



**Pompa İmal Eden Fabrikalarda Üretim
Planlama Kontrolünde Karşılaşılan
Sorunlar ve Optimizasyon Çalışması**



MEHMET AKİF KARTAL



BİDGE Yayınları

Pompa İmal Eden Fabrikalarda Üretim Planlama Kontrolünde Karşılaşılan Sorunlar ve Optimizasyon Çalışması / Dr. Mehmet Akif KARTAL

ISBN: 978-625-6488-07-6

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

1. Baskı: BİDGE Yayınları, 2023

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz. Bu eser, Marmara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği'nde hazırlanan “Pompa İmal Eden Fabrikalarda Üretim Planlama Kontrolünde Karşılaşılan Sorunlar ve İyileştirme Çalışması” adlı çalışmadan türetilmiştir.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayin@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



Pompa İmal Eden Fabrikalarda Üretim Planlama Kontrolünde Karşılaşılan Sorunlar ve Optimizasyon Çalışması

Yazar

Dr. Mehmet Akif KARTAL

2023

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	3
BÖLÜM I	4
GİRİŞ	4
1.1. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE SİSTEM YAKLAŞIMI	5
1.1.1. Üretim ve Yönetimsel Anlamda Üretim.....	6
1.1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	15
1.1.3. Akış Çizelgesi	16
1.1.4. Montaj Hatlarında Darboğaz Araştırması.....	19
1.1.5. Montajdaki Üretim Hattının Dengelenme Metotları.....	20
1.2. SÜREÇ İYİLEŞTİRME KAVRAMI	21
1.2.1. Süreç Kavramı ve Önemi.....	21
1.2.2. Süreç Yönetimi.....	23
1.2.3. Süreç İyileştirme Organizasyonu	23
1.2.4. Süreç İyileştirme Konusuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	26
1.3 POMPALAR HAKKINDA TEMEL BİLGİLER.....	28
1.3.1. POZİTİF ÖTEMELİ POMPALAR	30
1.3.2. Türbinli (Rotodinamik) Pompalar.....	31
1.3.3. Diyaframlı Pompa	34
1.3.4 Pompa Temel Elemanları.....	34
1.3.5 Pompa İle İlgili Teknik Temel Tanımlar	35
BÖLÜM 2 - MATERYAL VE YÖNTEM.....	36
SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI	36
2.1. UYGULAMANIN AMACI	36
2.2. UYGULAMANIN ÖNEMİ.....	36
2.3. UYGULAMANIN KAPSAMI.....	36
2.4. UYGULAMANIN YÖNTEMİ	36
BÖLÜM 3 BULGULAR VE TARTIŞMA	39
3.1. İŞLETMEDEKİ ÜRÜN AKIŞINA İLİŞKİN MEVCUT DURUM SİMÜLASYON MODELİ.....	39
3.2. VERİLERİN DERLENMESİ VE HAZIRLANMASI.....	42
3.3. İŞ İSTASYONLARINDAKİ OPERASYONEL FAALİYETLER.....	44
3.5. GELECEK DURUM İÇİN ÖNERİLEN SİMÜLASYON MODELİ	45
3.6. SİMÜLASYON SONUÇLARININ ANALİZİ VE SİMÜLASYON SONUÇLARINA İLİŞKİN GENEL BİR DEĞERLENDİRME	46
BÖLÜM 4 – SONUÇLAR	47
KAYNAKLAR.....	48
EKLER.....	54

BÖLÜM I

Giriş

Üretim planlama ve kontrol; bir üretim yönetimi etkinliği olarak üretilecek ürün için gerekli olan makine-teçhizatı belirlemek, ürünün istenen kalite ve maliyette, istenen sürede, doğru zamanda ve istenen miktarda oluşumunu sağlayacak planlama, çizelgeleme, programlama ve kontrol çalışmalarını kapsar. Dolayısıyla, gelecekteki faaliyetlerin düzeylerini veya limitlerini belirleyen ve gerekli zamanlarda önlem alan fonksiyonun bir diğer ismidir. Üretim planlama ve kontrolünün amacı, işletmenin mevcut kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını sağlamakta etkili olan faktörlerin göz önüne alınarak işletmenin faaliyetlerini koordine etmeye yönelik çalışmaları düzenlemektir.

Makine imalatı yapan firmalarda, üretim planlama ve kontrolü üzerine ulusal ve uluslararası pek çok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır. *Ebru Takcı*, Kayseri’de faaliyet gösteren ve kot pantolon üretimi yapan bir tekstil fabrikasında çalışmasını gerçekleştirmiştir. Üretim hattındaki darboğaz noktalar tespit edildikten sonra süreç iyileştirmesi yapılmıştır. Simülasyon sistemi kullanılmıştır ve neticede iyileştirmeler sağlanmıştır [1]. Mustafa Yurdakul, Salur Eşkin ve Yusuf Tansel İç, bir otomotiv yan sanayi işletmesinde, işgücü, malzeme, makine ve teçhizat gibi fiziksel kaynakların, toplam malzeme taşıma maliyetini en aza indirecek tarzda tekrar tasarımı yapılmıştır. Üretimin yapılacağı bir alan üzerine makine-teçhizat yerleşiminin yeniden düzenlenmesiyle birlikte performansa etkilerini incelemiştirler. Çalışmada, fiziksel kaynakların yerleşimi için LayOPT paket programı kullanılmış, yeni yerleştirme şeklinin performansını ölçmek için de ARENA benzetim programı kullanılarak yapılan analiz sonucunda yeni yerleşim planının ve yapılacak iyileştirmelerin performans üzerinde pozitif katkılar sağladıklarını gözlemlemişlerdir [2]. Melis ÖZATEŞ, Medine ŞAHİN, Sinem ŞENOL, Fulya TERZİ, Sinan YÖRÜKOĞLU, Gülser KÖKSAL ve Yasemin SERİN, düşük hacimli üretime sahip ve TAI 3, Airbus 3 ve Boeing 3 gibi uçakların ar-ge ve üretim çalışmaları üzerine projeleri olan bir havacılık firması için, üretim süreçlerinin ve parçalarının kalitesini kontrol etmek ve iyileştirmek amacıyla bir sistem tasarlamıştır. Firmanın mevcut kalite kontrol yaklaşımı hata önlemekten ziyade, %100’e yakın muayeneye hataları ayıklamaya yöneliktir. Önerilen sistem, ürünlerin çeşit ve miktarlarındaki değişiklikleri, sistemdeki iyileşmeleri ve kapasite kısıtlarını dikkate alan mekanizmalara sahiptir. İstatistiksel Süreç Kontrol, FMEA ve Ölçüm Sistemi Analizlerinin yapılması sonucunda elde edilen bulgulara göre, sistemin geniş çerçevede toplam kalitenin insan kaynakları eğitimi, yalın üretim ve tasarım yoluyla kalite gibi diğer yaklaşımları da içerecek şekilde iyileştirilmesiyle, süreç ve verimlilik üzerine olumlu sonuçlar elde edilmiştir [3]. Mustafa YURDAKUL, Selim TÜRKBAŞ ve Suat ALTINOVA, işletmelerin üretim performansını sistematik olarak yükseltmeyi amaçlayan Toplam Verimli Bakım (TVB) uygulamaları gerçekleştirmiştir. TVB, ekipmanların arızalarını ve üretim hatalarını analiz etmek suretiyle daha oluşmadan engelleyerek, en alt düzeyden en üst seviyeye kadar çalışanların tümünün katılımıyla “sıfır hata” hedefine ulaşılmasını sağlayan bir kılavuzdur. Dolayısıyla yapılan analizler sonucunda, geleneksel bakım yöntemlerini değiştirerek sürekli eğitim, bölümler arası koordinasyon ve sorumluluğun herkes tarafından paylaşılması ve bilgisayar destekli programların kullanılması ile üretim miktarlarının önemli ölçüde arttığı görülmüştür [4]. Ayhan Oran, talaşlı imalat optimizasyonunda metodik yaklaşımın önemine değinerek, kesici takımların kırıma oranının düşürülmesine yönelik sektörde uyguladığı Altı Sigma Projesini irdelemektedir. Elde edilen sonuçlara göre, kesici takım kırımları %85 oranında azaltılmış, yaklaşık 1.000.000. Euro (€) üzerinde bir kazanç sağlamıştır [5]. Şaban ŞAHİN ve Ferruh ÖZTÜRK, tasarım ve imalat süreçlerinde kullanılmaya başlanan TRIZ, “Yaratıcı Problem Çözme Teorisi” (Theory of Inventive

Problem Solving), problemlere yaratıcı çözümler geliştirilmesine yardımcı olan bu tekniği çalışmasında uygulamıştır. TRIZ' in imalat sürecinde uygulanması ele alınmış ve sürece etkileri örnek uygulamanın sonuçları ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar TRIZ' in imalat sürecinin optimizasyonunda katkıları olabileceğini göstermektedir [6]. Ali GÖRENER, İşletme varlıklarının etkinliğinin ölçülmesinde Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) analizi kullanılmıştır. Bu kapsamda aspiratör imalatı yapan bir firmada, makine ve ekipman uygunluğu, performans etkinliği, kaliteli ürün oranı hesaplamalarına ilişkin denklemleri ifade ederek TEE analizi çalışması gerçekleştirmiştir. Yapılabilecek iyileştirme faaliyetleri kapsamında, uygunluk değerinin arttırılması için süreç planlaması ve bir dakikada kalıp değişimi gibi önerilere yer vererek süreç geliştirme ve performansa olumlu katkılar yaptığını gözlemlemiştir [7]. J. J. Kathiriya, V. D. Amareliya, ve S. H. Kapadiya, tarafından yapılmış olan çalışmada kurulum zamanı, üretim zamanı ve bekleme zamanı gibi kıstasların; hidrolik dişli pompa üreten fabrikada en iyi teknoloji ve en iyi makinelerle üretim yapıldığından, verim ve yıllık üretim oranını pek fazla etkileyeceklerinden dolayı malzeme taşıma süresi ve insan-makine kullanım süresinin üzerinde iyileştirmeler yaparak olumlu sonuçlar almaya çalışmışlardır [8]. Behzad Zamani Kaljahi, pervane şeklinin, pompanın verimine ve performansına direkt etki ettiğinden dolayı, 3D tasarımlar yapılmıştır. Pervane şekline göre performans ve verim değerleri ele alınarak kıyaslamada bulunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, yapılan 3D tasarımlar yerinde bulunarak tasarlanmış pervaneler sonucunda verim ve performans üzerine artı değerler kaydedilmiştir [9]. Jan Tamlander, firmada verim ve performansı arttırmak için mevcut parti tipi üretim sistemi (Batch-flow Production)'ndan yalın üretim sistemlerine (Lean Production) geçiş için, problem çıkaran konularda iyileştirmeler ve geliştirmeler yaparak sistemin uyumlu ve kendi arasında senkronize çalışmasını hedeflemiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucu, mevcut parti tipi üretim sisteminden yalın üretim sistemine geçildiğinde; verimlilik, üretkenlik ve performans değerlerinde artış sağlanmıştır [10].

Bu çalışmanın ilk bölümünde, üretim ve üretim sistemiyle ilgili temel bilgi ve kavramlar, tarihsel süreç ve bir konu içinde yapılan genel çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde, süreç iyileştirmeyle ilgili temel bilgi ve kavramlar verilerek süreç iyileştirme üzerine yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışma pompayla ilgili üretim ve imalat yapacak işletmelerde uygulanacağı için çalışmanın üçüncü bölümünde pompayla ilgili temel teknik bilgi ve kavramlar verilmiştir. Dördüncü bölümde, çalışmanın amacına uygun olarak süreç iyileştirmeyle ilgili kullanılacak materyal ve yöntem ile ilgili bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde süreç iyileştirmeyle ilgili olarak kullanılan materyal ve yöntemlerle veriler elde edilmiştir. Elde edilen verilerle verimlilik, üretkenlik ve performans üzerine analiz yapılmıştır.

Sonuçta, pompa imalatıyla ilgili olarak montaj hattında tespit edilen sorunların, kullanılan program yardımıyla iyileştirme çalışmaları yapılmış ve elde edilen veriler yardımıyla verimlilik, üretkenlik ve performans değerlendirilmeleri yapılmıştır.

1.1. Üretim Sistemleri ve Sistem Yaklaşımı

Üretim sistemini “işletmelerin tespit edilen hedeflerine erişebilmeleri için, sistem içerisinden ve de dışarısından tedarik edilen girdilerin en makul bileşeninin bulunarak fiziksel bir çıktıya çevrilmesi periyodudur” şeklinde genel olarak tanımlanabilir.

Son zamanlarda sistem yaklaşımı fikrinden her sahada faydalanılmaktadır. Sistem yaklaşımı yönetsel anlamda üretime çok farklı bakışlarla yaklaşmakta ve üretimin akışını ve kendisini hassasiyetle etkilemektedir.

1.1.1. Üretim ve Yönetimsel Anlamda Üretim

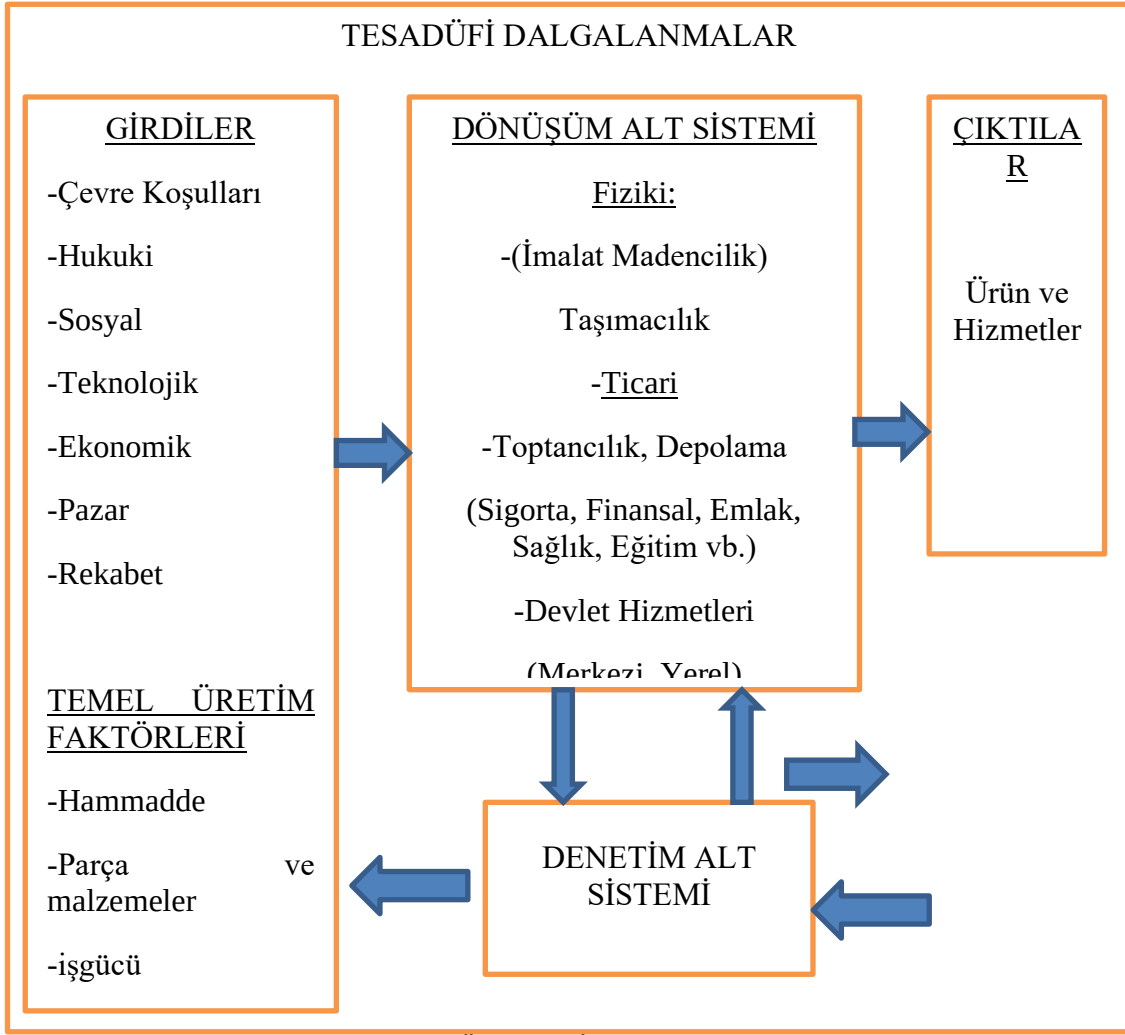
Üretim; insanların ve toplumun yaşaması ve gelişmesi için ihtiyaç duyulan nesneleri elde etmek amacıyla yapılan faaliyetler ve süreçtir. Daha minimize anlamda ifade edecek olursak, bedenen veya fikirce belli bir emek harcayarak, neticesinde oluşan gelir olduğunu söyleyebiliriz. Diğer bir taraftan ülkenin ekonomik anlamda kalkınması, üretim hacminin artması ve buna bağlı olarak elde edilen gelirin çoğalması neticesiyle oluşmaktadır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde az gelir olması ve kıt kaynaklar nedeniyle, üretim önemli bir kırılma noktasıdır. Bu ülkelerde toplam yatırım alternatifleri arasında en fazla üretimin elde edileceği kaynakların çok verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir. Dolayısıyla yeni tarz ürünlerin oluşturulması var olanların geliştirilmesi ve nerelerde üretileceği konusu, ülkelerin kalkınma hızını ve doğrultusunu işaret edecektir.

Üretim yapan şirketlerde fiyat, kalite, zaman, ürün ve sınırlamaları, piyasa ve müşteri taleplerinin belirsizliği faktörleri, firmaların bu türden sınırlayıcı koşullar altında üretim yapmaya zorlamaktadırlar. Fakat üretimin yönetilmesiyle birlikte, kaynakların en üst düzeyde verimli tüketilmesi, optimum verimli çalışılması ve istenen kalitede üretim yapılması hedef olarak belirlenmektedir [11]. Bu yönüyle üretim ve üretim yönetimi kavramları, ayrıntılı bir biçimde ele alınması gereken iki kavramdır.

1.1.1.1. Üretim Tanımı

Üretim konusunda çeşitli tanımlamalar bulunmaktadır. TDK sözlüğümüzdeki tanımlamaya göre üretim, birtakım aksiyonlar ve eylemler neticesinde ortaya yeni bir mal veya hizmet ortaya koymak olarak ele alınmaktadır. Başka bir tanımlamaya göre ise, herhangi fiziksel varlıkta birtakım değişiklikler oluşturarak kendisinin değerini yükseltmek ve kullanılabilir mamule çevirme faaliyetleridir şeklinde özetleyebiliriz [12]. Üretim, kendi halinde bulunan doğadaki hammaddelerin gereksinimlerimize uygun mal ve hizmetlere dönüştürme faaliyetlerinin tümünü kapsamaktadır şeklinde de tanımlanmaktadır [13].

Ek olarak üretim, sadece ürünü meydana getirmek değil de ona değer katarak kıymetini yükseltmek olarak da tanımlanmaktadır [14]. Şekil 1.1.'de girdiler, işlemler ve çıktılarından oluşan üretim / işlemler sistemi modeli gösterilmiştir [15].



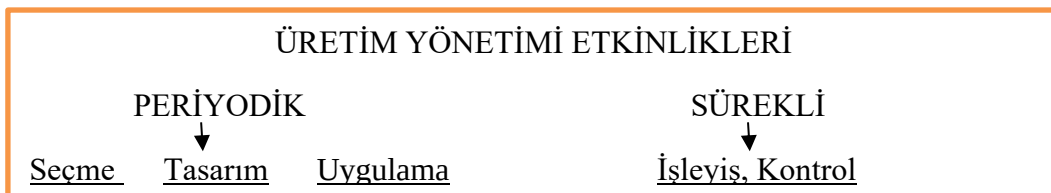
Şekil 1.1. Üretim / İşlemler Sistemi Modeli [15]

1.1.1.2. Yönetimsel Anlamda Üretim

Üretim yönetimi kavramı en net biçimde ifade edecek olunursa, firmaların elindeki mevcut malzeme, makine ve insan gücü kaynaklarının belli miktarlarda ve teslim süresi belli olan şartlarda minimum maliyetlerde üretimini tedarik edecek şekildeki faaliyetleridir. Yönetimsel anlamda üretim disiplininin hedefinde makul vasıta ve metotlar kullanarak yöneticilerin karar verme kabiliyetinin geliştirilmesi olarak tanımlanmaktadır [12].

Yönetimsel anlamda üretim, kayıplar en aza indirgenerek hedeflenen kalite düzeyine çıkılması sonucunda kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasıdır. İlke olarak benimsenen öge ise istenen biçimde ve zamanda, en düşük maliyetle üretimdir. Yönetimsel süreç, bu sürecin tüm noktalarını referans alarak ilişkilendirilmesi sürecidir [16].

Üretim yönetimi ile kalite ve stok kontrolü, üretim planlama ve kontrolü, maliyet kontrolünde bilgisayar destekli üretim konularında faydalanılmıştır. Şekil 1.2. üretim yönetimi etkinliklerini göstermektedir. Şekil 1.2.'de üretim yönetimi etkinlikleri periyodik ve sürekli olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Periyodik etkinlikler, seçme, tasarım ve uyarlamadan oluşmakla beraber, sürekli etkinlikler ise işleyiş ve kontrolden oluşmaktadır.



Şekil 1.2. Üretim Yönetimi Etkinlikleri [17]

1.1.1.3. Yönetimsel Anlamda Üretimin Tarihsel Gelişimi

Yönetimsel anlamda üretimin tarihsel gelişiminin, iki yüz yıllık bir tarihi geçmişi vardır. Bu konudaki çalışmaların temeli fabrika sistemiyle ilgili çalışmalara dayanmaktadır. Tarihsel başlangıcı ise Adam Smith ile 18. yy. da başlamaktadır. Smith, Ulusların Zenginliği adlı yapıtında, işbölümü ve makine kullanımı ile verimliliğin arttırılabileceğini ve kalifiye işgücüyle birlikte işgücünün oldukça başarılı bir şekilde üretim gerçekleştirebileceğini öne sürmüştür [16].

20. yüzyılın başlarında Frederick W. Taylor, ilk teori olan Adam Smith'in teorisini daha üst bir basamağa taşıyarak karışık üretim sistemleri için bilimsel yönetim yaklaşımını oluşturduğunu ifade edebilmektedir. Üretim yönetimi içinde bilimsel yönetim yaklaşımı 1930'dan itibaren yaklaşık 20 yıl boyunca yoğun olarak işlerlik kazanmıştır. Frederick W. Taylor'un bilimsel yönetim yaklaşımı üretim yönetiminde, fabrika organizasyonu ve üretim sistemleriyle ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. Modern üretim yönetiminin başlangıcından itibaren meydana gelen gelişmeler kronolojik olarak Tablo 1.1'deki gibi sıralanabilir [11]:

Tablo 1.1. Modern Üretim Yönetimi tarihsel Gelişmeleri

Yıl	Araştırmacı	Yapılan Çalışma
1776	Adam Smith	İşin Bölümlere Ayrılması
1799	Eli Whitney	İşin Parçalara Ayrılması ve Maliyet Muhasebesi
1832	Charles Babbage	İş Bölümünün Sağlayacağı Faydalar İle Uzmanlaşma ve İş Basitleştirmenin Faydaları ve Zaman Analizi
1900	Frederick W. Taylor	Bilimsel Yönetim Yaklaşımı, Hareket ve Zaman Analizleri
1900	B. Frank Gilberth	Eylem ve İş Analizlerinden Oluşan Öğeler
1901	L. Henry Gantt	Şemalar ve İş Çizelgeleriyle Oluşan Fonksiyonlar
1931	Walter A. Shewart	İstatistiksel Kalite Kontrol

Üretimle ilgili birçok alanda pek çok şeyin değişime uğradığı 90'lı yıllarda, üretim kavramı gelişerek farklı noktalara gelmeyi başarmıştır. Değişim olarak küreselleşme, yüksek teknoloji, kalite seviyesi, çevre koruma, yönetim metodlarındaki farklılaşma ile sağlanmıştır [14].

1900'lerin ortalarında yöneylem araştırması tekniklerinin geliştirilmesi ve bilgisayar kullanımının ekonomik hale gelmesiyle birlikte endüstri, benzeri olmayan bir otomasyon çağına girmiş, bu eğilim hızlı bir şekilde hizmet işletmelerini de kapsayacak şekilde genişlemiştir. Bilgisayarlar yöneticileri pazarlara, maliyetlere, üretim düzeylerine ve stoklara ilişkin anlık bilgilerle donatmıştır [18].

70'li yılların sonrasında yönetimsel anlamda üretimde ana gelişme olarak iki unsurdan söz edilebilir. İlk olarak, üretim sistemlerinde bilgisayarların artık mevcut sisteme entegre edilerek seri imalat yapılması durumunda ekonomide üretim sistemleri en üst düzeye çıkmıştır. Bir diğer önemli öge olarak, uygulamalı araştırmaların, sade yapılan analizlere nispeten daha önemli bir konuma geldiği söylenebilir [11].

1.1.1.4. Yönetimsel Anlamda Üretimin Hedefleri

Evans (1997)'a göre üretim/işlemler yönetiminin amacı, işletme başarısını sürekli arttırmak ve yeteneklerini sürekli olarak geliştirmek suretiyle, müşterilere devamlı artan değerler sunmak şeklinde tanımlanmıştır. İşlemler fonksiyonunun amacına ilişkin daha dar bir tanım ise, tüketicinin istediği ürünü, istediği zamanda, yerde, kalitede ve minimum maliyetle üretmek şeklinde ifade edilebilir.

