T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği

# MÜŞTERİ SİPARİŞLERİNE YÖNELİK ÜRETİM PLANLAMA: ARSLAN MAKİNA UYGULAMALI ÖRNEK

Ali YÜREK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Niyazi Onur BAKIR

İstanbul, 2020

# MÜŞTERİ SİPARİŞLERİNE YÖNELİK ÜRETİM PLANLAMA: ARSLAN MAKİNA UYGULAMALI ÖRNEK

**Ali YÜREK**

Endüstri Mühendisliği

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne

Yüksek Lisans

tezi olarak sunulmuştur.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2020

"Ali YÜREK" tarafından hazırlanmış ve 24.09.2020 tarihinde sunulmuş "MÜŞTERİ SİPARİŞLERİNE YÖNELİK ÜRETİM PLANLAMA: ARSLAN MAKİNA UYGULAMALI ÖRNEK" başlıklı tez Anabilim Dalı Anabilim Dalında Tez Türü Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

_____

Doç. Dr. Niyazi Onur BAKIR

Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

| | | |
|---|---|---|
| Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır | Mühendislik ve Doğa Bilimleri, Altınbaş Üniversitesi | _____ |
| Dr. Öğr. Üyesi Yasin GÖÇGÜN | Mühendislik ve Doğa Bilimleri, Altınbaş Üniversitesi | _____ |
| Dr. Öğr. Üyesi Kemal Dinçer DİNGEÇ | Mühendislik Fakültesi, Gebze Teknik Üniversitesi | _____ |

Bu tezin Yüksek Lisans. tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü kabul tarihi:

01/10/2020

Bu dökümandaki tüm bilgilerin akademik kural ve etiğe bağlı kalınarak yazıldığını ve tez yazım kuralları kapsamında bu çalışmada bulunan ve özgün olmayan bütün bilgi ve materyallerin referanslandırıldığını temin ederim.

ALİ YÜREK

# TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Bitirme Tezim olan bu çalışmada desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve daima yanımda hissettiğim Tez Danışmanım çok kıymetli Sayın Prof. Dr. Niyazi BAKIR ve çok kıymetli bilgilerinden istifade ettiğim Sayın Doç. Dr. Kemal DİNGEÇ hocama teşekkürlerimi sunarım.

Şahsıma kurumsal iş hayatı anlamında en çok katkı yaptığı ve bilgi birikimimde beni taşıdığı noktaları asla inkâr edemeyeceğim Arslan Makina ve Döküm ailesine, Yüksek Lisans konusunda bana ön ayak olan maddi ve manevi desteği esirgemeyen Arslan Makina ve Döküm Planlama ve Bilgi Sistemleri Müdürü Emre ARSLAN ’na teşekkürlerimi sunarım.

Arslan Makina ailesine katıldığım ilk günden itibaren desteklerini esirgemeyen ve daima yanımda hissettiğim İdari Genel Müdür Kaan Arslan Bey ve Teknik Genel Müdür Oğuzhan Arslan Bey’e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm iş ve okul hayatım boyunca yanımda hissettiğim desteklerini esirgemeyen Babam Ahmet Nafiz Yürek, Annem Fatma Yürek’e, varlıkları ile kendimi güçlü hissettiren kardeşlerim Ömer Faruk, Esat Sami Yürek’e sevgi ve saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Okul hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini ve sevgisini esirgemeyen her zaman arkamdan duran Serhat YÜREK, Ahmet Furkan YÜREK, Yunus ÖZTÜRK ve Melih KÜRTÜNCÜOĞLU ’na teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak yıllardır birlikte zaman geçirdiğim, günümüze kadar iyi kötü tüm zamanlarda daima desteğini hissettiğim, yakın dostlarım Dr. Nusret SOLAK ve Yalçın AYDIN ’a teşekkürlerimi sunarım.

