04/08/2020	KİMYA	19.265	19.4
BANBURY1	100686	40	11	16:59:07 04/08/2020	R20	89.904	90

Şekil 3.35. Doz raporu

3.4.1.18. Proses parametreleri ve alarmlar

Proses sistem parametreleri her makineye özgü olarak ayarlanabilmektedir. Her banbury istasyonunun parametreleri İmalat Yönetim Sistemi'nin ilgili ekranı üzerinden görüntülenebilir ve yetki dahilinde değiştirilebilir. Bu veriler SCADA tarafında ise bilgilendirme amaçlı görüntülenir. Parametreler ARGE, Üretim ve bakım olmak üzere 3 yetki grubuna ayrılmıştır. Şekil 3.36'da ARGE yetki grubu parametreleri gösterilmiştir.



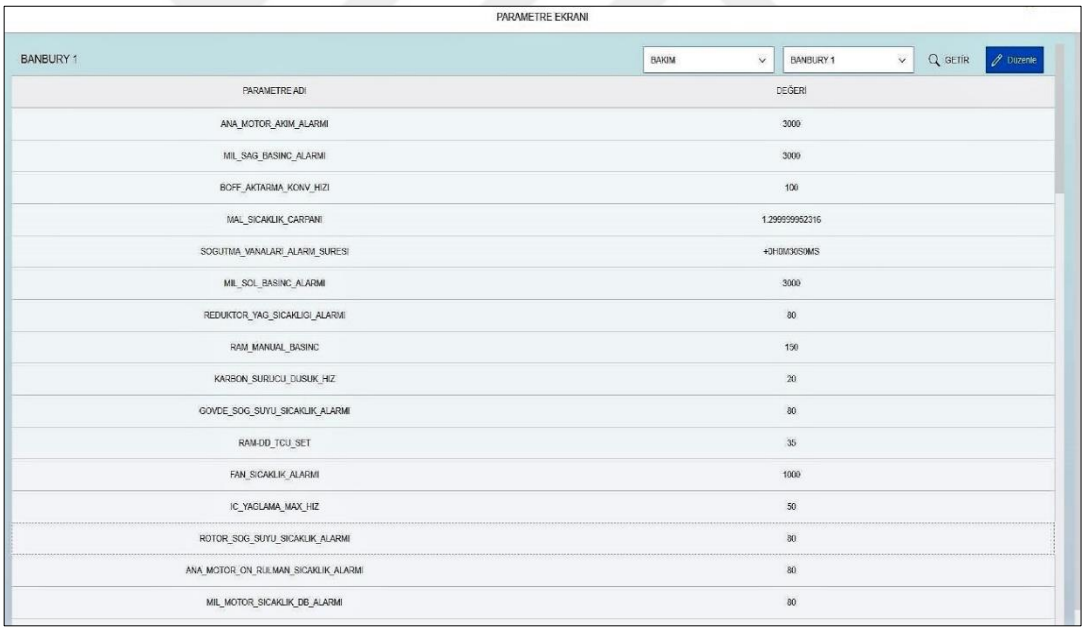
Şekil 3.36. ARGE parametreleri

ARGE birimi yetkilileri banbury istasyonunu seçerek müdahalelerini bu ekran üzerinden yapmaktadır. Kaydedilen veriler PLC data blokları içerisine yazılır. Şekil 3.37'de Üretim yetki grubu parametreleri verilmiştir.



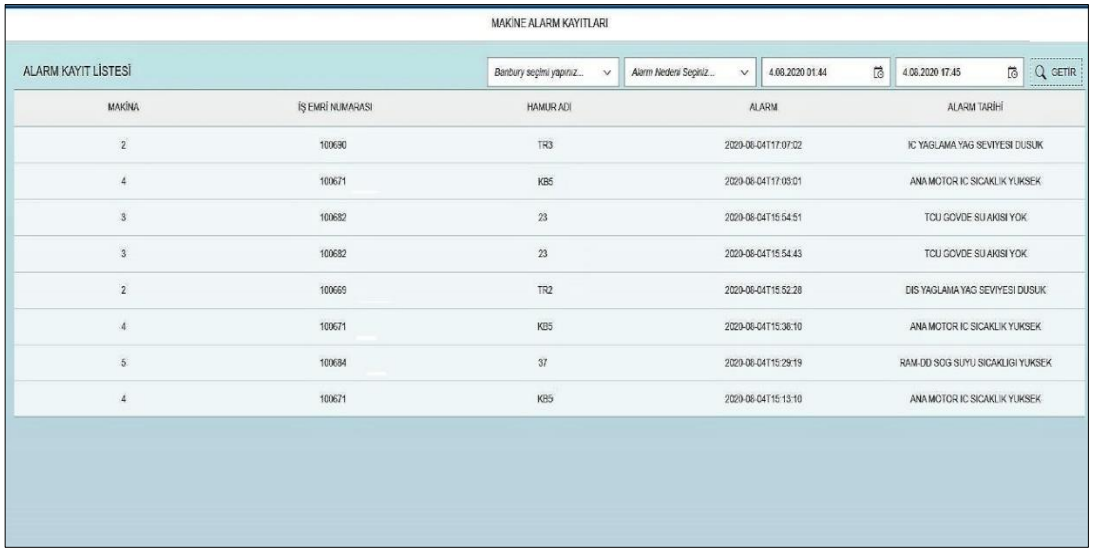
Şekil 3.37. Üretim parametreleri

Üretim birimi yetkilileri banbury istasyonunu seçerek müdahalelerini bu ekran üzerinden yapmaktadır. Kaydedilen veriler PLC data blokları içerisine yazılır. Şekil 3.38'de Bakım yetki grubu parametreleri verilmiştir.



Şekil 3.38. Bakım parametreleri

Bakım birimi yetkilileri banbury istasyonunu seçerek müdahalelerini bu ekran üzerinden yapmaktadır. Arıza gibi durumların önceden yönetilmesi ve makine başına gitmeden anlık müdahale imkanı sağlaması açısından önem arz eder. Aynı şekilde, bakım birimine özel olarak hazırlanan alarmlar sayfası da, bakım ekibinin makine başına gitmeden alarmları görebilmesi ve gerekli müdahaleleri yapabilmesi şansını verir. Şekil 3.39'da alarm sayfası verilmiştir.



Şekil 3.39. Bakım alarm sayfası

Alarm sayfasında üst barda zaman, istasyon ve alarm tipine göre filtreleme yapılabilmektedir. İmalat Yönetim Sistemi üzerindeki bu alarm sayfasına makine içerisinde oluşan tüm alarmlar değil, sadece bakım ekibinin belirlediği önemli alarmlar dahile edilmiştir.

3.4.2. Otomasyon Yapısı

Dijital dönüşüm uygulamasından önce sistemin üç ana bölümünün her birinde üç ayrı PLC kullanılmaktadır ve programsal bütünlük bulunmamaktadır. Dijital dönüşüm tasarımında, banbury ünitesinin üç ana kısmında konumlanan 3 PLC yerine, merkezi tek PLC kullanılmaktadır. Eklenen yeni modüllerin yanı sıra mevcut G/Ç modülleri kullanılmaya devam edilmektedir. Mevcut Karbon grubu, Hidrolik grubu gibi istasyonlarda bulunan S7-300 PLC ve IM-365 modüllere bağlı IO modüller ise tasarlanan sistemde PLC yerine ET200M Profibus-DP Coupler (PLC istasyonu) ilave edilerek kullanılmaktadır. PLC istasyonları, tartım indikatörleri ve PLC arası haberleşmede Profibus yapısı aynen korunmaktadır. Eklenen dört adet yeni "ET200M Profibus Remote IO Coupler" ile bütün modüller kullanılmaya devam edilmektedir. Tüm otomasyon ekipmanlarının Ethernet altyapısına geçmesi maliyeti arttıracağından ve mevcut yapının sil baştan yenilenmesi, I/O'ların değiştirilmesi bazı problemleri ortaya çıkarabileceğinden, geçiş aşamasında mevcut IO modülleri ve PROFIBUS ile haberleşen ekipmanlara dokunulmamıştır. Otomasyon sistemi ekipman listesi Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Otomasyon sistemi ekipman listesi

Ekipman	Özellikleri	Mevcut Sistem Adet	Önerilen Sistem Adet
S7 300 PLC	CPU 315-2 DP	3	0
S7 1500 PLC	CPU 1516-3 PN/DP	0	1
Uzak G/Ç Modül	ET-200 M	4	9
Dijital Giriş Modülü	DI 16x24VDC PNP	13	14
	DI 32x24VDC PNP	2	6
Dijital Çıkış Modülü	DO 8xRelay	1	1
	DO 16x24VDC/0.5A	13	16
	DO 32x24VDC/0.5A	0	1
Analog Giriş Modülü	AI 8x13BIT	0	6
Analog Çıkış Modülü	AO 4x12BIT	0	4
Analog G/Ç Modülü	AI 4/AO 2x8BIT	2	2
Haberleşme	PROFIBUS (DP)	9	12
İstasyonları	PROFINET (PN)	0	3
Dijital Sensörler	24 VDC	54	82
Analog Sensörler	0-10 VDC	1	5
	4-20 mA	2	24
Aktuatörler	4-20 mA çalışma/geri besleme	0	3

Tasarlanan sistemde, mevcut sistemde kullanılan 3 adet S7-300 PLC yerini 1 adet S7-1500 PLC'ye bırakmıştır. Uzak istasyon sayısı 4'ten 9'a çıkmıştır. Dijital giriş kapasitesi, 272'den 416'ya çıkarılmıştır. Dijital çıkış kapasitesi 216'dan 296'ya çıkarılmıştır. 8 olan analog giriş kapasitesi 56'ya, 4 olan analog çıkış kapasitesi 20'ye çıkarılmıştır. Dijital sensörlerin sayısı 54 iken yeni sensörler eklenerek 82 olmuştur. Analog sensörlerin sayısı 3 iken yeni sensörler eklenerek 29 olmuştur. Yeni eklenen dijital ve analog sensörlerle ünitenin izlenebilirliği artmış ve tüm önemli sıcaklık ve basınç değerleri sistem üzerinden takip edilebilir hale gelmiştir. Ünitenin çeşitli istasyonlarındaki sıcaklık değerlerini optimum düzeyde tutmak için 3 adet aktüatörlü vana eklenmiştir ve geri besleme sinyalleri alınmaktadır. 9 olan PROFIBUS

haberleşme istasyonu sayısı 12'ye çıkarılmıştır. Yeni nesil PLC, HMI ve SCADA bağlantıları için de yeni PROFINET haberleşmeleri eklenmiştir.

Önerilen sistemde PT-100 sensörler ile ana motor gövde sıcaklıkları (8 adet), TCU gövde, rotor ve ram alt kapak sıcaklıkları, ekstrüder sağ ve sol redüktör sıcaklıkları, ana motor redüktör yağ sıcaklığı, hidrolik ünite yağ sıcaklığı, ana motor redüktör rulman sıcaklıkları (2 adet), ana motor sağ ve sol gövde sıcaklıkları, ana motor, mil ve ekstrüder sargı sıcaklıkları, ana motor soğutma fanı sıcaklığı, mal sıcaklığı (termokupl) PLC'ye aktarılmaktadır. Eski sistemde bu verilerin birçoğu ya yoktu ya da PLC'ye ulaştırılmadan küçük gösterge ekranlarına gelmekteydi. Sağ ve sol mil aralıkları ve sağ ve sol mil basınçları da PLC'ye ulaştırılmaktadır. Ayrıca tüm motorların termik şalter ve kontaktör çalışıyor bilgileri de PLC'ye alınmış ve elektrik bakımcıların arıza tespitinde işlerini oldukça kolaylaştırmıştır. TCU soğutma vanaları pozisyon bilgisi ve pozisyon verme sinyali de PLC içerisinde tanımlanmıştır ve otomatik PID kontrolü yapılmaktadır.

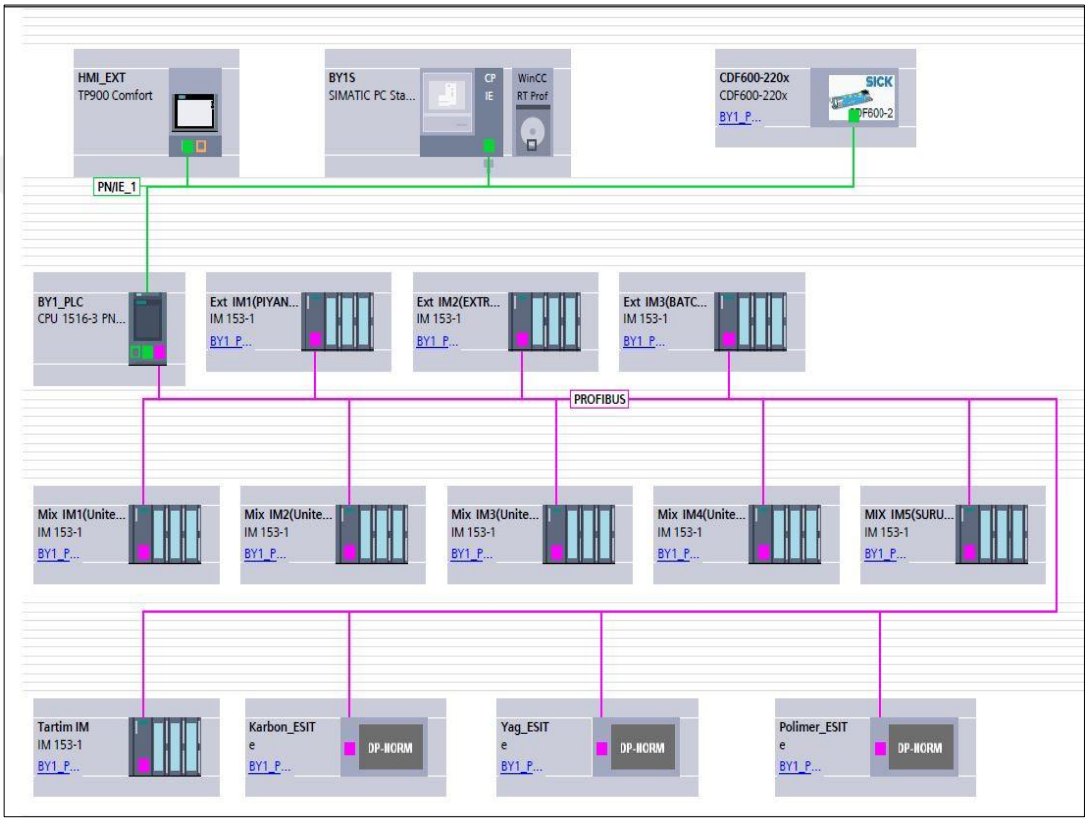
3.4.2.1. Haberleşme altyapısı

Tasarlanan sistemde;

- Seçilen merkezi PLC PROFIBUS ve PROFINET haberleşme protokollerini desteklemektedir. PLC PROFINET altyapısı iki ayrı networke bağlanabilecek kabiliyettedir. Yani iki farklı IP adresi alabilmektedir. Bu sayede istenilen cihazların networkü ayrı tutulabilmektedir.
- Remote G/Ç modülleri ve saha ekipmanları ile olan haberleşme için PROFIBUS protokolü kullanılmaktadır. Mevcut sistemde bulunan bu altyapı korunarak maliyetlerin azaltılması ve hızlı entegrasyon amaçlanmıştır.
- SCADA Sistemi, Ekstrüder dokunmatik HMI Panel ve merkezi PLC arasında olan haberleşme için PROFINET haberleşme protokolü kullanılmaktadır. Bu cihazlar aynı network grubunda farklı IP adresleri almaktadır.
- Laboratuvar sunucu odasına konumlandırılan yerel veri tabanı bilgisayarı; PLC, SCADA ve diğer HMI cihazlarla Endüstriyel Ethernet Protokolü üzerinden haberleşmektedir. Dolayısıyla, bu bilgisayarda yüklü olan MSSQL veri tabanı ve OPC Sistemi de bu altyapıyı kullanarak PLC ile haberleşmektedir.
- SAP S/4 HANA veri tabanının bulunduğu bulut bağlantısı side-to-side VPN ile işletme networküne bağlanmıştır. Böylece yerel veri tabanı bilgisayarına aynı

network üzerinden bağlanabilmektedir. Reçeteler ve veri tabanına yazılan diğer bilgiler bulut bağlantısı ile veri tabanına yazılmaktadır. Aynı şekilde SCADA tarafından veri tabanına yazılan bilgiler de bu bilgisayar üzerinden buluta taşınmaktadır.

Banbury otomasyon sistemi donanım mimarisi Şekil 3.40'da gösterilmektedir. Bu mimaride; 9 adet PLC istasyonu, 3 adet tartım indikatörü, 1 adet barkod okuyucu, 1 adet SCADA istasyonu ve 1 adet HMI cihaz bulunmaktadır.



Şekil 3.40. Otomasyon donanım mimarisi

3.4.2.2. Saha revizyonları

Sahadan alınan tüm verilerin PLC ve SCADA'ya aktarılması için bazı ek modüllerin ve sensörlerin kullanılması ihtiyacı doğmuştur. Tablo 3.2'de mevcut sisteme ilave edilen saha sensörlerinin listesi verilmiştir. Yeni sistemde, PT-100 sensörler ile ana motor gövde sıcaklıkları, TCU gövde, rotor ve ram alt kapak sıcaklıkları, ekstrüder sağ ve sol redüktör sıcaklıkları, ana motor redüktör yağ sıcaklığı, hidrolik ünite yağ sıcaklığı, ana motor redüktör rulman sıcaklıkları, ana motor sağ ve sol gövde sıcaklıkları, ana motor, mil ve ekstrüder sargı sıcaklıkları, ana motor soğutma fanı

sıcaklığı, mal sıcaklığı PLC'ye aktarılmaktadır. Sağ ve sol mil aralıkları ve sağ ve sol mil basınçları da PLC'ye ulaştırılmaktadır. Ayrıca tüm motorların termik şalter ve kontaktör çalışıyor bilgileri de PLC'ye alınmış ve elektrik bakımcıların arıza tespitinde işlerini oldukça kolaylaştırmıştır. TCU soğutma vanaları pozisyon bilgisi ve pozisyon verme sinyali de PLC içerisinde tanımlanmıştır ve otomatik PID kontrolü yapılmaktadır.

Özellikle mal sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklıkları ve gövde sıcaklıkları makine güvenliği açısından çok büyük önem arz etmektedir. Uygun mal sıcaklığı aşıldığında veya makine yeteri kadar soğutulamadığında tehlikeli durumlar yaşanabilir. Mal sıcaklığında yaşanacak bir problem ile karıştırılan hammaddelerin oluşturduğu kompound (çıkan mal) kalite açısından kötü durumda olabilir. Bu çalışma ile birlikte sahadan toplanan bu sensör verileri otomasyon sistemi içerisine dahil edilerek hem makine güvenliği hem de kalite izlenebilirliği açısından katkı sağlaması hedeflenmiştir.