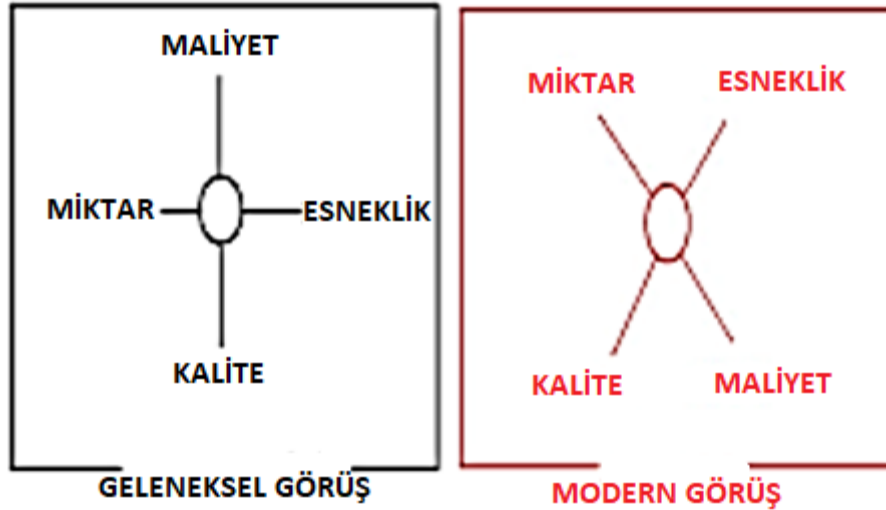
Bir işletmede devamlılığın sağlanması noktasında önemli olan tek ögenin, müşteri istek ve beklentilerini karşılayacak ürün ve hizmetlerin oluşturulması şeklinde özetlenebilir. Bu sağlanamadığı takdirde ise işletmenin sürekliliği söz konusu değildir.

İşletmede müşteriye sunulacak ürünün üretimiyle ilgili kararlar, üretim fonksiyonu bünyesinde verilir. Bu nedenle müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanması şeklinde tanımlanan işletme amacı, bir alt düzeyde üretim sisteminin de temel amacını oluşturur [15].

Yönetimsel olarak üretimin hedefleri arasında miktar, zaman, kalite ve maliyet ögeleri başrol oynamaktadır. Bu ögelerin en iyi değerlerde olmaları hedefe ne kadar yaklaşıldığını göstermektedir. Yönetimsel anlamda üretim ile bu hedefe erişebilmede hangi ürünlerin, ne kadar miktarda, özelliklerinin neler olacağı, nerede ve kim tarafından üretimlerinin gerçekleştirileceği konularına çözüm aranmaktadır. Bu aralıkta maliyetin en düşük, kârın ise en yüksek seviyelerde tutulmasına gayret edilmektedir. Bunlara ek olarak, müşterilerin arz talep dengesine dikkat edilmesi ve gereksinimlerinin karşılanması, stok miktarının en düşük seviyelere çekilmesi de önem arz etmektedir şeklinde de söylenebilir [19].

Japon firmalarının kalite konusunda kaydettiği başarılar, bazen hem kaliteyi yükseltmenin hem de fiyatı düşürmenin mümkün olabileceğini kanıtlamıştır. Üretim yönetiminin amaçlarındaki çelişmeler, geleneksel ve modern görüşlerin kıyaslanması Şekil 1.3.'te gösterilmiştir [12].

Şekil 1.3.'te modern görüşte geleneksel görüşten farklı olarak kalite ve maliyetlerde olumlu bir şekilde oynamak mümkündür. Klasikten farklı olarak, modern görüşte kalite ve maliyet birbirine yaklaşıırken, miktar ve esneklik hedefleriyle çok fazla uyuma göstermemektedir.

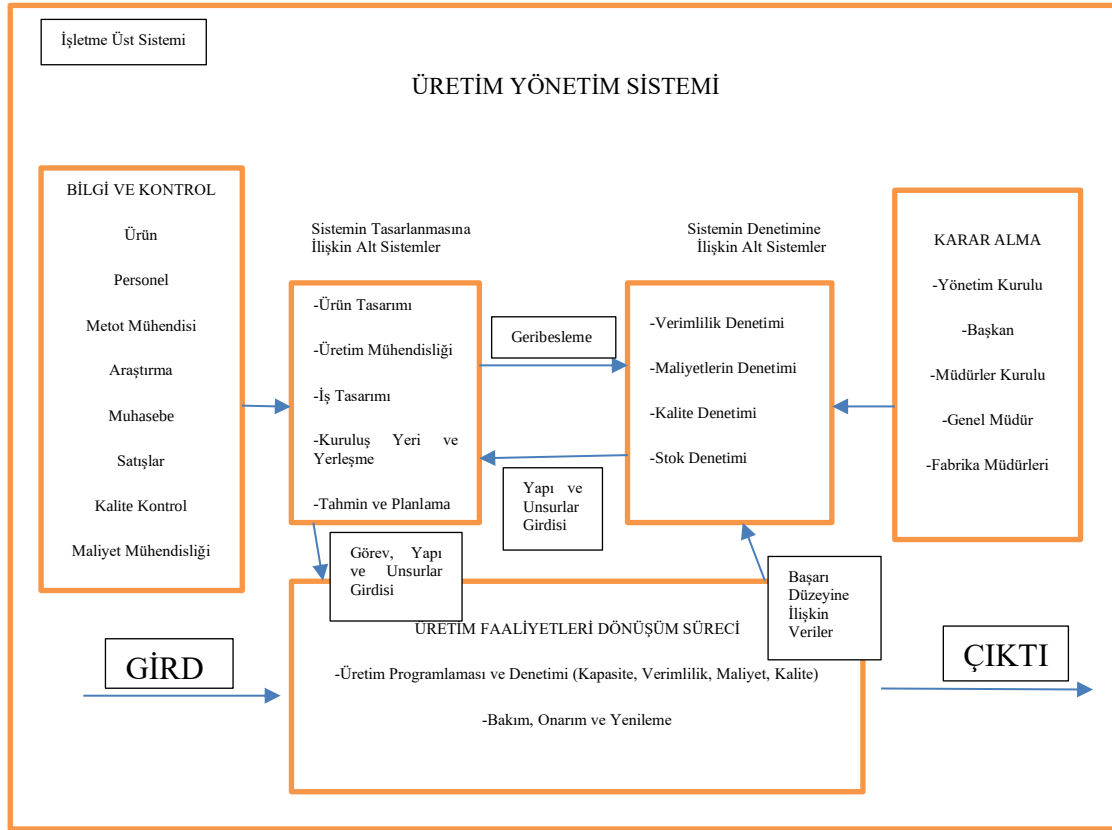


Şekil 1.3. Üretim Yönetiminin Amaçlarındaki Çelişmeler; Geleneksel ve Modern Görüşlerin Kıyaslanması [97]

1.1.1.5. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları

Üretim yönetiminin fonksiyonları planlama, organizasyon ve kontrol olmak üzere üç başlıkta incelenmektedir. Üretim yönetimi, planlama, organizasyon ve kontrol aşamalarının kontrollü şekilde birbirine dönüşümünü sağlamaktadır. Üretim yönetiminin fonksiyonları Şekil 1.4.'te gösterilmiştir [20].

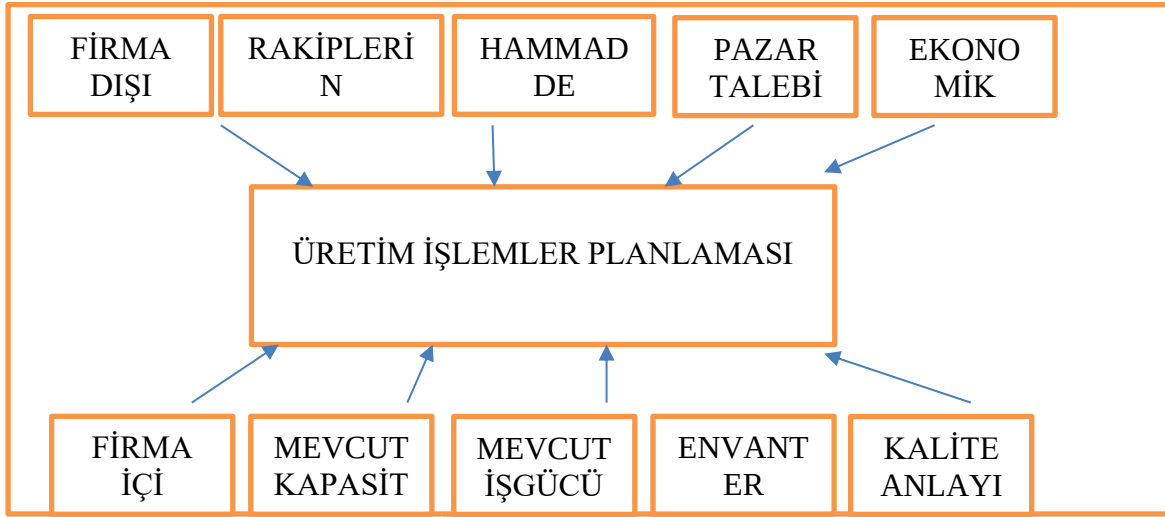
Şekil 1.4.'te planlama aşamasında, dönüşüm sistemi planlamanın operasyon stratejileri, tahmin, ürün ve proses seçimleri, tesis yeri seçimi planlama ve yerleşim planlamadan oluştuğu ve dönüşüm sistemi programlamanın, sistem programlama, bütünleşik planlama ve operasyon programlamadan oluştuğu görülmektedir. Organizasyon aşamasında, dönüşüm için organizasyonun iş tasarımı, üretim standartları, iş ölçümü ve proje yönetiminden meydana geldiği görülmektedir. Kontrol aşamasında, malzeme kontrolünün envanter kontrolü ve malzeme ihtiyaç planlamadan oluştuğu ve dünya sınıfı için yönetimin Japon üretimi, kalite için yönetim ve kalite analizi ve kontrolden oluştuğu görülmektedir.



Şekil 1.4. Üretim Yönetimi Fonksiyonları İçin Genel Bir Model [21]

Planlamada; planlamanın aşamaları, organizasyondaki üretimin alt sistemleri, politikası ve prosedürleri için üretim yöneticisi tarafından hedefler belirlenmektedir. Bu aşama organizasyonun genel stratejisinde odak noktası rolünü içermektedir [20].

Örgütlenme çalışmaları için fizibilite etüdü veya ön planlama verileri hazır bulunmalıdır. Planlama, bir dizi üretim kararlarının arka arkaya alındığı bir aşamadır. Bu tip kararların çözüm süreci, “Ne üretilecek?”, “Ne miktarda üretilcek?”, “Nerede üretilcek?”, “Tesisler nereye yapılacak?”, “Nasıl üretilcek?”, “Hangi yöntemler kullanılacak?”, “Kapasite ne olacak?”, “Ne kadar kullanılacak?”, “Yerleştirme düzeni nasıl olacak?”, “Kimler yapacak?”, “Ne kadar iş gücüne gereksinmemiz var?” gibi yer alan sorularla sıralanabilir [14]. Şekil 1.5.'te üretim planlamasını etkileyen faktörler yer almaktadır. Buna göre pazar talebi, firma içi etkenler, mevcut işgücü, hammadde, ekonomik süreç gibi etkenlerin üretim planlamayı etkilediği görülmektedir.



Şekil 1.5. Üretim Planlamasını Etkileyen Faktörler [22]

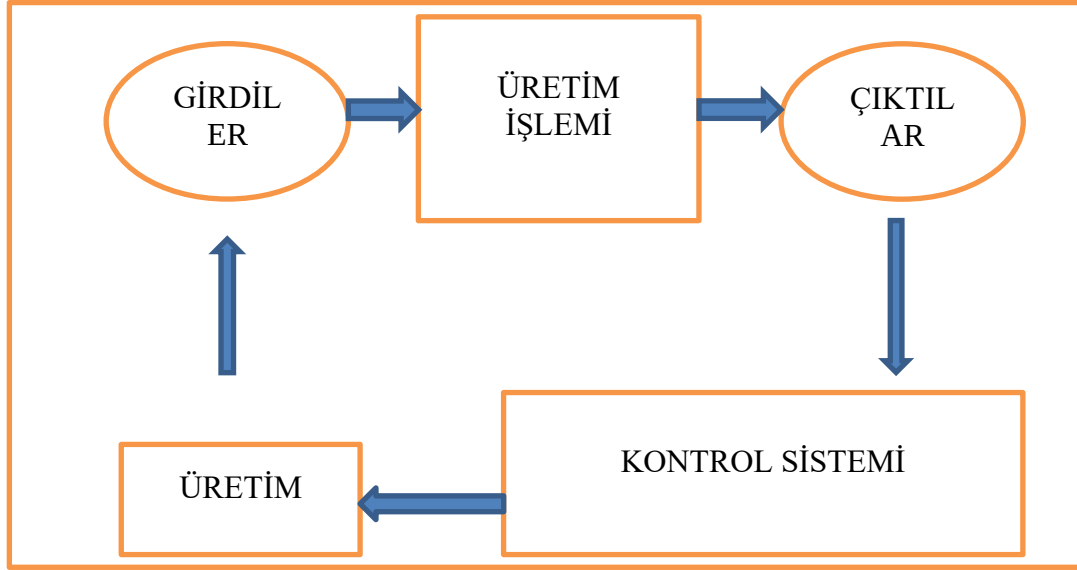
Firmada bulunan yöneticiler kısa ve uzun vadeli hedeflerini, planlama fonksiyonu aracılığı ile gerçekleştirmektedirler. Planlama fonksiyonu ile oluşturulan faaliyetler hedeflediği başarıyı itibariyle diğerlerinden önde olmaktadır. Planlama fonksiyonunun organize edilemediği durumlarda hedeflenen kıstaslara ulaşmak mümkün gözükmemektedir. Farklı bir ifadeyle planlama fonksiyonunu açıklayacak olursak; idareciler "ne yapılacağını, ne zaman ve nasıl yapılacağını, bunu kimin gerçekleştireceğini önceden tespit etme noktasındadırlar [23].

Organizasyon, üretim işlemi meydana gelebilmesi için gereksinim duyulan öğelerin birleştirilmesini sağlar. Üretim yönetiminin birincil sorumluluğu içerisinde makine, işgücü, malzeme, işyeri gibi ana öğelerini koordine etmek ve çalışmaya hazır statüde bulundurmak olduğu söylenebilir. Önemli bilgilerin aktarılması ve görevlerin paydaş edilmesi organizasyon aşamalarında meydana gelmektedir. Bu aşamalar ile üretim sitemine bağlı çalışan ve alt birimlere ulaştırılırken ayrıca düzenli çalışma şartlarının oluşturulması ile alt sistemlerin görevleri tespit edilmektedir [11].

Kontrol aşaması, yönetsel anlamda üretimin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Çünkü üretilen bir ürünün, istenilen ölçülerde olmaması kontrol aşamasında tespit edilmezse o aşamaya gelene kadarki yapılan tüm hizmetlerin boşa çıktığı ve zarara geçildiğini gösterir. Hatta bu üretimin hacmi büyükse veya seri bir imalatsa zarar çok büyük boyutlarda olacaktır. Kontrol aşamasında maliyetin, kalitenin, stokların ve üretimin mutlaka denetlenmesi gerekmektedir [14]. Kontrol fonksiyonu ile istenen hedeflere ve verimlilik düzeyine ulaşmaktır. Dolayısıyla yöneticiler hedeflerde başarıya ulaşma oranı ile ulaşmama arasındaki farklara göre dinamik ve radikal kararlar alabilmeli, değerlendirmelerde bulunabilmeli ve anlık çözümler üretebilir olmalıdır [23].

Üretim aşamasında kontrol, büyük öneme sahip olup çıktıların yönetim kademesine raporlanarak yönetimin bu doğrultuda istedikleri kapasite ve kaliteye erişip erişemedikleri, varsa aradaki farkın büyüklüğüne göre gerekli eylemler konusunda nasıl bir yol izleneceği ve nasıl verileceği belirlenecektir [11].

İşletmelerde üretim planlaması ve kontrolü birbirinden bağımsız düşünülemez. Üretim planlama ve kontrolü işletmelerin ana merkezi olup emir akışını fabrikanın tüm kısımlarına gönderir. Şekil 1.6.'da planlama ve kontrol sistemi gösterilmiştir. Şekil 1.6.'ya göre planlama ve kontrol sisteminin girdiler, üretim işlemi, çıktılar, kontrol sistemi ve üretimin sistemli ilerlemesinden oluştuğu görülmektedir.



Şekil 1.6. Planlama ve Kontrol Sistemi [24]

1.1.1.6. Yönetimsel Anlamda Üretimdeki Gelişmeler

Üretimle ilgili bilimsel yaklaşımlar, çoğunlukla üretim dünyasındaki reel gelişmeler doğrultusunda ve bunlara cevap olarak ortaya çıkmıştır. Bu güne kadar üretim yönetimi alanında aşına olunan yaklaşımlar arasında en çok akılda kalan ve ses getiren yaklaşımlardan bazıları; Esnek Üretim Sistemi, Kısıtlar Teorisi ve 6 Sigma olarak ifade edilebilmektedir [25].

Esnek Üretim Sistemi (EÜS): İmal edilen ürünlerin değişen ürün seçeneklerine ve üretim tekniklerine kolaylıkla adapte edilebilir bir üretim sistemidir. Esnek üretim sistemi, bilgisayarlı kontrol sistemi, malzeme taşıma sistemi, iş istasyonu olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Esnek üretim sisteminde maliyet oranlarının minimum düzeyde kalıp, üretim kapasitesinin ve verimin maksimum olduğu ve tüm işlemlerin bilgisayar sistemleriyle senkronize olduğu, gereksinimleri hızlı bir şekilde sonuca dönüştüren ve anlık reaksiyonları alınabilmekte olduğu üretim sistemleri olarak ifade edinilebilmektedir [26].

Esnek üretim sisteminin başlıca faydaları şu şekilde sıralanabilir [12]:

- Müşterilerin istedikleri kalite özelliklerine sahip malların üretilebilmesi,
- Müşterilere sonsuz sayıda seçenekte ürün sunulabilmesi,
- İşletmelerdeki stok maliyetlerinin önemli ölçüde azalarak ortadan kalkması,
- Stoklara yatırılan sermayenin yeni yatırımlarda kullanılabilmesidir.
- Öte yandan esnek üretim sisteminin negatif yönleri sıralanacak olursa;
- Ulaşılmak istenen hedef hakkında iyi planlama yapılmadığı takdirde başarılı sonuçlar sağlamayabilir,
- Bazı küçük işletmeler piyasadan çekilebilmektedir,
- Firma çok düşük seviyelerde üretim yapabilir; bunun nedenleri arsında da talebin az olması ve düşük verimle çalışılması başta gelmektedir.

Kısıtlar Teorisi (TOC): Bir üretim yönetim modelidir ve yönetilebilecek sistemi küçük kısıtlamalara bölerek başarmak olarak görür. Teorinin özünde tüm sistemlerin kısıtlı olduğunu ve ne kaynakların ne de kazançların sonsuz olamayacağı gerçeği vurgulanmaktadır. Aynı zamanda üretim süreçlerinde mutlaka bir darboğaz olduğunu ve bu darboğazın iyileştirilmesi sonucunda bu sefer başka bir noktada darboğazın tekrar belireceğini; nihayetinde karşımıza çıkan darboğazları

tek tek iyileştirerek bir sürekli iyileştirme döngüsü sağlanabileceği anlatılmaktadır. Sistemlerde darboğazı bulmak için öncelikle en yavaş işleyen ya da önünde en çok iş biriken sürece bakmak yeterli olacaktır [25].

İşletmelerde kısıt türleri pazar kısıtı, kaynak kısıtı, politik kısıtlar, hammadde kısıtı, lojistik kısıtlar olarak incelenmektedir [27].

Bir başka tanıma göre Kısıtlar teorisi, bir sistemin tümü ele alındığında o sistemin performansını ve işlerliğini olumsuz yönde etkileyen maksimum üretkenliğe ulaşma yolunda önünde set gibi duran negatif öğeler olan en zayıf halka prensibine dayanmaktadır. Yani sistemin tümü ele alındığında, göze çarpan en zayıf halka; o sistemin kısıtı demektir. Buradaki amaç en zayıf halka olan bu sistem kısıtını ortadan kaldırmak için çözümler üretmek ve sistemi bu konuda iyileştirmek olacaktır şeklinde ifade edilebilmektedir [28].

En önemli kavramlardan biri olan Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ise; müşteri ihtiyaçlarını yerine getirebilmek için kullanılan insan, iş, ürün ve/veya hizmet kalitelerinin sistematik bir yaklaşım ile tüm çalışanların katkıları ile sağlanmasıdır. Ek olarak kalitenin maksimum düzeyde olması ve bu itibarla müşterinin taleplerinin karşılanarak memnun edilmesi kapsamında herkesin kalite konusunda bilinçli olmasını da öngörülmektedir [16].

Bu yaklaşım çalışanlara yetki devrini, takım çalışmasını, sorun çözücü tekniklerin yer aldığı kalite planlamasını, performans ölçümünü ve ürün ve süreçlerin sistematik analizini kapsamaktadır. Bütün bu faaliyetleri içeren toplam kalite yönetimi yaklaşımında ana amaç örgütü, tedarikçileri ve satıcıları içeren dinamik bir çalışma ortamının yaratılmasıdır. Bu çalışma ortamı içinde, tüm bu katılımcılar dış ve iç tüketici potansiyelinin doyumunu sağlayacak faaliyetlerin öğrenilmesi ve yerine getirilmesine teşvik edilmektedir [13].

Toplam kalite yönetimi, sektörden bağımsız evrensel bir yönetim aracıdır. Kâr amaçlı olsun ya da olmasın, ister kamu işletmesi ister özel işletme olsun, ister hizmet üretimi ister sanayi üretimi olsun, her alanda toplam kalite yönetiminin öğretileri kullanılabilir [25]. Bu yönetim anlayışının ilkelerini; müşteri odaklılık, tedarikçi ilişkileri, çalışanların katılımı, liderlik, süreç odaklılık ve sürekli iyileştirme olarak sıralamaktadır.

Piyasada çokça karşılaşılabilecek bir üretim yöntemi olan Yalın Üretim ise; Üretimin akışı sırasında bu akışın ahengini bozacak gereksiz ayrıntılardan arınmak veya stok, geliştirme süreci, fire, işçilik, müşteri memnuniyetsizliği, maliyet gibi öğelerin negatif kısımlarının en aza indirildiği bir yönetim şeklidir diye ifade edilebilmektedir. Burada üretim hızının daha yüksek seviyeye çıkarılması hedefte gösterilirken üretim akış süresinin ise en dipten çekilmesi amaçlanmaktadır. Bunlara ek olarak maliyet, kalite, teslimat ve sevkiyat gibi performansların da iyileştirilmesine hassasiyet gösterilmektedir [19].

Atıkları azaltmak, kaliteyi artırmak ve bu yollarla firmaya değer katmayı amaçlayan bir kavram ve sistem biçimi olan "Yalın Üretim" ilk kez Toyota fabrikalarında ortaya çıkmıştır. Bu yüzden Toyota Production System (TPS) olarak da bilinir. Toyota firmasının 1950'lerden bu yana uygulamakta olduğu kendine özgü üretim sistemi olan Toyota Üretim Sistemi'nin 1970'li yıllardaki petrol krizi sonrasında bu firmaya çok büyük rekabet avantajı sağladığı fark edildiğinde batılı rakipleri ve bilim adamları tarafından mercek altına alınmıştır. Yalın üretim, özünde değer katmayan faaliyetleri ortadan kaldırarak yalınlaştırmayı ve sürekli iyileştirmeyi hedefleyen bir sistemdir [29].

Bir diğer yönetim biçimi olan Süreç Odaklı Yönetim ise bir işlemin tamamını oluşturan alt süreçleri belirleyerek her bir sürecin performansını izleme ve sistemi daha iyi planlayabilme olarak bilinmektedir. Burada değer katmayan veya kıymetsiz bazı eylemleri yok ederek verimliliği artırmak vardır. Nitekim süreç odaklı yönetime geçildiğinde önceden farklı bölümlerde tekrarlanan bazı süreçler aynı kısımda icra edilerek gereksiz tekrarlamalar ortadan kaldırılmaktadır [25].

Verilere ve Gerçeklere Dayalı Yönetim	Ölçme
Sürece Odaklanma, Yönetim ve İyileştirme	Analiz
Proaktif Yönetim	İyileştirme
Sınırsız İşbirliği	Kontrol
Mükemmele Yöneliş, Başarısızlığa Karşı Hoşgörü	

Tablo 1.2. ‘ye göre Altı Sigmanın temellerini oluşturan bu ilke ve adımlar kendi içerisinde bir bütünlük barındırmaktadır. Temel ilke ve adımlar kendi içerisinde bütünlük barındırmasının yanında bütün öğeler de birbirleriyle ilişki halindedirler.

1.1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemlerinin sınıflandırılması Tablo 1.3. ‘te gösterilmiştir.

Tablo 1.3. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması [33], [12]

ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Üretim Yöntemine Göre Sınıflandırma	Mamul Cinsine Göre Sınıflandırma	Üretim Miktarına Göre Sınıflandırma
Birincil	Takım Tezgâhları Üretimi	Parti üretimi
Analitik	Demir-Çelik Üretimi	Siparişe göre üretim
Sentetik	Elektriksel Araç-Gereç Üretimi	Proje üretimi
Fabrikasyon	Kömür Üretimi	Sürekli üretim
Montaj Üretimi	Kimyasal Maddeler Üretimi	
	Tekstil Mamulleri Üretimi	
	Elektronik Mamuller Üretimi	

Tablo 1.3’e göre Üretim sistemlerinin sınıflandırılması yapıldığında üç tane kıstas dikkat çekmektedir. Bunlardan Üretim Yöntemine göre olanı Analitik, Sentetik ve Birincil Üretim olarak öne çıkmaktadır. İkinci kriterimiz olan Mamul Cinsine göre sınıflandırmada ise sanayi ve endüstride kullanılan malzemelerin hammaddesi ön planda kendini tutmaktadır. Üçüncüsü ve son olan kriter; Üretim Miktarına göre sınıflandırmada da kapasite oranı çok önem taşımaktadır.