# ÖZET

## MÜŞTERİ SİPARİŞLERİNE YÖNELİK ÜRETİM PLANLAMA: ARSLAN MAKİNA UYGULAMALI ÖRNEK

ALİ YÜREK

Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği, Altınbaş Üniversitesi,

Danışman: Doç. Dr. Niyazi BAKIR

Tarih: Eylül, 2020

Sayfa Sayısı: 102

Bu çalışmada; üretim sistemleri, müşteri siparişlerine ilişkin üretim planlama stratejileri hakkında bilgi verilerek Arslan Makine örneği üzerinden uygulama esaslarının anlatılması amaçlanmıştır. Planlanan üretimin ve sevkiyatların zamanında gerçekleşmesi için üretim içerisindeki ihtiyaçların zamanlanması, düzenlenmesi, satın alınması gereken malzemelerin firmada bulunması gereken tarihlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nokta da üretim planlama stratejisi müşteri siparişlerinin zamanında sevk edilmesinde en önemli koordinasyonu oluşturmaktadır. Bu çalışmada üretim planlama ve kontrol süreci ve üretime yüklenen sipariş miktarının ve talaşlı imalat tezgahında oluşabilecek darboğazların CONWİP yöntemi ile çözümü incelenmiştir. Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde konunun tanımlanması, çalışmanın amacı ve kapsamı değerlendirilmiştir. İkinci bölümde üretim sistemleri tanımlanmış ve üretim sistemleri hakkında genel bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde üretim planlaması ve planlamaya esas yöntemler yer almaktadır. Dördüncü bölümde CONWIP üretim sistemlerinde yer alan matematiksel karar verme algoritmaları ve darboğaz kavramı açıklanmıştır. Beşinci bölümde uygulama için seçilen Arslan Makina'nın mevcut üretim sisteminden bahsedilmiş olup üretim sistemi iki ürün kapsamında merkezi darboğaz içeren ve darboğaz içermeyen iki ürün üzerinden CONWIP sisteme geçiş

değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise CONWİP sisteminin uygulanmasının bulgularına ve analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışmanın hazırlanmasında temel amaç, konusu planlama olan çalışanlara CONWİP sistemlerinin üretim planlamadaki önemini bir kez daha vurgulamak ve konu hakkında bilgi sahibi olmak isteyenlere bir rehber oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim Planlama ve Kontrol (ÜPK), CONWİP, Sipariş Büyüklüğü Belirleme

# ABSTRACT

## PRODUCTION PLANNING FOR CUSTOMER ORDERS: ARSLAN MAKİNA APPLIED EXAMPLE

YÜREK Ali

MSc, Industrial Engineering, Istanbul Altınbaş University,

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Niyazi BAKIR

Date: September, 2020

Pages: 102

The main aim of this study, to explain the application principles through Arslan Makine example, by giving information about production systems, related production planning strategies according to customer orders In order to plan the production and shipments to be carried out on time, the needs within the production process should be timely arranged, and the dates for purchasing to procure raw materials used should be determined in the company. At this point, the production planning strategy constitutes the most important point in the coordination of delivering customer orders.In this study, the production planning, and control process, and the solutions for the order quantity loaded on the production and the possible bottlenecks on the machining tools through the CONWIP method were examined.This study consists of six chapter. In the introduction chapter, the definition of the subject, the purpose and scope of the study are evaluated. In the second chapter, the production systems are defined and a general information about production systems is given.In the third chapter, production planning and methods based on planning are included. In the fourth chapter, the mathematical decision making algorithms and bottleneck concept in CONWIP production systems are explained. In the fifth chapter, the current production system of Arslan Makina, selected for the application, is mentioned, and an evaluation of transition to CONWIP system has been made over two products that contain central bottlenecks and do not contain

bottlenecks. In the last chapter of the study, the findings and analysis results of the application of the CONWİP system are included. The main purpose of the preparation of the study is to emphasize the importance of CONWIP systems in production planning for employees whose subject is planning and to provide a guide for those who want to have information about the subject.