3.4.2.3. Sistem kontrolü ve izleme

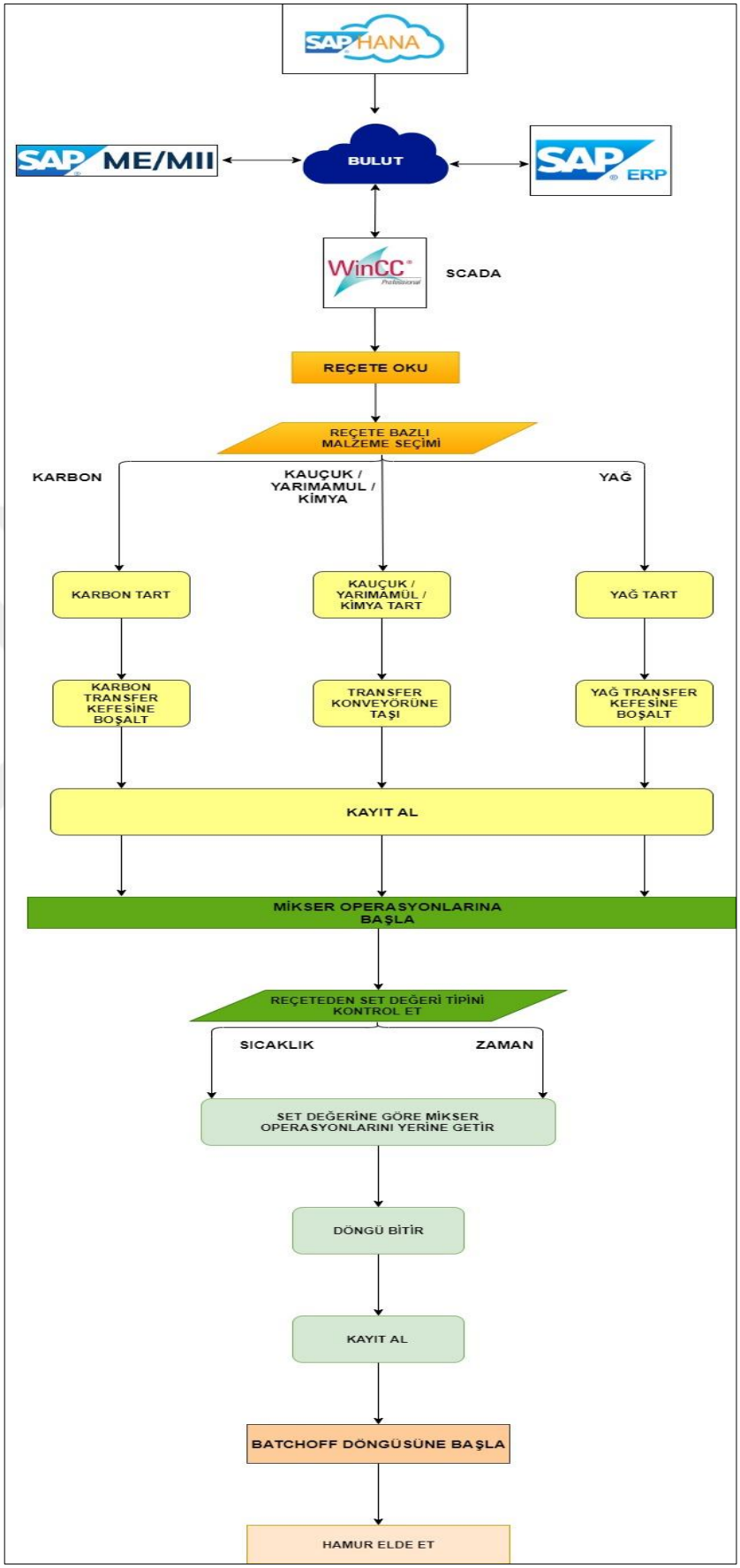
Banbury karışım ünitesinin proses çalışma aşamaları Şekil 3.41'de gösterilmiştir. Compound üretimi, tartım/dozajlama, karıştırma ve batch-off olmak üzere 3 aşamadan oluşur. Yapılacak ürün ilk kademe bir ürün ise ham maddelerin tartılması ve dozajlanması, ara kademe bir ürün ise yarı mamülün tartılması ve karbon/kimyasal dozajlanması ile (reçetede tanımlı ise) ilk aşama tamamlanır. Daha sonra, karışım aşamasına geçilir. Karışımdan çıkan kompound batchoff ünitesinde sıralanır. Burada da ürünün kademe bilgisine göre tekrar karışıma gönderilir veya final ürünü elde edilir. Tüm bu süreç reçetede belirlenen parametrelere göre otomasyon sistemi tarafından yönetilir.

Şekil 3.41'de gösterilen akış diyagramına göre, reçeteden okunan verilere kauçuklar, kimyasallar veya yarımamül ürün, karbon ve yağ olmak üzere 3 ayrı aşamada tartılır ve kayıt altına alınır. Bu tartım son iş emri değil ise yeni tartıma geçilir. Karbon ve yağ tartımında, reçeteden okunan verilere göre üst kefelerde ve alt kefeler boş ise, üst kefede tartılan karbon alt kefeye boşaltılır. Tartım işlemi sonrası ham maddeler mikser içerisine alınır. Mixer döngüsünde reçetede verilen faz işlemleri sırasıyla yerine getirilir. Reçete ile gönderilen her faz işlemi, sıcaklık veya zaman olarak belirlenen set

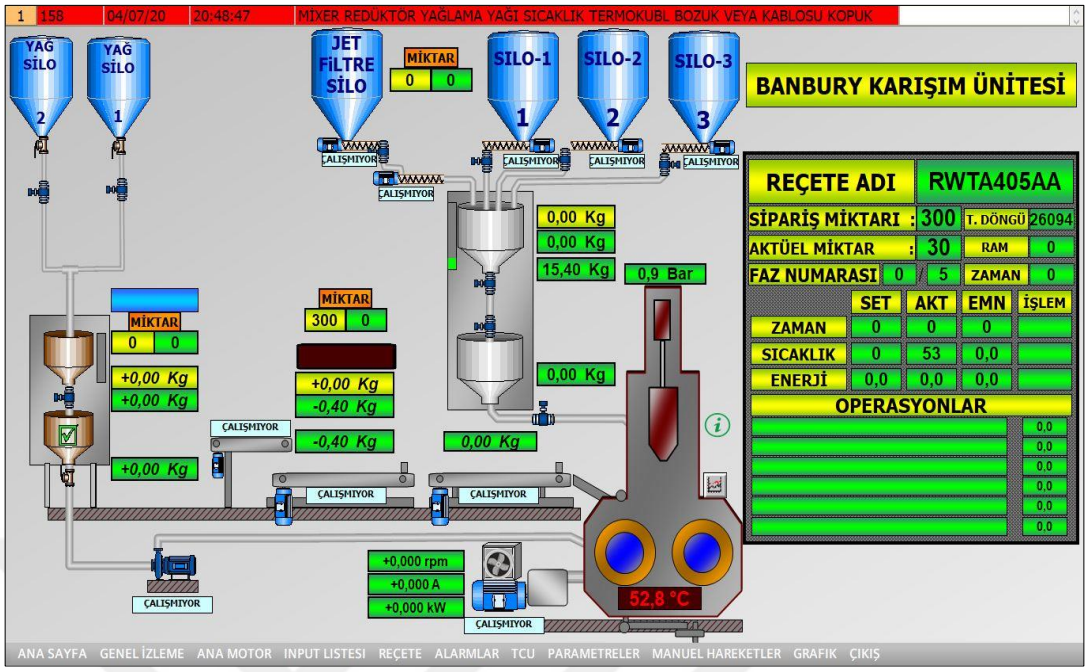
değerine kadar sürdürülmektedir. Bu seçim işlemin türüne göre değişmektedir. Örneğin, bir fazın bitme koşulu belirlenen bir sıcaklığa ulaşılması iken diğer fazın bitme koşulu belirlenen zamanın dolmasıdır. Belirlenen sıcaklığa ulaşılamaması durumunda zaman aşımı süresi devreye girer ve faz atlatılır. Bu güvenlik kontrolü ürünün sağlıklı bir şekilde üretilmesini ve herhangi bir sorun ile karşılaşılmamasını sağlar. Batchoff cycle, mal mikserden düştüğünde aktif olmaktadır. Mal hazneye düştüğünde ekstüder motoru, mil motoru, giriş bandı ve batchoff askıları otomatik olarak çalışır. Mil rollerinden çıkan kompound giriş konveyörü üzerinden batchoff askılarına iletilir. Aktarma konveyörü start/stop fotoselleri ile aktarma konveyörünün çalışması düzenlenir.

Tasarlanan sistemde; SCADA yazılımı olarak SIEMENS TIA Portal-WinCC Professional V15.1 kullanılmıştır. Tek istasyonlu yapı benimsenmiştir. Bu yapıda her mikserin kendisine ait, sadece o mikserin izlenip kontrol edebileceği bir SCADA istasyonu öngörülmüştür. Bu SCADA istasyonu sadece o miksere ait Dozaj, Mikser ve Batch-Off sistemleri ile direkt olarak haberleşmektedir. Banbury sistemi SCADA ekranları Şekil 6'da gösterilmiştir. Bir karışım ünitesinde SCADA için 1 adet panel PC, SAP üzerinden girilen iş emirlerinin takip edileceği 1 adet panel PC bulunmaktadır. Bu bilgisayarlar Endüstriyel Dokunmatik 18,5" Panel PC tipindedir. SCADA sistemi Alarm, Trend, Reçete ve Rapor kayıtlarını tutmaktadır ve istenen bilgileri buluta raporlamaktadır. Ayrıca, Giriş-Çıkış birimleri, reçeteler, başlangıç koşulları, alarmlar, TCU diyagram, manuel hareketler gibi detay sayfaları ile tüm makine verilerine erişebilmekte ve anlık durum takip edilebilmektedir.

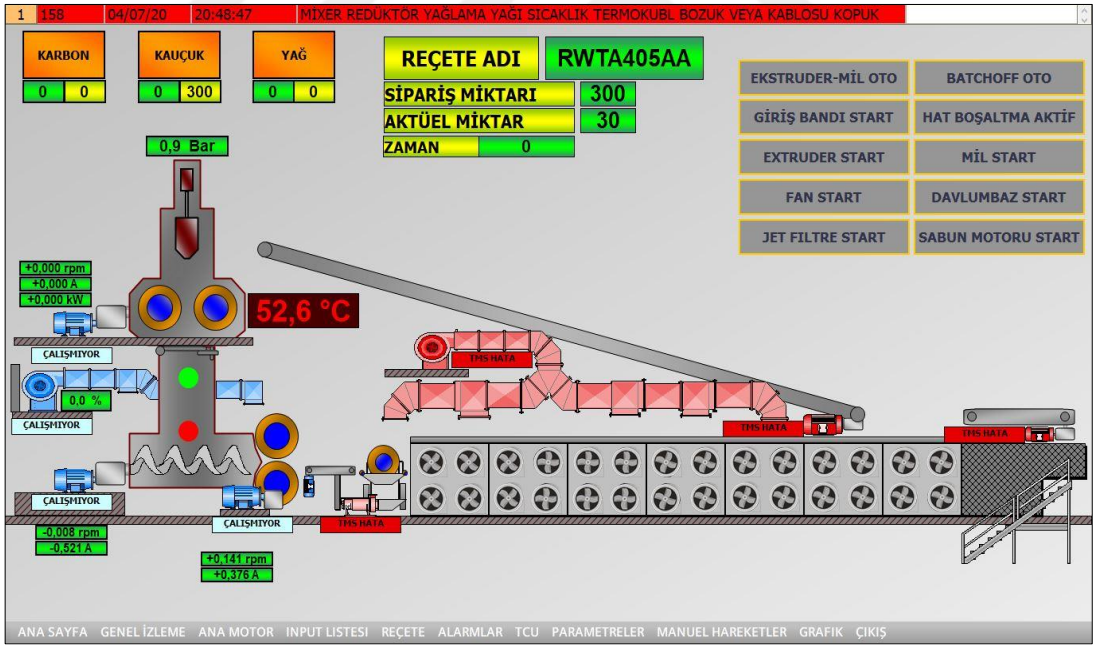
Şekil 3.42'de operatörlerin anlık olarak takip ettiği ana sayfa gösterilmektedir. Ana motor, helezon motorları, konveyörler gibi ekipmanların anlık çalışma ve arıza durumu, reçeteye göre gelen operasyonlar ve faz takibi, reçete set değerleri ve zaman sayaçları takip edilir. Ayrıca karbon, yağ ve tartım konveyörü yük hücrelerinden gelen anlık tartım verileri, aktüel tartım miktarları, silolara bağlanan karbon ve yağ malzemeleri de takip edilir. Ana motor rotor dönüş hızı, çekilen akım bilgisi, harcanan aktif güç bilgisi gösterilir. Sahadaki hareketler animasyonlarla ekrana yansıtılır. Ana motor sıcaklık bilgisi, ram basıncı gibi analog veriler de takip edilebilir. Alt kısımdaki menü araç kutusundan istenen sayfaya geçiş yapılabilir. Üst barda anlık gelen son alarm gösterilir.



Şekil 3.41. Sistem akış şeması



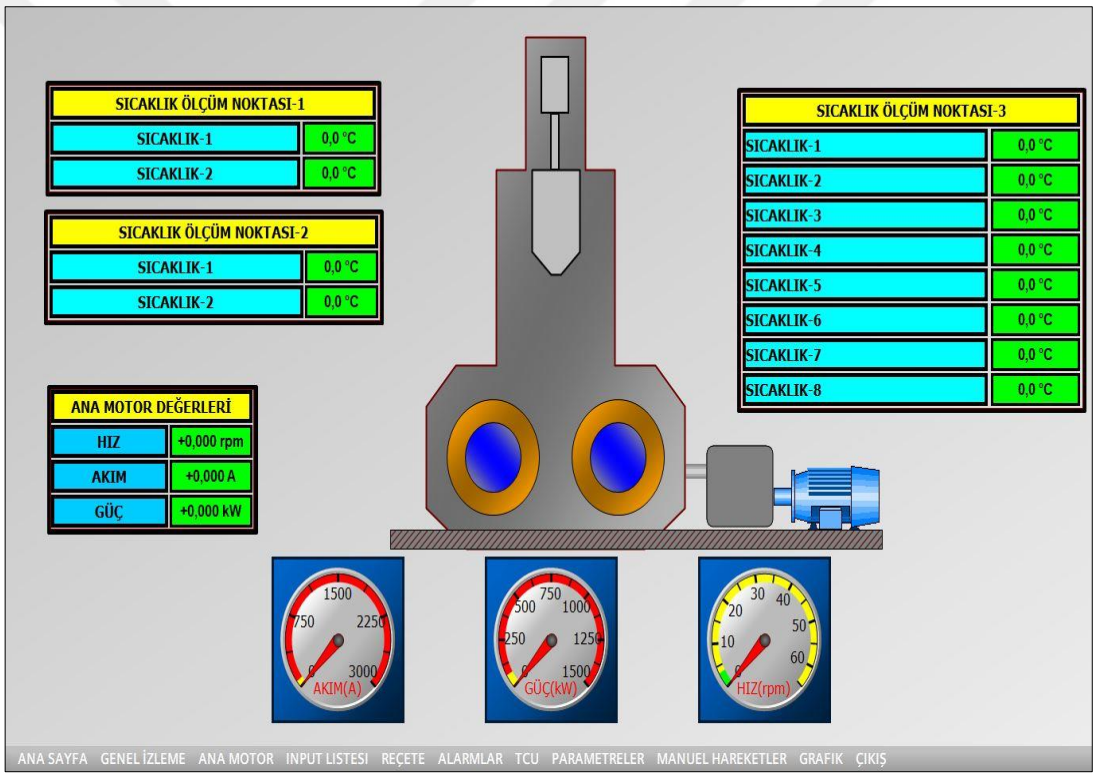
Şekil 3.42. SCADA ana sayfa ekranı



Şekil 3.43. SCADA genel izleme ekranı

Şekil 3.43'te gösterilen genel izleme ekranında mikser ve batchoff katlarının aynı anda görülebildiği bir gösterim sunulmuştur. Hamur seviyesi bilgisi, jet filtre motoru, ana motor, ekstrüder motoru, mil motoru, fan motorları ve diğer yardımcı ekipman motorlarının anlık çalışma ve arıza durumları takip edilir. Ekstrüder ve mil

motorlarının dönüş hızları, çekilen akım bilgisi ve harcanan aktif güç de bu ekranlarda gösterilir. Jet filtre doluluk oranı ve sıcaklıklar gibi analog veriler de gösterilir. Operatörün batchoff kısmında makine çalışmasına yönelik panoda yaptığı seçimler ve buton hareketleri de ekranın sağ tarafında bulunan durum takip animasyonlarına yansıtılır. Makine ekipmanları ve motorların hareketleri de hazırlanan animasyonlarla operatörlere gösterilir. Üst katta bulunan operatör mikser besleme kararını verirken bu ekrana bakarak alt kattaki durumu görebilir. Hamur seviyesine ve batchoff askılarının doluluk durumuna göre yeni mal atıp atmama kararına buraya bakarak verebilir. Alt kısımdaki menü toolbarından istenen sayfaya geçiş yapılabilir. Üst barda anlık gelen son alarm gösterilir.



Şekil 3.44. SCADA ana motor sayfası

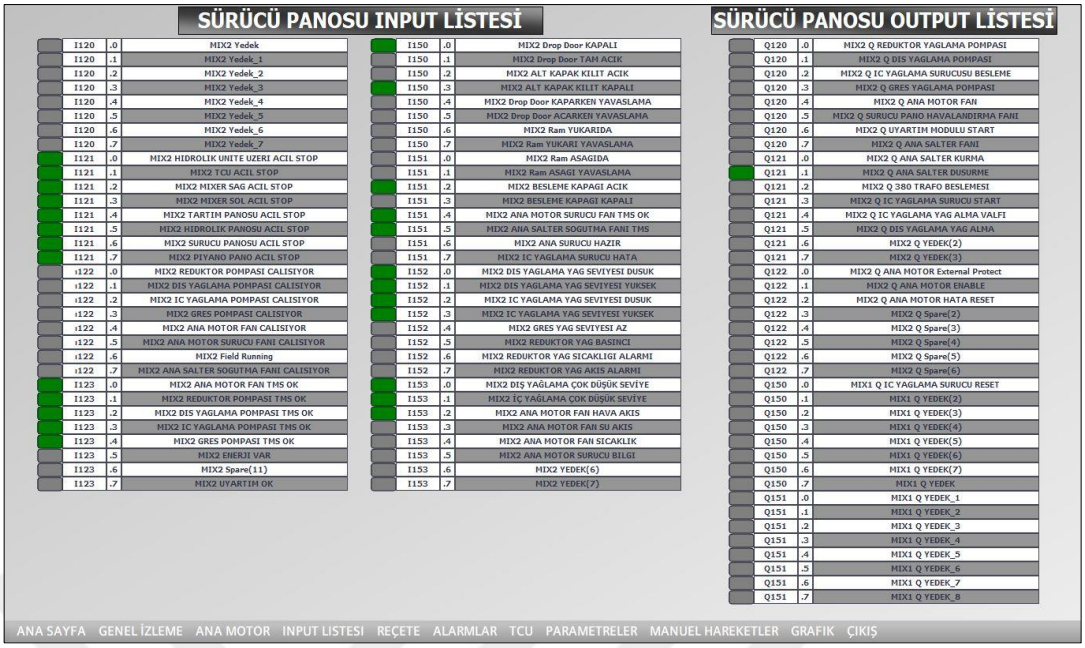
Şekil 3.44'te verilen ana motor sayfasında, ana motordan okunan akım, hız ve güç verileri dijital göstergeler yardımıyla görselleştirilmiştir. Ayrıca tablo olarak da verilmektedir. Ana motorun ve baskı pistonunun da animasyonları takip edilebilir. Ayrıca bu sayfada ana motorun redüktör, rulman, gövde gibi farklı noktalarından toplanan sıcaklık verileri de gösterilmektedir. Mekanik bakım ekibi makine başına geldiğinde bu sayfayı açarak makine sıcaklık değerlerini takip edip bakım çalışmalarını yönetebilirler.