1.1.2.1. Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflara Ayırma

Üretim yöntemlerine göre sınıflandırma Tablo 1.3. 'te gösterildiği gibi Birincil, Analitik, Sentetik, Fabrikasyon ve Montaj Üretimi olmak üzere sınıflandırılmaktadır [33], [12].

Bakır, demir, nikel gibi madenler, petrolün üretilmesi ve kömürün çıkarılması gibi tüm bu işlemler birincil üretim safhasını meydana getirir. Analitik üretim ise, doğadan çıkarılan bu tür hammaddelerin işlenerek mamul haline dönüştürülmesi işlemleridir. Petrolden benzin, et endüstrileri ve hızar (ağaç işleme) atölyelerindeki üretimler örnek olarak verilebilmektedir. Sentetik Üretim, birincil üretim sonucu elde edilen ürünlerin birleştirici işlemler sonucunda farklı yeni mamullere dönüştürülmesidir.

Fabrikasyon, bazı şekillendirme yöntemleriyle mevcut olandan daha farklı özellik ve boyutlarda yeni mamullerin elde edilmesi şeklinde söylenebilir. Montaj üretimi ise çeşitli yarı mamul, hammadde ve parçaların belli bir düzen içinde kombine edilmeleri olarak bilinir.

1.1.2.2. Mamul Cinslerine Göre Sınıflandırma

Mamule göre sınıflandırma şekil 1.3. 'te gösterildiği gibi; Takım tezgâhları üretimi, Demir-çelik üretimi, Elektriksel araç-gereç üretimi, Kömür üretimi, Kimyasal maddeler üretimi, Tekstil mamulleri üretimi, Elektronik mamuller üretimidir [12].

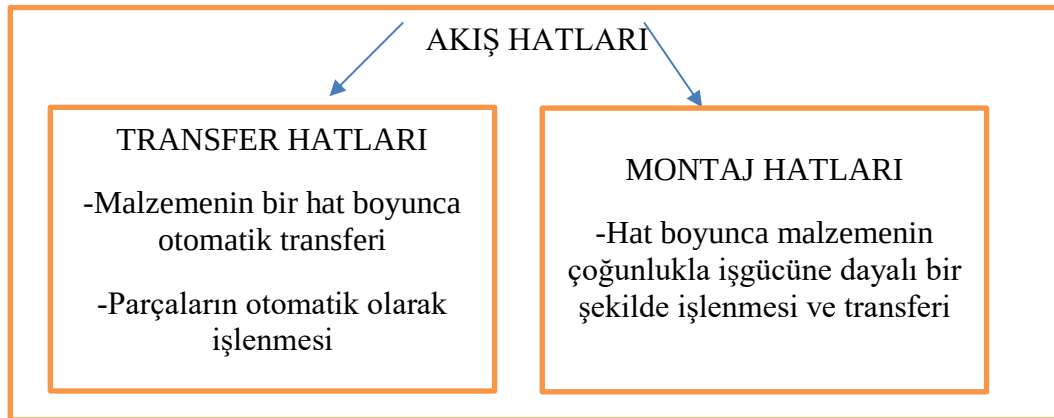
1.1.2.3. Üretim Miktarına veya Akışına Göre Sınıflandırma

Bu türden bir kategorilendirme Tablo 1.3. 'te gösterildiği gibi; Parti üretimi, Siparişe göre üretim, Proje üretimi, Sürekli üretim olarak sınıflandırılabilir [33].

1.1.3. Akış Çizelgesi

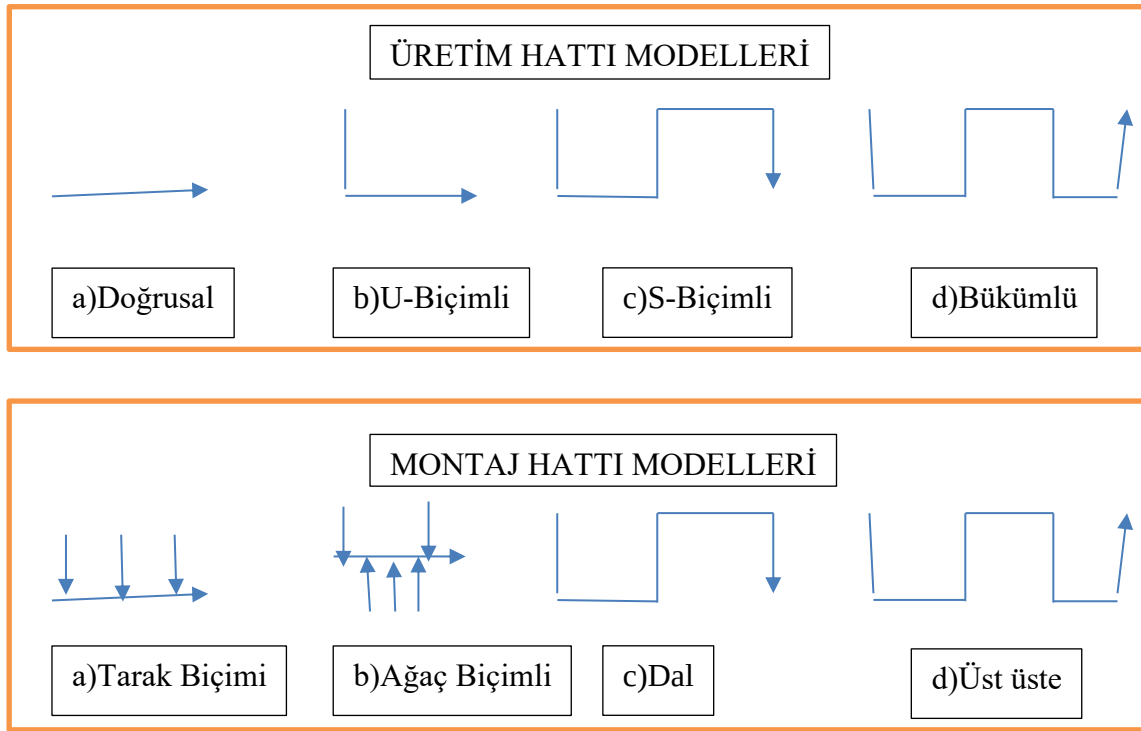
Materyallerin işletmedeki akışı, işyeri düzenlemesini saptayan önemli öğelerden biridir. Materyalin etkin biçimde akışı; materyal aktarma giderlerini, yarı- işlenmişlerin niceliğini, yarı işlenmişlere bağlanan sermayeyi ve sahasını, toplamdaki üretim periyodunun mesafe büyüklüğünü önemli ölçüde saptama mecburiyetini gün yüzüne çıkarır.

J. M. Apple akış sistemini etkileyen faktörlerden bazılarını, dış ulaşım imkânları, ürünlerdeki parçaların sayısı, birimdeki işlemlerin adedi, alt montaj kısmındaki işlemlerin adedi, üretim adedi, gerekli akım, kullanılabilir sahanın kapasitesi ve şekli, periyotların tesiri, akış boyutları, ürün bazlı işyeri şekillendirmesi şeklinde sıralamaktadır [17]. Akış hatlarını Şekil 1.8.'deki gibi iki ana grupta sınıflandırmıştır.



Şekil 1.8. Akış Hatlarının Sınıflandırılması ve Özellikleri [17]

Rick Reed iş akışı maddelerini, özelliklerini göz önüne alarak iki ana grupta toplar. Bunlar, üretim hattı bakımından iş akışı modelleri ve montaj hattı bakımından iş akışı modelleridir. Şekil 1.9.'da R. Reed'e göre iş akışı modelleri gösterilmiştir.



Şekil 1.9. R. Reed'e Göre İş Akışı Modelleri [24]

Üretim hattı modelleri, doğrusal, U- biçimli, S- biçimli ya da bükümlü hatlardan oluşmaktadır. Hangi strateji seçilirse seçilsin, eğer hat üzerinde birden çok ürün üretiliyorsa, bu ürünlerin iş yüklerinin benzer olması zorunludur. Bu benzerlik ne kadar büyük olursa, çok ürünli ve karışık ürünli sistemlerin kurulması da o kadar kolay olacaktır [17].

1.1.3.1. Hat Balansı ve Montaj Hatları

Montaj hatları, otomotiv, elektronik, makine gibi küçük ürün çeşitliliğine ve büyük hacme sahip olan endüstrilerde verimliliği artırmak amacıyla kullanılan seri üretim sistemlerinin en önemli unsurlarından biridir. Montaj hattı yönetiminde en önemli problemlerden biri ardışık iş istasyonlarının görevlerini gruplandırmaktır. Bu problem montaj hattı dengeleme olarak tanımlanmaktadır [34].

İmalat sürecindeki montaj hattı, gerçekleşen işlemlerin belli bir düzen içerisinde otomatik sistemler vasıtasıyla veyahüti insani güç yardımıyla operasyonların gerçekleşmesi olarak ifade edilmektedir (Kalender vd., 2008, ss. 129-138). Montaj hatlarında meydana gelen dengeleme sorunlarıyla ilişkili olarak günümüzde teknolojik gelişmeler ışığında bazı iyileştirmeler yapılmıştır. Örneğin montaj hattında bir banttandır diğerine geçiş sırasında oluşan zaman farkı ve bu zaman farkının yarattığı işlemsel boşluğu giderebilmek adına görevlerin sıralı iş istasyonlarına tayini tipinde bir metot uygulanarak bu kayıp zamanlar minimize edilmiştir [35].

Bir başka iyileştirme yöntemi de; montaj hattında iş istasyonlarındaki üretim için gerekli zamandır. Zaman, tüm iş istasyonlarında birbirine eşitse o zaman montaj hattının dengelenmesi sağlanmış olmaktadır. Dolayısıyla iş akışı sırasında her bir istasyon arasındaki boş zaman ortadan kalkmış olacaktır. Bu iyileştirmenin firmanın ekonomisine katkısı da ayrıca paha biçilmez olacaktır. Montaj hattı dengeleme işleminde altı önemli aşama vardır [11]:

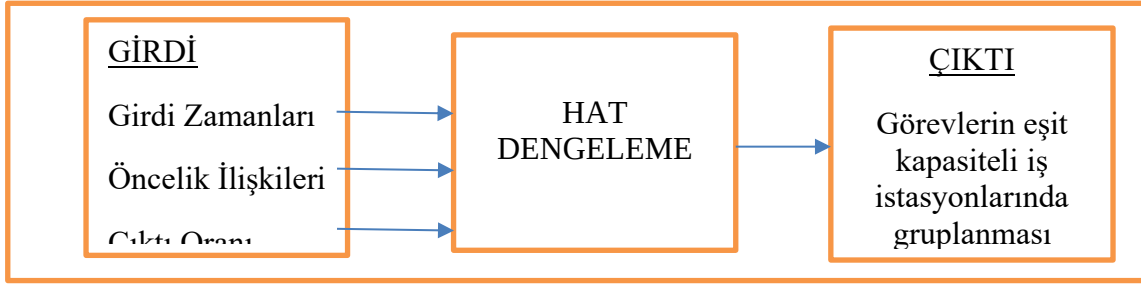
- İş anlamında ve görev seviyesindeki sorumlulukların belirlenmesi
- İş akış şemasının oluşturulması ve öncelikli hedeflerin belirlenmesi
- İş istasyonlarındaki üretim için en iyi sürenin belirlenmesinin sağlanması

- İş istasyonları arasındaki görev tanımlamalarının yapılarak her bir istasyonun görev kapsamının önceden belirlenmesini sağlamak
- Etkin iş hacminin belirlenmesi
- Tasarım aşamasında ileri seviyelere çıkılması için gelişmelerin sağlanması

Montaj hatlarının oluşturulmasındaki en temel amaç; her bir istasyondaki iş yüklerini eşit dağıtarak istasyonlar arasındaki boş zamanı en aza indirip verimliliği ve üretkenliği maksimum düzeye çıkarmaktır. Bunları gerçekleştirebilecek montaj hatlarını meydana getirmedeki hedefler ise şunlar olmalıdır [36]:

- Makinelerin ve malzemelerin en verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayarak fire oranını azaltmak ve sıralı bir akış oluşturmak
- Vasıflı çalışanların üretkenliğini ve verimliliğini üst seviyelere doğru yükseltmek
- Operasyon sürelerini kısaltmak
- Fire oranının düşürülmesiyle birlikte kullanılan malzeme oranını azaltmak
- Operasyonları gerçekleştirecek istasyon sayısını en aza indirmek
- Fire zamanlarını olabildiğince en aza indirmek
- Hat dengeleme için yapılan iyileştirme maliyetlerini düşük seviyelere çekmek

Gökçen ve Erel (1995)'e göre montaj hattı dengeleme sistemi Şekil 1.10'daki gibidir. Bu sisteme göre, girdi zamanlarının, öncelik ilişkilerinin ve çıktı oranının hat dengeleme ile eşit kapasiteli iş istasyonlarında gruplandırılması sağlanmaktadır [37].



Şekil 1.10. Montaj Hattı Dengeleme Sistemi [36]

1.1.3.2. Montaj Hatlarının Dengelenmesine Etki Eden Kısıtlamalar

Montaj hatlarının dengelenmesine etki eden kısıtlamalar, çevrim süresi ve öncelik ilişkileriyle ilgili olan birincil kısıtlar ilk grubu oluşturmaktadır. İkinci grubu ise konum ve sabit donanım kısıtı, iş istasyonu üzerinde biriken yük, operasyonların aynı gerçekleşmesinden dolayı iş öğelerinin aynı istasyona tayin edilmesi ve de tayin edilmemesi istenen iş öğeleri ikincil kısıtları oluşturmaktadır. Söz konusu kısıtlar, aşağıdaki alt başlıklar altında açıklanmıştır.

1.1.3.3. Birincil Kısıtlar

Montaj hattı dengelemesini etkileyen birincil kısıtlar çevrim süresi ve öncelik ilişkileridir. Belirli bir iş istasyonunda üretim prosesinin gerçekleştiği istasyonda kalabileceği maksimum süre veya o istasyondaki işin tamamlanabilmesi için operatörün ya da personelin gereksinim duyduğu optimum süre çevrim süresini oluşturmaktadır [17].

T: Mevcut total zaman

N: Hedeflenen ürün adedi

C: Çevrim süresi

$C = T / N$ 'dir.

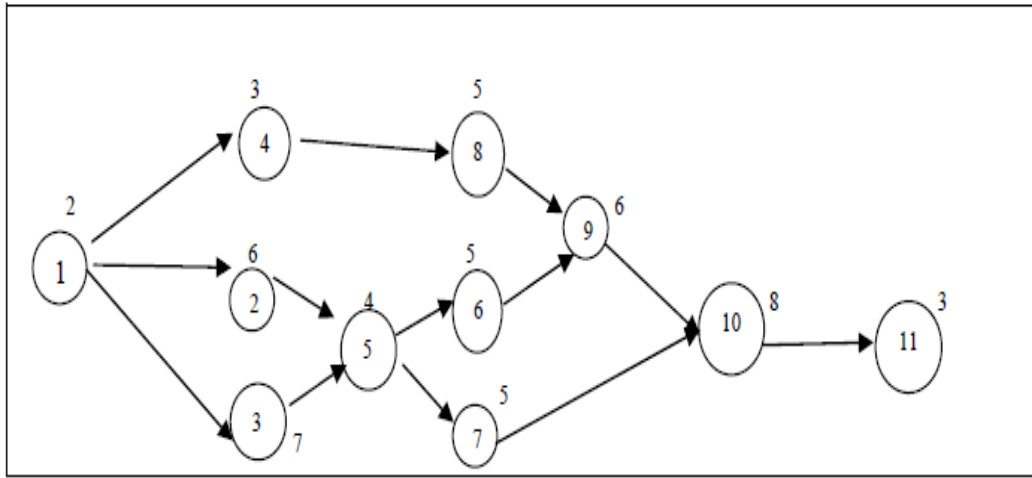
Montaj hattında hangi operasyonların veya işlemlerin önce yapılacağı tanımlanmış olmalıdır. Bu da hem ürünün en az zamanda en doğru bir şekilde üretilmesini hem de zaman kayıplarını önleyerekten öncelik ilişkisi kavramını meydana getirmektedir [36]. Dolayısıyla bazı işlemlerin önce bazı işlemlerin sonra olması, bu öncelik ilişkileri diyagramının oluşturulmuş olmasına bağlı olarak pozitif katkılar sunmaktadır. Ayrıca, bir iş istasyonuna tayin edilen toplam iş yükü üretim süresinin, o istasyonun çevrim süresini geçmemesi gerekmektedir [38].

Şekil 1.11.' de 11 ögeli bir öncelik diyagramında görevler arası ilişkiler ve işlemler arasındaki öncelikler belirlenmiş olan numaralarla birlikte gösterilmiştir.

1.1.3.4. İkincil Kısıtlar

Tanyaş ve Başkak (2003)'a göre montaj hattını dengelemeyi etkileyen ikincil kısıtlar;

- Bulunduğu yer itibariyle oluşacak kısıt
- Sabit olarak kullanılan donanımsal kısıt



Şekil 1.11. On bir Ögeli Bir Öncelik Diyagramı [17]

- İş istasyonu üzerinde biriken yük
- Aynı iş istasyonunda bulunan iş emirleri
- Aynı istasyonda olmayacak iş emirleri

olarak beş gruba ayrılır [39].

1.1.4. Montaj Hatlarında Darboğaz Araştırması

Goldratt'ın Kısıtlar Teorisi ve darboğaz kavramı üretim ortamlarında planlama ve iş programlama yaklaşımlarına önemli bir bakış açısı kazandırmıştır. Darboğaz kelimesinin İngilizce karşılığı olan “Bottleneck” kelimesi bir şişenin dar olan ağız kısmını ifade eder. Nasıl ki şişeden su akarken sadece bu dar kısmının genişliği oranında akacaktır, yani suyun akış hızını bu ağız kısmının genişliği belirleyecektir. Bir benzetme yapılırsa, herhangi bir sistemin akış hızı da o sistemdeki darboğazın kapasitesi kadar olacaktır [25].

Yukarıda bottleneck benzetmesindeki gibi şişenin dar boğazının genişliği kadar sıvı akacak olduğundan yola çıkılarak sistemin kısıtı doğrultusunda sistemin çıktısı da o hacimde olacaktır. Sistemin kısıtı o sistemin üretim hacmini oranlar. Yani darboğaz kaynaktan oluşan bir zaman kaybı, akışı negatif bir etki yaparak düşürecektir. Üretim sisteminin etkili bir şekilde yönetilmesi için darboğaz kaynaklara odaklanılmalıdır [40].

1.1.5. Montajdaki Üretim Hattının Dengelenme Metotları

Dengeleme konusu, üretim hacminin artması ve boşa geçen zamanın azaltılması noktasında çok önemlidir. Birden fazla operasyonun gerçekleşeceği istasyonlar arasındaki zaman farkı küçük dahi olsa kayıplar çok yüksek boyutlara ulaşacaktır. Örneğin çevrim süresi az olan bir istasyonda, işler seri bir şekilde ilerlediğinde sıradaki işlere düzenli bir şekilde geçilirken çevrim süresi uzun olan iş istasyonlarında yığılmalar ve iş beklemleri çok daha fazla olacaktır. Bunun önüne geçmek için iş istasyonları arasındaki zaman kayıplarının en aza indirilmesi gerekmektedir. Böylece bekleme süreleri azalacak ve yığılmalar olmayacaktır. İşin teslimat süresi de uzamayacak ve rekabet avantajı artarak müşteri devamlılığı kazanılmış olacaktır [41].

Montaj hatlarının dengelenmesinde kullanılan üç tür yöntem vardır. Bunlar; sezgisel ve analitik yöntem ile simülasyon (benzetim) tekniğidir. Bu dengeleme yöntemlerinde kullanılan ortak prosedür, işin gerçekleşmesi için gereken görevleri küçük görevlere veya iş parçalarına ayırmaktır [42].

1.1.5.1. Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler

Sezgisel yöntemler Anglo-Amerikan literatüründe “Heuristic Methods” olarak geçer. “Heuristic” ya da “ArsInveniendi” olarak bilinen “Heuristic” sözcüğü, keşfe yarayan anlamında bir sıfattır. Heuristic’in amacı bulgu, buluş, yöntem ve kurallarının incelenmesi biçiminde yer almıştır [16].

Bu tarz metotlar, çok özel bir yolun takip edilmesi ve belli kabul veya kabullerin oluşması vasıtasıyla, ele alınan probleme yaklaşık çözüm verirler [17].

Sezgisel yöntemler, montaj hattının dengelenmesinde en iyi çözümü sağlamayı garanti etmeyebilir. Ancak karmaşık yapıya sahip olan dengeleme problemi için sezgisel yöntemler tatmin edici çözümü sağlayabilir [11].

Sezgisel yöntemlerin kullanılmasının sebepleri arasında dengeleme problemlerinin bilhassa montaj hattında meydana gelen bu türden sorunların çözümünün kompleks oluşu, çözüm zamanı sorununun şiddeti ile üstel olarak artması olarak ifade edilebilmektedir [43].

1.1.5.2. Analitik Yöntemler

Matematiksel programlama yöntemleri olarak da anılan bu yöntemler montaj hattı dengelemede güzel neticeler doğurmaktadırlar. Bahsedilen metotlardan en fazla sivrilen örnek 1960’daki E. H. Bowman adlı kişinin illettirdiği doğrusal programlamayla çözüm yolunu oluşturması olarak ifade edilebilir. Kısıt ve amaç denklemlerinin de barındırıldığı bu metotlarda bilhassa işlem adedinin çoğaldığı vakalarda, sonuca ulaşma güçleşmektedir [17].

Matematiksel modeller ele alındığında kurumların bu metodu kullanarak çözüm yoluna ulaşması bilhassa ikinci dünya savaşından sonra çok etkili konumlara ulaşmıştır. Bu tarihten sonra genel geçer nitelikte olan ve pratikte uygulanabilirliği olan matematiksel modeller geliştirmişlerse de sonradan anlaşılmıştır ki temelde birkaç ana modelin var olduğu ve diğer modellerin ise bunların etrafında geliştikleri ve kombinasyonlarından meydana geldikleri söylenebilmektedir. Matematiksel modelleme sayesinde somut olarak birçok sorunun net ve hızlı bir şekilde çözüme kavuşturulduğu da ayrıca ifade edilebilmektedir [44].

Bir matematiksel programlama modelini oluştururken aşağıdaki işlemler yapılmaktadır: Karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıların tanımlanması ve işaret kısıtlamasının yapılması şeklinde sıralanabilmektedir [45].

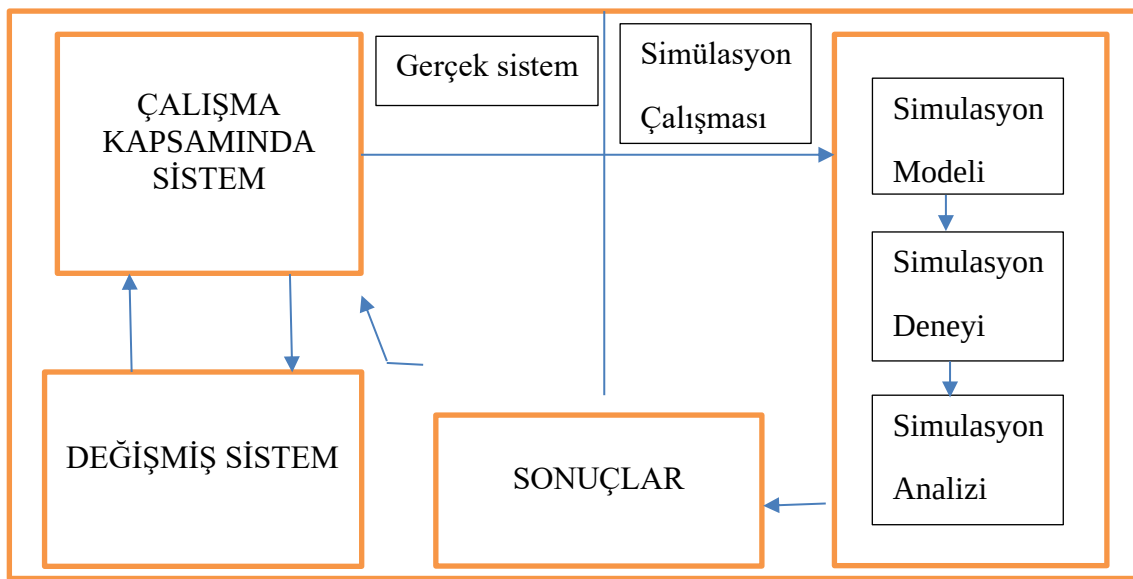
1.1.5.3. Simülasyon Yöntemi

Bazı problemler, matematik işlemleriyle çözülemeyecek kadar karmaşıktır. Pratik bir matematik çözümü imkânsız kılacak tesadüfi unsurlar veya risk unsurları içerebilirler. Bu gibi

durumlarda, analistler bazen gerçek hayattaki problemin bir modelini kurarlar ve probleme mantıklı bir çözüm sağlamak için bir deneme yanılma yaklaşımı izlerler. Bu noktada simülasyon ifade edilecek olursa, güncel hayatta test edilip sonuçların alınabilmesi mümkün olmayan ya da çok zor olan sistemleri veya fonksiyonları modelleyerek o sistemin davranışlarını ve reaksiyonunu analiz etmek için üzerinde çalışılıp deneyler yapabilmek imkânlarını tedarik etme olarak söylenebilir [18].

Analitik çözümlerin kısıtlı olması, karmaşık problemlerin çözümü için simülasyonun gelişimindeki önemli faktörlerden biridir. Simülasyonun gelişimindeki bir diğer neden ise, karmaşık işletim sistemlerinin dinamiklerini detaylı olarak inceleyebilmesidir [46].

Sarıaslan (1997) simülasyonu güncel hayatta test edilip sonuçların alınabilmesi mümkün olmayan ya da çok zor olan sistemleri veya fonksiyonları modelleyerek o sistemin davranışlarını ve reaksiyonunu analiz etmek için deneysel ve uygulamalı bir metodoloji şeklinde ifade etmiştir [47]. Şekil 1.12.'de simülasyon çalışma şeması yer almaktadır.