**Keywords:** Production Planning and Control (PPP), CONWIP, Order Size Determination

# İÇİNDEKİLER

**TEŞEKKÜR** ..... **v**

**ÖZET** ..... **vi**

**ABSTRACT** ..... **viii**

**İÇİNDEKİLER** ..... **x**

**TABLO LİSTESİ** ..... **xii**

**ŞEKİL LİSTESİ** ..... **xiii**

**KISALTMALAR LİSTESİ** ..... **xv**

**1 GİRİŞ** ..... **1**

**2 ÜRETİM** ..... **5**

2.1 ÜRETİM NEDİR? ..... 5

2.2 ÜRETİM SİSTEMLERİ TARİHÇESİ ..... 6

2.3 ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI ..... 7

2.3.1 Klasik (Geleneksel) Üretim Sistemleri ..... 9

2.3.1.1 Ürüne uygulanan stok politikasına göre sınıflandırma ..... 9

2.3.1.2 Ürün çeşidi ve üretim miktarına göre sınıflandırma ..... 10

2.3.1.3 Üretim sürecine göre sınıflandırma ..... 13

2.3.2 Modern Üretim Sistemleri ..... 14

2.3.2.1 Tam zamanında üretim sistemi ..... 14

2.3.2.2 Hücresel üretim sistemleri ..... 15

2.3.2.3 Melez üretim sistemleri ..... 16

2.3.2.4 Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemleri ..... 17

2.3.2.5 Esnek üretim sistemleri ..... 19

2.3.2.6 Özel kitlesel üretim sistemleri ..... 21

2.3.2.7 Dinamik üretim sistemleri ..... 22

**3 ÜRETİMDE PLANLAMA VE KONTROL ..... 24**

3.1 ÜRETİMDE PLANLAMA VE DİJİTAL KONTROL SİSTEMLERİ ..... 24

3.2 İŞLETMELERDE PLANLAMA VE ÇİZELGELEME ..... 32

3.2.1 Üretim Planlamada Erp ve Mrp Sistemlerin Önemi ..... 34

3.2.2 Üretim Kontrol Sistemi Olarak Conwıp Sistemler ..... 37

**4 CONWIP SİSTEMLERİN GELİŞİMİ VE KULLANILAN ALGORİTMALAR ..... 40**

4.1 CONWIP KARTLARIN DARBOĞAZ TEZGAH İÇİN PROGRAMLANMASI ..... 49

4.2 ÜRETİM HATTINDA DARBOĞAZ OLMADIĞINDA KART PROGRAMLANMASI 53

**5 CONWIP SİSTEM UYGULAMASI ..... 58**

5.1 UYGULAMA FİRMASI ARSLAN MAKİNA TANITIMI ..... 58

5.2 SEÇİLEN ÜRÜNLERİN TANITIMI VE ÜRETİM HATTINDA BULUNAN MAKİNE-EKİPMAN BİLGİSİ: ..... 59

5.2.1 Uygulamaya İlişkin Varsayımlar ..... 65

5.3 UYGULAMAYA YÖNELİK YORUMLAR ..... 73

**6 BULGULAR VE DEĞERLENDİRME ..... 77**

**7 SONUÇLAR ..... 80**

**KAYNAKÇA ..... 81**

# TABLO LİSTESİ

**Sayfa**

Tablo 5.1 :Ürün 18 ve ürün 39 için sipariş miktarları ..... 61
Tablo 5.2 : Ürün 39 şubat ayı siparişleri ..... 66
Tablo 5.3 : Ürün 39 tüm parametrelerin sergilenmesi ..... 68
Tablo 5.4 : Ürün 18 tüm parametrelerin sergilenmesi ..... 68
Tablo 5.5 : Ürün 18 mınıtab simülasyon ekran görüntüsü ..... 69
Tablo 5.6 : Ürün 39 mınıtab simülasyon ekran görüntüsü ..... 69
Tablo 5.7 : Ürün 39 yarı mamul kartları ile işçi performans değişimleri ..... 75
Tablo 5.8 : Ürün 18 yarı mamul kartları ile işçi performans değişimleri ..... 76

# ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa**

Şekil 1.1: Üretim süreci....1
Şekil 2.1 : Üretim sistemleri sınıflandırılmasını gösterir tablo ( tanyaş ve başkak, 2017) ....9
Şekil 2.3: Sanayide tornalama ve frezeleme işlemleri için kullanılan bir cnc tezgah modeli elemanları....18
Şekil 3.1: Basitleştirilmiş imalat ve kontrol sistemi....27
Şekil 3.2: Sürekli zamanlı bir tesisi kontrol eden bir dijital kontrol sistemi....28
Şekil 3.3: Tipik bir örneklenmiş veri kontrol sisteminin konfigürasyonu ....28
Şekil 3.4: Üretimde kullanılan akıllı makinelerin kapasite ve bakım gereksinimi açısından programlanması....29
Şekil 3.5: Üretimde kullanılan akıllı makinelerin kontrol ve bakım sisteminin programlanması ve test edilmesi....29
Şekil 3.6: Üretim sisteminde bilgi akış diyagramı (wang,2007)....31
Şekil 3.7: Farklı düzeylerde karar verme (sule, 2009) ....33
Şekil 3.8: Mrp ıı prensipleri (browne et.al., 1996). ....37
Şekil 3.9: Üretim sistem değerleri ve conwıp örnek şirket için tabloların oluşturulması (ajorlou, shams, aryanezhad, ,2011) ....38
Şekil 3.10 Üretim planlama ve kontrol sistemlerinin çalışma biçimleri (jodlbauer, 2008). ....39
Şekil 3.11: Conwıp sistemlerin bütünleşik kullanımı ....39
Şekil 4.1: Conwıp genel iş akış şeması (zhang ve chen 2001). ....43
Şekil 4.2: Conwip kartları ile paket program takip sistemi bir simülasyon çalışması görünümü..44
Şekil 4.3: Parti serbest bırakıldığında kendine özgü darboğaz ile üretim alt hattı....50
Şekil 4.4: Wıp kart sayısı 2xb +1'ye eşit olduğunda özel darboğazlı alt üretim hattı....51
Şekil 4.5: Optimum kart numarası 3b'ye eşit olduğunda özel darboğazlı alt üretim hattı foksiyonu [61] ....52
Şekil 5.1: Ürün 18 görseli ....59
Şekil 5.2: Ürün 18 kullanımına ilişkin görsel ....59
Şekil 5.3: Ürün 18 için birkaç uygulama tezgahı görseli ....60

Şekil 5.4: El arabalarına tutturulan e-conwıp kart görseli.....60
Şekil 5.5: Ürün 18 ve ürün 39 için bantta ilerleyen wıp kart aksesuarı .....61
Şekil 5.6: Uygulanması planlanan iş akış diyagramı .....62
Şekil 5.7: Ürün parametreleri için tasarım modellemesi faktörleri gösterir minitab ekran görüntüsü.....63
Şekil 5.8: Ürün 39 conwıp değerlerinin minitab ekranına tanımlanması pc ekran görüntüsü .....64
Şekil 5.9: Ürün 39 için analiz durumlarının tanımlandığı minitab ekran görüntüsü.....65
Şekil 5.10:Ürün 39 için şirketteki mevcut değer akış haritası.....66
Şekil 5.11: Hopp ve sperman tarafından tanımlanan elektronik kontrol modülü kullanan conwıp sistem gösterimi (hopp, sperman,1996). .....67
Şekil 5.12: Ürün 18 conwıp sistem parametreleri excel grafiği.....71
Şekil 5.13: Ürün 39 conwıp sistem parametreleri excel grafiği.....71