Elektrik bakım ekibi için sistem giriş/çıkış sinyallerinin takip edilmesi arızayı tespit etmek ve çözmek için oldukça önemlidir. Bunun için sistemden alınan tüm sinyaller SCADA'nın ilgili ekranlarında gösterilmektedir. Şekil 3.45'de izlenmek istenen istasyonların isimleri görülmektedir. Burada istenen istasyona tıklanarak sinyal takibi yapılabilir. Bu istasyonlar, Şekil 3.40'da verilen donanım mimarisinde belirtilen ET200 PLC istasyonlarıdır. Bu istasyonlar; mikser piyano pano istasyonu, sürücü panosu-1 istasyonu, sürücü panosu-2 istasyonu, hidrolik ünite istasyonu, tartım panosu istasyonu, TCU panosu istasyonu, batchoff piyano pano istasyonu, batchoff panosu istasyonu ve ekstrüder panosu istasyonlarıdır. Açılan sayfalarda gösterilen sinyaller bu uzak istasyonlara bağlanan PLC giriş / çıkış modüllerinden toplanan sinyalleri gösterir.

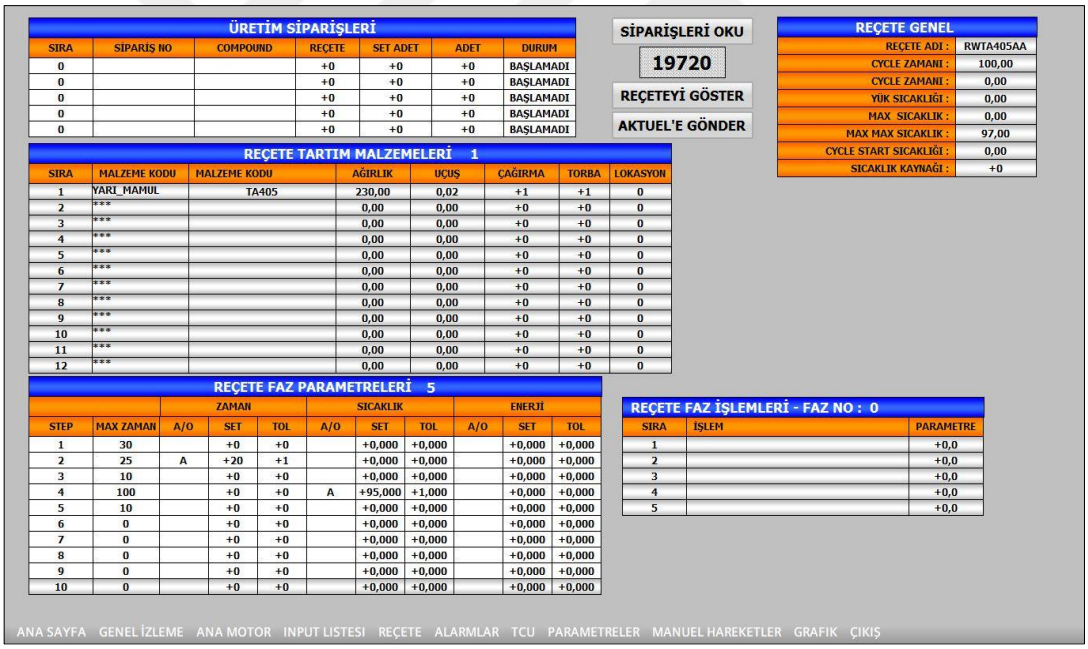


Şekil 3.45. SCADA G/Ç listesi ana ekranı

Yukarıda bahsedilen istasyonlara örnek olarak şekil 3.46'da sürücü panosu giriş / çıkış listesi verilmiştir. Burada sürücü panosunda bulunan 2 uzak PLC istasyonundan alınan giriş / çıkış sinyalleri gösterilmektedir. Anlık olarak aktif olan sinyaller yeşil renk ile gösterilmektedir. Teknisyen gelen sinyalin kontağının normalde açık veya normalde kapalı olması durumuna göre gelen sinyali yorumlar ve arıza sürecini yönetir. Diğer uzak istasyon sayfaları da bu sayfa ile benzerlik gösterir.



Şekil 3.46. SCADA sürücü panosu G/Ç ekranı



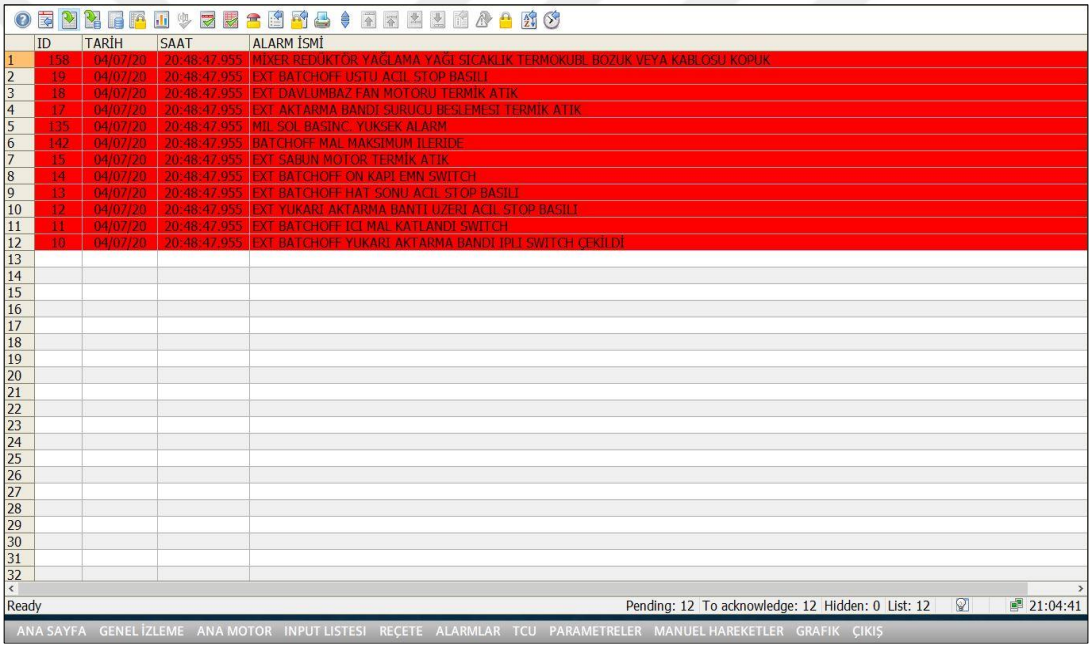
Şekil 3.47. SCADA reçete ekranı

Şekil 3.47'de gösterilen reçete sayfasında sisteme SAP ERP tarafında oluşturulan ve ME/MII üzerinden yollanan iş emirleri düşer. Siparişleri oku butonuna basıldığında gelen siparişler okunur. İş emri ile ilişkili reçete, reçete seç butonuna basılarak görüntülenebilir. Bunun için sipariş ID girilmesi gerekmektedir. Bu ID sayesinde veri tabanında bulunan ilgili reçete sorgusu yapılır. Aktüel'e gönder butonuna basıldığında ise görüntülenen reçete PLC içerisinde bulunan reçete data bloklarına yazdırılır. Bu

durum bulut bağlantısının kesildiği durumlar için aktiftir. Normal durumda reçeteler direkt olarak SAP sistemi tarafından seçilen iş emrine göre otomatik olarak PLC içerisinde bulunan data bloklara yazdırılır.

Reçete sayfasında seçilen reçete içeriklerinin görüntülenebilmesinin yanı sıra reçetede belirtilen makine çalışma fazlarının parametreleri de görüntülenebilmektedir. Fazlara tanımlanan operasyonlar da faz işlemleri kısmından takip edilebilmektedir. Ayrıca sağ üst köşede de reçetenin genel parametreleri verilmektedir.

Şekil 3.48'de gösterilen alarm sayfasında anlık olarak sistemde oluşan alarmlar takip edilebilmektedir. Alarmların sönme koşulu alarmın bitmiş olmasına ve pano üzerinde bulunan reset butonuna basılmış olmasına bağlıdır.

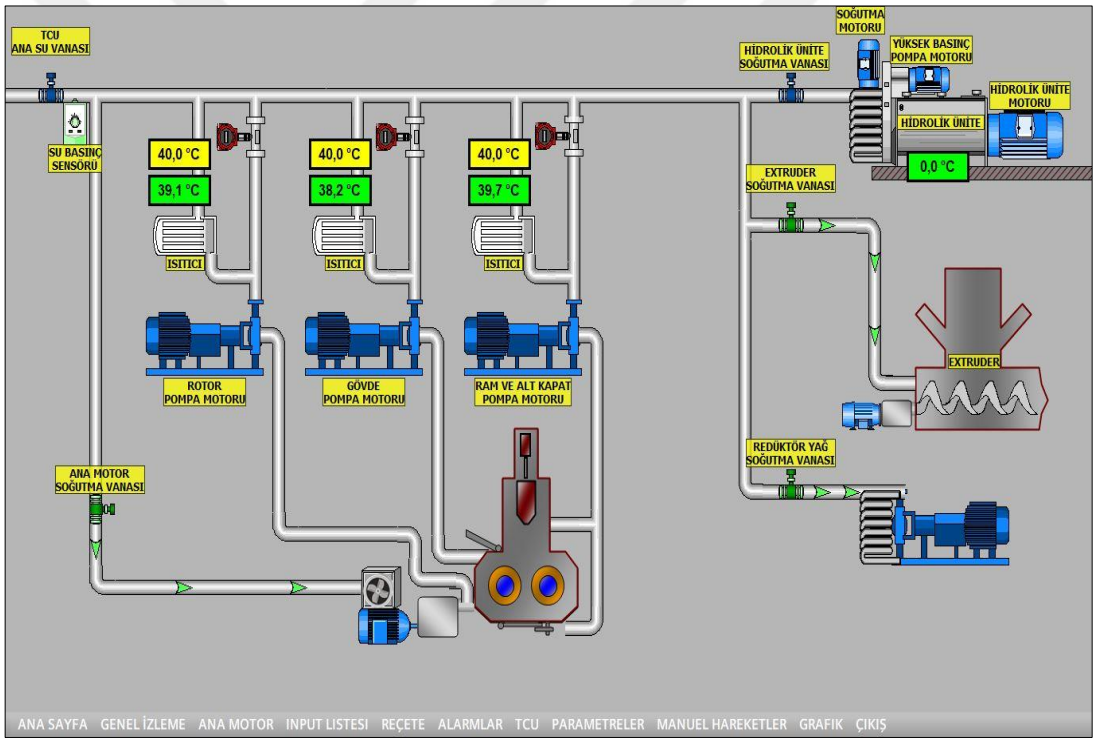


Şekil 3.48. SCADA alarm sayfası

Ayrıca operatör onayı özelliği ile operatörün alarmı gördüğü ve onayladığı anlaşılabilmektedir. Operatörün onaylamadığı yeni düşmüş bir alarm uyarısı kırmızı renkli olarak gösterilir. Sistemde oluşan bir alarm nedeni ortadan kalkmış olmasına rağmen butona basılarak resetlenmemiş ise PLC alarm biti hala aktif olarak kalmaya devam eder. Buna bağlı olarak alarm bilgisi de ekranda kalmaya devam eder. Operatör onayladığı anda, alarm ortadan kalkmış ve resete basılmış ise alarm kaybolur. Operatör onayladığı anda alarm devam ediyor ise alarm bilgisi ekrandan kaybolmaz ancak kırmızı vurgu söner. Ana sayfada sadece en son gelen alarm gösterilir. Bu sayfada ise tüm alarmlar takip edilebilmektedir.

Bakım ekibi tarafından belirlenen ve bu sistem için önem sırası yüksek olan alarmlar PLC data bloğu içerisinde loglanır. Bu data blok verileri de SAP sistemine aktarılarak hazırlanan sayfada bakım mühendislerine sunulur. İlgili sayfa 3.4.1.18 bölümünde detaylı olarak anlatılmış ve Şekil 3.39'da gösterilmiştir.

Şekil 3.49'da gösterilen TCU sayfasına banbury ünitesi soğutma sisteminin bir diyagramı verilmiştir. Soğutma suyu hattı borulama sistemi şematize edilmiştir. Su basınç sensörü sinyali, ana motor soğutma vanası sinyali, hidrolik ünite soğutma vanası sinyali, ekstrüder soğutma vanası sinyali ve redüktör yağ soğuma vanası sinyali alınarak vanaların anlık durumları animasyon ile gösterilmektedir. Hidrolik ünite çalışma durumu, hidrolik ünite sıcaklığı, aktüatör vanaların çalışma durumları da gösterilmektedir.



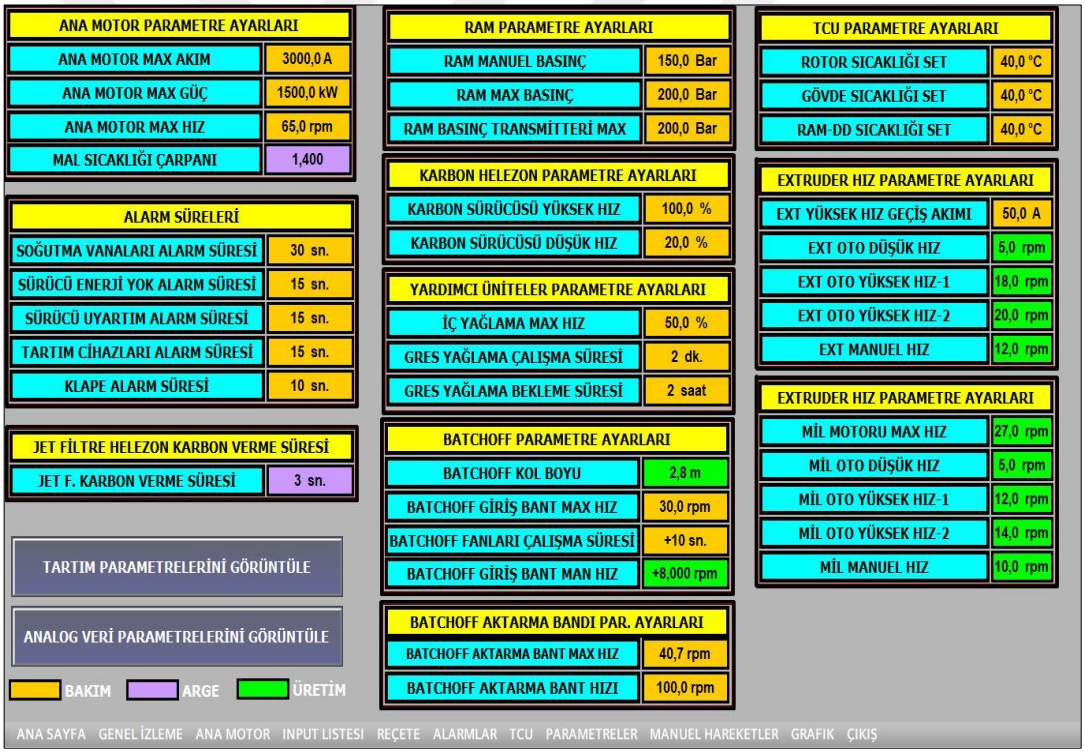
Şekil 3.49. SCADA TCU sayfası

Rotor, gövde ve RAM alt kapak pompa motorlarının anlık çalışma durumu bilgileri de alınarak animasyon ile gösterilmektedir. Ayrıca, hatlardan alınan analog sıcaklık verileri ve ısıtıcı set değerleri takip edilebilmektedir.

Uzun duruşlardan sonra mikser gövde sıcaklığı düşer. Bu durum yeniden çalışmaya başlandığında ilk harmanlarda karışım sorunlarına yol açar. Bu da hamur kalitesinde sıkıntı çıkarır. Bu durumun önüne geçebilmek için TCU ünitesi ısıtıcıları PID kontrolü

yapılarak çalıştırılır. Hattan gelen geri bildirime göre ısıtıcının devreye girip devreden çıkma kararı otomatik olarak PID kontrolü ile verilir. Bunun için PLC içerisindeki PID blokları kullanılır.

Şekil 3.50'de gösterilen parametre sayfasında, sistemin çalışma parametreleri gösterilmektedir. Ana motor parametre ayarları, alarm parametreleri, karbon helezon parametre ayarları, yardımcı üniteler parametre ayarları, ekstrüder hız parametre ayarları, mil hız parametre ayarları, jet filtre çalışma parametresi ayarı gibi ayarlar görüntülenmektedir. Parametreler yetki dahilinde değiştirilebilir. Bakım, ARGE ve Üretim yetki gruplarına göre ekranda renklendirilmeler yapılmıştır. Operatörler üretim yetki grubuna dahil sadece izin verilen parametreleri değiştirebilir. Operatörlerin yetki dahilinde olmayan parametreler sadece okuma özelliğiyle bilgi amaçlı gösterilir.