Şekil 1.12. Örnek Simülasyon Çalışması [48]

1.2. Süreç İyileştirme Kavramı

Firmaların değişen koşullar altında mevcut durumlarını koruyabilmeleri, rekabet ortamı vesilesiyle ağırlaşan koşullar altında ezilmeden mevcut varlığını sürekli olarak koruyabilmesi için yönetim sistemlerinin işleyişi ve iş faaliyetlerinin oluşturulması manasındaki farklılaşma ve ilerleme çalışmalarının sürekli olarak yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla süreç yönetiminin ve süreç iyileştirmenin önemiyetinin çok büyük önem arz ettiği söylenebilmektedir.

1.2.1. Süreç Kavramı ve Önemi

TDK'nin tanımlamasına göre, zamanla tekrar eden belli bir sırası veya düzeni olan olgu veya eylemler zinciri olarak süreç terimini ifade etmiştir.

Başka bir tanımlamaya göre çok özel bir dizi girdiyi müşteriler için yararlı çıktıya çeviren, tanımlamasını yapabilen, maksimum ve minimum sınırlılıklarını çizebilen, tekrarlama kaydedebilen, yöneticisi olmazsa olmazlarından olan ve kendi aralarında belirli bağlantı ve ilişkileri olan eylemler dizini şeklinde "Süreç Kavramı" ifade edilebilmektedir [49].

Diğer bir ifadeyle önceden belirlenen hedeflere ulaşmada belli aşamalar doğrultusunda birtakım girdilerin yararlı çıktılara dönüşmesi süreç olarak tanımlanmaktadır [50].

Bayraktar (2007) ise süreç kavramını; belli girdileri, son tüketici tarafından talep edilen mal ve hizmetlere dönüştüren, birbiriyle entegre olmuş bir dizi faaliyet olarak tanımlamaktadır [51].

1.2.1.1. Süreç Kavramının Öğeleri

Sürecin ana öğeleri ifade edilmek gerekirse aşağıdaki gibidir:

- Girdiler; süreci başlatan, faaliyete sokan ve dışarıdan katılan kaynaklar şeklinde ifade edilebilmektedir,
- Ürünlerin tedarik edildiği firmalar, yani tedarikçiler olarak da tanımlanabilen satıcılar,
- Katma değer katılan faydalı olarak elde edilen çıktılar,
- Süreç sonucunda faydalı olarak elde edilen yararlı çıktıları kullanan, koordinasyon içinden veya dışarısından olabilecek müşteriler,
- Süreç verimlilik ve performans kriterleri ki bunlarda bize müşterilerin taleplerini ne ölçüde ve ne kıvamda karşılayabildiklerinin seviyesini veren kriterlerdir,
- Müşteriyi mutlu edecek, taleplerinin neler olduğunun tanımlanmasını ve öğrenilmesini sağlayacak müşteri gereksinimleri,
- Girdilerin birtakım işlemler neticesinde yararlı çıktılara dönüştüğü süreç faaliyetleri, şeklinde sıralanabilmektedir [52].

1.2.1.2. Süreçlerin Kategorilere Ayrılması

Süreçleri sınıflandırmak, şirketlerin süreçleri ve süreçleri yönlendiren bilgiyi etkin biçimde yönetmesini kolaylaştırmaktadır. İşletmelerde süreçlerin sınıflandırmasına ilişkin farklı görüşler ortaya konmuştur [53].

Süreci iş süreci ve üretim süreci olarak tanımlayan Harrington, bu sınıflandırdığı iki kategori hakkında kayda değer tanımlamalarda bulunmuştur. Üretim sürecini, alınan kaynağın içerdeki iş istasyonlarında fiziksel işlem neticesinde yararlı çıktılara ulaşp, sevkiyat dâhil olmak üzere müşteriye ulaşana kadarki olan sürecin hepsini kapsamaktadır. İş süreci ise firmanın kaynakları aracılığıyla firmanın hedeflerine erişebilme maksadıyla çıktığı yolda gerçekleştirilen aksiyonların tümüne verilen adlandırma olarak tanımlanmıştır [54].

Başka bir tanımlamaya göre süreç kavramı ifade edilecek olursa [55];

- Temel süreçler; işletmenin kendisini tanımlamakta, kendi başarısını ön planda tutarak rakipleri arasında sıvırmayı amaçladığı varsayılmaktadır.

- Birincil süreçler; rekabet edilen ortam ve firmalar arasındaki konumunu ve temel süreçlerin yürütülmesi konusunda hedeflerinin nerede olduğunu vermektedir.

- Destek süreçleri; adından da anlaşılacağı üzere temel süreçlerde hedeflerin maksadına ulaşmasında desteklik yapmaktadır.

- Zorunlu süreçler; yasal düzenlemeleri barındırdığı için firmalar tarafından icra edilmektedir, şeklinde ifade edilebilmektedir.

1.2.1.3. Süreç Hiyerarşisi

Süreçler adım adım teşkilatlandırılarak kapsamı büyük olandan küçüğe doğru yapılandırma sağlanır. Burada esas temel olan kriter süreçlerin kapsamı olmaktadır. Süreç hiyerarşisinde de kademeler şöyle aktarılmaktadır [56]:

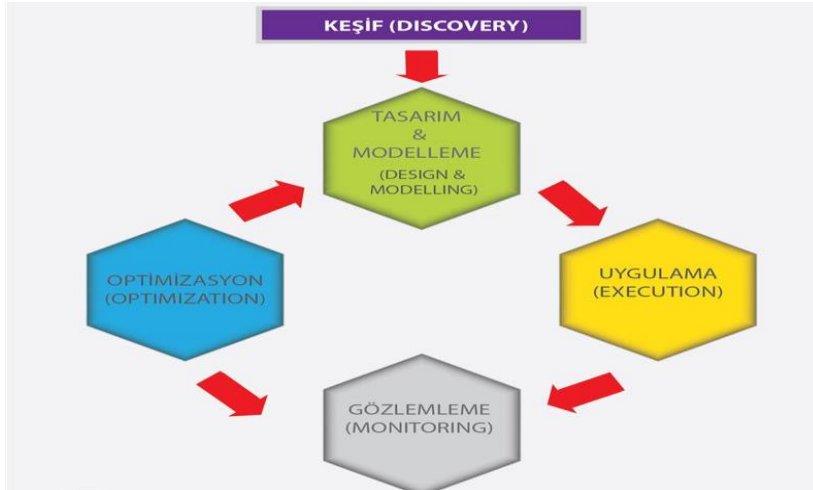
- Ana süreçler; stratejik olarak yüksek öneme sahip olup, işin neticeleri ve performans-verimliliği üzerinde oldukça etkili katkıları bulunmaktadır,
- Süreçler; ana süreçleri meydana getirir ve karşılıklı olarak sürekli etkileşimdedir,
- Alt süreçler; süreçleri meydana getiren ikiden çok fonksiyonla ilişkili eylemlerdir,
- Süreç aktiviteleri; birkaç kişinin yaptığı ve alt süreçleri meydana getiren eylemlerdir.

1.2.2. Süreç Yönetimi

Süreç yönetimi kavramı aslında çok geniş bir kavram olup birçok ögeden meydana gelmektedir. Bu öğelerin başında firmanın tüm süreçlerinin tanımlanması, belgelenmesinin yapılması, işlerin kimin üzerine atanacağı konusunda sorumlu yöneticilerin belirlenmesi, tedarikçi ve müşterilerin gereksinimleri ve taleplerinin tanımlanmasının yapılması, sürekli performans verilerinin takip edilerek ve iyileştirmelerinin yapılaraktan performansın arttırmasına yönelik olan çalışmaların tümü süreç yönetimi kavramını oluşturmaktadır [53].

Süreç yönetimi ile tasarlanmış sürecin uygulanması sağlanır. Uygulanan sürecin neticeleriyle ilişkili performans bilgileri düzenli olarak takip edilir ve bu performans değerinin çok daha iyi olması için yeni yeni dizaynlar yapılır.

Süreç yönetiminde sürekli olarak ve düzenli zaman aralıklarında performans verileri izlenir, denetlenir ve düzeltici birtakım faaliyetlerde veyahut tasarımlarda bulunulur. Böylece performansın sürekli kontrolü ve geliştirilme garantisi sağlanmış olmaktadır [57].



Şekil 1.13. Süreç Yönetimi Aşamaları [99]

Süreç yönetimi, tanımlama, belgeleme, ölçme, yönetme ve iyileştirme olmak üzere beş aşamadan oluşmaktadır. Süreç yönetiminin bu beş aşaması Şekil 1.13.'te gösterilmektedir. Tanımlama aşamasında, süreçler tanımlanmakta, belgeleme aşamasında süreçler belgelenmekte, ölçme aşamasında süreçler ölçülmekte, yönetme aşamasında süreçler yönetilmekte ve iyileştirme aşamasında ise süreçler iyileştirilmektedir.

1.2.3. Süreç İyileştirme Organizasyonu

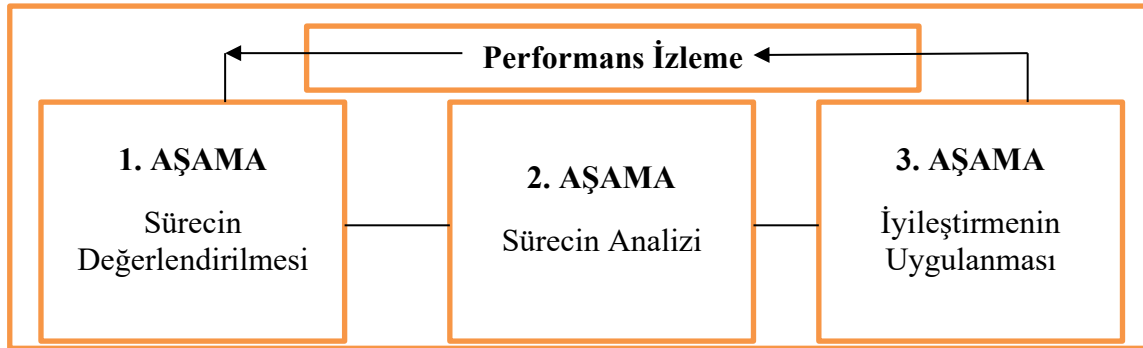
Günümüzde sürekli değişen ve gelişen teknoloji neticesiyle müşteri talepleri de önüne geçilmez bir şekilde hızla değişme göstermektedir. Dolayısıyla müşteri talepleri ve gereksinimleri de aynı hızda değişime uğramaktadır. Buradan yola çıkarak bu değişimlere ayak uydurmak ve bunları karşılamak üzere olan süreç yönetimi ele alındığında bazı problemlerle karşı karşıya kalınacaktır. Bu problemlerin çözülüp bu süreç yönetiminin iyileştirilmesi gerekmektedir. Yani süreç yönetimini süreç iyileştirme ile birlikte düşünmek; sürecin performansını, verimini ve memnuniyetini arttırması açısından gerekli olduğunu vurgulamakta fayda vardır.

Başka bir ifadeyle süreç iyileştirme açıklanacak olursa; firmaların müşteri gereksinimlerini tam manasıyla karşılamak, kaliteyi olabildiğince azaltmak lakin maliyeti de düşünerekten ters orantılı olarak maliyette etki yapmasını sağlamak üzere yapılan faaliyetlerin tümünü kapsamaktadır [58].

Performansın yükseltilmesi amaçlanarak verimi arttırmak süreç iyileştirmesinin temel bazdaki amaçlarından biridir. Sürecin performansı, süreç kaynaklarının verimli şekilde kullanılması ve bunun izlenmesi olarak tanımlanabilir. Yapılan iyileştirmelerden sonra, süreç performansı arttıkça, yeniden işleme azalacağından, dolayısıyla istasyonda geçen toplam üretim süresi düşecektir. Bu hem maliyete hem de üretim hacmine doğrudan katkıda bulunacaktır [59].

Süreç iyileştirmede süreci etkileyen periyotta kullanılan malzemeler, yöntemler, tezgâhlar, ortam koşulları, yönetsel uygulamalar, çalışanlar ve çıktı gibi faktörler;

- Üretim için istasyonda geçen süre,
- Son kullanıcı olan müşterinin memnuniyet derecesi,
- Üretimin toplam maliyeti,



Şekil 1.14. Süreç İyileştirme Basamakları [100]

- Talepleri karşılamadaki başarı hızı,
- Üretim boyunca oluşan fire miktarı,
- Tekrarlı iş emirlerinin adedi,
- Doküman hata,
- Sevkiyat yönünden geç kalınma ve ertelemeler,
- Ekstra kıymet katan zamanların toplamı,
- Karar mercilerinin adedi vb. öğeler göz önünde bulundurularak gözlemlenir ve analize tabi tutulur [56].

1.2.3.1. Süreç İyileştirme Basamakları

Süreç iyileştirme veya sürecin rehabilite edilmesi ile ilgili konusunda literatürdeki çalışmalar, farklı tanımlamalarda bulunsalar da temelde; süreç değerlendirme, sürecin analizi ve sürecin geliştirilmesi gibi üç kriter etrafında şekillenmektedir [60]:

Şekil 1.14’te görüldüğü gibi rehabilite etme çalışmaları sürecin değerlendirilmesi, analizi ve geliştirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Süreç değerlendirme; öncelikli süreçlerin ve hedeflerin belirlenmesinden, süreç analizi; analiz ve dizayn alt birimlerinden, süreç geliştirme ise de; pilot uygulama ve uygulamanın entegre edilmesi alt birimlerinden meydana geldiği söylenebilmektedir.

1.2.3.2. Süreç İyileştirmenin Faydaları

Normalde bir sürecin rehabilite edilmesi için nasıl ve ne şekilde icra edildiğiyle ilgilenmektedir. Süreç iyileştirmenin faydaları aşağıdaki maddelerde olduğu gibi ifade edilebilmektedir [61].

- Hedeflenen amaçlara erişmedeki iş süreçlerinde ölçülebilir hedefler meydana getirir,
- Hız ve verimliliğin artışı yönünde pozitif katkılarda bulunur,
- Pratikte eyleme dönüştürülebilen iş akış kuralları oluşturur,
- Maliyetlerde azalım eğilimi gösterir,
- Ekip çalışmasını pozitif yönde etkiler,
- İş akışlarını denetleyerek dar boğazlardaki kısıtlamaları kontrol altına alır.

1.2.3.3. Süreç İyileştirme Metotları

İşletmelerin, birbirinden farklı süreçleri kullanmaları, süreç iyileştirmede farklı yol haritalarının uygulanmasını gerektirir. Buradaki en temel hedef süreçte meydana gelebilecek potansiyel problemlerin ortaya çıkmadan önce belirlenmesine ve de çözülmesine katkıda bulunan yöntemlerdir. Süreç iyileştirme yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [1]:

- Problemler üzerinde farklı beyinlerin düşünerek ve yorumlayarak faydalı katkılarda bulunabileceği; Beyin Fırtınası'dır.
- Ekibi oluşturan kişiler arasındaki fikirleri tek bir çatı altında toplayarak görüş birliği sağlamada kullanılan puanlama tekniği olarak da adlandırılan "Nominal Grup Tekniğidir". (Problemler üzerinde çalışırken güçlü olanın veya sesi en çok çıkanın genel çerçevede dediği olur. Bunun önüne geçmek ve herkesin eşit haklara sahip olmasını garantilemek maksadıyla Nominal Grup Tekniği uygulanmaktadır.)
- Biçim bakımından balık kılıcına benzeyen ve kalite çalışmalarında yoğunlukla kendisinden faydalanan yöntem ise "Neden - Sonuç Diyagramıdır". Ek olarak, Balık Kılıcı veya Ishikawa diyagramı olarak da adlandırılabilir.
- Bilgilerin bir araya getirilmesinde ve de proseslerin akışında detaylı bilgi sunacak olan "Çetele Diyagramıdır".
- Eldeki mevcut olan bilgilerin ilk başta tablolara daha sonrasında ise bu tablolardan faydalanarak grafik sistemine dönüştürülmesi işleminde "histogram" adı verilen metottan yararlanılmaktadır.
- Diğer bir ismi de çubuk diyagramı olan ve de mevcut bulunan bir problemi gereksiz faktörlerden ayıran yöntem de "Pareto Analizi" olmaktadır.
- Bir işletmede ya da kurumda kalite ile alakalı sorunlar açığa çıktığında bunların sebeplerini gösteren diyagramlar "Neden Diyagramı" olarak isimlendirilmektedir. Bu sebeplerin birbirlerini etkileme ve tetiklemelerinin seviyelerini detaylı bir şekilde görülmesini sağlayan diyagram ise "Dağılım (Serpilme) Diyagramı" olarak isimlendirilmektedir.
- Çizelge sembolleri kullanılarak programın içinden geçecek tüm hatların belirlenmesinde Kontrol Akış Çizelgesi(CFG) yönteminden yararlanılmakta ve her boğum bir temel bloğu ifade etmektedir.
- Standart hale getirilmiş olan şekillerin geometrik olarak ifade edilmesiyle birlikte oluşturulan "Akış Şeması Algoritmaları"dır.

- Çok özel bir amaca hizmet eden ve bunun içinde yapılması planlanan faaliyetlerin bir haritasını oluşturmada kullanılan yöntem; “Ağaç Diyagramı”dır.
- Noksansız üretim yapmayı hedefleyen, insan hatasını en aza indirgeyerek hata yapılmasını önleme amacıyla olana bunlar içinde gerekli vasıta ve politikaların üretilmesini sağlayan yöntem “Poka-Yoke” yöntemidir.
- Oluşturulan projelerin başarılı bir şekilde uygulanması ve de geliştirilmesinde kilit rol oynayan “Aktivite Ağ Diyagramları” ; kullanılabilirliği ve performansı en yüksek planları günlük bazda meydana getirerekten önemli bir yönetsel ve planlamacı bir vasıta konumuna gelmektedir. Bir diğer isim olarak “Ok Diyagramı” şeklinde de adlandırılmaktadır.
- Piyasada aynı işle uğraşan rekabetçi firmalarla verim, teknik ve performans üzerine kıyaslamalarda bulunarak eksik yönlerin tespit edilmesi ve bu tespit edilen hususların kendi firmasında uygulanabilirliğinin sağlanması noktasında kullanılan yöntem “Benchmarking Yöntemi”dir. Bir diğer ismi “Referans Noktası” olarak da anılmaktadır.
- Kurumda çalışanların, çalıştıkları işyeri ile alakalı olarak artı ve eksik yönlerini güçlü ve zayıf yönlerini bilmesi bunları şeffaf bir şekilde gün yüzüne çıkarması ve gelecekte oluşabilecek imkânların veyahut tehditlerin analiz edilmesinde “Kuvvet veya Güç Alanı Analizi” kullanılmaktadır.

1.2.4. Süreç İyileştirme Konusuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

Süreç iyileştirme ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, farklı alanlarda süreç iyileştirme konusunun pratikte uygulandığını görmek mümkündür.

Değişik alanlarda yapılan süreç iyileştirme çalışmalarından örnekler verilecek olunursa;

- Kasımlıoğlu (2001), Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığını inceleyerek Türk piyade taburu beslenme sistemine süreç iyileştirme uygulaması gerçekleştirmiştir [62].
- Yamaç (2006) ise savunma sanayinde faaliyet gösteren özel bir şirket için iyileştirme önerileri sunmuş ve iyileştirme önerilerinin performansını değerlendirebilmek için simülasyon metodu kullanarak bir yazılım aracı geliştirmiştir [63].
- Chan ve Spedding (2003), iş süreçlerinin yeniden yapılandırılması ve süreç iyileştirmenin sağlanması için Toplam Kalite Yönetimiyle kalite ve maliyet boyutunu incelemişlerdir [64].
- Türker (2001), bankacılık sektöründe İstatistiksel Kalite Kontrol (İKK) tekniklerinin etkili biçimde kullanılabileceğini gösterme amacına yönelik bir süreç iyileştirme çalışması yapmıştır [65].
- Aydın (2007) ise süreç iyileştirme faaliyetlerinde bilgi yönetimi uygulamalarından faydalananak, bankacılık sektöründe uygulamıştır [60].
- Schiefer (2002), tedarik zinciri yönetiminde süreç iyileştirme ve süreç verimliliği için çevre konusuna dikkatleri çekerek sanayide çevre yönetim kavramlarının uygulamasına ilişkin vaka çalışmalarının önemine değinmiştir [66].
- Balcı (2005), Altı Sigma tekniğini kullanarak, ürün kalitesine etki eden olumsuz faktörlerin tespit edilmesi ve incelenen süreçlerin sigma seviyesinin yükseltilmesi, Çırkan (2009) ve Öztürk (2010), Altı Sigma yaklaşımının otomotiv sektöründe sağlayabileceği iyileştirmeler konularında çalışmalar yapmışlardır [67], [68], [69].

- Engin (2006) ise Altı Sigmanın imalat endüstrilerinde elde ettiği başarıların hizmet endüstrilerinde de yaygınlaşması için bir yol haritası çizerek hizmet endüstrisinde süreç iyileştirme uygulaması gerçekleştirmiştir [70].
- Selimoğlu (2005), süreçlerin yönetimi ve iyileştirmesinde bilgi yönetiminin etkili bir araç olabileceğini varsayarak, konu ile ilgili durum tespitine yönelik tanımlayıcı nitelikte bir araştırmaya yer vermiştir [53].
- Eroğlu (2006) ise süreç yönetimi ve süreç iyileştirme kavramlarını teorik ve pratik olarak ele alarak bir çorap fabrikasında uygulamasını gerçekleştirmiştir [58].
- Elalmış (2007) bir yazılım geliştirme şirketinde yazılım geliştirme işleyişini inceleyerek, gereksinim nitelikleri ve süreç performansları ile ilgili mevcut problemleri belirlemiş ve süreç iyileştirme metodları önermiştir [71].
- Konuralp (2007), bir firmanın yazılım mühendisliği direktörlüğünde statik yazılım süreci metriklerini hesaplayarak ve Sezer (2007), tasarım doğrulama sürecini analiz ederek bazı iyileştirme önerilerinde bulunmuşlardır [72].
- Narlı (2009) ise sağlık sektöründe hasta memnuniyetini olumsuz etkileyen faktörlerin süreçsel olarak iyileştirilmesi üzerine uygulamalı bir saha çalışması yapmıştır [59].
- Freire ve Alarcon (2002), inşaat projelerinin tasarım süreçleri için bir iyileştirme metodolojisi önermiştir. Çalışmada, çevrim süreleri ve bekleme süreleri ile ilgili iyileştirmeler ile verimliliğin sağlanması hedeflenmiştir [73].
- Erdoğan (2009) ve Kılınç (2010), bir süreç iyileştirme yaklaşımı olan Bütünleşik Yeterlilik Olgunluk Modeli (CMMI) konusunda çalışmalar yapmışlardır [74], [75].
- Rohleder ve Silver (1997), iş süreci iyileştirmenin stratejik önemini vurgulayarak ve kişisel deneyimlerinden yola çıkarak, süreç iyileştirme ile ilgili yol gösterici bir literatür araştırması yapmışlardır [76].
- Kayışkan (2016), tarafından gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede süreç yönetimi uygulaması ve süreç iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmada süreçlerin belirlenmesi, süreç ile ilgili verilerin ölçülmesi, süreç yönetiminin uygulanması, yapılan uygulamaların izlenmesi ve süreç iyileştirme teknikleri ile süreç içindeki faaliyetlerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır [77].
- Er (2016) tarafından, BSH şirketinde süreç geliştirme projesinin detayları hakkında çalışma yapılmıştır [78].
- Karaman (2017), bir finans şirketinde kurumsal süreç iyileştirme uygulaması yapmıştır [79].
- Etleç (2017), tarafından yalın üretim tekniklerine bağlı süreç iyileştirmelerin bir kozmetik firmasında uygulama çalışması yapılmıştır [80].
- Berber (2017), tarafından dondurma imalatı yapan bir işletmede iyileştirme uygulaması gerçekleştirilmiştir. İşletmenin iş süreçlerinin bütün aşamaları incelenerek mevcut durum analizi yapılmıştır. Analiz sonrasında sorunlar tespit edilerek uygun yöntemlerin seçilmesiyle sorunların çözümü için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulama sonucunda temel sorunlar tespit edilerek işçilik hataları, temizlik ve hijyen, fabrika düzeniyle ilgili çözümler üretilmiştir. Üretilen çözümlerin bir kısmı hayata geçirilerek kısa sürede önemli iyileştirmeler sağlarken, bir kısım öneriler ise işletmenin orta vadeli hedefleri içerisine alınarak değerlendirilmiştir [81].

- Sönmez (2017), Bu çalışmada Jishuken tekniği üzerinde durulmuştur. Tekniğin daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan bu çalışmada öncelikle Japon iş yönetim şekli, yalın üretim mantığı ve sürekli iyileştirme felsefeleri anlatılmıştır. Daha sonra Jishuken tekniğine ait kavram ve özelliklerden, sürece ait eğitim ve uygulama adımlarından bahsedilmesinin yanında metodun uygulama şeklini göstermek için, seçilmiş örnekler üzerinde durulmuştur. Bu çalışma neticesinde varılan kanaat: işletmelerde istenmeyen maliyetlerin azaltılması, nitelikli yöneticilerin yetiştirilmesi, kurum içi iletişimin güçlendirilmesi, yöneticilerin sürekli gelişim prensibini benimsemeleri, süreci sahiplenmeleri, işletmelerde yalın dönüşüme direncin azaltılması ve işletmede bir çalışma felsefe oluşturulması için, tavsiye edilen bir çalışma şekli olduğudur [82].
- Özbilgin (2017), tarafından bir sirkülatör pompasının hidrolik tasarımı yapılmıştır ve değişik parametrelerin farklı değerlerinde sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, spiral gövdenin akışa dik kesit alanının ve çark dönme hızının pompa performansını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Spiral gövdenin akışa dik kesit alanının artışıyla, pompa performans eğrisindeki maksimum değer, tasarım debisinden daha yüksek debi değerlerinde gerçekleşmiştir. Akışa dik kesit alanının azalmasıyla, maksimum verim değeri tasarım debisinden daha küçük debi değerlerinde gerçekleştiği görülmüştür [83].
- Karaca (2017), tarafından Muğla ilinde, toprak ve su kaynaklı ısı pompalarına göre kullanım kolaylığı bulunan hava kaynaklı ısı pompası incelenmiştir. Dinamik simülasyon programı olan POLYSUN kullanılmış ve 30 model sistem oluşturulmuştur. Sonuçta, güneş kollektörü alanı arttıkça mevsimsel performans faktörünün arttığı ancak ısıtma tesir katsayısının azaldığı görülmüştür [84].
- Şenol (2017), tarafından demir çelik sektöründe faaliyette bulunan bir işletmeye ait su tesisi ünitesinde kullanılan pompalarda ve pompaj sistemlerindeki enerji tasarrufu potansiyeli incelenmiştir. Bunun neticesinde enerji sarfiyatı kış koşullarında ortalama 240 kWh'ten 109 kWh'e, yaz şartlarında ise yaklaşık 347 kWh'ten 125 kWh'e azaltılarak toplamda takriben 2.241.000 kWh/yıl'dan 920.000 kWh/yıl değerine getirilmiştir [85].
- Alpaslan (2018), tarafından bir otomotiv yetkili servisinde müşteri memnuniyeti odaklı süreç iyileştirme çalışması yapılmıştır [86].