# KISALTMALAR LİSTESİ

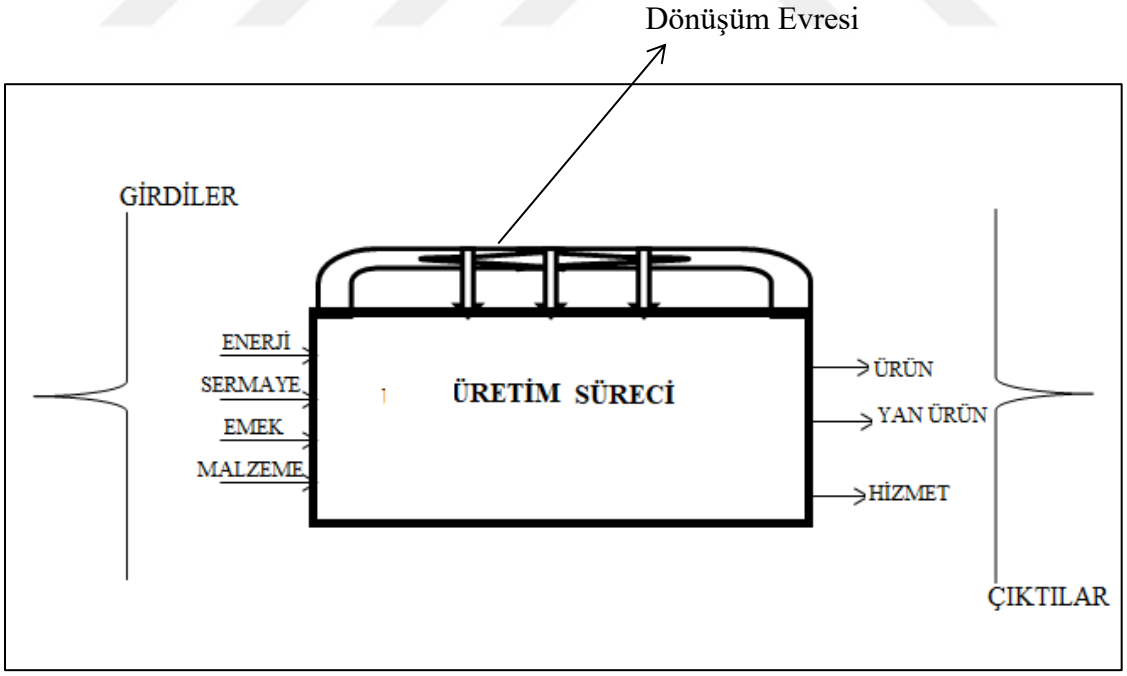
| | |
|---|---|
| ERP | : Kurumsal Kaynak Planlaması |
| MRP | : Malzeme İhtiyaç Planlaması |
| CONWIP | : Constant Work in Process (Üretim içi sabit stok) |
| MINITAB | : Windows İşletim Sisteminde İstatistik Yazılım |

# 1 GİRİŞ

TDK sözlüğünde üretim; belirli faaliyet ve işlemler sonucu yeni bir mal veya hizmet meydana getirmek olarak tanımlanmaktadır. Üretim; ekonomik açıdan değerli bulunan mal veya hizmet taleplerini karşılamak üzere gösterilen faaliyetlerin tamamıdır. Üretilen mal veya hizmetin ekonomik açıdan karşılığı olması elzemdir.

Müşteriden gelen her ihtiyaç talebi oluşturur. Müşterinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere harekete geçen ilgili üretim grupları talebe ilişkin kendi taleplerini de oluşturup tamamlayarak ihtiyacın giderilmesine yönelik adım atar, bu atılan adım kimi zaman bir yazılım, kimi zaman bir ürün olarak piyasaya arz edilir.

Üretimin başlaması için gerekli etmenler; emek, sermaye ve doğal kaynaklardır. Üretimin her safhası açık ve denetlenebilir süreçlerden oluşur. Tıpkı bir bilgisayar sistemi gibi girdiler, dönüşüm evresi ve çıktılar olarak düşünülebilir.




**Şekil 1.1:** Üretim Süreci

Üretim sistematik olarak yapılan emek, sermaye ve diğer girdilerin oluşturduğu ve çıktı olarak bize hizmet, katma değeri yüksek ürün yahut katma değeri düşük ancak ekonomik anlamda yine de değerli olan ürünleri ve bağıl yan ürünleri sunar.

Üretim süreci şekilleri açısından sistemlere sahiptir. Bu sebeple üretim sistemleri geliştirilmiştir. Üretim sistemleri bir ürün yahut hizmetin pazar payını tahmini olarak değerlendirir. Müşteri taleplerine ilişkin üretim sistemleri ise anlık gelişen ihtiyaç yahut isteğe yönelik iş akışlarını takip eder.