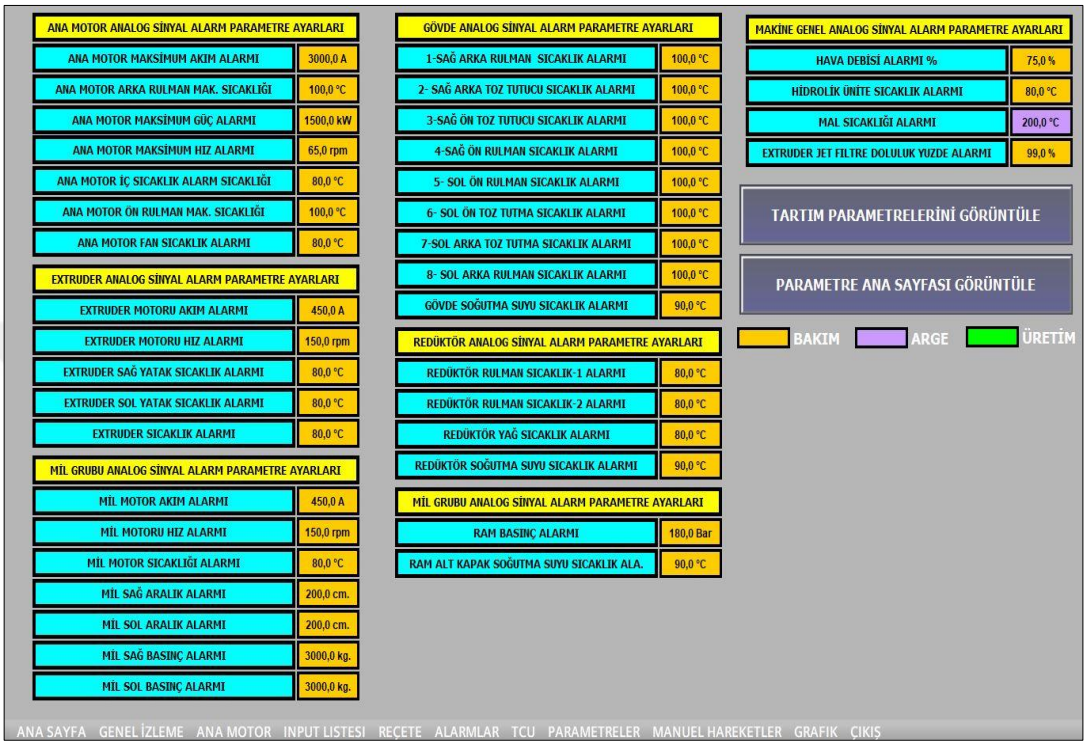


Şekil 3.50. SCADA parametre ana sayfası

Bakım ve ARGE birimi kendilerine özel hazırlanan SAP ME/MII sayfası üzerinden ilgili parametreleri değiştirebilirler. Ana parametre sayfasından tartım parametreleri ve analog parametreler sayfalarına da geçiş yapılabilir.

Şekil 3.51'de gösterilen analog parametreler sayfasında sistemden toplanan analog verilerin alarm parametreleri düzenlenir. Ana motor, ekstrüder, mil, gövde, redüktör

analog sinyalleri alarm parametreleri bu sayfada görüntülenir. Parametre grup yetkilendirmeleri bu sayfada da aktiftir. Bakım, ARGE ve Üretim yetki gruplarına göre ekranda renklendirilmeler yapılmıştır. Tartım parametreleri sayfasına veya parametre ana sayfasına geçiş yapılabilir.



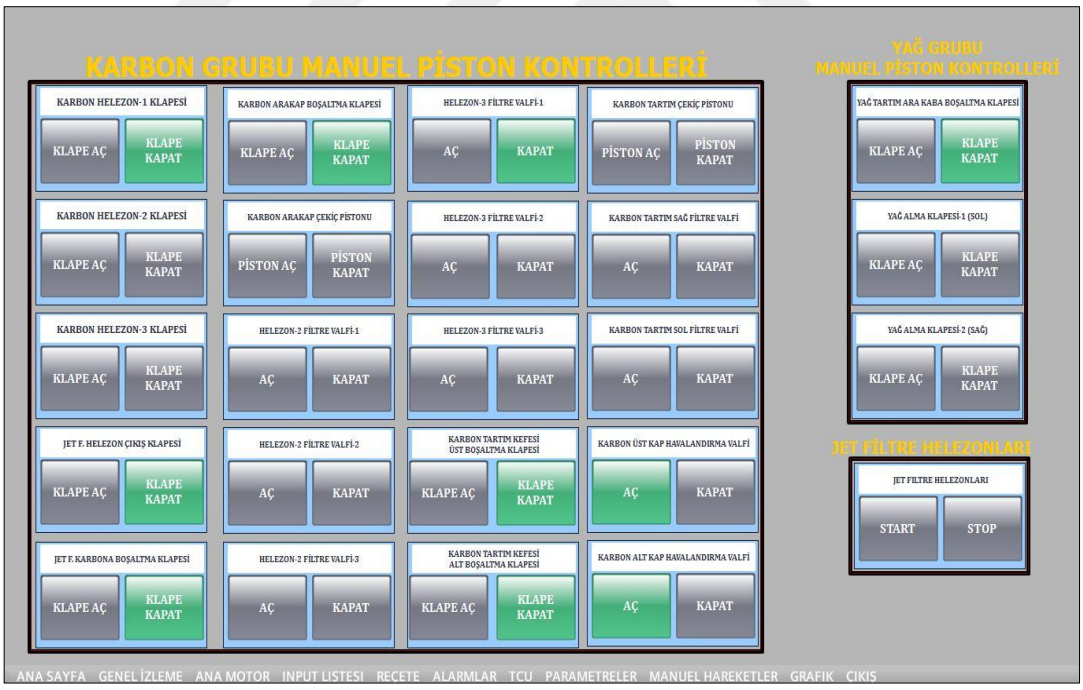
Şekil 3.51. SCADA analog parametre sayfası

Tartım kısmıyla ilgili parametreler Şekil 3.52'de verilen tartım parametreleri sayfasında gösterilir. Burada ham maddelerin tartımında göz önünde bulundurulacak olan toleranslar ve uçuş değerleri gösterilir. Parametre grup yetkilendirmeleri bu sayfada da aktiftir. Bakım, ARGE ve Üretim yetki gruplarına göre ekranda renklendirilmeler yapılmıştır. Analog parametreler sayfasına veya parametre ana sayfasına geçiş yapılabilir.

Şekil 3.53'te gösterilen manuel hareketler sayfasında sistemde bulunan pistonların ve vanaların, otomatik programdan bağımsız olarak herhangi bir anda açılıp kapanmasını sağlayan faceplate'ler bulunur. Bunun amacı, herhangi bir arıza veya aksaklık durumunda teknisyenlerin ilgili ekipmanı manuel olarak çalıştırmasının sağlanmasıdır. Bu sayede mühendis müdahalesi gerekmeden ve PLC programına bağlanmaya gerek kalmadan ilgili denemeler yapılabilmektedir. Sorunların daha çabuk tespit edilmesi ve arıza sürelerinin kısaltılması hedeflenmektedir.

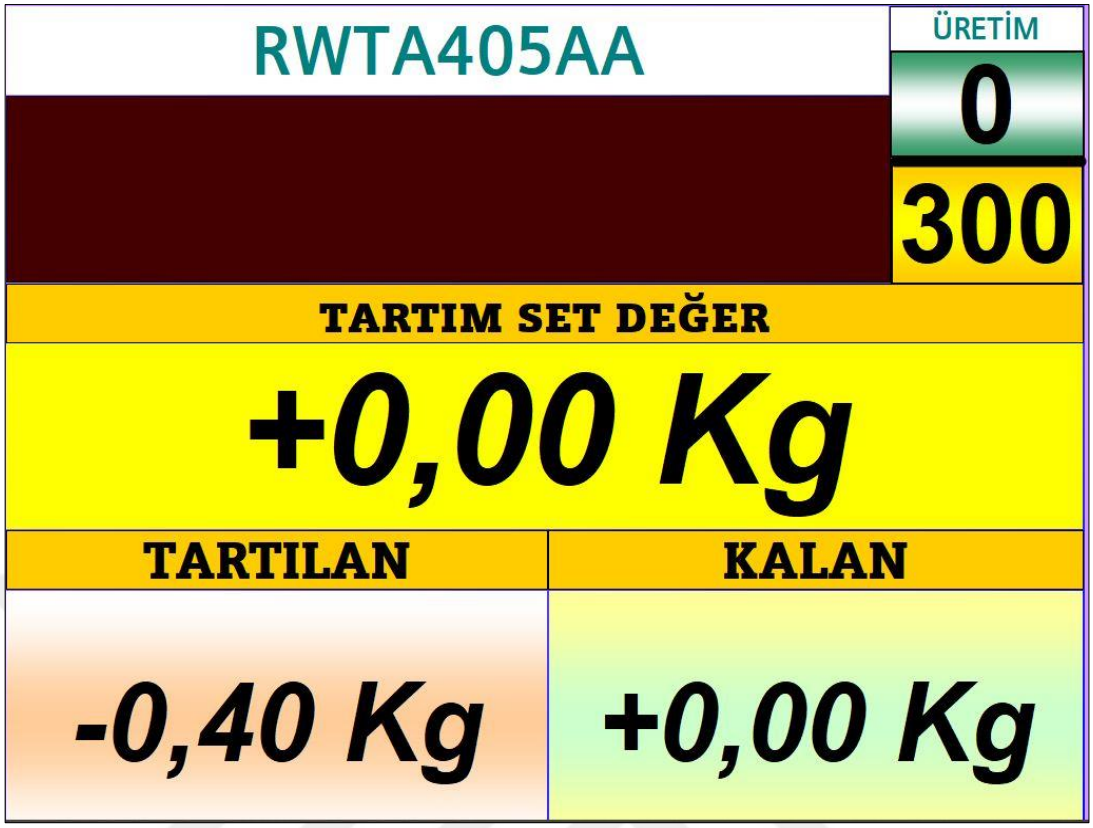


Şekil 3.52. SCADA tartım parametre sayfası



Şekil 3.53. SCADA manuel hareketler sayfası

Şekil 3.54'te gösterilen dozaj ekranında, operatörler anlık olarak tartım bandında bulunan yük hücrelerinden gelen tartım verisini harici bir monitör üzerinden görürler. Bu ekranda, reçete ismi, tartılan ham madde ismi, tartım set değeri, aktüel tartım sayısı, tartılan miktar ve kalan miktar gibi değerler görüntülenir.



Şekil 3.54. SCADA dozaj ekranı

Ayrıca bu ekran barkod okutma işlemleri esnasında operatörleri bilgilendirmek için çıkan uyarı mesajlarının da konumlandığı ekrandır. Barkod okutma işlemleri ile ilgili detaylı bilgili ilgili 3.4.2.4 bölümünde anlatılmıştır.

3.4.2.4. SCADA tüketim takibi

Banbury'de kullanılan ham maddelerin tüketim takibi yapılmaktadır. Bu durumun sağlıklı olarak gerçekleşebilmesi için, tüketim takibinin PLC ve SCADA üzerinden başlatılması yöntemi benimsenmiştir. Sahada bulunan endüstriyel barkod okuyucular direkt olarak PLC donanım yapısına dahil edilmiştir. PROFINET haberleşme yöntemi ile bağlantı sağlanmıştır. Operatörler bu barkod okuyucular ile tüketilecek ham maddeler olan kauçukların olduğu sepetleri, kimya torbalarının bulunduğu arabaları ve ara kademelerde bulunan tanımlama etiketlerini sisteme okutmaktadır. Okutulan tüm barkodlar QR barkod tipindedir.

Ayrıca operatörlerin vardiya, performans ve duruş takiplerinin yapılabilmesi için adlarına tanımlanan barkod etiketlerinin ve bakım için gelen teknisyenlerin giriş

yapabilmesi için adlarına tanımlanan barkod etiketlerinin de bu barkod okuyucular ile sisteme okutulması sağlanmaktadır.

PLC data bloklarına yazılan barkod içeriği SCADA ile entegre olur ve SAP sistemine aktarılır. SAP sisteminde içerik hangi amaçla kullanılacaksa bununla ilgili sorgular çalıştırılır. Barkod içeriğinin yorumlanması ve doğruluğunun teyit edilmesi hazırlanan otomasyon yazılımı ile mümkün olur. SAP sistemine filtrelenmiş doğru bilgiler gönderilir. Sistemin yönetimi hazırlanan yazılım ile kontrol edilirken, operatörler için de ilgili sayfalar ve uyarı ekranları oluşturulmuştur. Bu ekranlar SCADA sistemi üzerinde tanımlıdır. Şekil 3.55'te bir kauçuk tüketiminin izlendiği ekran gösterilmiştir.

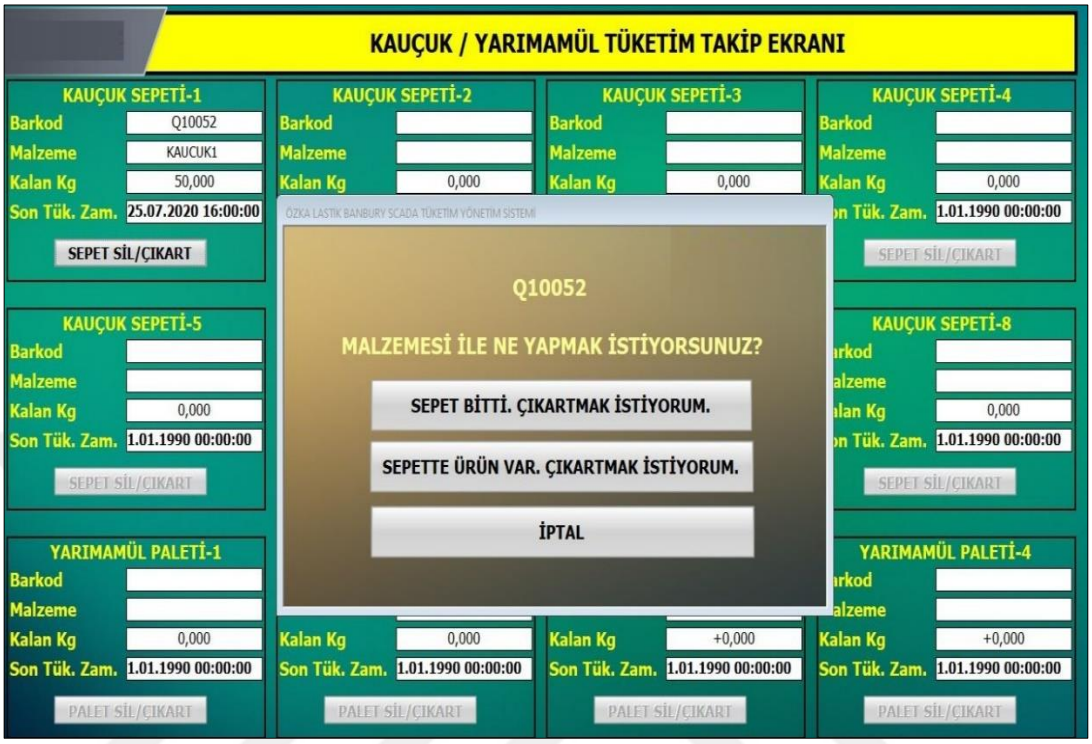
Operatör sisteme bağlanan kauçuk sepetini bu ekran üzerinden takip etmektedir. Bağlanabilen 8 adet sepete ait alan bulunmaktadır. Her bir sepet alanı içerisinde; barkod içeriği, malzeme kodu, sepet içerisinde kalan miktar ve son tüketim zamanı bilgileri bulunmaktadır.



Şekil 3.55. SCADA kauçuk tüketimi

Sadece bağlanan sepetler için sepet silme butonu aktif olmaktadır. Sepet içerisinde kalan miktar anlık tüketimlerle birlikte güncellenmektedir. Güncellenen bu bilgiler de İmalat Yönetim Sistemi üzerinde ERP sistemine gönderilmektedir. Böylece otomasyondan alınan anlık tüketim verileri ile gerçek değerler stoklardan

düşülmektedir. Operatör sepet silme butonuna bastığında Şekil 3.56'da verilen açılır ekranını görmektedir.



Şekil 3.56. SCADA sepet / palet çıkarma

İş emri bitmeden sepet bitmesi durumunda veya iş emri bittiğinde sepeti çıkarmak için operatör sepet çıkarma butonuna basmaktadır. Gelen karşılama ekranında sepet içerisindeki doluluk durumuna göre iki alternatif sunulmaktadır. Sepet tamamen bittiğinde birinci butona, sepet bitmediyse ikinci butona basılır. Daha sonra gelen onay sayfasından sonra sepet silinir ve veri tabanında sepet durumu güncellenir.

Yarımamüller ara kademe malı olarak paletlere istiflenir. İstiflenen bu ara kademe ürünler tekrar miksere atılmadan önce palet barkodunun okutulması gerekir. Operatörler aynı anda birkaç paletten birden besleme yapabilir. Bunun için okutulan paletlerden de sırayla değil aynı anda tüketim yapılması gerekmektedir. Bu durumu yönetebilmek için yarımamül tüketim sayfasında bağlanacak palet sayısı girilmektedir. Şekil 3.57'de bu durum gösterilmiştir.

Palet sayısı girildikten sonra paletlerin barkodları okutulur. Şekil 3.58'de gösterildiği gibi bağlanan paletler tüketim sayfasından takip edilebilir.



Şekil 3.57. SCADA yarımamül palet uyarısı

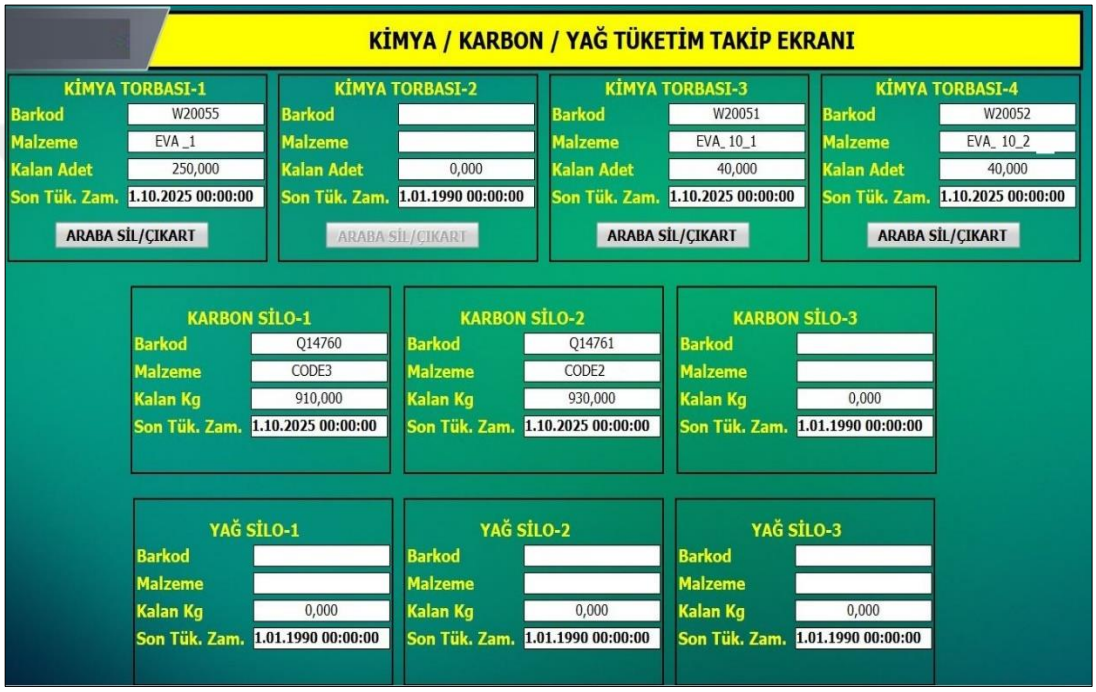


Şekil 3.58. SCADA yarımamül tüketimi

Dört adet bağlanabilen yarımamül alanı mevcuttur. Her bir palet alanı içerisinde; barkod içeriği, malzeme kodu, palet içerisinde kalan miktar ve son tüketim zamanı bilgileri bulunmaktadır. Sadece bağlanan paletler için palet silme butonu aktif olmaktadır. Yarımamül paletleri silme işlemi de sepet silme işlemi ile aynıdır. Palet içerisinde kalan miktar anlık tüketimlerle birlikte güncellenmektedir. Güncellenen bu bilgiler de İmalat Yönetim Sistemi üzerinden ERP sistemine gönderilmektedir.