İlaveten, yapılan çalışmalar Ek 1'de gösterilmiştir.

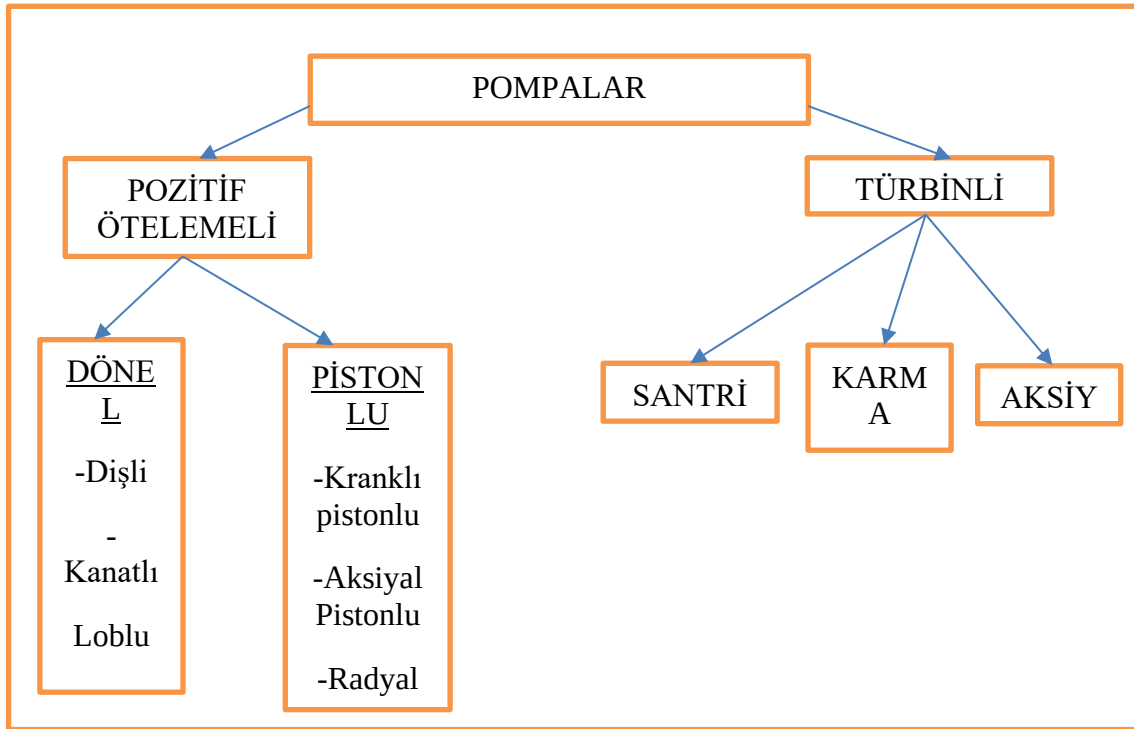
1.3 POMPALAR HAKKINDA TEMEL BİLGİLER

Bu çalışma, pompa imalatında süreç iyileştirme çalışması ve performans geliştirmesi üzerine yapılması nedeniyle pompa imalatının teknik bilgileri hakkında bilgi verilmesi de yararlı olacaktır.

Sıvılara hidrolik enerji kazandırarak taşınmasını sağlayan makinelere pompa denilir. Su yağ gibi bir akışkanı istenilen basınç ve debide sisteme gönderirler. Bir tür turbo makinedir. Hidrolik pompa dönme hareketini genel olarak sabit sistemlerde elektrik motorunun; taşınabilen sistemlerde içten yanmalı motorun tahriki ile sağlarlar. Pompalar emiş hattından emdikleri akışkanı basma hattından hacimsel bir küçülme ile basarlar. Bu sayede akışkan düşey ve yatay olarak uzağa taşınmış olur. Sabit debili ve değişken debili tipleri mevcuttur. Endüstrinin hemen hemen her alanında pompa kullanılmaktadır. İnsan kalbi bile pompaya bir örnektir. Kullanım alanına göre farklı tipte birçok pompa mevcuttur. Bu pompalar da kendi aralarında basınç, debi, güç yönlerinden farklılık gösterebilmektedir. Pompalara olan ihtiyaç, teknolojinin de gelişmesiyle birlikte her geçen gün artmaktadır. Pompaların; araçlarda benzinin basılması ve yağ iletimi, kazanlarda kimyasal dozlama, soğutma kulelerinde su sirkülasyonu, şebeke suyu iletimi gibi kullanım alanları vardır. Makine mühendisi, en kısa sürede en az hatayla sistemlerin tasarımını

yapar. Bunu yaparken sistemin kullanışlı ve düşük maliyetli olmasını sağlar. Kullanım alanı bu kadar geniş olan pompalar için de bu kural geçerlidir. Pompa tasarımı yaparken bu konuda makine mühendisine en büyük yardımcı; paket programlara bağlı kalmayan makine mühendisinin kendisinin hazırlamış olduğu bilgisayar programıdır. Yapılan bu program ile optimum zaman-iş-maliyet şartları sağlanabilmektedir [87].

Pompalar en basit haliyle akışkana enerji veren makinelerdir. Enerji akışı tahrik motoru sayesinde gerçekleşir. Buradan alınan mekanik enerjinin pompa içinden akan akışkana aktarılması neticesinde enerji iletimi sağlanır. Bu işlem neticesinde akışkanın basıncında önemli bir artış meydana gelir. Aynı zamanda toplam enerjisi de yükselmiş olur. Pompaların vasıtasıyla akışkanın basıncı ve toplam enerjisi yükselterek başka mahallere aktarımı sağlamış olur. Bunun endüstrideki anlamı dikkate değerdir. Örneğin soğutma sıvısının işlevini gerçekleştirebilmesi için sürekli devir daim etmesi, yağ aktarımı ve radyatör suyunun devridaiminin sağlanması, kalorifer tesisatındaki sıcak suyun peteklerde dolaşması ve ısınmanın sürekliliğinin sağlanması, otomobile benzinin pompalar vasıtasıyla doldurulması, buhar kazanında devridaim eden besleme suyunun pompalanması, içme suyunun taşınmasında ve endüstride muazzam su kütlelerinin bir mahalden başka bir mahale taşınması konularında sektörün en büyük gereksinimlerinden birisi pompalardır [88].



Şekil 1.15. Pompaların Sınıflandırılması [89]

Pompalar iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

- Pozitif ötelemeli pompalar
- Rotodinamik (türbinli) pompalar

Pompaların su haricinde herhangi bir akışkan için de kullanılabilecek olması endüstrideki kullanım oranını ve çeşitliliğini arttırmaktadır. Bu şekilde pompaların sektördeki kullanım oranı artmakta ve çok farklı ihtiyaçlara kesin çözüm bulabilmektedir. Pompaları pratikte sıkıştırılabilen akışkanlar için kullanmaktayız. Fakat bazı istisnai durumlarda yok değildir. Örneğin bisikletin veya arabanın lastiği için pompa terimi hala kullanılabilmektedir [89].

1.3.1. Pozitif Ötemeli Pompalar

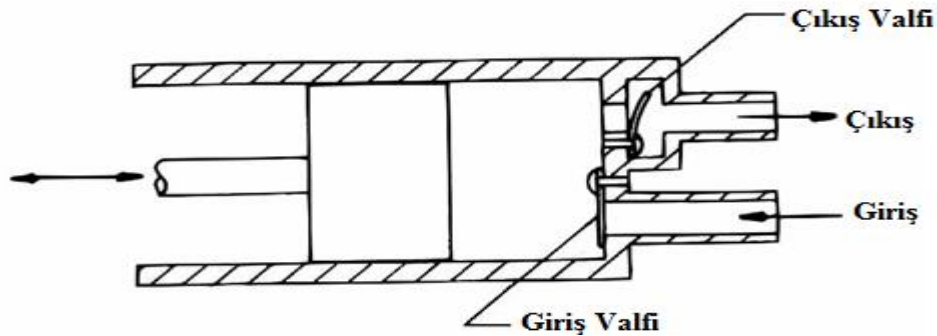
Bu tür pompalar, çalışma prensibi olarak akışkanı yüksek basıncın olduğu tarafa doğru taşınması prensibinde hareket etmektedirler. Bütün pozitif ötelemeli pompalar bu prensibe göre çalışmaktadır. Pompa odacığına hapsedilen akışkan, çıkış basıncına bağımlı olmadan milin her devri için çıkışa atılmaktadır. Çalışma zamanında iç kayıplar çıkış basıncının yükselmesiyle değeri artmaktadır. Bu da akış debisinde bir düşmeye sebep olmaktadır. Değişken hızlı bir motor vasıtasıyla çok sık zamanlarda debi denetimi yapılması pozitif öteleme işleminde bu pompaların debisinin mil hızına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Kendi dizaynından ötürü piston stroku değişkenlik gösterebilir. Fakat bu türden pompaların debisinin kontrol altına alınmasında basma hattının kapatılması şeklinde denetim sağlanmaz. Çünkü motora veya pompaya zarar verebilmektedir. Bu durumun gerçekleşmesini önleyebilmek için emniyet valfi kullanılır. Pozitif ötelemeli pompalar, boyut olarak küçük olması kullanım oranını arttırmakta ve endüstride daha fazla yer bulmaktadır. Diğer bir özelliği de yüksek basınç düşük hacim uygulamalarıdır. Pozitif ötelemeli pompaların girişinde sıvı veya buhar olması hazneden sıvı geçişini etkilememektedir. İmalatları konusunda da hassas tolerans gerektiğinden aşındırıcı sıvılar için kullanılması uygun düşmemektedir [90].

Pozitif ötelemeli pompaların estetik açıdan dizayn edilmeleri çok kapsamlı olmakta ve çok çeşitli kapsamları ihtiva etmektedir.

Buna rağmen Pistonlu ve dönel olmak üzere Şekil 1.15'te görüldüğü gibi iki ana gruba ayrılmaktadırlar.

1.3.1.1. Pistonlu Pozitif Ötelemeli Pompalar

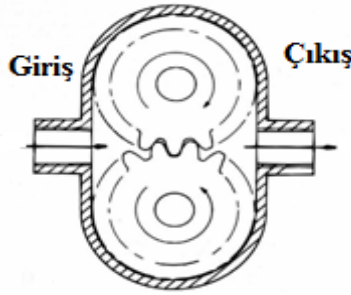
Pistonlu pozitif ötelemeli pompalar şekil 1.16'daki gibi piston silindir mekanizmasından oluşmaktadır. Çalışma prensibi olarak piston silindirin içinde gidip gelerekten bir enerji hareketi oluşturmaktadır. Bu tarz çalışma yöntemi için bir de değişik malzeme kullanılabilir. Piston yerine kauçuk diyafram ile mekanizma oluşturulabilmektedir. Tu malzemenin kullanılmasıyla piston ve silindir arasında gereksinim olan kayma hareketine istinaden avantaj kazanılmaktadır. Buradan yola çıkarak, aşındırıcı parçacıklar barındıran akışkanların kullanılmasını makul pozisyona getirmektedir. Ek olarak bağıl olarak düşünüldüğünde alçak basınçlar için de kullanılabilir. Şekil 1.16'da debi kontrolü sağlanması için giriş ve çıkışa valfler takılmıştır. Dönel valflerin kullanıldığı yerler eksenel ve radyal piston dizaynlarıdır. Pistonun çalışma mekanizmasında eksenel piston dizaynında ıslak levha veya eğik eksen kullanılmaktadır. Radyal pistonlu mekanizmalarda ise bir eksantrik dönel silindir vasıtasıyla çalışma sağlanmaktadır. Bahsedilen iki dizaynda da silindirlerin öteleme stroku farklılık gösterebilir ve böylece balans mekanizması otomatik olarak meydana getirilmiş olmaktadır. Çıkış tarafındaki basıncın makul olduğu durumlarda öteleme hareketi sıfıra doğru yaklaşır, dolayısıyla tasarım basıncına erişilir. Bu hareket vericinin güç akışını denetler, kontrol altında tutar ve aşırı yüklenmeden mekanizmayı muhafaza eder [91].



Şekil 1.16. Bir Pistonlu Pompanın Çalışması [91]

1.3.1.2. Dönel Pozitif Ötelemeli Pompalar

Dönel pozitif ötelemeli pompalarda git-gel mekanizma hareketini gerçekleştirecek piston bulunmamaktadır. Böylelikle denetim sağlayan ve emme ve basmadaki sıvı akışlarını düzenleyen valflere de ihtiyaç kalmamaktadır. Burada sızdırmazlık yüksek derecede önem arz ettiğinden aralıklar çok hassas olmaktadır. Yüksek basınçlar için çok uygun değildir. Yüksek basınç durumunda iç kayıpların artması neticesinde verim düşmektedir. Pompalama mekanizmasının sağlıklı bir şekilde işlerliğinin kazanılması için sektörde birçok tasarım yapılmaktadır. Bunun için gerekli olan şık tasarımlar sektör tecrübesiyle birleşerekten çok başarılı sonuçlar ve verimlilikte yüksek kazanç noktasında kayda değer veriler elde etmişlerdir. Şekil 1.17’de gösterilen dişli tipte diş aralarındaki akışkan dişlilerin çevresinden ve girişten çıkışa istikamette taşınmaktadır. Akışkanın hareketli olan kanatların arasından taşındığı mekanizma ise bize doğrudan kanatlı pompaları tanımlamaktadır. Buradaki kanatlar rotor üzerindeki yarıklara takılmaktadır. Loblu pompalar ise dişli pompalar ile aynı çalışma prensibine dayanmaktadır. Loblar birbirlerine sürtünme anlamında zarar vermezler ve aralıkları çok az olmaktadır. Tahrik sistemi ise dıştan birbirleri üzerinde çalışan dişlilerin bir uzantısı olarak mekanizmada yerlerini almaktadırlar. İçten dişli tasarımında olan pompalar ise daha büyük dişleri olan bir dişliye benzer bir içten dişli kullanılmaktadır. Buradaki tahrik mekanizması kendi üzerinde eksantrik bağlanmış küçük dişli tarafından meydana getirilmektedir. Böylelikle iki ögenin birbirleri üzerinde çalışması sonucu hacimsel değişim meydana gelerekten pompalama işlemi gerçekleştirilir. Vidalı pompalar da vidanın temas yönüne doğru akışkan aksel olarak yönlendirilmektedir. Titreşim ve gürültüleri yüksek miktarlarda düşürecek olan radyal yüklerin ortadan kaldırılması bu dizayna sayesinde gerçekleştirilmektedir [92].



Şekil 1.17. Dişli pompa [91]

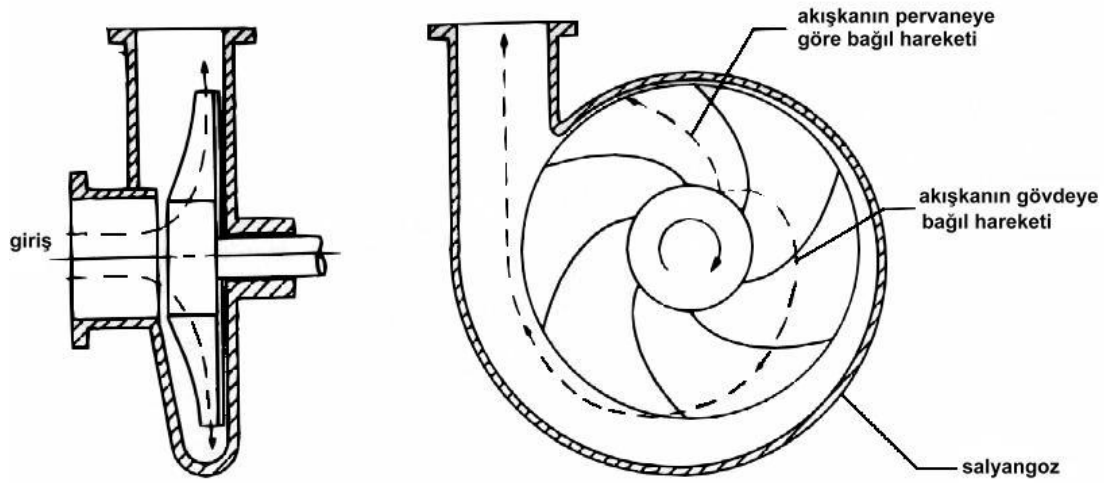
1.3.2. Türbinli (Rotodinamik) Pompalar

Rotodinamik pompalar bir başka deyişle türbinli pompalar; santrifüj pompa, aksel pompa ve karışık akışlı pompa olmak üzere üç ana kategoride incelenir. Bu sayılan kategorilerde akışkan pozitif olarak taşınmadığından hidrodinamik işlemlerle akışkanın iletimi ve pompalanması sağlanmaktadır. Kısmi valfi ile denetimi sağlanan basılan sıvının debisi olmaktadır. Basma hattına basılan sıvıyı denetler. Basma hattının tümüyle kapalı olmaması sonucu kalkış periyodunun uzatılması neticesinde pompanın zarar görmesi diye bir durum söz konusu olmamaktadır. Eğer ki tersi durumda yani basma hattının tümüyle kapalı olması durumunda mil gücü sayesinde akışkanın iç enerjisi artar ve sıcaklık yükselir. Böylelikle aşırı ısınma riski ve sorunu da ortaya çıkmış olmaktadır. Ek olarak basma maksatlı olarak değişken hızlı tahrik tipi kullanılması da gerçekleştirilebilecek alternatifler arasında bulunmaktadır. Bu verimli olmasının yanında maliyetli olarak karşımıza bir dezavantaj olarak çıkar. Bu pompaların pozitif ötelemeli olanlar kadar basıncı yükseltmesi beklenmeye dursun çıkış basıncında kayda değer bir değişiklik yapabilmektedir. Mekanizma olarak her pompa çarkı sonra gelen çarka dağıtıcıyla akışkanı verecek şekilde tayin edilmektedir. Aynı zamanda debisi aynı olan pozitif ötelemeli pompalara istinaden bu pompa daha az maliyetli ve daha basit dizayna sahiptir. Avantaj olarak sayılabilecek diğer bir konu ise içinden

aşındırıcı sıvının geçeceği yerlerde çok elverişli olmaktadır. Korozyif sıvılara karşı da dayanıklı olmaktadır. Bu pompalar emme işlemine kendiliğinden başlayamazlar. Pompa girişlerine çek valf ve giriş valfi takılması ve bu sayede de akışkan seviyesinin korunması ve denetimi sağlanmaktadır. Bu iki valf sayesinde başlangıçtaki sıvının giriş hattına kaçmasına engel olmaktadır. Lakin normalde küçük parçacıklar dolayısıyla çek valfin kesiti tümüyle kapatmasını engellemektedir. Alternatif bir çözüm ise tankın dip kısmına pompanın tespit edilmesi ve sıvı içerisinde tahrik edilmesiyle yapılabilmektedir. Başka bir alternatif ise, dalgıç pompanın yokluğunda sıvı tank ile bitişik olan kuru tank içine tespit edilebilmektedir [93].

1.3.2.1. Santrifüj Pompalar

Bu tür pompalar santrifüj kuvveti oluşturma mekanizmasından doğmuştur. Santrifüj pompalarda mekanizma olarak dairesel bir yol takip edilerekten dönme kuvveti oluşan cisimde Santrifüj kuvveti meydana getirmeye kullanılırlar [94].

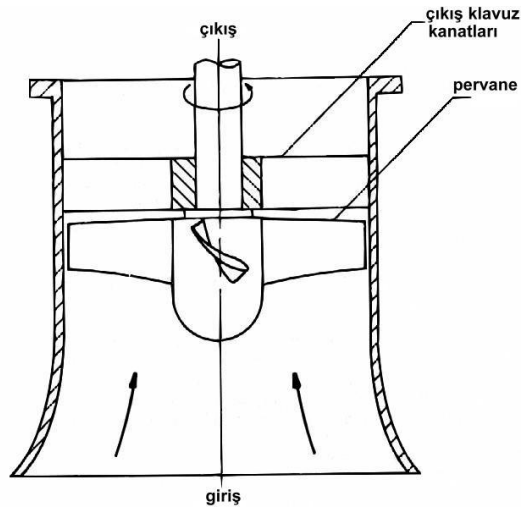


Şekil 1.18. Santrifüj pompa kesiti [92]

Şekil 1.18’de Salyangoz santrifüj pompa verilmiştir. Salyangoz tipindeki izlenen yörünge sayesinde dairesel bir yön oluşturulmakta ve böylece pompanın içerisinde dolaşan akışkanın menziline meydana getirmektedir. Pervane dizaynlarında çok çeşitlilikler bulunmaktadır. Çarkın açık yüzeyli olması mümkün bulunmaktadır. Böylece ekonomik bakımdan ve basitlik bakımından daha avantajlı konuma gelmiş bulunmaktadır. Endüstride kullanılan kapalı yüzlü pervaneler de bulunmaktadır [95].

1.3.2.2. Eksenel Akışlı (Pervaneli) Pompalar

Pervaneli veya eksenel tabir ettiğimiz pompalar gövde içerisinde dönel hareket yapan çarklardan meydana gelmektedir. Şekil 1.19’da çarklardan oluştuğu gösterilmiştir. Akışkan çark içerisinde hareket yapmaktadır. Girişten çıkış tarafına eksenel doğrultuda akışkan yönü tayin edilmektedir. Çark elemanı pervane şekline benzemektedir. Çark eğimli kanatlardan oluşmakta ve sayıları da oldukça fazladır. Verimin artış ve azalışına göre merkezden ayrıldıkça açının değiştiği bilinmektedir [96].

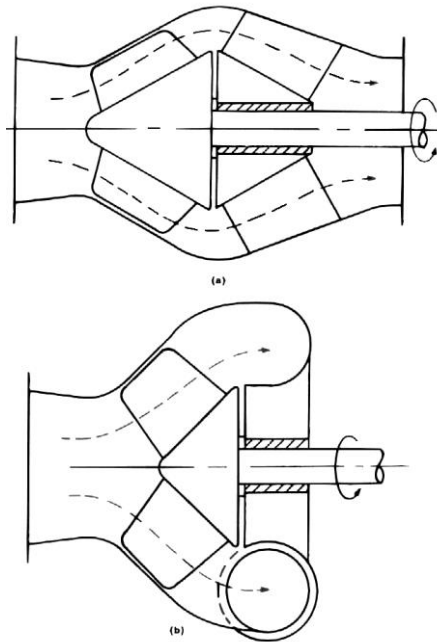


Şekil 1.19. Eksenel akışlı pompa [92]

Debinin çok ilerde olduğu ve basıncın ise oldukça aşağılarda olduğu yerler için eksenel akışlı pompaların kullanılması çok ideal gözükmemektedir. Mühendislikte ve endüstride yoğun bir şekilde kullanılır. Ayrıca tarımda da çok geniş kullanım yerleri bulunmaktadır. Eksenel akışlı pompalar ekonomiklik bakımından da değerlendirilmesi gereklidir [92].

1.3.2.3. Karışık Akışlı Pompalar

Basıncın alçak değerlerde buna karşın debinin yüksek değerlerde olduğu kademeler ile basıncın yüksek seviyelerde buna karşın debinin alçak seviyelerde olduğu kademeler arasında da kullanılması gereken pompaların olması gereklidir. Bu aralıkta çalışabilecek pompaların da tasarımı yapılmıştır. Bu tür pompalar Karışık akışlı pompalar olarak adlandırılmaktadır. Karışık akışlı pompalar böylece debinin ve basıncın orta kademelerde olduğu yerlerde performans gösterecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Endüstride Karışık akışlı pompaların tasarımı ile kullanım kolaylığı ve verimlilik düzeyinde iyileşmeler görülmektedir. Şekil 1.20’de eksenel ve radyal olmak üzere iki tipi gösterilmiştir [93].



Şekil 1.20. Karışık akışlı pompalar a) Iraksak koni tipi b) Salyangoz tipi [93]

1.3.3. Diyaframlı Pompa

Havayla çalışan diyaframlı pompalar (kısaca "havalı pompalar") endüstrinin birçok alanında değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Pompa ölçüsüne uygun kapasitedeki bir kompresöre bağlanarak çalıştırılır. Elektrikle çalışmadığı ve içinde elektrikle çalışan parça barındırmadığı için patlamazlık (ex-proof) özelliği vardır. Sıklıkla bu nedenden dolayı patlayıcı üretiminde tercih edilmektedirler [94].

Avantajları:

- Yüksek viskoziteli sıvıları çok rahat pompalar.
- 5 m derinlikten klapeler kullanmadan emiş yapar.
- Kuru çalışabilir (fakat diyafram ömrü kısaldır), sızdırmazlık elemanına ihtiyaç duymaz.
- Havasının alınma zorunluluğu yoktur.
- Havayla çalışır. Ex-proof (patlamazlık) özelliği vardır.
- Hassas sıvıların kimyasal özelliğini bozmaz.
- İçinden pompanın büyüklüğüne göre 1 cm³ ila 3 cm³ büyüklüğe kadar katı parça geçirir.
- Bakımı işletme içerisinde ve çok çabuk yapılabilir.
- Gövde konstrüksiyonunda cıvatalı bağlantı sistemi uygulandığında daha yüksek basınçlarda kullanılma ve sızdırmazlık özelliğine sahiptir.
- 316 SS paslanmaz çelik malzemeden imal edilen, iç ve dış yüzeyleri hassas işlemeye tabi tutulan pompalar gıda, süt, ilaç ve kozmetik endüstrisinde hijyenik şartları sağlar.

1.3.3.1 Kullanım alanları

Havalı pompaların son kullanıcıya sağladığı yararları göz önünde bulundurmanız gereklidir. Özellikle depolarda oluşan kurumların, yağ ve çamurların giderilmesi operasyonlarında kullanıcılara önemli derecelerde kolaylık tedarik etmektedir. Transfer ve sirkülasyon işlemlerinde yine sıkça başvurulmuş yöntemlerden bir tanesidir. Havalı pompaların elektrik olmadan operasyon gerçekleştirmesi ekonomik olarak fayda sağlamasının yanında endüstride pratiklik ve kolaylıkta sağlamış olur. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği konusunda da emniyetli çalışmaktadır. Yangın tehlikesini bertaraf etmektedir. Yanma ve patlamaya karşı muhafazalı olana ex-proof yetkisinden dolayı çokça tercih edilmektedir [95].

1.3.4 Pompa Temel Elemanları

Pompa temel elemanlarını sıralayacak olursak [92];

Çark; Mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren ve üzerinde çok sayıda kıvrık kanatlar bulunan organdır.

Salyangoz; Çarktan çıkan suyu toplayıp basma borusuna veren kısımdır.

Difüzör; Bazı pompalarda çark ile salyangoz arasına yerleştiren ve çarktan çıkan suyun hızını azaltarak yüksek kinetik enerjinin bir kısmını basınç enerjisi haline dönüştüren halka şeklindeki kısım.

Salmastra Kutusu; Mil ile gövde arasında doğacak kaçakları önlemek için alınmış düzendir.

Mil; Tahrik organı ile çark arasını bağlayan ve çarkı taşıyan organdır.

Gövde; Tulumbanın salyangoz ve diğer organları taşıyan kısmıdır.

Emme Borusu; Emme haznesiyle tulumba girişi arasındaki borudur.

Diş Klapesi ve Süzgeç; Emme borusunun girişinde tek taraflı akış sağlayan yani tulumba dururken tulumba içindeki ve emme borusundaki suyun geri boşaltılmasına engel olan bir klape mevcuttur. Genel olarak bu klape bir süzgeç içerisine konmuştur.

Yıpranma Halkası ve Hidrolik Conta; Dönen çark ile tulumba gövdesi arasında bulunan ve çarkın basma kısmında emme kısmına bu geçit yolu ile kaçan akışkan miktarını önlemek için alınan düzendir.

1.3.5 Pompa İle İlgili Teknik Temel Tanımlar

Aşağıdaki terimler pompa performansı ile bağlantılı olarak kullanılırlar [96]:

- Debi ($\dot{V}$): Pompa içinden oluşan hacimsel debi olarak ifade edilmektedir. Birimi ise (L/s)'dir.
- Basma Yüksekliği (H): Pompa tarafından sağlanan toplam basma yüksekliği.
- Güç (P): Güç, bir pompa için performans eğrilerinde kullanıldığında giriş veya mil gücü manasında olup birimi kW olarak gösterilir.
- Verim (η): Bir pompanın verimi oluşturulan akışkan gücü ile pompa giriş gücünün oranıdır. Formül ile ifade edilirse;

$$\eta = \frac{\text{akışk gücü}}{\text{giriş gücü}}$$

- Devir Sayısı (N): Milin dakikadaki devir sayısını ifade etmektedir.

BÖLÜM 2 - MATERYAL VE YÖNTEM

SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

Çalışmanın bu bölümünde diyaframlı pompa imalatı yapan bir firmada, simülasyon yöntemi kullanılarak süreç iyileştirme çalışması yapılmıştır. Bunun için, öncelikli olarak uygulamanın gerçekleştirildiği işletme ile ilgili temel bilgiler, orta büyüklükte işletme olup yetmiş kadar çalışanı bulunan bir firmadır. Süreç iyileştirmesi çalışması yapılan firmada üretim birimleri olarak, talaşlı işlem, plastik enjeksiyon, montaj, boyama, kalite kontrol bölümleri seçilmiştir. Söz konusu bölümler pompa işletmesindeki işgücü gerektiren bölümlerdir ve ayrıca bunların düşük verimlilikte çalıştıkları tespit edilmiştir.

2.1. Uygulamanın Amacı

Süreç iyileştirme yapılmasının amacı, mevcut durumunda yaşanan üretim hatlarındaki karmaşık iş akışı, beklemlerin yaşanması ve ara stokların fazla olması gibi doğabilecek istenmeyen problemlerin çözülmesi hedeflenmiştir. Bunun için işletmede, üretimin gerçekleştirildiği üretim hattı ele alınmış ve simülasyon yönteminden yararlanılarak öncelikle mevcut durumla ilgili simülasyon modeli geliştirilmiştir. Devamında ise mevcut durumdaki yaşanan üretim hattı sorunları çözülerek gelecek durum için simülasyon modeli oluşturulmuştur.

2.2. Uygulamanın Önemi

İşletme içerisinde düzenli malzeme akışının sağlanması, insan kaynağı kullanımının en üst düzeyde tutulması, operasyonlar için en az sürenin ve en az miktarda malzemenin kullanılması, darboğazların giderilmesi ve boş zamanların minimize edilmesi montaj hattı dengelemesi ile sağlanabilmektedir. Araştırmanın yapıldığı işletmede operasyon sürelerindeki belirsizlik ve hedefsiz çalışma ortamı insan kaynağının etkin kullanılmasını engellemektedir. Bu durum da verimsiz bir montaj hattına sebep olmaktadır. Operasyon sürelerindeki belirsizlik ve darboğazlar aynı zamanda montaj hattının dengeli ilerlemesini engellemektedir. Bununla birlikte, bölümler arası koordinasyon eksikliği ve beraberinde gelen iş akışındaki aksamalar işletme için önemli kayıplara sebep olmaktadır.

Yapılan simülasyon çalışması ile ilgili firmada, montaj hattı dengelemesi yapılarak bekleme süreleri minimize edilmiştir. Bölümler arası koordinasyon sağlanarak iş akışlarındaki aksamalar giderilmiş ve dolayısıyla kaynakların etkin kullanılması sağlanmıştır. Aynı zamanda işletme içerisindeki kayıplar minimize edilmiş ve darboğazlar giderilerek verimlilik artışı sağlanmıştır.

2.3. Uygulamanın Kapsamı

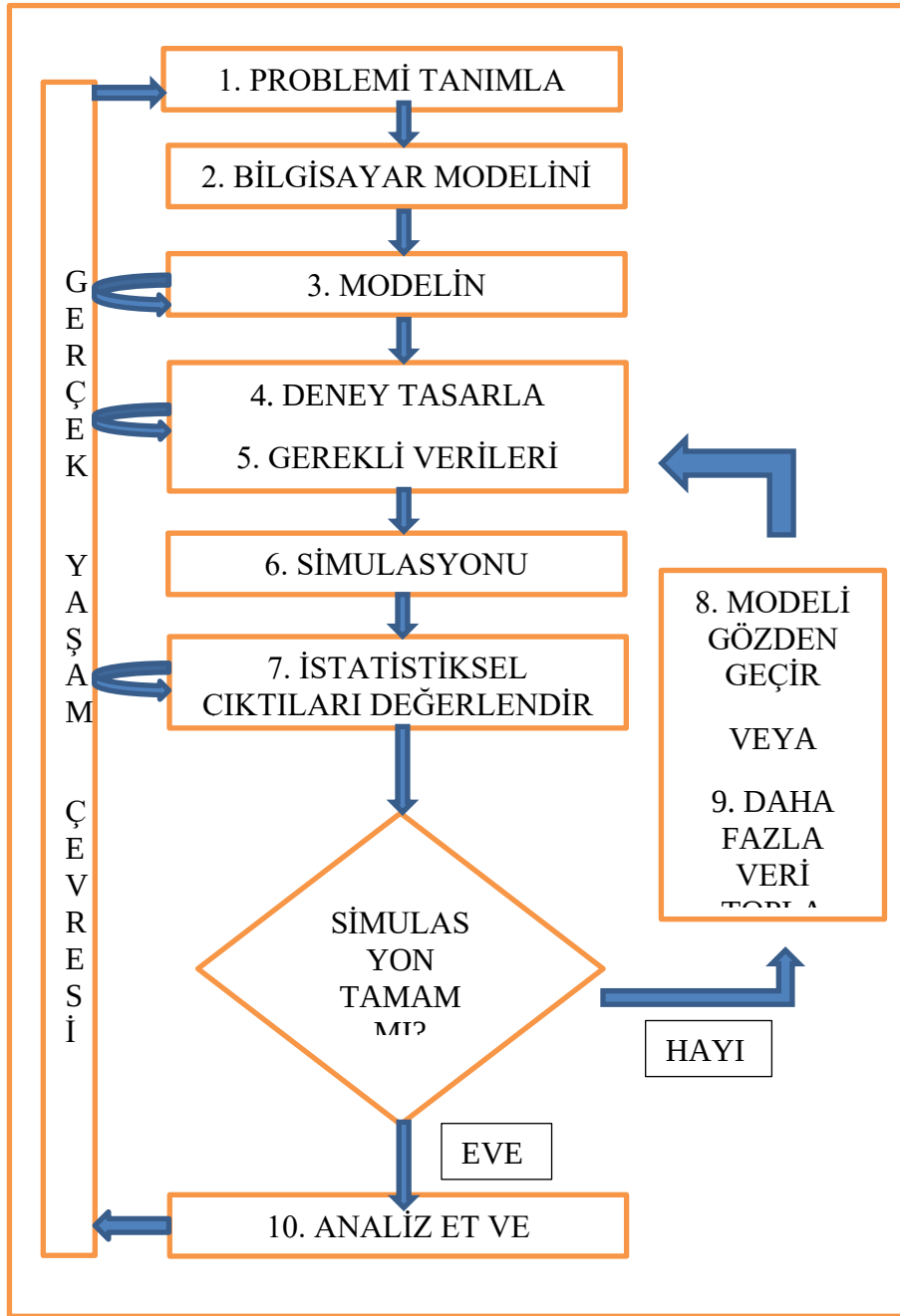
Bu uygulama, pompa imalatı yapan bir firmadaki üretim hattında yapılmıştır. Üretim hattı; talaşlı işlem, plastik enjeksiyon, montaj, boyama ve kalite kontrol bölümlerinden meydana gelmektedir. Bu bölümlerde, karmaşık iş akışı ve beklemler nedeniyle oluşan darboğazlar, üretim hattı dengelemesi, kayıp zamanların minimize edilmesi ve verimlilik üzerine çalışmalar yapılmıştır.

2.4. Uygulamanın Yöntemi

Bu çalışmanın uygulamasında “Arena 13.9” simülasyon programı kullanılmıştır. Mevcutta karşılaştığımız durumun sanal ortamda meydana getirilmesi işlemidir. Buna bağlı olarak aktif olan bir faaliyetin düzeni bozulmadan o mekanizma üzerinde nasıl bir farklılık oluşturabileceğimiz konusunda bize aydınlatıcı yol göstermektedir. Değişiklikler neticesinde meydana gelecek reaksiyonlar konusunda bize öncesinde ışık tutmaktadır. Bu çalışmada kullanılan program, Windows altında çalıştığı için araç çubukları, menüler ve pencerelerle çalışmak konusunda büyük kolaylıklar sağlar. Arena model sisteminin gücü üretim, sağlık sektörü, akış hatları, bilgisayar

ağları gibi ortamlarda özel uygulamalara imkân vermesinden ileri gelmektedir. Bundan dolayı yapılan bu uygulamada da Arena 13.9 simülasyon programı kullanılması uygun görülmüştür.

Şekil 2.1’de simülasyon sürecinin adımlarını gösteren akış planı gösterilmiştir. Bu akış planının problem tanımlama, bilgisayar modelini kurma, modelin geçerliliğini sağlama, deney tasarlama ve gerekli verileri toplama, simülasyonu gerçekleştirme, istatistiksel çıktıları değerlendirme, simülasyonu gözden geçirme, daha fazla veri toplama ve analiz, raporlama aşamalarından oluştuğu görülmektedir.



Şekil 21.1. Simülasyon Sürecinin Adımlarını Gösteren Akış Planı [18]

Simülasyon yönteminin de diğer yöntemlerde olduğu gibi avantajları ve dezavantajları vardır. Simülasyon yönteminin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir [84]:

- Çoğu karmaşık sistemler, analitik olarak değerlendirilip matematiksel modellerle doğru tanımlanamaz. Bu gibi durumlarda simülasyon tek araştırma yöntemidir.
- Simülasyon var olan bir sistemin değişen koşullara göre tahmininde kolaylık sağlar.

- Önerilen değişik sistem tasarımları arasında hangisinin istenilen hedefe en iyi karşılık geleceğini simülasyon yöntemi ile bulmak mümkündür.
- Sistemin modeli oluşturulduktan sonra farklı durumların analizinde istenildiği kadar kullanılabilir.
- Sistem için veri elde edilmesi ucuzdur.
- Sistem verilerinin çok detaylı olmadığı durumlarda simülasyon başvurulacak en uygun yöntemdir.
- Simülasyon, sistemlerin evrenselliklerini öne çıkararak dinamik yapıların incelenmesini sağlamaktadır.

Simülasyon yönteminin dezavantajları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir [18]:

Modeli geçersiz kılacak kritik varsayımları gizleyebilir,

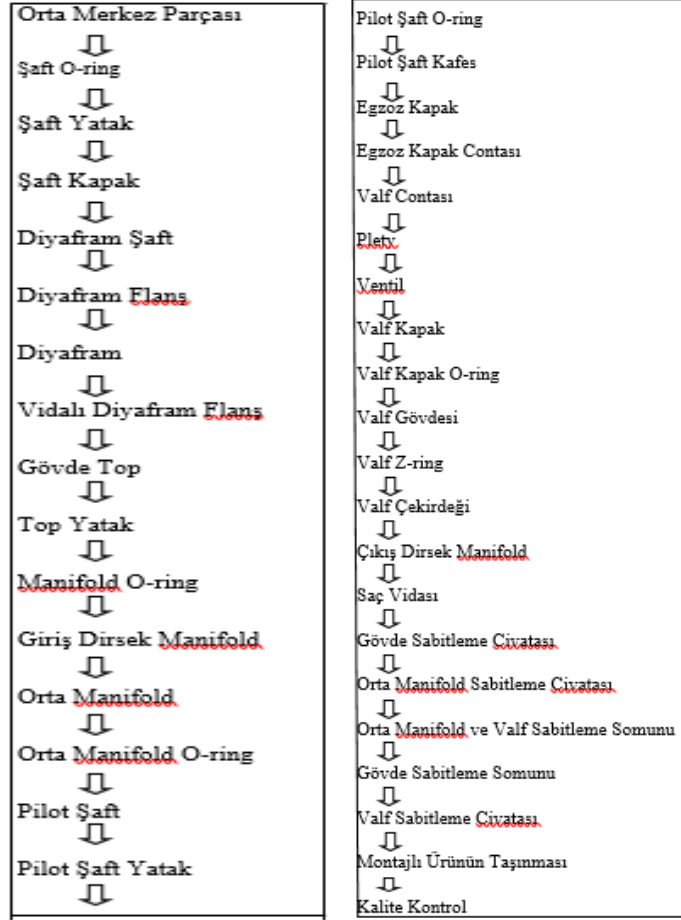
- Deterministik problemlere uygulanmaz,
- Bir çözüm metodolojisi önermeyebilir,
- Optimal çözüm sağlamayabilir,
- Karmaşık ve kapsamlı modellerin kurulması için uzmanlık gerektirir,
- Veri toplama, modelleme ve analiz yüksek maliyetli olabilir şeklindedir.

Simülasyon için geliştirilmiş farklı paket programlar mevcuttur. Bu çalışmada, ARENA 13.9 paket programı kullanılmıştır. Arena programı, Siman'ı da piyasaya süren Systems Modeling Corporation adlı bir firmanın geliştirdiği Windows ara yüzüne sahip popüler bir simülasyon programıdır. Arena programı, başarılı bir simülasyon için gerekli olan animasyon, giren ve çıkan verinin analizi gibi fonksiyonları ayrıntılı ve kapsamlı bir şekilde içermektedir.

Arena, bir program modeli oluştururken oluşturulmuş modeli çalıştırırken Siman komutlarını kullanır. Fakat bu programın özelliği komut bilgisine neredeyse hiç ihtiyaç duymamasıdır. Arena'da, şablonlarda kısa yolları verilmiş modülleri program sayfasına ekleyerek ve bu modüller çift tıklatılarak açılan pencereye istenen bilgilerin (geliş zamanı, yığın boyutu, bir sonraki istasyon adı v.b) girilmesi suretiyle model programı oluşturulabilmektedir.

BÖLÜM 3 BULGULAR VE TARTIŞMA

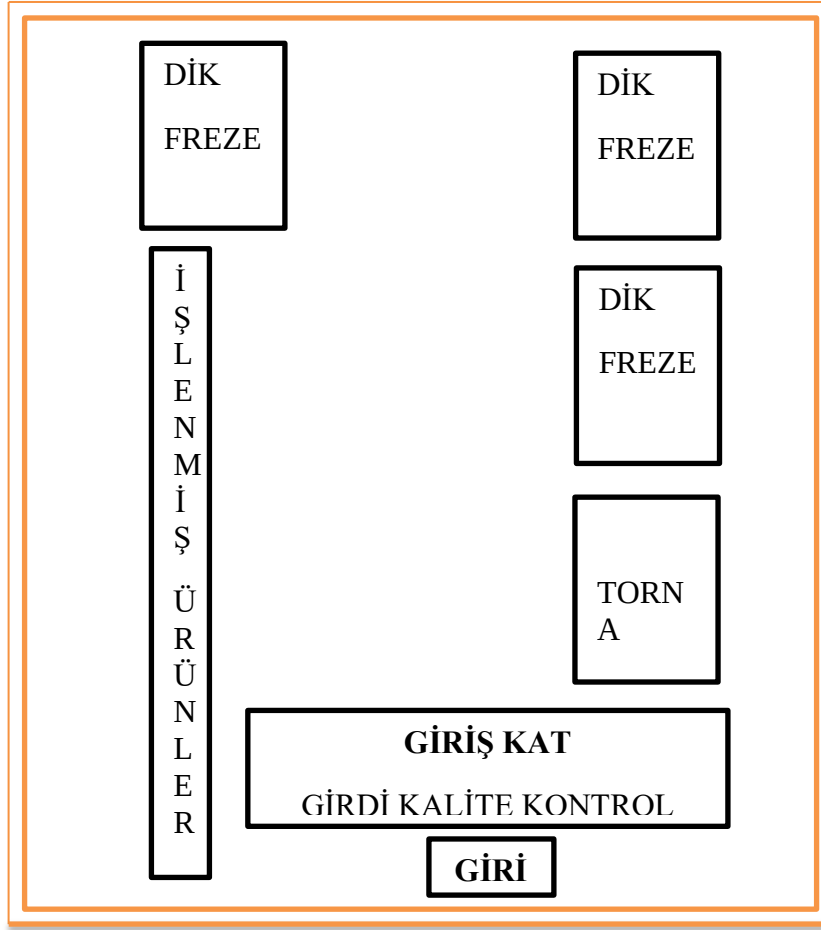
Yapılan çalışma, küçük ölçekli firmada gerçekleştirilmiş olup üretim birimi olarak talaşlı işlem, plastik enjeksiyon, montaj, boyama, kalite kontrol hattı seçilmiştir. Firma tarafından imalatı yapılan diyaframlı pompa imalatının üretim akış planı ise Şekil 3.1 ‘deki gibidir.



Şekil 3.1. Pompa İş Akış Planı

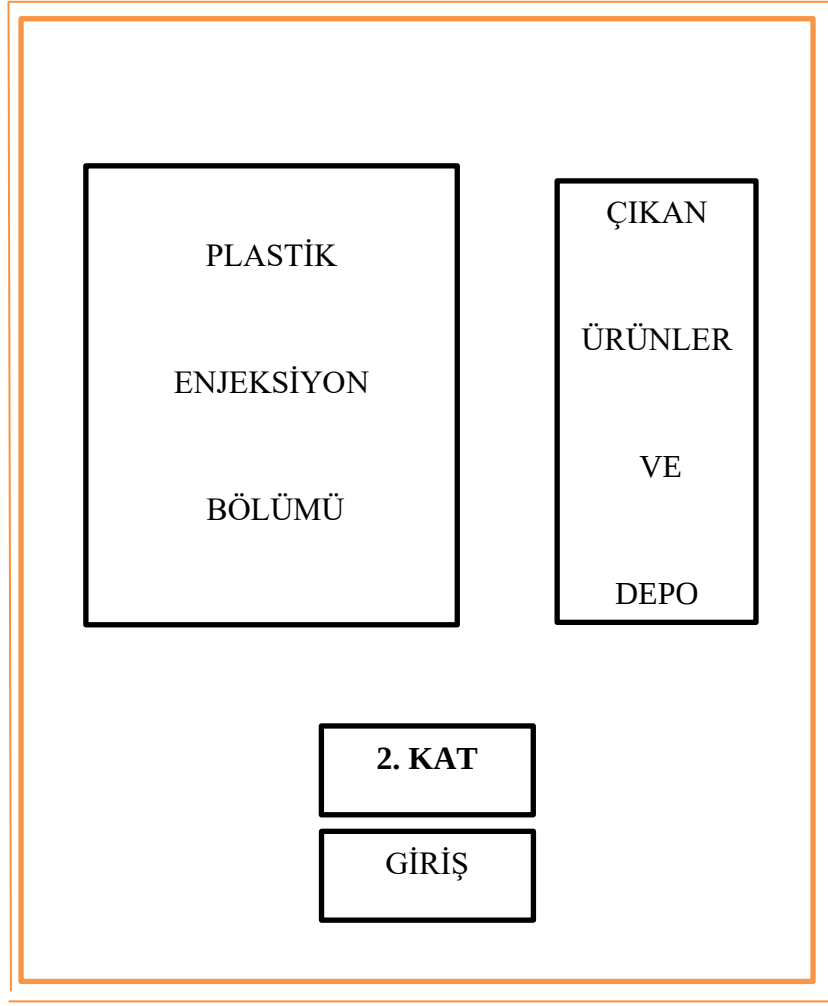
3.1. İşletmedeki Ürün Akışına İlişkin Mevcut Durum Simülasyon Modeli

Pompanın üretim hattının simülasyonu yapılmadan, firmadaki hattın yerleşim düzeni incelenmiştir. Mevcut yerleşim planları ise Şekil 3.2, 3.3, 3.4 'te gösterilmiştir. Şekil 3.2.'deki Giriş katı planına göre firmanın giriş katında; girdi kalite kontrol bölümü, talaşlı işlemlerin gerçekleştirileceği dik frezeler, torna tezgâhları ve işlenmiş ürünlerin bekletildiği bir bölüm bulunmaktadır. Giriş kalite kontrol bölümünde, dışarıdan sipariş edilen malzemelerin kontrolü ve onayından sonra firmaya girişleri sağlanmaktadır.



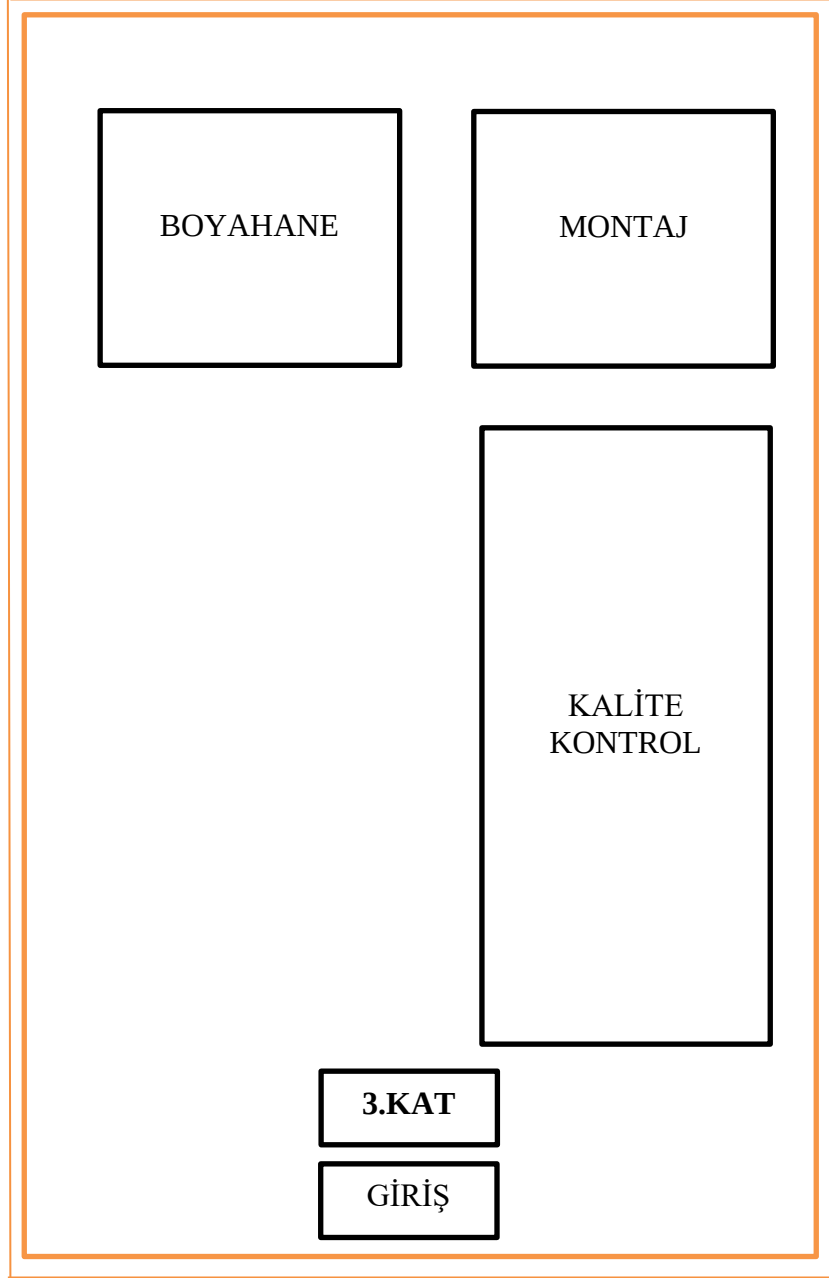
Şekil 22.2. Giriş Katı Mevcut Yerleşim Planı

Şekil 3.3'e göre 2. katta plastik enjeksiyon makinesi bulunmakta ve aktif bir şekilde imalat yapılmaktadır. Çıkan ürünlerin gözle kontrolü ve birbirine bağlı parçaların koparılması işlemleri burada yapılmaktadır. Karşı tarafında da yine çıkan ürünlerin bekletildiği bir bölüm bulunmaktadır.