Yarımamüllerde tanımlanan her paletten eşit miktarda malzeme düşümü yapılmaktadır. Tüketilen toplam değer bir harmanda tüketilen yarımamül ürüne tekabül eder.

Şekil 3.59'da kimya, karbon ve yağ ham maddelerinin tüketilmesinin takip edildiği SCADA ekranı verilmiştir. Karbon helezonlarına bağlanan bigbag çuvalları bu ekrandan takip edilir. Takma ve çıkarma işlemleri ME/MII kısmında yönetilir. Aynı şekilde yağ siloları takibi de bu ekran üzerinden sadece izleme amaçlı yapılır.



Şekil 3.59. SCADA kimya torbası tüketimi

Operatörler bağlanabilen 4 adet kimya arabasına ait alanlarda verilen; barkod içeriği, torba kodu, arabada kalan torba adeti ve son tüketim zamanı gibi bilgileri takip etmektedirler. Sadece araba bağlandığında arabayı silme butonları aktif olmaktadır. Operatör, iş emrinin ilerleme durumuna göre veya tüketimin durumuna göre arabayı sistemden silebilir.

Şekil 3.60'da araba silme açılır ekranı gösterilmiştir. Gelen karşılama ekranında araba içerisindeki doluluk durumuna göre iki alternatif sunulmaktadır. Kimya torbaları tamamen bittiğinde birinci butona, tamamen bitmediyse ikinci butona basılır. Daha sonra gelen onay sayfasından sonra araba silinir ve veri tabanında araba durumu güncellenir.



Şekil 3.60. SCADA araba çıkarma

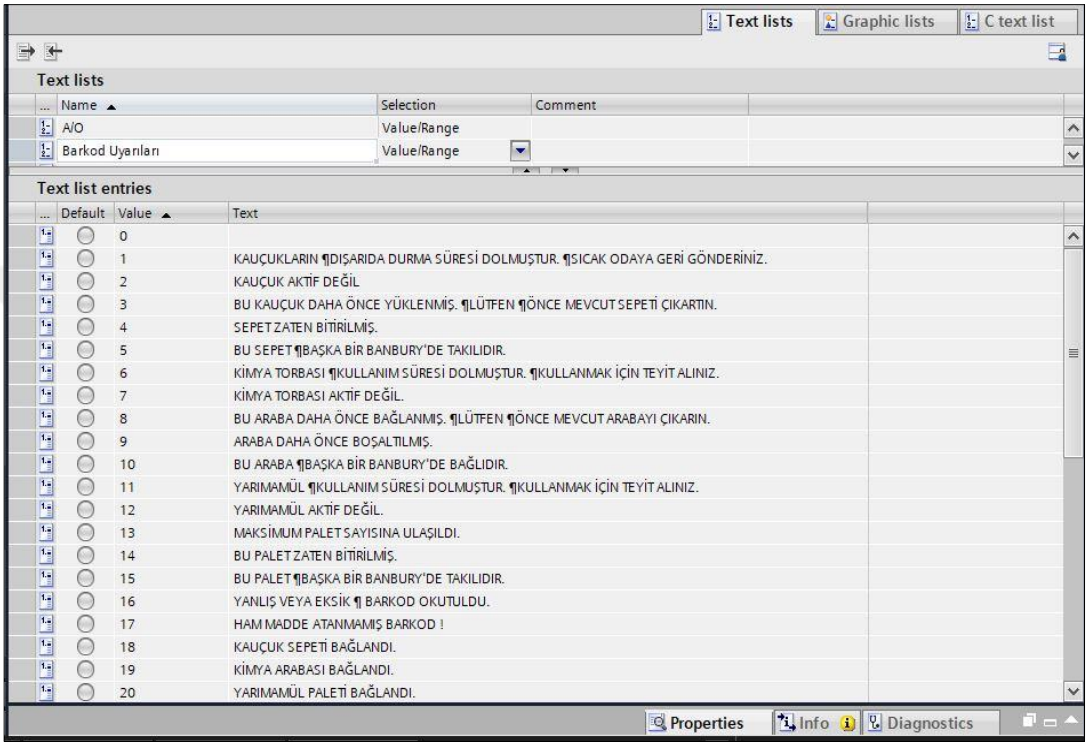
Tüm bu işlemler yönetilirken operatör dozaj ekranında uyarı mesajları görür. Dozaj ekranı sahada donanımsal olarak var olan ikinci bir monitörde gösterilir. Operatörlerin barkod okuma sistemi ile ilgili işlemlerinin sonuçları bu monitör üzerinde uyarı olarak gösterilmektedir. Şekil 3.61'de anlık olarak görüntülenen bir uyarı örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.61. SCADA barkod okutma uyarı ekranı

Ekranda gösterilen anlık uyarılar SCADA yazı listesi ile oluşturulmuştur. PLC'den gelen uyarı koduna karşılık gelen uyarı mesajı görseli ekranda 10 sn boyunca gösterilir. Flashing (yanıp sönme) animasyonu da eklenmiştir.

Şekil 3.62'de ise oluşabilecek tüm durumlara karşı operatöre gösterilen uyarılar verilmiştir. SCADA yazılımında bulunan "text list" özelliği ile her uyarı bir değere sahiptir. Arka plan PLC otomasyon yazılımında ve SCADA scriptlerinde gerekli karşılaştırmalar yapılarak bu uyarı değerleri set edilir ve operatörün görmesi sağlanır. Belirlenen süre sonunda ise uyarı ekrandan kaybolur.



Şekil 3.62. SCADA barkod uyarı listesi

3.4.2.5. SCADA reçete yapısı

Mikser reçete yapısı MES sistemi kontrolündedir. SAP ERP'den girilen reçeteler yine SAP ERP'den gönderilen iş emirleriyle makine istasyonlarına gönderilir. Sırası gelen iş emrinin reçetesi otomatik olarak PLC içerisinde bulunan reçete data blokları üzerine yazılır. Sıradaki iş emri yerine başka bir iş emrine başlanmak istenmesi durumunda veya üzerinde çalışılan iş emri yarıda kesilip yeni bir iş emrine geçilmek istendiğinde operatörün seçeceği yeni iş emrine geçilebilir. SCADA sisteminin alternatif reçete yapısı MES sisteminin devreden çıktığı durumlarda yetki dahilinde kullanılmaktadır.

Bütün reçeteler güncel haliyle yerel iş istasyonu bilgisayarındaki veri tabanı üzerinde kayıt altında tutulmaktadır. Hammadde dozaj parametreleri, her hammaddenin lot numaraları, menşei bilgisi, hammadde ve ERP kodları, bu veri tabanında bulut

bağlantısı kesildiği andaki güncel haliyle bulunmaktadır. Dozaj parametreleri kayıt altında tutulmaktadır. (ERP/MES entegrasyonu ile bu bilgiler elde edilmektedir.) Bu kayıtlara sadece yetkisi olan kişiler erişip değişiklik yapabilmektedir.

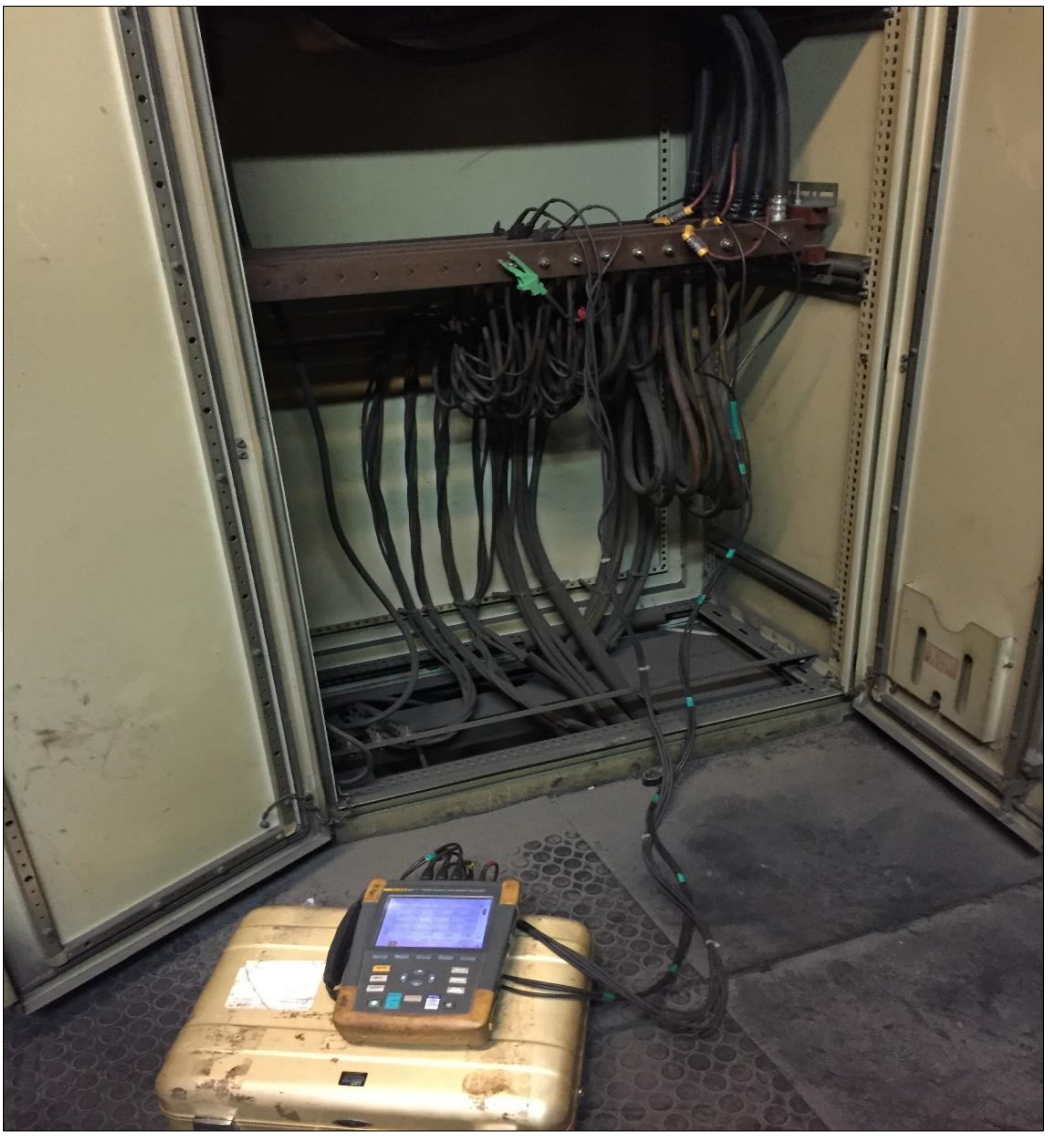
4. ENERJİ ÖLÇÜMLERİ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

4.1. Enerji Ölçümleri

Bu bölümde, banbury ünitesinin iki farklı ürün grubunda ölçüm yapılan zaman aralıklarında harcadığı aktif güç ve aktif enerji grafikleri sunulmuştur. Grafiklerin çıkarılabilmesi için enerji analizörü ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler ana motor sürücü girişinden 3 faza bağlantı yapılarak ve yardımcı üniteler besleme panosundan 3 faza bağlanılarak yapılmıştır. Şekil 4.1'de ölçüm yapıldığı anda ana motor sürücü girişi bağlantısı gösterilmiştir. Şekil 4.2'de ise ölçüm yapıldığı anda yardımcı ünitelerin besleme girişi bağlantısı gösterilmiştir.

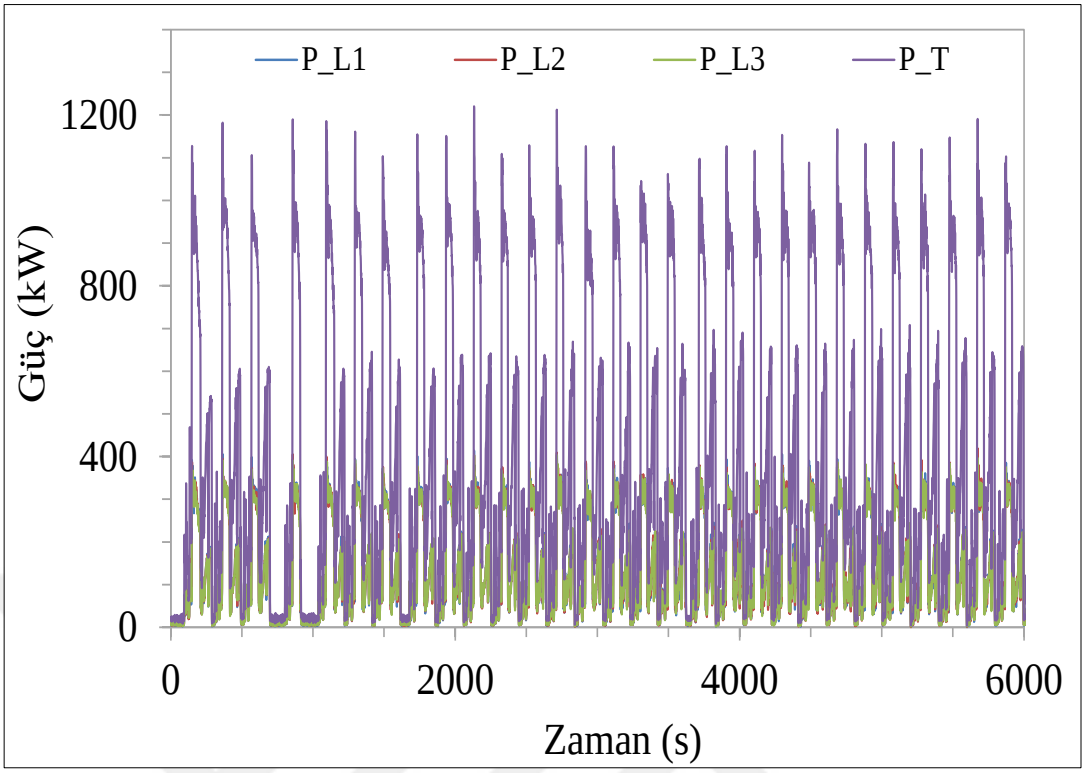


Şekil 4.1 Sürücü girişi ölçüm bağlantısı

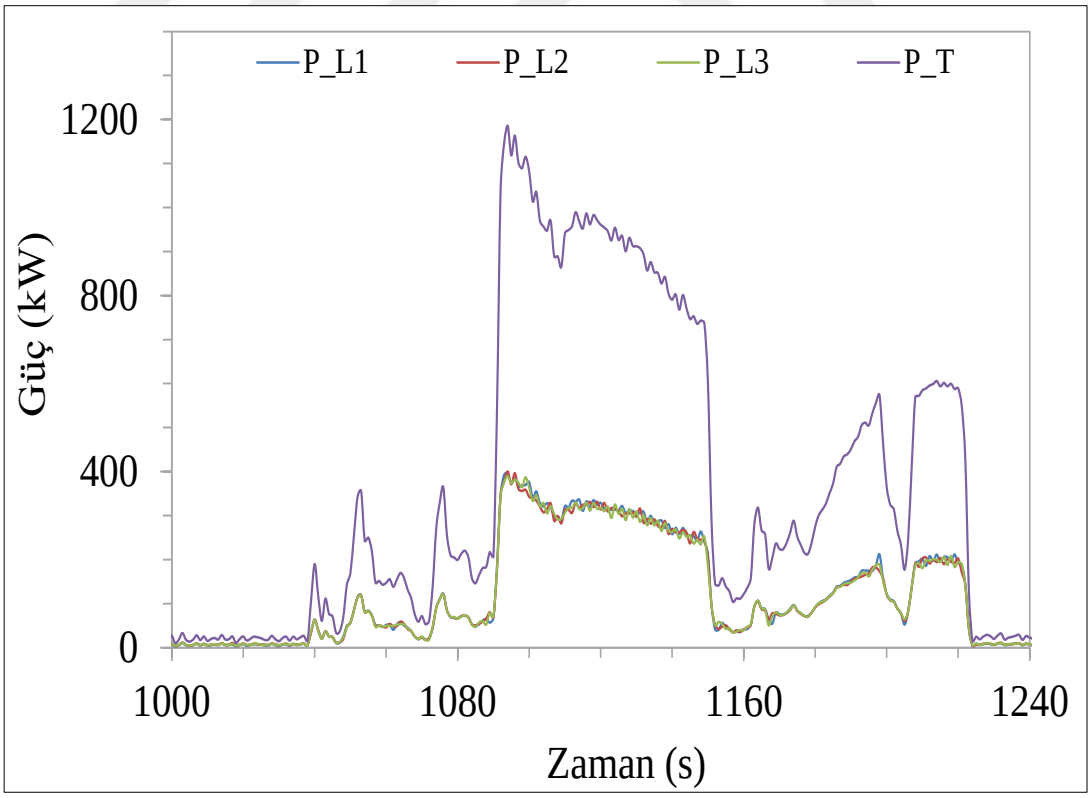


Şekil 4.2 Yardımcı üniteler ölçüm bağlantısı

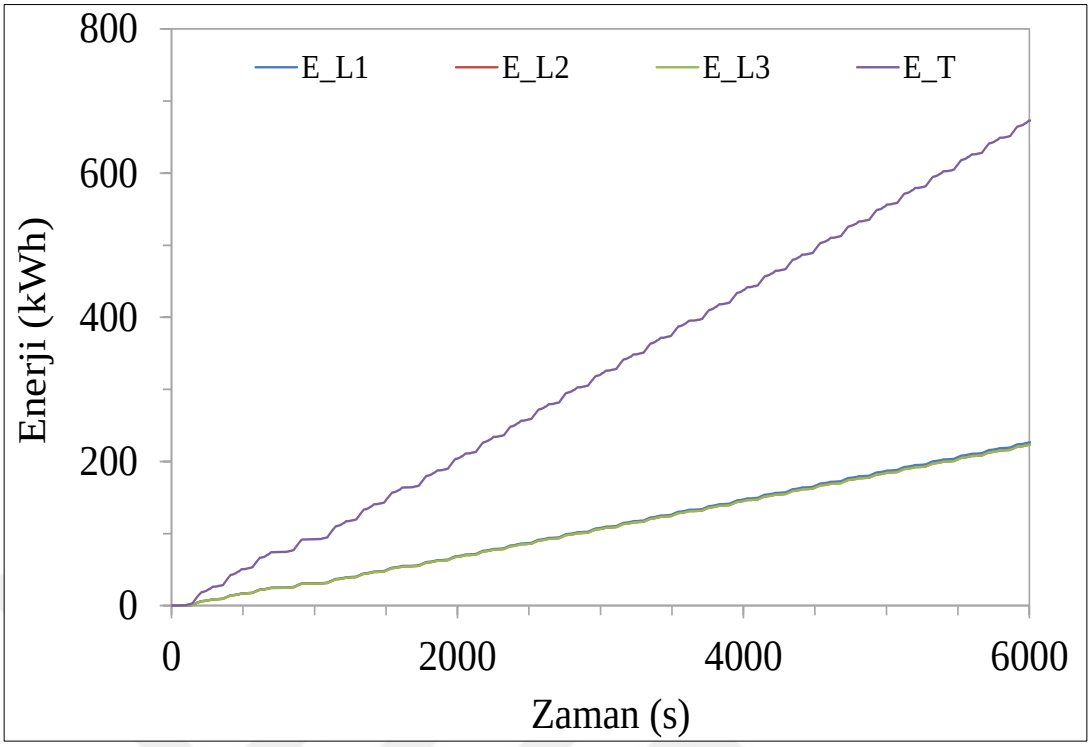
Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da sırasıyla, birinci reçete (birinci kademe ürün) için ünitenin sürücü girişinden alınan anlık aktif güç, harmana (batch) odaklanmış güç, aktif enerji tüketimi ve harmana odaklanmış enerji tüketimi sunulmuştur. Verilen grafiklerde P_L1, P_L2, P_L3 faz aktif güçlerini ve E_L1, E_L2, E_L3 faz aktif enerjilerini ifade etmektedir. P_T ve E_T ise sırasıyla toplam faz aktif gücünü ve enerji tüketimini ifade etmektedir. Anlık çekilen güç 1,2 MW'a kadar çıkmaktadır ve bir harmanda harcanan enerji 23 kWh civarındadır. Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da sırasıyla, ikinci reçete ile üretilen ürün için çekilen anlık aktif güç, harmana (batch) odaklanmış güç, aktif enerji tüketimi ve harmana(batch) odaklanmış enerji tüketimi sunulmuştur. İkinci reçetede anlık çekilen güç 1,1 MW'a kadar çıkmaktadır ve bir harmanda harcanan enerji 22 kWh civarındadır.