Şekil 3.3. İkinci Kat Mevcut Yerleşim Planı

Şekil 3.4'e göre üçüncü katta işlemi biten ürünlerin boyasının atıldığı boyahane bölümü bulunmaktadır. Yine üçüncü katta parçaların taşınarak toplandığı ve montaj yapıldığı bir bölüm bulunmaktadır. Montaj kısmı diğer bölümlerden camekânla ayrılmıştır. Bu yüzden montajı yapılacak parçaların manüel olarak bu odaya taşınması gerekmektedir. En son bölümünde kalite kontrol işlemlerinin yapıldığı bir kısım da yer almaktadır. Sevkiyata hazır hale gelmeden önce buradaki kontrol işlemlerinden geçirilmekte ve sevkiyata hazır hale gelmek üzere giriş kata taşınmaktadır. Ambalajlanması da giriş kata taşındıktan sonra yapılmaktadır.



Şekil 3.4. Üçüncü Kat Mevcut Yerleşim Planı

3.2. Verilerin Derlenmesi ve Hazırlanması

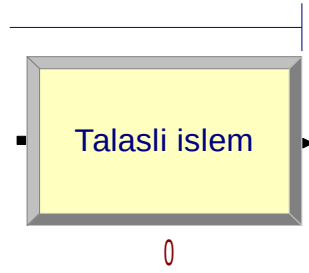
Mevcut durum simülasyon modelinde kullanılan modüller isimleriyle birlikte Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11’de gösterildiği gibi sıralanmıştır.

1- Create Modülü: Talaşlı Modülü olarak atanmıştır ve Şekil 3.5.’te gösterilmiştir.



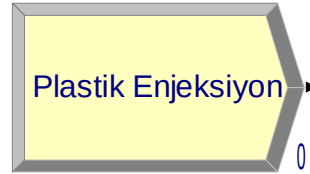
Şekil 3.5. Talaşlı Create Modülü

2- Process Modülü: Talaşlı İşlem Modülü olarak atanmıştır ve Şekil3.6.’da gösterilmiştir.



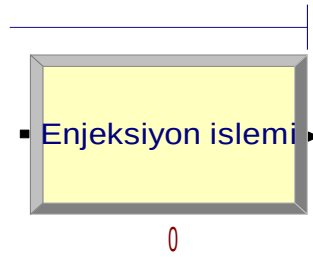
Şekil 3.6. Talaslı İşlem Process Modülü

3- Create Modülü: Plastik Enjeksiyon Modülü olarak atanmıştır ve Şekil3.7.'de gösterilmiştir.



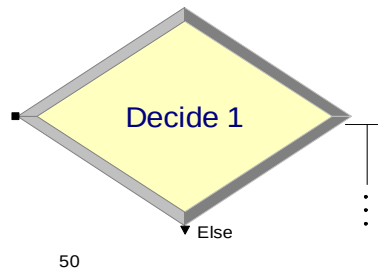
Şekil 3.7. Plastik Enjeksiyon Create Modülü

4- Process Modülü: Plastik Enjeksiyon Modülü olarak atanmıştır ve Şekil3.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Enjeksiyon Process Modülü

5- Decide (Dışarıdan mı? İçeriden mi?) Modülü: kara merci olup Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



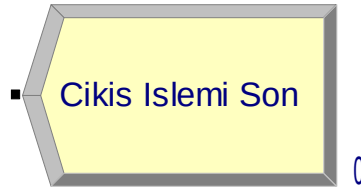
Şekil 23.9. Giriş Decide Modülü

6- Record Modülü: Çıktıların kaydını tutmaktadır ve Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 24.10. Record Modülü

7- Dispose Modülü: Çıkış modülüdür ve Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 25.11. Dispose Modülü

3.3. İş İstasyonlarındaki Operasyonel Faaliyetler

Simülasyon programında kullanacağımız ve gözlemlediğimiz operasyonlara ait işlem süreleri çok büyük önem taşımaktadır. Girdi kalite kontrol, talaşlı imalat, plastik enjeksiyon bölümü, Montaj, Boyama ve bitiş bölümlerinde gerçekleşen operasyonların dakika cinsleri programda girdi olarak kullanacağımızdan burada verilmesi uygun görülmüştür. Tablo 3.4.’te operasyon sürelerine ilişkin istatistiksel dağılımlar verilmiştir. Mevcut durum simülasyon modeli ise Ek-2A ve 2B’de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Operasyon Sürelerine İlişkin İstatistiksel Dağılımlar

BÖLÜM	OPERASYON	DAĞILIM	SÜRE (DK)
Girdi Kalite Kontrol	Ürün Kontrol	Expression	75
	Girdi onay	Expression	30
	Malzemelerin Birimlere Dağılımı	Expression	23
	Urun işlem Hazırlık	Expression	5
Talaşlı İmalat	Talaşlı işlem	Expression	7
	Olcu Kontrol	Expression	8
	Göz Kontrolü	Expression	2
	Kalite Kontrol Onay	Expression	10
	Yıkama	Expression	12
	Kurumaya Bırakma	Expression	45
	Kat3e Taşıma	Expression	35
Plastik Enjeksiyon Bölümü	Plastik Enjeksiyon Hazırlık	Expression	12
	Plastik Enjeksiyon Programlama	Expression	8
	Enjeksiyon işlemi	Expression	6
	Urunun Makineden Alınması	Expression	2
	Göz Kontrol işlemi	Expression	2
	Kırpma işlemi	Expression	2
	Onay işlemi	Expression	3
	Bitmiş ürün bölümüne Ayırma	Expression	3
	Kat3e sevk işlemi	Expression	35
Montaj	Montaj Parçalarını Toplama	Expression	45
	Urun Kontrol hazırlık	Expression	12
	Montaj Operasyonu	Expression	32
	Dimension Kontrol	Expression	5
	Göz Kontrol Operasyonu	Expression	2
Boyama	Boyama işlemi	Expression	10
	Kurutma işlemi	Expression	120
	Basınç Kontrol işlemi	Expression	20
	Onay Operasyonu	Expression	5

Bitiş	Etiketleme Operasyonu	Expression	2
	Onaylıların Ambalajlanması	Expression	15
	Paketleme Operasyonu	Expression	10
	Kamyona Taşınma	Expression	75
	Sevkiyat Operasyonu	Expression	55

3.4. Modelin Doğrulanması ve Geçerliliğinin Test Edilmesi

Doğrulama (Verification): Simülasyon ile meydana getirdiğimiz modelin gerçek sistemi ne kadar yansıttığı ne oranda keşiştiği ile ilgilenmektedir. Buradaki operasyonlar baştan sona izlenmiş ve gerçek sistemi yansıttığı gözlemlenmiş ve gerçek sistemi yeterince temsil ettiği sonucuna varılmıştır.

Geçerlilik (Validation): Simülasyon ile meydana getirdiğimiz modelden elde ettiğimi sonuçların mevcut sistemdeki bulgular ile kıyaslamasının yapıldığı kademedir. Sonuçta istatistiksel olarak çok bir fark olmazsa, modelin geçerli olduğu neticesi çıkmaktadır. Bu aşamada, “Nihai Ürün Sayısı” ölçütü olarak alınmıştır. 2017 Ocak ile 2017 Aralık arasındaki 12 aylık döneme ait gerçek sisteme ait geçmiş veriler elde edildiğinde nihai ürün sayısının 4391 adet olduğu görülmüştür. Diğer taraftan simülasyon modelinden elde edilen nihai ürün sayısının 4396 olduğu tespit edilmiştir. Sonuçların birbirlerine çok yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Buradan da modelin doğrulandığı sonucuna varılmıştır.

3.5. Gelecek Durum İçin Önerilen Simülasyon Modeli

Mevcut üretim akışında birtakım sorunların olduğu gözlenmiştir. Tespit edilen başlıca sorunlar:

- İnsan kaynakları ve cihazların verimli bir şekilde kullanılmadığı görülmektedir.
- Etkin olmayan işgücü meydana gelmekte ve nihai ürün sayısının düşmesine sebebiyet vermektedir.
- Dengeleme sorunları meydana gelmektedir. Örneğin montaj bölümünde bulunan personel sayısının yeterli olmaması bir darboğaz nokta olarak tespit edilmiş ve diğer tarafta fazlalık oluşturan personelin bu tarafa kaydırılmasıyla hat dengeleme problemi çözüme kavuşturulmaya çalışılmıştır.
- Giriş katın geniş olmasına rağmen, sadece talaşlı işlem bölümünün burada yer alması verimi azaltmaktadır. Montaj, boyahane ve kalite kontrol bölümlerinin üçüncü katta olması iş akışını bozmaktadır.
- Zaman yönünden verimsizlikler meydana gelmekte ve termin sürelerinin gecikmesine yol açmaktadır.
- Fazla çalışmalar ekstra maliyet doğurmakta ve personel performansı negatif yönde ilerlemektedir.
- Hızlı çalışmalar kaliteyi düşürmekte ve koordinasyon sorununu ortaya çıkarmaktadır.
- Kalitenin düşmesi güven problemine ve müşteri memnuniyetlerinin negatif yönde etkilenmesine sebebiyet vermektedir.

Mevcut durumda yukarıda yer alan sorunları gidermek için gelecek durum simülasyon modeli önerilmiştir. Zemin katta görülen yer genişliği ve iş akışı problemlerini çözmek sebebiyle bitiş ve paket bölümünün zemin katta Montaj ve Boyahane bölümleri taşınması önerilmiştir. Üçüncü katta bulunan Kalite Kontrol kısmı da ikinci kata taşındı. Böylece zaman kayıplarının ve karışıklıkların giderilmesi öngörülmektedir.

Mevcut durum ile gelecekteki simülasyon modeli için birtakım düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler aşağıda sıralanmıştır:

- Kalite Kontrol bölümünde yer alan ve etkin kullanılamayan insan kaynakları montaj bölümünde tespit edilen darboğaz noktalara yerleştirilmiştir.
- Kalite kontrol bölümü ikinci kata taşınmıştır. Böylece malzemelerin arada geçen taşınma süreleri azaltılmıştır.
- Talaşlı işlem bölümünde bulunan ve düşük verimle çalışan joker freze tezgâhı ana bant olarak yerleştirilmiştir. Böylece talaşlı işlem bölümünde performans ve verim artırma çalışması yapılmıştır.
- Giriş kattaki işlenmiş ürünler kısmı oradan kaldırılarak bir üst kata taşınmıştır.
- Giriş kattaki boşalan yere üçüncü katta bulunan Montaj ve Boyahane kısımları getirilmiştir.
- Darboğaz nokta olarak görülen montaj bölümüne iki personel daha verilerek oradaki ürün toplama ve kontrol işlemleri daha hızlı hale getirilmiştir.
- Talaşlı işleminden çıkan parçaların kurutma işlemi üçüncü kattan giriş kata alınarak sonraki işlem için hazır durumda bulunma konumuna getirildi.
- Bölümler arası koordinasyonun sağlanması için iş bölümü artırılarak aynı iş istasyonunda yapılması gereken işler aynı elden çıkması sağlandı. Örneğin plastik enjeksiyon makinesindeki operatörün parçayı alması ayırması ve göz kontrol işlemi tek seferde yapılması sağlandı.

Bu düzenlemeler gelecek durum simülasyon modeli başlığı altında Ek-2B’de yer almaktadır.

3.6. Simülasyon Sonuçlarının Analizi ve Simülasyon Sonuçlarına İlişkin Genel Bir Değerlendirme

Meydana getirilen yeni modelde ekstra bir kaynak veya zaman eklenmeden kalite olarak aynı olan ama sayı olarak daha fazla olan üretim sağlanmıştır. Karşılaştırma ve performans olarak Nihai Ürün Sayısını kıyaslanması ölçüt olarak alınmıştır. Bir yıl için yapılan simülasyonda mevcuttaki durum için yıllık 4396 ve aylık ortalama ise 366’dır. Gelecek durumda ise yıllık Nihai Ürün Sayısının 7352 ve aylık 613 olarak bulunmuştur.

İki durum arasındaki farkın yıllık 2956 adet ve ay ortalaması olarak 246 adet olduğu tespit edilmiştir. Neticede % 67 artış tespit edilmiştir.

Tablo 3.5. Mevcut-Gelecek Durum Verilerinin Kıyaslanması

Dönem (Nihai Ürün Sayısı)	Simülasyon Modelinden Elde Edilen Veri	Gelecek Durum Elde Edilen Veri
12 AY	4396	7352
Ortalama	366	613
Artış		%67

BÖLÜM 4 – SONUÇLAR

Türkiye’de pompa sektörü yarattığı istihdam ve yüksek ihracat potansiyeli ile ülke ekonomisinin önemli sektörlerinden birisi konumundadır. Buna rağmen, plansız büyüme ve yatırımlar, maliyet artışları, pazar darlığı, markalaşamama ve imaj sorunu, üretim akışındaki aksaklıklar ve kalite problemleri pompa sektöründe faaliyet gösteren işletmeleri tehdit etmektedir.

Bütün işletmelerde olduğu gibi, pompa sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde de, kaynakların etkin bir şekilde kullanılması ve maliyetlerin azaltılması ulaşılmak istenen hedefler arasındadır.

Pompa imalatı, döküm, talaşlı işlem, plastik enjeksiyon işlemi, montaj, kalite kontrol, boyama ve bitiş işlemlerini kapsamaktadır. Bu yönden imalat sektörü sanayileşme sürecinin önemli yapı taşı oluşturan ve gelişmekte olan ülkelerin kalkınmasına ciddi katkılar sağlayan emek yoğun sektörlerin başında gelmektedir.

Dünyada rekabetin en yoğun yaşandığı imalat sektöründe, kotaların kalkmasıyla hem arz hem de talep yönünde rekabet daha da keskin hale gelmiştir. Bu çerçevede pompa imalatında markalaşma önemli hale gelmeye başlamış, nitekim sektörün güç kaybetmesi sonucunda bazı ülkelerin markalaşmaya yöneldikleri görülmüştür.

Bu tez çalışmasının amacı, bir imalat işletmesinde süreç iyileştirmedir. Bu kapsamda, imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletme ele alınmış ve bu işletmenin ürettiği ürünlerden bir tanesinin akışı ele alınarak, söz konusu işletmenin üretimindeki aksaklıklar tespit edilmiş ve bunların ortadan kaldırılmasına çalışılmıştır.

İşletme içerisinde kaynakların etkin kullanılamaması, verimsiz işgücü, performans ölçütü olarak tespit edilen Nihai Ürün Sayısındaki düşüklük, dar boğaz noktaların yani verimin ve performansın düşük olan yerlerin giderilememesi, bölümler arası koordinasyon eksikliği, kayıp zamanlardaki artış, termin sürelerine uyulmaması, kalite problemlerinin görülmesi ve müşteri memnuniyetinin sağlanamaması önemli aksaklıklara yol açmaktadır.

İşletmede mevcut durumda karşılaşılan sorunların ortadan kaldırılmasına yönelik bir gelecek durum modeli önerilmiştir. Bu aşamada, önce mevcut durumun simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu model doğrulanıp, geçerliliği test edildikten sonra, önerilen gelecek durum simülasyon modeli geliştirilmiştir.

Gelecek durum simülasyon modeli ile montaj bölümünde yer alan ve etkin kullanılamayan kaynaklar, tespit edilen darboğaz noktalarda değerlendirilmiştir. Ayrıca darboğaz nokta olarak görülen montaj bölümüne iki personel daha verilerek insan kaynağı takviye edilmiştir. Oradaki ürün toplama ve kontrol işlemleri daha hızlı hale getirilmiştir.

Aynı zamanda mevcut durumda giriş katta yer alan işlenmiş ürünler kısmı oradan kaldırılarak bir üst kata taşınması önerilmiştir. Giriş kattaki boşalan yere üçüncü katta bulunan Montaj ve Boyahane kısımları getirilmiştir. Böylece bölümler arasında görülen iş akış problemleri ve kayıp zamanları giderilmiştir.

Mevcut durum ile gelecek durum karşılaştırıldığında mevcut durum simülasyon modelinin ve gelecek durum simülasyon modelinin Nihai Ürün Sayısı arasında yıllık 2956 adet fark olduğu ve ay ortalaması olarak 246 adete karşılık geldiği tespit edilmiştir. Bu bulgulardan yola çıkarak, mevcut durum simülasyon modeli verilerine oranla, gelecek durum simülasyon modeli Nihai Ürün Sayısında % 67 oranında artış olduğu görülmüştür.

Bu çalışmanın uygulaması, bir pompa imalatı yapan işletmenin ürettiği ürünlerden (modellerden) birine odaklanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yüzden, çalışmadan elde edilen sonuçların sektöre katkı sağlamasıyla birlikte süreç iyileştirmeyi konu alan farklı sektörlerden işletmelerde, uygulamaların gerçekleştirilmesi de düşünülebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Takcı, E. (2013). Bir İmalat İşletmesinde Simülasyon Yardımıyla Süreç İyileştirme Uygulaması: Kayseri Gürkar Tekstil Örneği, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir.
- [2] Yurdakul, M., Eşkin, S. ve İç, Y. T. (2009). Bir İmalat Sisteminin Yerleşim Düzeninin İyileştirilmesi, Türk Bilim Araştırma Vakfı, Tubav Bilim Dergisi, 2(4): 399-411.
- [3] Özateş, M., Şahin, M., Şenol, S., Terzi, F., Yörükoğlu, S., Köksal, G. ve Serin, Y. (2016). Düşük Hacimli Üretim İçin Kalite Kontrol Sistemi Tasarımı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 23(3): 40-58.
- [4] Yurdakul, M., Türkbaş, S. ve Altınova, S. (2008). Bir İmalat İşletmesinde Toplam Verimli Bakım (TVB) Uygulaması, TMMOB, Mühendis ve Makine Dergisi, 49(583): 11-16.
- [5] Oran, A. (2012). Talaşlı İmalat Optimizasyonunda Metodik Yaklaşım ve Sektörel Bir Altı Sigma Proje Uygulaması, BOSCH San. ve Tic. A. Ş. Teknik Fonksiyonlar 1 Departmanı TEF12 Proses Geliştirme Bölümü, 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara, s.422-431.
- [6] Şahin, Ş. ve Öztürk, F. (2009). İmalat Süreçlerindeki Problemlere Optimum Çözüm Arama ve Bir Uygulama, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(1): 115-126.
- [7] Görener, A. (2012). Toplam Verimli Bakım ve Ekipman Etkinliği: Bir İmalat İşletmesinde Uygulama, Electronic Journal of Vocational Colleges, s. 15-20.
- [8] Kathiriya, J. J., Amareliya, V. D. ve Kapadiya, S. H. (2014). Production Process Analysis on Manufacturing of Hydraulic Gear Pump, Mechanical Engineering: An International Journal (MEIJ), 1(1): 39-55.
- [9] Kaljahi, B. Z. (2015). Reverse Engineering of Pump Impeller Utilizing Rapid Prototyping Technology, Eastern Mediterranean University, the Institute of Graduate Studies and Research, The Degree of Master of Science, Gazimağusa, North Cyprus.
- [10] Tamlander, J. (2016). Defining a Manufacturing Planning and Control Model For a Lean Manufacturing Company, JAMK University of Applied Sciences, Bachelor's thesis Finland.
- [11] Tekin, M. (2005). Üretim Yönetimi. Konya: Günay Ofset, s. 3-102.
- [12] Kobu, B. (2010). Üretim Yönetimi. İstanbul: Beta Basım, s. 5-36.
- [13] Çelikçapa, F., O. (2000). Üretim Yönetimi ve Teknikleri. Bursa: Alfa Yayın Dağıtım, s. 100-208.
- [14] Yamak, O. (1994). Üretim Yönetimi Sistemler, İlkeler ve Teknikler. İstanbul: Alfa Basım Yayın.
- [15] Üreten, S. (2002). Üretim/İşlemler Yönetimi Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri. Ankara: Gazi Kitabevi.
- [16] Demir, H. ve Ş. Gümüsoğlu (1998) Üretim Yönetimi, İstanbul, Beta Basım, 5. Baskı, s. 9-198.
- [17] Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Başkak, M. (1991). Montaj Hatlarının Dengelenmesinde Çok Amaçlı Bir Yaklaşım, s. 11-69.
- [18] Monks, J., G. (1996). İşlemler Yönetimi. S. Üreten (Çev.). İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım, s. 2-160.
- [19] Kağnıcıoğlu, H., Aydın, S., Hasgöl, S. ve Anagün, S. (2012). Üretim Yönetimi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, s. 2-21.

- [20] Kumar, S., A. ve Suresh, N. (2008). Production and Operations Management. New Delhi: New Age International Limited Publishers, s. 7-9.
- [21] S. B. Johanssen, "On the Need of New Concepts for Production Management", Gudnason, Corlett, (Eds.), Development of Production Systems, Taylor and Francis, 1974, s. 643.
- [22] Prof. Dr. Mehmet Hulusi DEMİR – Prof. Dr. Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU, “Üretim Yönetimi, Beta Basım Yay. Dağ. A.Ş., 5. Basım, İstanbul, 1998.
- [23] Yüzügüllü, N. (1998). Üretim Yönetimi ve Üretim Planlaması Ders Notları. Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği.
- [24] Demir, M., H. ve Gümüsoğlu, Ş. (2009). Üretim Yönetimi. İstanbul: Beta Yayın Dağıtım.
- [25] Sezen, B. (2011). Üretim Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar. Ankara: Efil Yayınevi, s.14-122.
- [26] Özçakar, N. (1997). Esnek İmalat Sistemleri. Yönetim, 9 (28): 16.
- [27] Büyükyılmaz, O. ve Gürkan, S. (2009). Süreçlerde En Zayıf Halkanın Bulunması: Kısıtlar Teorisi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 5(9): 181-185.
- [28] Aytekin, F., G., Yörükoğlu, H. ve Akman, G. (2012). Kısıtlar Teorisi Yaklaşımı İle Kurumsal Bilgi Teknolojileri Yönetimi Talep Sistemlerinin İyileştirilmesi. Organizasyon ve Yönetim Bilimler Dergisi, 4 (2): 41.
- [29] Erol, S. (2012). Yalın Yaklaşım ve Yalın Üretim. Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, 24(278): 20.
- [30] Özdemir, A., İ. (2004). Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları, s. 89.
- [31] Atmaca, E. ve Girenes, S., Ş. (2009). Literatür Araştırması: Altı Sigma Metodolojisi, s. 124.
- [32] Ömürgönülşen, M. ve Şahin, N. (2012). Üretimde Altı Sigma Yaklaşımının Üretimde Toplam Kalite Yönetimi Anlayışı Çerçevesinde Bir Uygulaması. Verimlilik Dergisi, 4: 11-12
- [33] Delikan, H. (2010). Esnek Üretim Sistemleri ve Üretim İşletmelerinde Uygulanması İle İlgili Alan Araştırması. Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 8, Ankara.
- [34] Kara, Y., Özgüven, C., Yalçın, S., N. ve Cheng, C. (2011). Multi-Objective Approaches to Balance Mixed-Model Assembly Lines for Model Mixes Having Precedence Conflicts and Duplicable Common Tasks. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 52(5-8): 725-737.
- [35] Gökçen, H. ve Ağpak, K. (2004). Hat Dengelemede Yeni Bir Felsefe Paralel Montaj Hatlarının Eş Zamanlı Dengelenmesi. Teknoloji Dergisi, 7: 181-188.
- [36] Kesintürk, T. ve Küçük, B. (2006). Karışık Modelli Montaj Hatlarının Genetik Algoritma Kullanılarak Dengelenmesi. Yönetim, 17: 52-63.
- [37] Gökçen, H. ve Erel, E. (1995). Karışık Ürünlü Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Bir Sezgisel Yöntem. Verimlilik Dergisi, 2: 131-140.
- [38] Kuvvetli, Y. (2010). Karma Modelli Montaj Hattı Dengeleme ve İşgücü Atama Problemi İçin Yeni Bir Yaklaşım. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [39] Tanyaş, M. ve Başkak, M. (2003). Üretim Planlama ve Kontrol. İstanbul: İrfan Yayıncılık.

- [40] Altun, K. ve Göleç A. (2011). Üretim Kontrol Sistemlerini Kısıtlayıcı Bir Benzetim Çalışması, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(2): 203.
- [41] Güngör, F. ve Akkaya, M. (2012). Seri Üretim Hattında, Kapasite Dengeleme ve Verimlilik Artışının Birim Maliyete Etkisi ve Bir Uygulama. 11. Ulusal İşletmecilik Kongresi, s. 1001.
- [42] Küçükkoç, İ. (2011). Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemleri ve Genetik Algoritmalar İle Bir Uygulama. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 18, Balıkesir.
- [43] Orbak, A., Y., Özalp, B., T., Korkmaz, P., Yarkın, N., Aktaş, N. ve Dinçer, A.(2009). Karışık Modelli Bir Montaj Hattında Hat Dengeleme Çalışmaları, s.3, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi.
- [44] Gürdoğan, N. (1981). Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, s. 27-47.
- [45] Yılmaz, H. (2010). Doğrusal Programlama Tekniği İle Üretim Planlamasının Mobilya Sektöründe Uygulanması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 31-33, Isparta.
- [46] Turner, W., C., Mize, J., H., Case, K., E. ve Nazemtz, J., W. (2006). Endüstri ve Sistem Mühendisliğine Giriş. U. Kula, O. Torkul ve H. Taşkın (Çev.). İstanbul: Değişim Yayınları, s. 497.
- [47] Kavcar, B. (2004). Simülasyon Yöntemi Kullanılarak Yapılan Satış Tahminleriyle Satış Bütçesi Hazırlanması. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 42-43, Ankara.
- [48] Maria, A. (1997). Introduction to Modelling and Simulation. Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference.
- [49] Şahin, H. (2002). Proses Tabanlı Kalite Yönetim Sistemi. Ankara: Polimer Matbaacılık.
- [50] Uygur, Ö., E. (2011). Süreç Analizi ve Süreç İyileştirme Üzerine Tüketici Elektroniği Sektöründe Bir Uygulama. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 7, İstanbul.
- [51] Bayraktar, E. (2007). Üretim ve Hizmet Süreçlerinin Yönetimi. İstanbul: Çağlayan Kitabevi.
- [52] Bezirci, G. (2006). Hizmet İşletmelerinde Süreç İyileştirme ve Bir Uygulama, s. 30-31.
- [53] Selimoğlu, N. (2005). Süreç Yönetimi ve Süreç İyileştirmede Bilgi Yönetiminin Rolü ve Uygulamaya İlişkin Bir Araştırma. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 7-49, İstanbul.
- [54] Harrington, H., J. (1991). Business Process Improvement: The Break through Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness. New York: Mc Graw-Hill.
- [55] Keen, P., G., W. (1997). The Process Edge: Creating Value Where It Counts, Boston: Harvard Business School Press.
- [56] Gaga, O. (2009). Süreç Analizi ve Süreç İyileştirme Metodolojisi ve Kısıtlar Teorisi Yöntemiyle Süreç Analizi Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 4-14, İstanbul.
- [57] Bozkurt, R. (2003). Süreç İyileştirme. Ankara: MPM Yayınları, s. 8.
- [58] Eroğlu, C. (2006). Süreç İyileştirme ve Bir Uygulama. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 43, İstanbul.

- [59] Narlı, Y. (2009). Sağlık Sektöründe Hasta Memnuniyetini Arttırıcı Süreç İyileştirme Çalışmaları Üzerine Örnek Bir Uygulama: Dış kapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi Örneği. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105, Konya.
- [60] Aydın, O., F. (2007). Süreç İyileştirmede Bilgi Yönetimi Uygulamalarının Kullanılması Üzerine Bir Vaka Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 17-18, İstanbul.
- [61] Tokcan, T. (2011). Süreç Yönetimi ve Süreç İyileştirme Teknikleri, Gıda İşletmesinde Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 53, İzmir.
- [62] Kasımlıoğlu, G. (2001). Total Quality Management and an Application in the Turkish Infantry Battalion. Bilkent University, The Institute of Economics and Social Sciences, Master's Thesis, Ankara.
- [63] Yamaç, P., I. (2006). Improvement Proposal for A Software Requirements Management Process. The Middle East Technical University, The Institute of Informatics, Master's Thesis, Ankara.
- [64] Chan, K., K. ve Spedding T., A. (2003). An Integrated Multidimensional Process Improvement Methodology for Manufacturing Systems. Computers&Industrial Engineering, 44 (4): 673-693.
- [65] Türker, C. (2001). Bankacılıkta Süreç İyileştirmeye Yönelik Temel Kalite Kontrol Teknikleri: Bir Uygulama. Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [66] Schiefer, G. (2002). Environmental Control for Process Improvement and Process Efficiency in Supply Chain Management-The Case of the Meat Chain. International Journal of Production Economics, 78 (2): 197-206.
- [67] Balcı, Ş. (2005). Altı Sigma Süreç İyileştirme Tekniği ve Sanayide Bir Uygulama.
- [68] Çırkan, F. (2009). Altı Sigma Süreç İyileştirme ve Sanayide Bir Uygulama. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- [69] Öztürk, Z., S. (2010). Süreç İyileştirmede Altı Sigma Yaklaşımı ve Otomotiv Sektörü Üzerine Bir Uygulama. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [70] Engin, G. (2006). Hizmet Sektöründe Altı Sigma Yaklaşımı ile Süreç İyileştirme.
- [71] Elalmış, M. E. (2007). Software Process Improvement. The Middle East Technical University, The Institute of Science, Master's Thesis, Ankara.
- [72] Konuralp, Z. (2007). Software Process Improvement in a Software Development Environment. The Middle East Technical University, The Institute of Natural and Applied Sciences, Master's Thesis, Ankara.
- [73] Freire, J. ve Alarcon, L. (2002). Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology. Journal of Construction Engineering and Management, 128 (3): 248-256.
- [74] Erdoğan, U. (2009). Süreç İyileştirmede CMMI Modelleri ve Türkiye'de CMMI Uygulamalarının Durumu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [75] Kılınç, A. (2010). Süreç İyileştirmede Bütünleşik Yeterlilik Olgunluk Modeli.
- [76] Rohleder, T., R. ve Silver, E., A. (1997). A Tutorial on Business Process Improvement. Journal of Operations Management, 15 (2): 139-154.

[77] Özveri, O. ve Kayışkan, D. (2016). Bir Gıda İşletmesinde Süreç Yönetimi Ve Süreç İyileştirme Uygulaması, s. 12-25.

[78] Er, Ö. (2016). Process Improvement And An Industrial Example Over Company BSH, Bahçeşehir University, Master Thesis, İstanbul.

[79] Karaman U. (2017). Bir Finans Şirketinde Kurumsal Süreç İyileştirme ve Uygulaması, Maltepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[80] Etleç, B. (2017). Yalın Üretim Tekniklerine Bağlı Süreç İyileştirmelerinin Bir Kozmetik Firmasında Uygulanması, Arel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[81] Berber, G. (2017). Bir Gıda İşletmesinde Süreç İyileştirme Uygulaması: Dondurma Fabrikası Örneği, İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.

[82] Sönmez, Y. (2017). Otomotiv Sektörü Süreç İyileştirmede Jishuken Uygulamaları, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Sakarya.

[83] Özbilgin, O. (2017). Sirkülasyon Pompası Tasarımı ve HAD Yöntemi İle Performans Analizi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

[84] Karaca, G. (2017). Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinin performansının incelenmesi: Muğla örneği, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Muğla.

[85] Şenol, G. K. (2017). Pompa Sistemlerinde Enerji Tasarrufu ve Demir Çelik Sektöründe Örnek Bir Uygulama, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.

[86] Alpaslan, İ. (2018). Otomotiv Yetkili Servisinde Müşteri Memnuniyeti Odaklı Süreç İyileştirme Çalışması: Bir Uygulama Örneği, İstanbul Medeniyet Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Pompa İle İlgili Kaynaklar

[87] Exner, H., Freitag, R., Geis, H., Lang, R., Oppolzer, J., Schwab P., Sumpf E., Ostendorff, U. And Mannesman Rexroth AG, 1998, Rexroth Hydraulics, Germany

[88] Karmel, A. M., Modelling and Analysis of The Dynamics of a Variable-Displacement Vane Pump, Volume: 110, Issue: 2

[89] Özgür, C., 1972, Su makinaları dersleri, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 228-242

[90] Pancar, Y., 1980, Santrifüj pompalar ders notları, Eskişehir

[91] Pancar, Y., 2007, Hidrolik makineler ders notları, Eskişehir

[92] Yalçın, K., 1998, Hacimsel ve santrifüj pompalar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1 s.

[93] Trosklanski, A. T., 1982, Impellerpumps, PergamonPress, Newyork, 228-258

[94] MEGEP Plastik Teknolojisi, 2007, Hidrolik Devre, Ankara

[95] <http://www.dengeteknoloji.com/atik-su-pompalari.asp>

[96] <http://extreme.infomagic.net/static/SmGerotor.jpeg>

Elektronik Yayınlar

[97] <https://goo.gl/images/xh5XTN>, 15 Mayıs 2018.

[98] <http://cengizsarikaya.blogspot.com.tr/2015/03/tedarik-zincirinde-dagitim-aglari.html>, 16 Mayıs 2018.

[99] <http://www.consulta.com.tr/icerik/surec-yonetimi-hizmet-sektorunde-neden-daha-zor/731>, 16 Nisan 2018.

[100] <http://www.isimpatent.com/surec-iyilestirme-egitimi>, 22 Nisan 2018.

EKLER

Ek-1 Süreç İyileştirme İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Tarih	Yazar	Çalışma
1997	Rohleder ve Silver	İş süreci iyileştirmenin stratejik önemini vurgulayarak ve kişisel deneyimlerinden yola çıkarak, süreç iyileştirme ile ilgili yol gösterici bir literatür araştırması yapmışlardır [76].
2001	Kasımlıoğlu	Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığını inceleyerek Türk piyade taburu beslenme sistemine süreç iyileştirme uygulaması gerçekleştirmiştir [62].
2001	Türker	Bankacılık sektöründe İstatistiksel Kalite Kontrol (İKK) tekniklerinin etkili biçimde kullanılabileceğini gösterme amacına yönelik bir süreç iyileştirme çalışması yapmıştır [65].
2002	Freire ve Alarcon	İnşaat projelerinin tasarım süreçleri için bir iyileştirme metodolojisi önermiştir. Çalışmada, çevrim süreleri ve bekleme süreleri ile ilgili iyileştirmeler ile verimliliğin sağlanması hedeflenmiştir [73].
2002	Schiefer	Tedarik zinciri yönetiminde süreç iyileştirme ve süreç verimliliği için çevre konusuna dikkatleri çekerek sanayide çevre yönetim kavramlarının uygulamasına ilişkin vaka çalışmalarının önemine değinmiştir [66].
2003	Chan ve Spedding	İş süreçlerinin yeniden yapılandırılması ve süreç iyileştirmenin sağlanması için Toplam Kalite Yönetimiyle kalite ve maliyet boyutunu incelemişlerdir [64].
2005	Balcı	Altı Sigma tekniğini kullanarak, ürün kalitesine etki eden olumsuz faktörlerin tespit edilmesi ve incelenen süreçlerin sigma seviyesinin yükseltilmesi, Çırkan (2009) ve Öztürk (2010), Altı Sigma yaklaşımının otomotiv sektöründe sağlayabileceği iyileştirmeler konularında çalışmalar yapmışlardır [67], [68], [69].
2005	Selimoğlu	Süreçlerin yönetimi ve iyileştirmesinde bilgi yönetiminin etkili bir araç olabileceğini varsayarak, konu ile ilgili durum tespitine yönelik tanımlayıcı nitelikte bir araştırma yer vermiştir [53].
2006	Yamaç	Savunma sanayinde faaliyet gösteren özel bir şirket için iyileştirme önerileri sunmuş ve iyileştirme önerilerinin

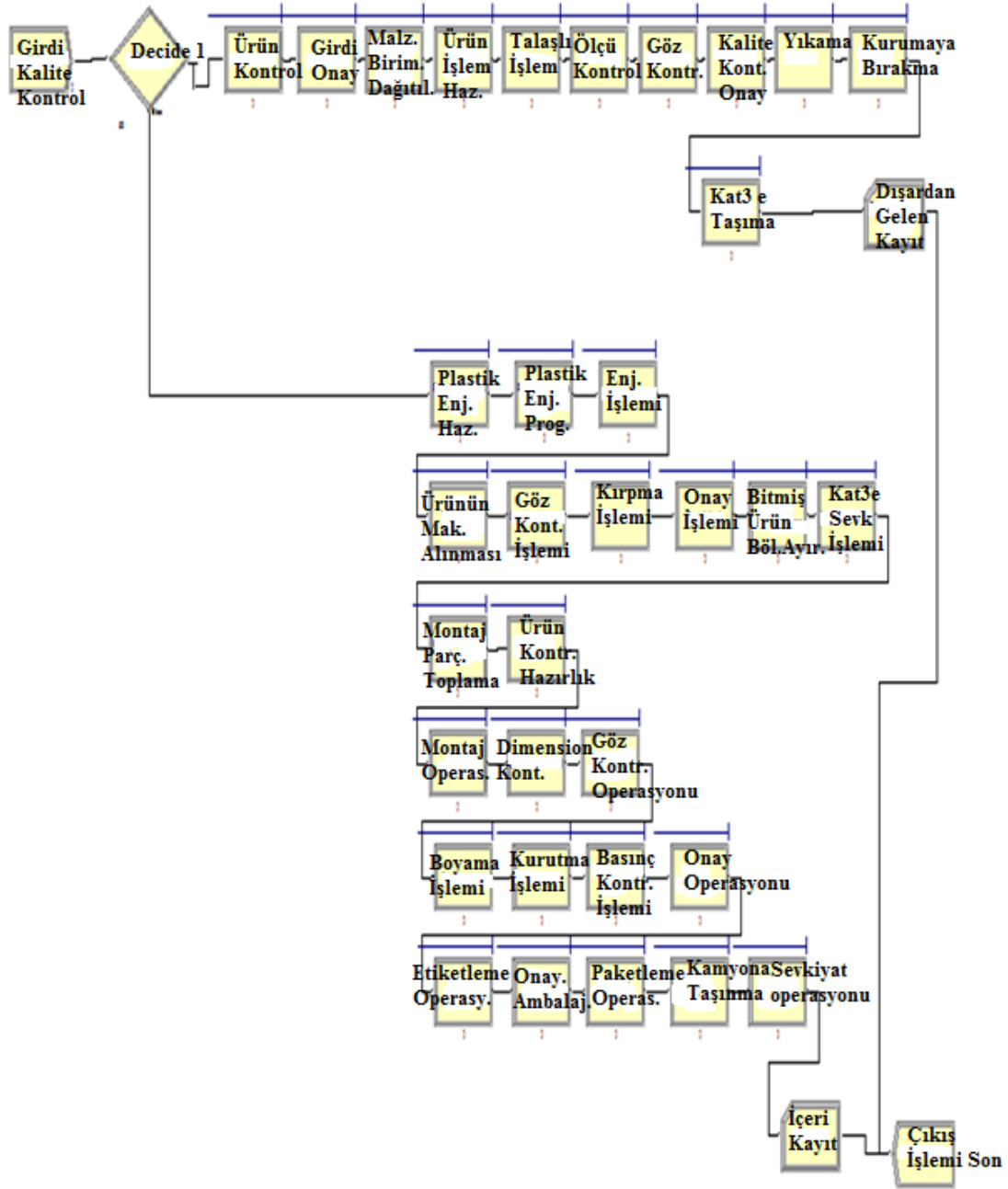
		performansını değerlendirebilmek için simülasyon metodu kullanarak bir yazılım aracı geliştirmiştir [63].
2006	Engin	Altı Sigmanın imalat endüstrilerinde elde ettiği başarıların hizmet endüstrilerinde de yaygınlaşması için bir yol haritası çizerek hizmet endüstrisinde süreç iyileştirme uygulaması gerçekleştirmiştir [70].
2006	Eroğlu	Süreç yönetimi ve süreç iyileştirme kavramlarını teorik ve pratik olarak ele alarak bir çorap fabrikasında uygulamasını gerçekleştirmiştir [58].
2007	Aydın	Süreç iyileştirme faaliyetlerinde bilgi yönetimi uygulamalarından faydalananarak, bankacılık sektöründe uygulamıştır [60].
2007	Elalmış	Bir yazılım geliştirme şirketinde yazılım geliştirme işleyişini inceleyerek, gereksinim nitelikleri ve süreç performansları ile ilgili mevcut problemleri belirlemiş ve süreç iyileştirme metotları önermiştir [71].
2007	Konuralp	Bir firmanın yazılım mühendisliği direktörlüğünde statik yazılım süreci metriklerini hesaplayarak ve Sezer (2007), tasarım doğrulama sürecini analiz ederek bazı iyileştirme önerilerinde bulunmuşlardır [72].
2009	Narlı	Sağlık sektöründe hasta memnuniyetini olumsuz etkileyen faktörlerin süreçsel olarak iyileştirilmesi üzerine uygulamalı bir saha çalışması yapmıştır [59].
2009-2010	Erdoğan ve Kılınç	Bir süreç iyileştirme yaklaşımı olan Bütünleşik Yeterlilik Olgunluk Modeli (CMMI) konusunda çalışmalar yapmışlardır [74], [75].
2016	Kayışkan	Gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede süreç yönetimi uygulaması ve süreç iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmada süreçlerin belirlenmesi, süreç ile ilgili verilerin ölçülmesi, süreç yönetiminin uygulanması, yapılan uygulamaların izlenmesi ve süreç iyileştirme teknikleri ile süreç içindeki faaliyetlerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır [77].
2016	Er	BSH şirketinde süreç geliştirme projesinin detayları hakkında çalışma yapılmıştır [78].
2017	Karaman	Bir finans şirketinde kurumsal süreç iyileştirme uygulaması yapmıştır [79].
2017	Etleç	Yalın üretim tekniklerine bağlı süreç iyileştirmelerin bir kozmetik firmasında uygulama çalışması yapılmıştır [80].

2017	Berber	Dondurma imalatı yapan bir işletmede iyileştirme uygulaması gerçekleştirilmiştir. İşletmenin iş süreçlerinin bütün aşamaları incelenerek mevcut durum analizi yapılmıştır. Analiz sonrasında sorunlar tespit edilerek uygun yöntemlerin seçilmesiyle sorunların çözümü için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulama sonucunda temel sorunlar tespit edilerek işçilik hataları, temizlik ve hijyen, fabrika düzeniyle ilgili çözümler üretilmiştir. Üretilen çözümlerin bir kısmı hayata geçirilerek kısa sürede önemli iyileştirmeler sağlarken, bir kısım öneriler ise işletmenin orta vadeli hedefleri içerisine alınarak değerlendirilmiştir [81].
2017	Sönmez	Bu çalışmada Jishuken tekniği üzerinde durulmuştur. Tekniğin daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan bu çalışmada öncelikle Japon iş yönetim şekli, yalın üretim mantığı ve sürekli iyileştirme felsefeleri anlatılmıştır. Daha sonra Jishuken tekniğine ait kavram ve özelliklerden, sürece ait eğitim ve uygulama adımlarından bahsedilmesinin yanında metodun uygulama şeklini göstermek için, seçilmiş örnekler üzerinde durulmuştur. Bu çalışma neticesinde varılan kanaat: işletmelerde istenmeyen maliyetlerin azaltılması, nitelikli yöneticilerin yetiştirilmesi, kurum içi iletişimin güçlendirilmesi, yöneticilerin sürekli gelişim prensibini benimsemeleri, süreci sahiplenmeleri, işletmelerde yalın dönüşüme direncin azaltılması ve işletmede bir çalışma felsefe oluşturulması için, tavsiye edilen bir çalışma şekli olduğudur [82].
2017	Özbilgin	Bir sirkülatör pompasının hidrolik tasarımı yapılmıştır ve değişik parametrelerin farklı değerlerinde sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, spiral gövdenin akışa dik kesit alanının ve çark dönme hızının pompa performansını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Spiral gövdenin akışa dik kesit alanının artışıyla, pompa performans eğrisindeki maksimum değer, tasarım debisinden daha yüksek debi değerlerinde gerçekleşmiştir. Akışa dik kesit alanının azalmasıyla, maksimum verim değeri tasarım debisinden daha küçük debi değerlerinde gerçekleştiği görülmüştür [83].
2017	Karaca	Muğla ilinde, toprak ve su kaynaklı ısı pompalarına göre kullanım kolaylığı bulunan hava kaynaklı ısı pompası incelenmiştir. Dinamik simülasyon programı olan POLYSUN kullanılmış ve 30 model sistem oluşturulmuştur. Sonuçta, güneş kollektörü alanı arttıkça mevsimsel performans faktörünün arttığı ancak ısıtma tesir katsayısının azaldığı görülmüştür [84].
2017	Şenol	Demir çelik sektöründe faaliyette bulunan bir işletmeye ait su tesisi ünitesinde kullanılan pompalarda ve

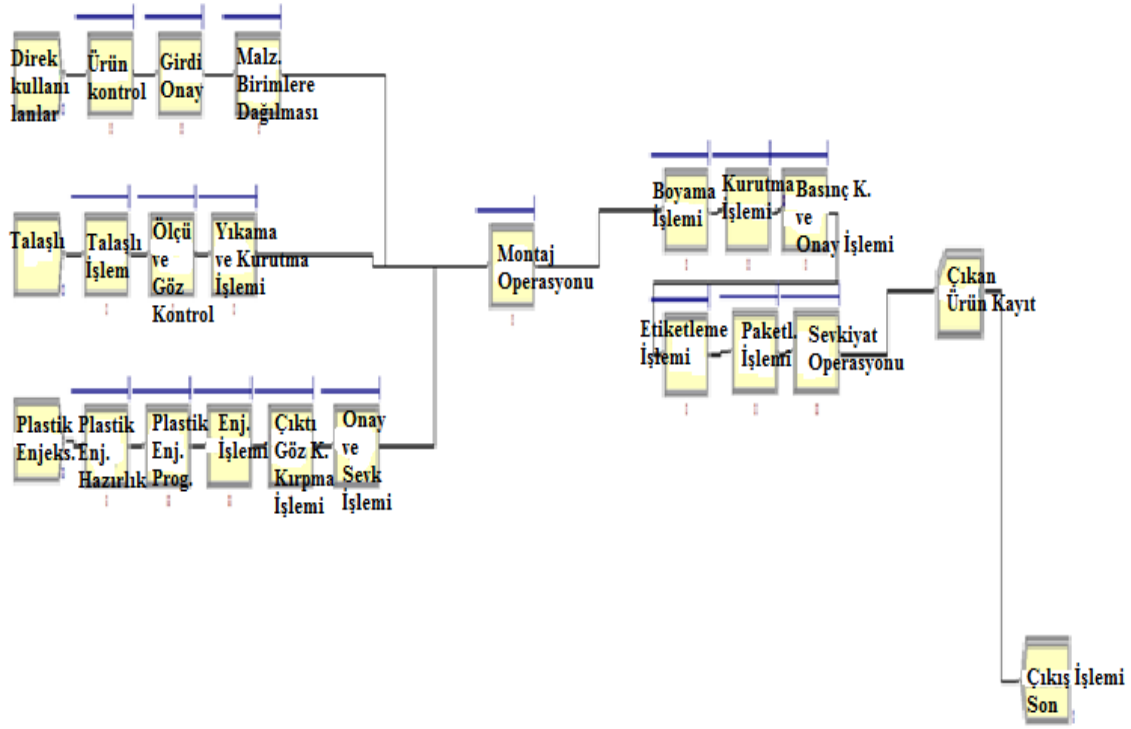
pompaj sistemlerindeki enerji tasarrufu potansiyeli incelenmiştir. Bunun neticesinde enerji sarfiyatı kış koşullarında ortalama 240 kWh'ten 109 kWh'e, yaz şartlarında ise yaklaşık 347 kWh'ten 125 kWh'e azaltılarak toplamda takriben 2.241.000 kWh/yıl' dan 920.000 kWh/yıl değerine getirilmiştir [85].

2018	Alpaslan	Bir otomotiv yetkili servisinde müşteri memnuniyeti odaklı süreç iyileştirme çalışması yapılmıştır [86].
------	----------	--

Ek-2A Mevcut Durum Simülasyon Modeli



Ek-2B Gelecek Durum Simülasyon Modeli



Pompa İmal Eden Fabrikalarda Üretim Planlama Kontrolünde Karşılaşılan Sorunlar ve Optimizasyon Çalışması

Üretim planlama ve kontrol; bir üretim yönetimi etkinliği olarak üretilecek ürün için gerekli olan makine-teçhizatı belirlemek, ürünün istenen kalite ve maliyette, istenen sürede, doğru zaman-

da ve istenen miktarda oluşumunu sağlayacak planlama, çizelgeleme, programlama ve kontrol çalışmalarını kapsar. Dolayısıyla, gelecekteki faaliyetlerin düzeylerini veya limitlerini belirleyen ve gerekli zamanlarda önlem alan fonksiyonun bir diğer ismidir. Üretim planlama ve kontrolünün amacı, işletmenin mevcut kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını sağlamakta etkili olan faktörlerin göz önüne alınarak işletmenin faaliyetlerini koordine etmeye yönelik çalışmaları düzenlemektir.

Makine imalatı yapan firmalarda, üretim planlama ve kontrolü üzerine ulusal ve uluslararası pek çok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır. Ebru Takcı, Kayseri’de faaliyet gösteren ve kot pantolon üretimi yapan bir tekstil fabrikasında çalışmasını gerçekleştirmiştir. Üretim hattındaki darboğaz noktalar tespit edildikten sonra süreç iyileştirmesi yapılmıştır. Simülasyon sistemi kullanılmıştır ve neticede iyileştirmeler sağlanmıştır [1]. Mustafa Yurdakul, Salur Eşkin ve Yusuf Tansel İç, bir otomotiv yan sanayi işletmesinde, işgücü, malzeme, makine ve teçhizat gibi fiziksel kaynakların, toplam malzeme taşıma maliyetini en aza indirecek tarzda tekrar tasarımı yapılmıştır. Üretim yapılacağı bir alan üzerine makine-teçhizat yerleşiminin yeniden düzenlenmesiyle birlikte performansa etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, fiziksel kaynakların yerleşimi için LayOPT paket programı kullanılmış, yeni yerleştirme şeklinin performansını ölçmek için de ARENA benzetim programı kullanılarak yapılan analiz sonucunda yeni yerleşim planının ve yapılacak iyileştirmelerin performans üzerinde pozitif katkılar sağladıklarını gözlemlemişlerdir