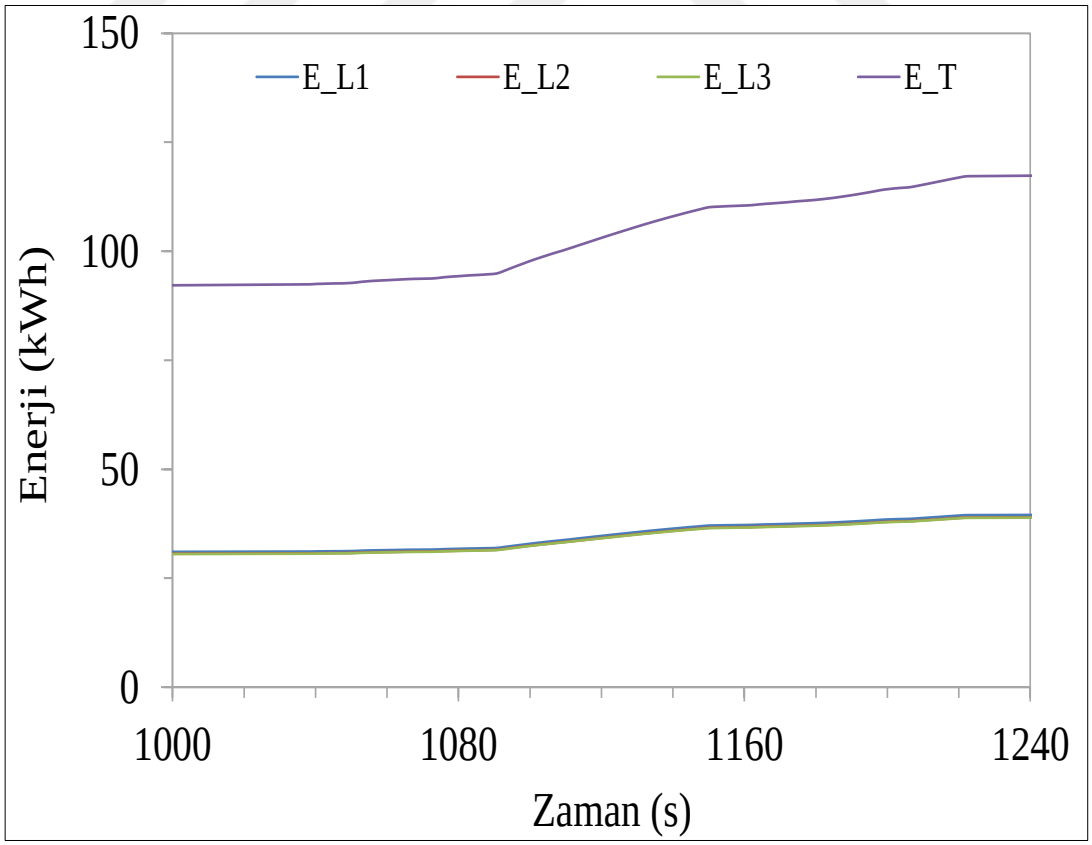
Şekil 4.3. Birinci reçete sürücü girişi aktif güç grafiği



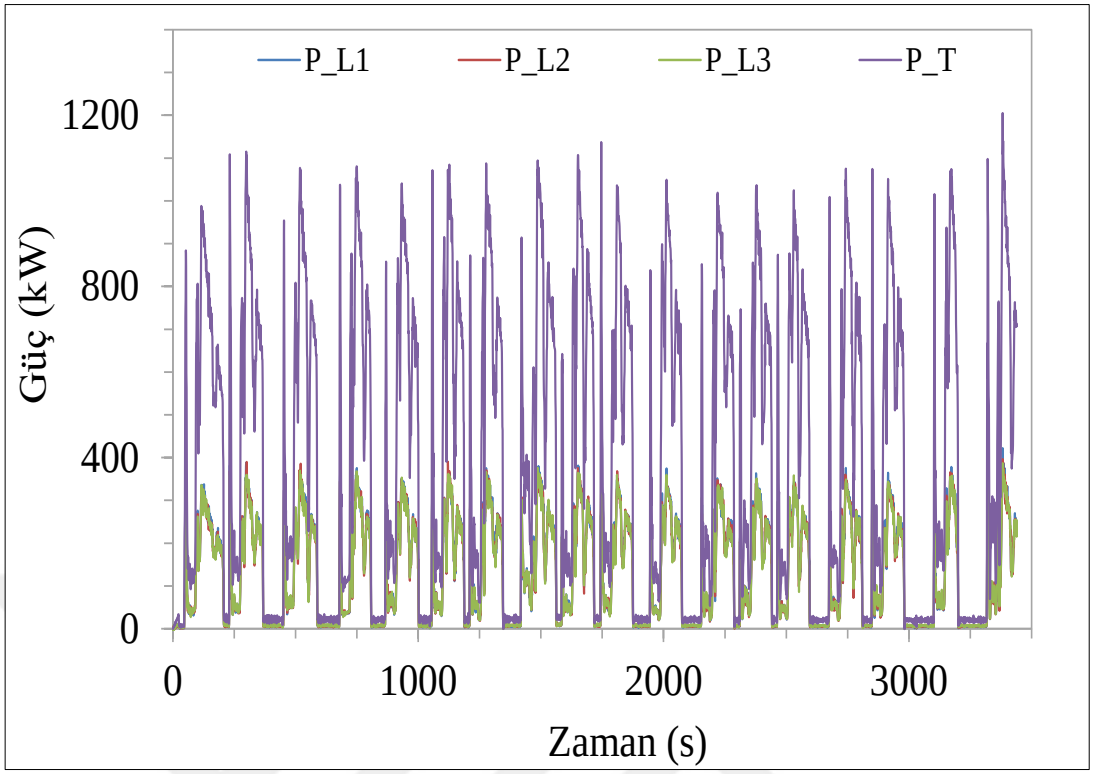
Şekil 4.4. Birinci reçete bir harmandaki anlık aktif güç



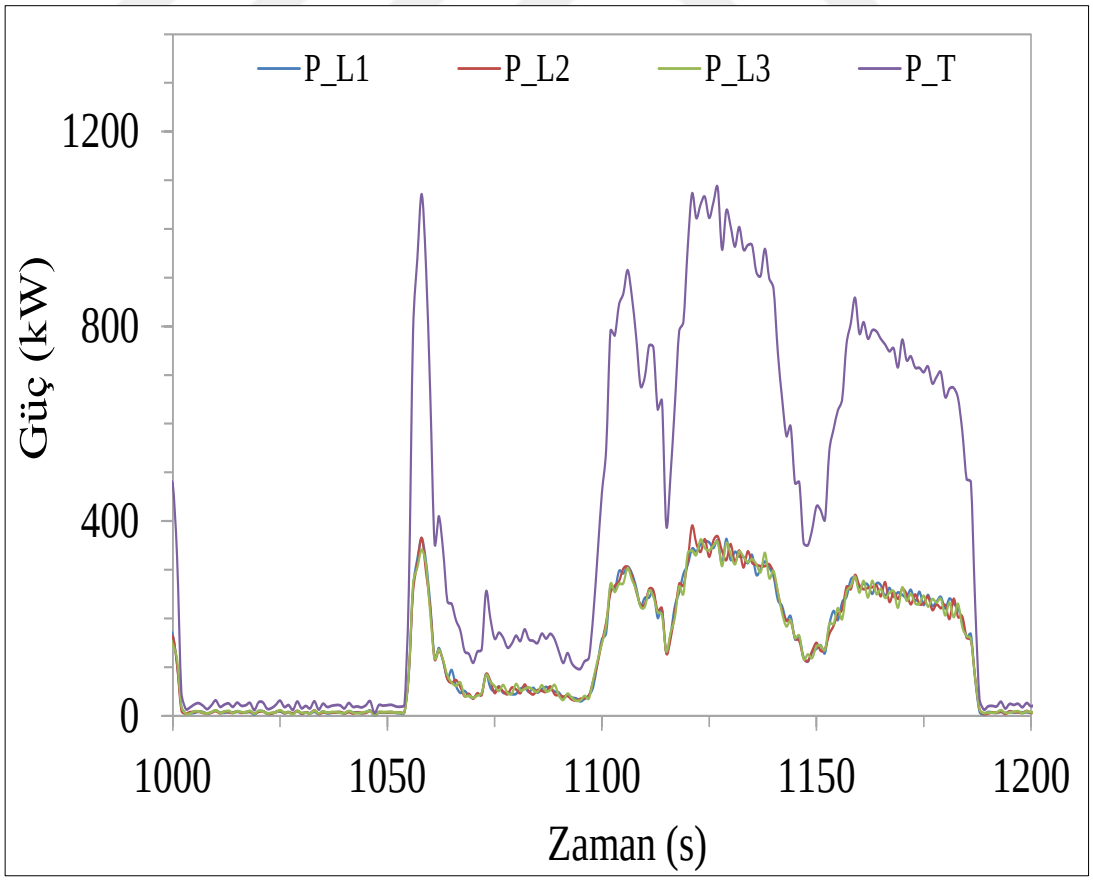
Şekil 4.5. Birinci reçete sürücü girişi aktif enerjisi



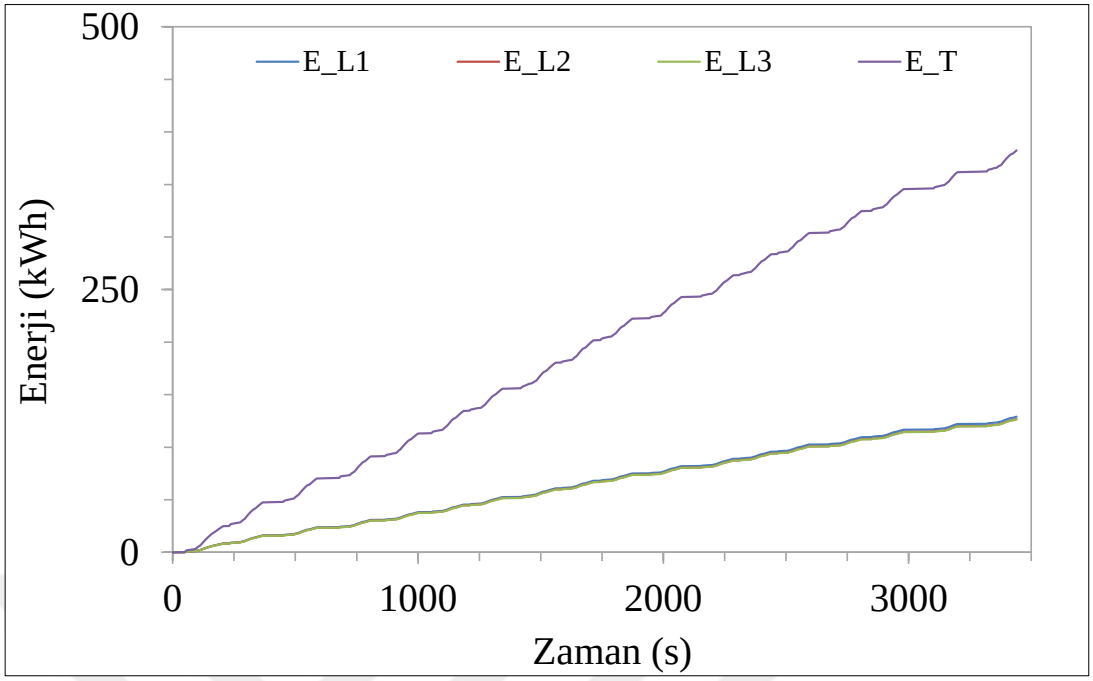
Şekil 4.6. Birinci reçete bir harmandaki aktif enerji



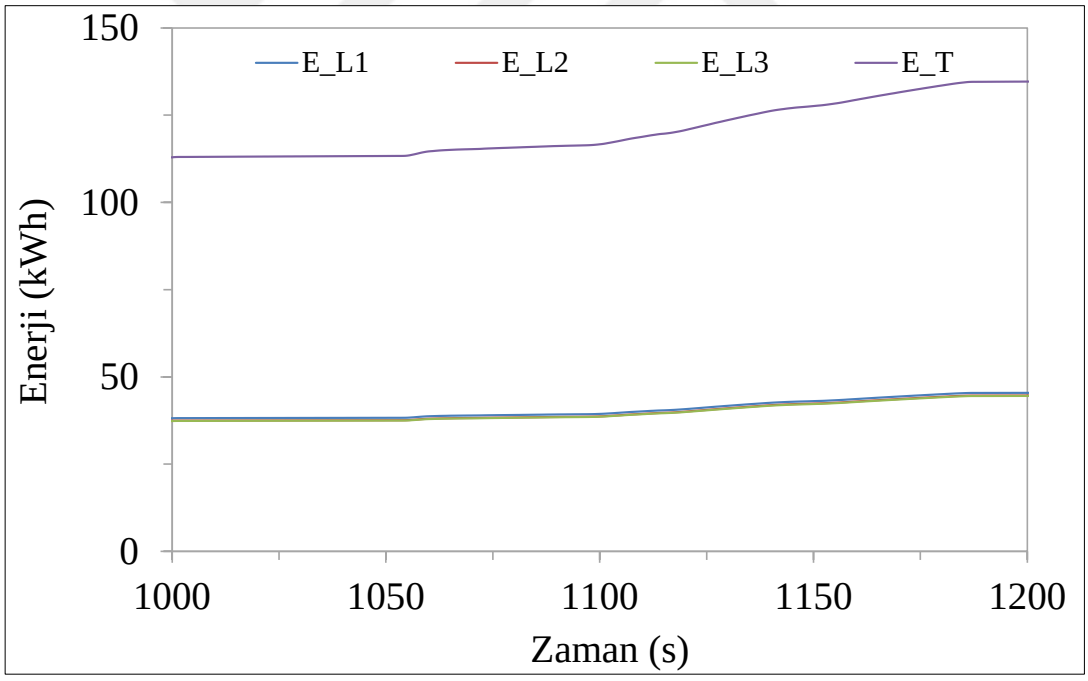
Şekil 4.7. İkinci reçete sürücü girişi aktif gücü



Şekil 4.8. İkinci reçete bir harmandaki anlık aktif güç



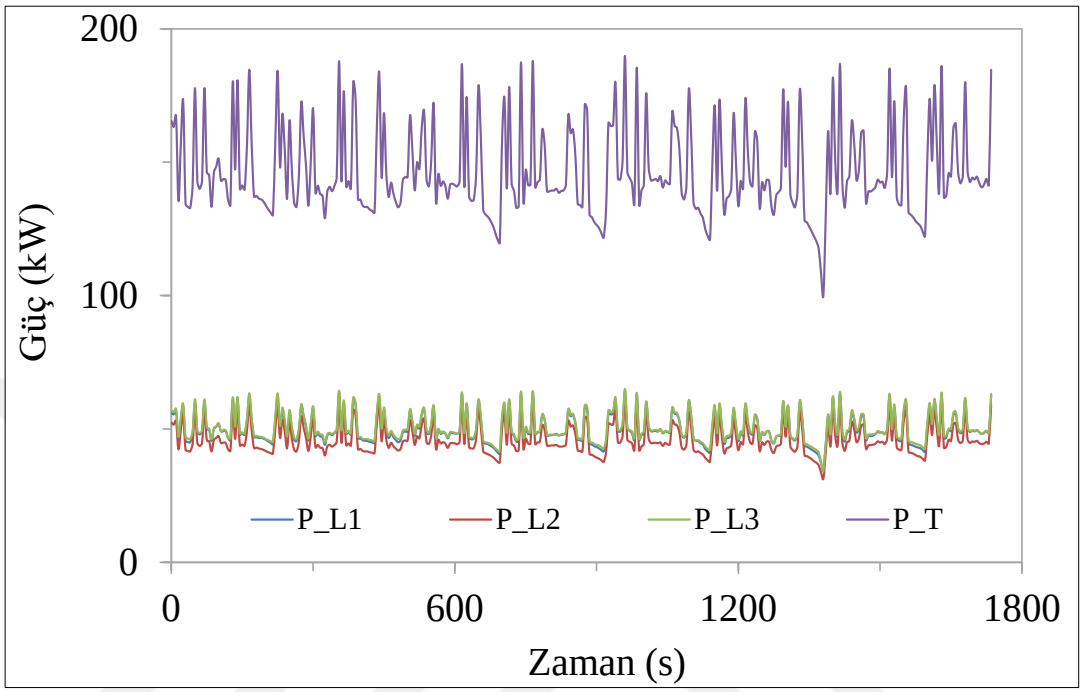
Şekil 4.9. İkinci reçete sürücü girişi aktif enerjisi



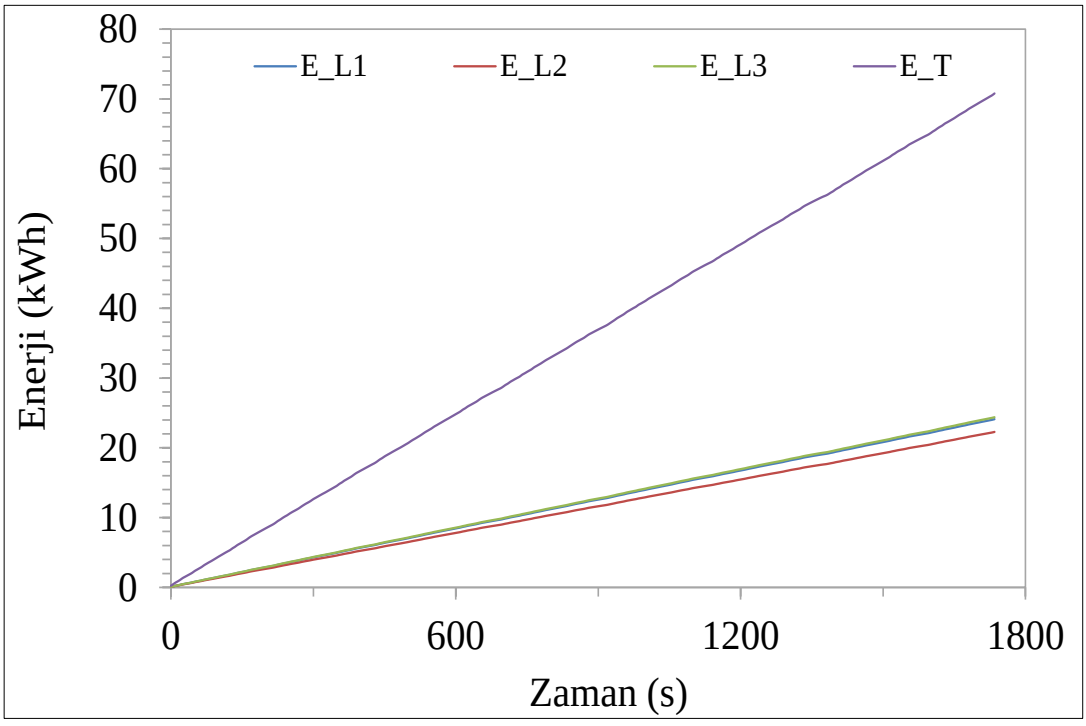
Şekil 4.10. İkinci reçete bir harmandaki aktif enerji

Birinci ve ikinci kademe ürünlerde güç grafiği benzer olmakla beraber birinci kademe ürünlerde sistemin anlık çektiği güçte farklılıklar bulunmaktadır. Bunun nedeni birinci kademe ürünü karıştırmanın ikinci kademe ürünü karıştırmaktan daha zorlu olmasıdır. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de banbury ünitesinin yardımcı üniteleri için proses beslemesinden çekilen aktif güç ve harcanan aktif enerji tüketimi sunulmuştur. Anlık

çekilen güç 180 kW'a kadar çıkmaktadır. Bir harmanda harcanan enerji 2 kWh civarındadır. Proses beslemesi ile banbury ünitesinin konveyör motorları, ana motor fanı, sürücü fanları gibi yardımcı ünitelerinin enerji beslemesi sağlanır.



Şekil 4.11. Yardımcı üniteler aktif güç



Şekil 4.12. Yardımcı üniteler harcanan aktif enerji

Genel olarak bakacak olursak, yenilenen sistemde arızalar ve arıza kaynaklı duruşlar azaldığından ve izlenebilirlik sağlandığından dolayı verimlilik artmıştır. %79 oranında azalan duruşlardan kazanılan zamanı ortalama harman süresine oranladığımızda günlük 106 harmanlık bir kazanım olduğu görülmüştür. Bu sayede yaklaşık olarak günlük 2,4 MWh'lik enerji harcanmış ve iş yapılmıştır. Bu da yeniden kullanım ve hurda oranlarında da düşüşü beraberinde getirmiştir. Yeniden kullanım kayıplarında yıllık 355.465 kg'lık bir düzelme meydana gelmiştir. Ham madde ortalama maliyetleri göz önüne alındığında ham madde kayıplarının elimine edilmesi ile, enerji hariç yıllık 39.500 $'lık bir tasarruf söz konusudur. Ölçülen güç ve enerji değerlerine bakıldığında Reçete-1'de bir harmanda 1,20 MW'a kadar aktif güç çekildiği gözlenmiştir. Harcanan enerji de yaklaşık 23 kWh olarak görülmektedir. Reçete-2'de bir harmanda 1,1 MW seviyelerinde aktif güce çıkıldığı görülmüştür. Yine bir harmanda yaklaşık 22 kWh aktif enerji harcanmıştır. Proses besleme ölçümlerine göre, ünitenin yardımcı elemanlarının üretim sırasında çektiği güç 180 kW'ı anlık olarak geçmektedir. Proses beslemesinde bir harmanda harcanan aktif enerji de 2 kWh civarıdır. Hurda veya yeniden kullanım çıkan her bir harmanlık ürün için anılan değerlerde kayıplar verileceği düşünüldüğünde, dijital dönüşüm ile engellenen her hurda veya yeniden kullanım üründe bu miktarlarda güç ve enerji kaybının önüne geçilmiştir.

4.2. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)

Toplam Ekipman Etkinliği, genellikle OEE şeklinde kısaltılır ve bu şekilde bilinir. Yalın üretim uygulamalarında kullanılır [74]. Üretim proseslerinin (makinelerin, üretim merkezlerinin, montaj hatlarının vs.) etkinliğini gözlemleyen ve geliştiren en iyi ölçüm metodudur. Endüstride bakım göstergelerinde sıklıkla kullanılır [75]. Zaten tutulan pek çok verinin işlenebilmesini ve izlenebilirliğini sağlar. Üretim haricinde başka alanlarda da kullanılabilir. Bu veriler ışığında işletmenin genel performansını takip eden bir KPI oluşturulabilir.

Toplam Ekipman Etkinliği, özetle kaliteli bir ürün ortaya çıkarmak için, zamanın etkili kullanılıp kullanılmadığının ölçülme kriteridir. Şirketlerin gereksiz satın alımlar yapması yerine, eldeki makine ve ekipmanların performanslarının arttırılmasına odaklanmasının sağlanması amaçlanır.

OEE'nin 3 ana bileşeni bulunmaktadır: Kullanılabilirlik, Performans ve Kalite [76].

OEE'nin genel formülünü Denklem (4.1)'de;

% OEE= Kullanılabilir Zaman x Performans x Kalite x 100 (4.1)

şeklinde gösterilir [76].

4.2.1. Kullanılabilirlik

Bu terim, üretim gerçekleştirilen hattın, sistemin veya makinenin üretim boyunca ne kadar süre çalışır durumda olduğunun hesaplanması için kullanılır. Makine çalışma süresinin planlı üretim süresine oranıdır. Duruş kayıplarını ortaya çıkarır. Planlı/plansız duruşların yanı sıra arızalar, mecburi duruşlar, personel hataları ve diğer tüm nedenlerden kaynaklı durumları içine alır [77]. Denklem (4.2)'de gösterildiği gibi;

%Kullanılabilirlik = (Kullanım Süresi / Kullanılabilme Süresi) x 100 (4.2)

şeklinde ifade edilebilir.

Bu bilgilere göre örnek vermek gerekirse; 12 saat çalışmaya hazır olan bir makine 9 saat kullanılmış ise, (4.2)'deki formül uygulandığında; kullanılabilirlik oranı %75 olarak hesaplanmaktadır. Kaybedilen bu 3 saatlik süre; operatör kaynaklı duruşlar, temizleme işlemleri, planlı bakım duruşları, makina arızaları, tip değiştirme duraklamaları, kalite problemleri gibi sebeplerden dolayı olabilir.

4.2.2. Performans

Performans, bir hattın, sistemin veya makinenin verilen süre içerisindeki üretim miktarıyla maksimum üretim kapasitesi miktarına oranı hesaplanarak bulunur. Planlanan üretim zamanının gerçekleşen üretim zamanına oranı olarak belirlenebilir. Aynı zamanda gerçekleşen çalışma hızının makine teorik hızına oranı olarak da ifade edilebilir. Performans oranı hız kayıplarını ortaya çıkarır. Hız kayıpları ekipmanın performans verimliliğini belirler [77]. Denklem (4.3)'te gösterildiği gibi;

%Performans = (Gerçekleşen Üretim / Beklenen Üretim Miktarı) x 100 (4.3)

şeklinde ifade edilebilir.

Bu bilgilere göre örnek vermek gerekirse, maksimum kapasitesi saatte 160 parça olan bir makine 120 parça üretmiş ise (4.3)'deki formül uygulandığında; kullanılabilirlik oranı %75 olarak hesaplanmaktadır. Performansı etkileyen etmenler; standart olmayan ham madde kullanımı, hatalı besleme yapılması, makinedeki aşınmalar ve bozulmalar, operatörün verimsiz çalışması, planlama sürecindeki hatalar, kısa zamanlı küçük duruşlar gibi durumlar olarak sayılabilir.

4.2.3. Kalite

OEE kalite verisi, belirlenen zaman içerisindeki üretilen sorunsuz parçaların sorunlu parçalara oranlanmasıyla hesaplanır. Toplam sağlam ürünün toplam üretime oranıdır. Kalite kayıplarını ortaya çıkarır [77]. Denklem (4.4)'te ifade edildiği gibi;

%Kalite = (Üretilen Sağlam Parça Sayısı / Üretilen Toplam Parça Sayısı) x100 (4.4)

formülü ile hesaplanabilir [78].

Bu bilgiler ışığında örnek vermek gerekirse, üretilen 50 parçanın 45 tanesi kullanılabilir ve sağlam olduğunu düşünürsek, (4.4)'teki formül uygulandığında kalite oranı %90 olarak hesaplanmaktadır. Kalite kaybı nedenleri; başlangıçta verilen hatalı ürünler, hatalı parçaların kullanılması vb. gibi nedenler dolayısıyla olabilir.

Denklem (4.2), (4.3), (4.4)'te verilen formüllere göre hesaplanan değerler denklem (4.1)'de uygulandığında; %OEE= %75 x %75 x %90 = %51 olarak hesaplanmaktadır.

Hiçbir duruş ve fire olmadığında, maksimum üretim hızında teorik olarak %100'lük bir OEE değerine ulaşılır. Dönüşümünü tamamlamamış fabrikaların gerçek anlamda ulaşabilecekleri değer aralığı %20 - %65 %OEE 'dir. "World Class OEE" diye tabir edilen ve mükemmel olarak kabul edilen değerler;

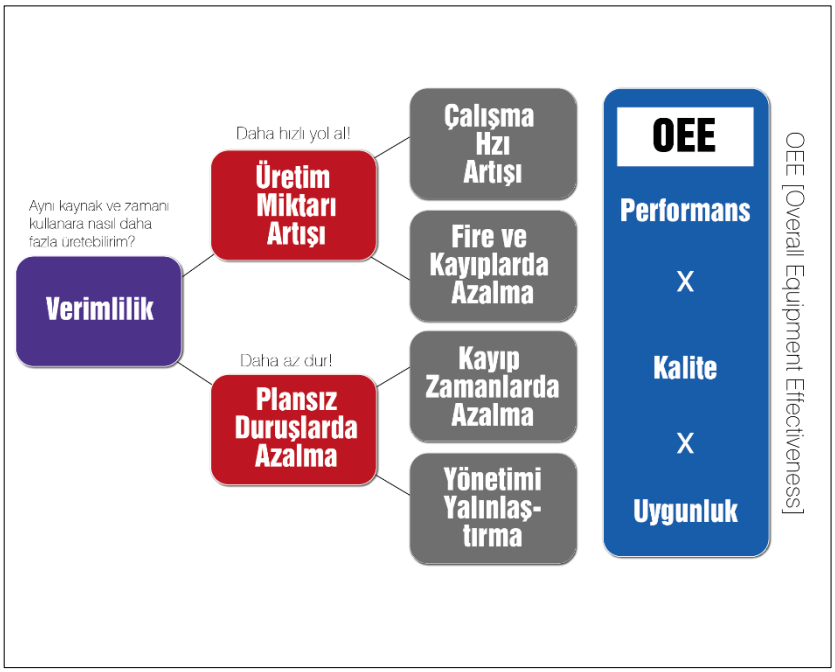
- Kullanılabilirlik : %90,
- Performans : %95,
- Kalite : %99,9

olarak belirlenmiştir [78]. Dünya genelinde yapılan araştırmalarda üretim işletmelerinde OEE değeri %60'tır[79]. Şekil 4.11'de örnek bir OEE çizelge ekranı gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Örnek OEE çizelge ekranı

Tüm bu hesaplamaların yapılması manuel ve geleneksel yöntemlerle yapılabileceği gibi, dijital dönüşüm ve otomasyon altyapısıyla yapılırsa çok daha verimli ve kesin sonuçlar almak mümkündür. Bir işletmede verimlilik takibinin asıl amacı, üretim ve bakım arasındaki yakın ilişkinin sağlanmasıdır [80]. Şekil 4.12'de dijitalleşmesini tamamlamış bir işletmenin verimlilik artışı ile beraber karşılaşacağı aşamalar gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Verimlilik artış aşamaları

Otomasyon altyapısının oluşturulması ve dijitalleşme; yalnızca verilerin güvenilirliğini artırmaz, aynı zamanda hesaplamaya konu olan unsurların da

verimliliğini gözle görülür biçimde arttırır. Bu altyapı sayesinde izlenebilen OEE değerleri, OEE kayıplarının nedenlerinin daha doğru bir şekilde belirlenmesi için karar vericilere yardımcı olur [81].

4.2.4. Performans değerlendirmeleri

Bu bölümde, banbury karışım ünitesinin dijital dönüşüm öncesi ve sonrası performans verileri açısından karşılaştırılmıştır. Tablo 4.1'de, Banbury ünitesinin dijital dönüşüm uygulanmadan önceki üretim harman sayısı, verimlilik, etkenlik, çalışma ve duruş süreleri istatistikleri ile dijital dönüşüm uygulandıktan sonraki istatistikleri verilmiştir. Alınan veriler günlük ortalamaları ifade etmektedir.

Tablo 4.1. Üretim performans karşılaştırması

Günlük Ort. (3 Vardiya)	**Devreye Almadan Önce**	**Devreye Alındıktan Sonra**	**Fark**
Günlük Harman Sayısı (Adet)	309	420	+ 111
Verimlilik (%)	%85	%92	+ %7
Etkenlik (%)	%73	%88	+ %15
Çalışma Zamanı (dk)	1397	1425	+ 28
Duruş Zamanı (dk)	290	100	- 190

Elde edilen verilere göre, 3 vardiya toplamında günlük kompound üretimi harman sayısında gözle görülür bir artış yaşanmıştır. Bu durumun sağlanmasında makine çalışma zamanının verimliliğinin arttırılması ve gereksiz duruşların önüne geçilmesi etkili olmuştur. Burada makine çalışma zamanı, bir harmanın üretilme sürelerinin toplamından elde edilir. Böylece, yeni sistemde bir harmanın üretilme süresi kısaltılmıştır. Eski sistemde benzer ürün grubunda bir harmanın ortalama üretilme süresi yaklaşık 4.52 dk iken, yeni sistemde ortalama 3.39 dk'ya indirilmiştir. Makine etkenliği arttırılmış ve operatörlerin bir vardiyada daha uzun süre çalışması da sağlanarak her iki yönden verimlilik artışı sağlanmıştır.

Tablo 4.2'de bir haftalık ortalama duruş nedenlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Enerji yoğun imalatta mevcut sistemin ve yeni sistemin aynı nedenli duruşların

karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre, aynı nedenli duruşlara bakıldığında bazı duruşlarda gözle görülür bir azalma kaydedilmiştir. Sistem daha otonom olduğu için, karbon bekleme süresi %63, kimya torbasının beklenme süresi %100, operatör kaynaklı bekleme süresi %78, ekstrüder arızası kaynaklı duruş %100 oranında, elektrik arızası %96 oranında azalmıştır. Bu da ünitenin etkinliğine ve verimliliğine ayrıca operatörlerin de verimliliğine bir katkı sağlamıştır. Duruşların %79 azalmasıyla atıl üründe de azalmalar meydana gelmiştir. Toplam atıl ürün %5 oranında azalmıştır.

Tablo 4.2. Duruş nedenlerinin karşılaştırılması (Haftalık Ort.)

Duruş Sebebi	**Mevcut Sistem (dk)**	**Yeni Sistem (dk)**	**Değişim (+/- %)**
Batch-Off``a Hamur Sıkışması/Sarması	23	25	+%9
Karbon Beklemesi	27	10	-%63
Elektrik Arızası	258	10	-%96
Kimya torbası hazırlanması	52	0	-%100
Operatör Kaynaklı Duruşlar	69	15	-%78
Alt Kapak Arızası	5	9	+%80
Extruder Arızası	20	0	-%100
Toplam	454	94	-%79

Tasarlanan sistemde; 3.4.1.8 bölümünde belirtilen yeni duruş nedenleri eklenerek, duruşlar çeşitlendirilmiş ve kategorilere ayrılmıştır. Böylece yaşanan sorunlar ile ilgili daha detaylı bilgilerin alınması hedeflenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Lastik prosesinde bulunan banbury karışım ünitesi dijital dönüşüm tasarım ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu tasarıma göre sahadan veriler otomasyon katmanında toplanmış ve üst katmanlara aktarılmıştır. Bu yapı oluşturulurken ISA-95 otomasyon piramidi temel alınmıştır. Otomasyon sisteminin mimarisi oluşturulmuştur. Sahadan toplanan veriler PLC ve SCADA'ya taşınmış, bu sistemler OPC vasıtasıyla imalat yönetim sistemi (MES) ile haberleştirilmiştir. MES sistemi veri tabanı bulut üzerinde koşmaktadır. Hammadde ve çıkan ürünlerin takibi, laboratuvar test sonuçlarının ilişkilendirilmesi, yeniden kullanım ve hurda ürünlerin tanımlanması gibi operasyonların yönetilmesi ve izlenebilirliğinin sağlanması barkodla takip sistemi ile gerçekleştirilmiştir. MES ve ERP entegrasyonu ile piramidin en tepesinden en aşağısına kadar kesintisiz veri akışı sağlanmıştır. Enerji yoğun imalatta; toplam duruşlar %79 oranında azalmış, banbury ünitesinin etkenliği %15 oranında artmış, verimlilik en az %7 oranında artmıştır. Toplanan verilerin işlenmesi ile birlikte dijital dönüşümü yapılan tesiste; uçtan uca izlenebilirliğin sağlanmış, reçete yapısının etkin bir şekilde kullanılması ile, yukarıda bahsedilen oranlarda verim ve performans artışı yaşanmıştır. Günlük üretim sayısı %34 oranında artmıştır. Ayrıca, israfın azaltılması ve bakım operasyonlarının kolaylaşması sağlanmıştır. Atıl üründe gözlenen %5 iyileşme, yıllık 355.465 kg kadar ürün tasarrufu sağlamıştır. Toplam harman sayısı göz önüne alınarak hesaplanan iyileştirilmiş atıl ürün baz alındığında, toplamda yıllık olarak 189 MWh enerji tasarrufunu beraberinde getirmiştir. Ham madde kayıplarının önlenmesiyle yıllık olarak 39.500 $'lık maddi tasarruf sağlanmıştır. Dijital dönüşüm süreci dünyada hızla ilerlerken literatürde genelde teorik çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi ve endüstrideki açmazlara yol göstermesi açısından hayata geçirilmiş bir çalışmanın literatüre kazandırılması oldukça önemlidir. Benzer enerji yoğun üretim sistemleri için bu tür bir yapının kurulması önerilmektedir. Bu çalışma, endüstriyel otomasyon alanında çalışan tüm mühendislere dijital dönüşüm kapsamında yol gösterici kaynak olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Al-Ruithe M., Benkhelifa E., Hameed K., Key Issues for Embracing the Cloud Computing to Adopt a Digital Transformation: A study of Saudi Public Sector, *Procedia Computer Science*, 2018, **130**, 1037-1043.

[2] Limani Y., Stapleton L., Groumpos P. P., The Challenges of Digital Transformation in Post-Conflict Transition Regions: Digital Technology Adoption in Kosovo. *IFAC PapersOnLine*, 2018, **51**(30), 186–191.

[3] Prinza C., Kreimeiera D., Kuhlenköttera B., Implementation of a Learning Environment for an Industrie 4.0 Assistance System to Improve the Overall Equipment Effectiveness, *Procedia Manufacturing*, 2017, **9**(2017), 159 – 166.

[4] Mantravadi S., Møller C., An Overview of Next-generation Manufacturing Execution Systems: How important is MES for Industry 4.0?, *Procedia Manuf.*, 2019, **30**, 588–595.

[5] Adamczewski P., Polish SMEs as Intelligent Organizations - Conditions of the ICT Support, *18th International Conference on Information Technology for Practice*, Ostrava, Çekya, 8-9 Ekim 2015.

[6] Calà A., Lüder A., Boschi F., Tavola G., Taisch M., Migration Towards Digital Manufacturing Automation - An Assessment Approach, *2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)*, St. Petersburg, Rusya, 15-18 Mayıs 2018.

[7] Tekic Z., Koroteev D., From Disruptively Digital to Proudly Analog: A Holistic Typology of Digital Transformation Strategies, *Bus. Horizons*, 2019, **62**(6), 683-693.

[8] Löffler A., Prifti L., Knigge M., Kienegger H., Krcmar H., Teaching Business Process Change in the Context of the Digital Transformation: A Review on Requirements for a Simulation Game, *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018*, Lüneburg, Almanya, 06-09 Mart 2018.

[9] Kirsten L., Kristin V., Sven P., Uwe H., Towards a Framework for Digital Transformation Success In Manufacturing, *Twenty-Sixth European Conference on Information Systems (ECIS2018), P*ortsmouth, UK, 2018.

[10] Köksal A., Tekin E., Manufacturing Execution Through e-FACTORY System, *Procedia CIRP*, 2012, **3**, 591 – 596.

[11] Almada-Lobo F., The Industry 4.0 Revolution and the Future of Manufacturing Execution Systems (MES), *Innovation. Management*, 2016, **3**(4), 16-21.

[12] Wang S., Wan J., Zhang D., Li D., Zhang C., Towards Smart Factory for Industry 4.0: A Self-Organized Multi-Agent System with Big Data Based Feedback and Coordination, *Computer Netw.*, 2016, **101**, 158-168.

[13] D'Antonio G., Bedolla J., S., Chiabert P., A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach, *Procedia Manuf.*, 2017, **11**, 2243 – 2251.

[14] Nuroğlu E., Nuroğlu H., H., Türkiye ve Almanya'nın Sanayide Dijital Dönüşümü: Yol Haritaları ve Şirketlerin Karşılaştırması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2018, **23**(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1537-1560.

[15] Koçaslan G., Sanayide Dijital Dönüşüm Süreci ve Genel İktisadi Görünüm, *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 2018, **3**(1).

[16] Goerzig D., Bauernhansl T., Enterprise Architectures for the Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises, *Procedia CIRP*, 2018, **67**(2018), 540 – 545.

[17] Ismail M., H., Khater M., Zaki M., Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far?, University of Cambridge, Working Paper ITWeb IoT Survey, http://v2.itweb.co.za/index.php?option=com_content&view=article&id=166391&Ite mid=3087 (Ziyaret tarihi: 31 Temmuz 2020).

[18] Illa P., K., Padhi N., Practical Guide to Smart Factory Transition Using IoT, Big Data and Edge Analytics, *IEEE Access*, 2018, **6**, 55162 – 55170.

[19] Zimmermann A., Schmidt R., Sandkuhl K., Jugel D., Bogner J., Möhring M., Evolution of Enterprise Architecture for Digital Transformation, *2018 IEEE 22nd International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW)*, Stockholm, İsviçre, 16-19 Ekim 2018.

[20] Verhoef P., C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J., K., Fabian N., Haenlein M., Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda, *Journal of Business Research*, https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022.

[21] Guinan P., J., Parise S., Langowitz N., Creating an Innovative Digital Project Team: Levers to Enable Digital Transformation, *Business Horizons*, 2019, **62**(6), 717-727.

[22] Sousa M., J., Rocha Á., Digital Learning: Developing Skills for Digital Transformation of Organizations, *Future Generation Computer Systems*, 2019, **91**(2019), 327–334.

[23] Radobenko R., J., How Digital Transformation Brought Mobility to our Field Force, The Digital Enterprise, https://www.thedigitalenterprise.com/articles/dx-management/how-digital-

transformation-brought-mobility-to-this-field-force/ (Ziyaret tarihi: 31 Temmuz 2020).

[24] De Carolis A., Macchi M., Negri E., Terzi S., A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies, Editors: Lödding H., Riedel R., Thoben KD., von Cieminski G., Kiritsis D., *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing, APMS 2017, IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Springer, Cham, **513**, 13-20, 2017.

[25] Vial G., Understanding Digital Transformation: A Review and A Research Agenda, *Journal of Strategic Information Systems*, 2019, **28**(2019), 118–144.

[26] Mergel I., Edelmann N., Haug N., *Government Information Quarterly*, DOI: https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002.

[27] Torkul O., Gülseçen S., Uyaroğlu Y., Çağıl G., Uçar M., K., *Mühendislikte Yapay Zeka Ve Uygulamaları,* 1. Baskı, Sakarya Üniversitesi Kütüphanesi Yayınevi, Sakarya, 31-32, 2017.

[28] Nwaiwu F., Review and Comparison of Conceptual Frameworks on Digital Business Transformation, *J. of Competitiveness*, 2018, **10**(3), 86–100.

[29] Araujo C., Defining the Digital Enterprise, The Institute for Digital Transformation, https://www.institutefordigitaltransformation.org/defining-digital-enterprise/ (Ziyaret tarihi: 31 Temmuz 2020).

[30] Tyler C. F., Telling the Digital Transformation Story – The Communications Impact, The Digital Enterprise, https://www.thedigitalenterprise.com/articles/cloud-apps-mobile-solutions/telling-the-digital-transformation-story-the-communications-impact/ (Ziyaret tarihi: 31 Temmuz 2020).

[31] Kozhevnikov D., E., Korolev A., S., Digital Trust As a Basis For the Digital Transformation Of the Enterprise And Economy, *2018 Eleventh International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD),* Moskova, Rusya, 1-3 Ekim 2018.

[32] Altuntaş E., Y., Dijital Dönüşüm Uygulamalarının Kurumların Marka Değeri Üzerindeki Etkisi, *Egemia*, 2018, **2**(2018), 1-18.

[33] Li, F., The Digital Transformation of Business Models in the Creative Industries: A Holistic Framework and Emerging Trends, *Technovation*, DOI: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.12.004.

[34] He R., Chen G., Dong C., Shufeng Sun, Xiaoyu Shen, Data-Driven Digital Twin Technology for Optimized Control in Process Systems, *ISA Transactions*, DOI: https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.05.011.

[35] Stark R., Fresemann C., Lindowa K., Development and Operation of Digital Twins for Technical Systems and Services, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 2019, **68**(2019), 129–132.

[36] Okita T., Kawabata T., Murayama H., Nishinob N., Aichic M., A New Consept of Digital Twin of Artifact Systems: Synthesizing Monitoring/Inspections, Physical/Numerical Models, and Social System Models, *Procedia*, 2019, **79**(2019), 667-672.

[37] Pavone P., Deeper Data: How Reinforcement Learning Boosts Marketing Performance, The Digital Enterprise, https://www.thedigitalenterprise.com/articles/data-analytics-dashboards/deeper-data-how-reinforcement-learning-boosts-marketing-performance/ (Ziyaret tarihi: 31 Temmuz 2020).

[38] Phaithoonbuathong P., Kirkham T., Mcleod C. S., Capers M., Harrison R., Monfared R. P., Adding Factory Floor Automation to Digital Ecosystems; Tools, Technology and Transformation, *Second IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies IEEE DEST*, Phitsanulok, Tayland, 26-29 Şubat 2008.

[39] Roblek V., Meško M., Krapež A., A Complex View of Industry 4.0, *SAGE Open*, DOI: 10.1177/2158244016653987.

[40] Öztürk S., İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü. Kalkınmada Anahtar Verimlilik, T.C. Bilim, *Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Aylık Yayın Organı*, 2018, **30**(352), 19-25.

[41] Fırat S., Ü., Fırat O., Z., Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye, *Toprak İşveren Dergisi*, 2017, 114, 10-23.

[42] Lee J., Kao H., Yang S., Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment, *Procedia CIRP*, **16**(2014), 3-8.

[43] Xu X., From Cloud Computing to Cloud Manufacturing, *Robotics and Computer-Integr. Manuf.*, 2012, **28**, 75–86.

[44] Wang L., Machine Availability Monitoring and Machining Process Planning Towards Cloud Manufacturing. *CIRP J. Manuf. Sci Technol*, 2013, **6**, 263–73.

[45] Liu Y., Wang L., Wang X., V., Cloud Manufacturing: Latest Advancements and Future Trends, P*rocedia Manufacturing*, 2018, **25**(2018), 62-73.

[46] Mishra D., Gupta A., Raj P., Kumar A., Anwer S., Pal S., K., Chakravarty D., Pal, S., Chakravarty T., Pal A., Misra P., Misra S., Real Time Monitoring and Control of Friction Stir Welding Process Using Multiple Sensors, *CIRP J. Manuf. Sci Technol*. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.03.004.

[47] Liu C., Roux L., Körner C., Tabaste O., Lacan F., Bigot S., Digital Twin-enabled Collaborative Data Management for Metal Additive Manufacturing

Systems, *CIRP J. Manuf. Sci Technol.* https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.05.010.

[48] Stock T., Seliger G., Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, Procedia CIRP, 2016, **40**(2016), 536 – 541.

[49] Limani Y., Hajrizi E., Stapleton L., Retkoceri M., Digital Transformation Readiness in Higher Education Institutions (HEI): The Case of Kosovo, *IFAC PapersOnLine*, 2019, **25**(2019), 52–57.

[50] Jones D., Snider C., Nassehi A., Yon J., Hicks B., Characterising the Digital Twin: A Systematic Literature Review, *CIRP J. Manuf. Sci Technol*, 2020, **29**, 36-52. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002.

[51] Lu Y., Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues, *Journal of Industrial Information Integration*, 2017, **6**(2017), 1–10.

[52] Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M., How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 2014, **8**(1).

[53] Gülseçen S., Fığlalı A., Torkul O., Selvi İ., H., Çağıl G., Uçar M., K., *Mühendislikte Yapay Zeka Ve Uygulamaları 2,* 1. Baskı, Sakarya Üniversitesi Kütüphanesi Yayınevi, Sakarya, 127-129, 2018.

[54] Yıldız A., Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **22**(2), 546-556.

[55] Luu H., Marques A., D., Ferreira F., Digitisation and Industry 4.0 in the Portuguese T&C Sector, *Industria Textila*, 2019, **70**(4), 342-345.

[56] Digital Transformation: Online Guide to Digital Business Transformation, i-Scoop, https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/ (Ziyaret tarihi: 31 Temmuz 2020).

[57] Digital Transformation (DX): An Opportunity and an Imperative, IDC Executive Brief, https://pdfslide.net/documents/digital-transformation-dx-an-opportunity-and-an-imperative.html (Ziyaret tarihi: 31 Temmuz 2020).

[58] Albukhitan S., Developing Digital Transformation Strategy for Manufacturing, *Procedia Computer Science*, 2020, **170**(2020), 664–671.

[59] Dyk R., Belle J., Factors Influencing the Intended Adoption of Digital Transformation: A South African Case Study, *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, 2019, **18**, 519-528.

[60] Kane G., C., Palmer D., Phillips A., N., Kiron D., Winning the Digital War for Talent, *MIT Sloan Management Review*, 2017, **58**(2), 17-19.

[61] Bulut E., Akçacı T., Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi, *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM - UHAD)*, 7, 50-72.

[62] Kesayak B., Endüstri 4.0'da Sensörlerin Önemi, Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu Web Sitesi, http://www.endustri40.com/endustri-4-0da-sensorlerin-onemi/, (Ziyaret tarihi: 27 Temmuz 2020).

[63] Coronado P., D., U., Lynn R., Louhichi W., Parto M., Wescoat E., Kurfess T., Part Data Integration in the Shop Floor Digital Twin: Mobile and Cloud Technologies to Enable a Manufacturing Execution System, *Journal of Manufacturing Systems*, 2018, **48**(2018), 25–33.

[64] Pflaum A., A., Gölzer P., The IoT and Digital Transformation: Toward the Data-Driven Enterprise, *IEEE Pervasive Computing*, 2018, 87-91.

[65] Güler M., Büyüközkan G., Analysis of Digital Transformation Strategies with an Integrated Fuzzy AHP-Axiomatic Design Methodology, *IFAC PapersOnLine*, 2019, **52**(13), 1186–1191.

[66] 61 66 Genzorova T., Corejova T., Stalmasekova N., How Digital Transformation can Influence Business Model, Case Study for Transport Industry, *Transportation Research Procedia*, 2019, **40**(2019), 1053–1058.

[67] Sevgör Y., Manufacturing Operations Management Systems Implementation Blueprint for Özka Lastik ve Kauçuk Anonim Şirketi, ATS Apllied Tech Systems, 12, 2018.

[68] Kollár I., Martiško B., SAP HANA, BIG DATA and In Memory Computing, *18th International Conference on Information Technology for Practice*, Ostrava, Çekya, 8-9 Ekim 2015.

[69] Borges G., Study of SAP Hana in the In-Memory Context, Yüksek Lisans Tezi, Porto Üniversitesi, Bilişim ve Bilgisayar Mühendisliği, Porto, 2016.

[70] Foehr M., Vollmar J., Calà A., Leitão P., Karnouskos S., Colombo A., W., Engineering of Next Generation Cyber-Physical Automation System Architectures, Editors: Biffl S., Lüder A., Gerhard D., *Multi-Disciplinary Engineering for Cyber-Physical Production Systems*, Springer, Cham., 185-206, 2017.

[71] Witzel O., Wilm S., Karimanzira D., Baganz D., Controlling and Regulation of Integrated Aquaponic Production Systems – An Approach for A Management Execution System (MES*), Information Processing in Agriculture*, 2019, **6**(2019), 326–334.

[72] Menezes S., Creado S., Zhong R., Y., Smart Manufacturing Execution Systems for Small and Medium-sized Enterprises**,** *Procedia CIRP*, 2018, **72**(2018), 1009–1014.

[73] Youssef S., M., Salem R., M., Automated Barcode Recognition for Smart Identification and Inspection Automation, *Expert Systems with Applications*, 2007, **33**(2007), 968–977.

[74] Taş Ş, Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) Nedir ve Nasıl Hesaplanır?, http://www.siskon.com.tr/dosya/PDF/Makale/Toplam_Ekipman_Etkinligi.pdf, (Ziyaret tarihi: 26 Temmuz 2020).

[75] URL-1: http://www.akillifabrika.org/OEE_HESAPLAMA,cnt-4, (Ziyaret tarihi: 26 Temmuz 2020).

[76] Fam S., F., Ismail N., Yanto H., Prastyo D.D., Lau B.P., Lean Manufacturıng and Overall Equıpment Efficiency (OEE) in Paper Manufacturing and Paper Products Industry, 2016 *5th International Conference on Design and Concurrent Engineering (IDECON 2016)*, Langkawi, Kedah, Malezya, 19-20 Eylül 2016

[77] Hedman R., Subramaniyan M., Almström P., Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE, *Procedia CIRP*, 2016, **57**(2016), 128 – 133.

[78] Nayak D., M., Kumar V., M., N., Naidu G., S., Shankar V., Evaluation of OEE in a Continuous Process Industry on an Insulation Line in a Cable Manufacturing Unit, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2013, **2**(5).

[79] KNOP K., The Impact of Performance Improvement Achieved by the Closing Machine up to the Level of World-Class OEE on the Results of the Production Process, *Materials Research Proceedings*, 2018, **5**(2018), 117–122.

[80] Kombe T., Niel E., Pietrac L., Rauzy A., Global Efficiency Assessment based on Component Composition of OEE Using AltaRica Data-Flow Language, *13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, Moskova, Rusya, 3-5 Haziran 2009.

[81] Wang T., Pan H., Improving the OEE and UPH Data Quality by Automated Data Collection for the Semiconductor Assembly Industry, *Expert Systems with Applications*, 2011, **38**(2011), 5764–5773.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Temel A.**, Ayaz M., Digital Transformation Design of Banbury Mixing Unit in Tire Manufacturing, *The 3rd International Conference on Applied Automation and Industrial Diagnostics (ICAAID)*, Elazığ, Türkiye, 25-27 Eylül 2019.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli'de tamamladı. 2010 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü kazandı. 2014 yılında Gazi Üniversitesi'nden mezun oldu. 2015-2018 yılları arasında Dağgaz Doğalgaz Kokulandırma ve Kimyasal Dozajlama firmasında çalıştı. 2018-2020 yılları arasında Özka Lastik firmasında çalıştı. 2017 Yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.