Üretimde sermaye girdisi, malzeme tedariği, doğal kaynakların kullanımı, enerji talebinin oluşması gibi mali yük kalemlerinin yer aldığı Şekil 1.1. de gösterilmektedir. Girdi kalemlerinin oluşturduğu maliyet yükü, üreticileri, ikinci dünya savaşının ardından sonra kaynak azlığı çeken dünya için o güne dek üreticilerin alıştığı kitlesel üretimin karşılanmasını zorlaştırmış bu nedenle sınırlı kaynakların akıllıca kullanılması mecburiyetini doğurmuştur. 1950 yılında Japonya'da ortaya çıkan ve 1980 yılından itibaren dünyaya yayılan müşteri taleplerine ilişkin sipariş sistemleri üzerine 1770'te Adam Smith tarafından üretim kademelerinde işbölümü yapılması ile üretim artışını sağladığını gösterdiği deney çalışmaları ile 1830'lu yıllarda Charles Babbage tarafından işi kolaylaştırma, aynı işte uzun süreli çalışma yöntemiyle uzmanlaştırma ve üretkenliği arttırma yönünde yöntemin uygulamasını kontrol ettiği deneyler literatürde ilk karşılaşılan bilimsel çalışmalardır.1920 yılında Frederick W. Taylor tarafından yazılan Bilimsel Yönetim Prensipleri adlı eserde üretim yönetiminde organizasyon, verimlilik artışı, işyeri düzeni kavramlarını ortaya koymuştur. 1903 yılında Henry Ford tarafından üretim bandı kavramı ortaya atılmış ve ilk üretim bandı modeli geliştirilmiştir.1913 yılında H. Ford hareketli montaj hattını fabrikasını devreye almıştır. 1925 yılında General Motors tarafından üretim maliyetleri analizi yapabilen hesaplama makinesi geliştirmiştir. 1930'larda üretimde kapasite planlaması, kalite kontrol kavramları ortaya atılmıştır. 1940 yılının sonlarına doğru istatistiksel açıdan ancak doğrusal sonuçlar verebilen makine öğrenmesi yapay zeka kullanımları uygulanmaya başlanmış bu anlamda ilk simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Yapay zeka yöntemi ile maliyet, mühendislik hesaplamalar doğrusal ilerleyen hareketli bant üretimleri, fabrikanın malzeme taşıma bantları sensörler birlikte çalışmış ve bugün geliştirilmiş versiyonlarını gördüğümüz üretim hatları yerlerini almıştır. 1950'li yıllara geldiğimizde Taiichi Ohno tarafından geliştirilen müşteri siparişleine yönelik üretim planlaması

sistemi o döneme dek kitlesel üretime alışmış dünya için maliyet azaltma konusunda avantaj sağladığı görülmüş 1980 'li yıllarda dünya bu kavramdan haberdar olmuştur. 1960 ila 1970 yılları arasında çok katmanlı yapay sinir ağı modeli ile birlikte Joseph Orlickly ve Oliver Wight tarafından çok katmanlı yapay sinir ağına tahminleme, proje planlama, envanter kaydı gibi konularda karar verebilen bilgisayar destekli yazılım programını tanıtmışlardır. 1980 yılının ortasında Japon firmaları tarafından kullanıma başlanılmış sistemler yayılarak kalite yönetimi ", verimlilik ve üretkenlik kavramları, endüstriyel robotlar, CAD / CAM, bilgisayara dayalı proses kontrol – CAPP sistemleri dünyaya tanıtılmıştır. 1982 yılında Wickham Skinner, Arup K. Chakraborty, Elsevier Science tarafından Yeni Teknolojinin Etkisi: İmalat ve Yardımcı Endüstrilerdeki Kişi ve Organizasyonlar adlı eser yayınlanmıştır. Japonya'da uzun yıllar çalışmalarda bulunan W. Edwards Deming 1986'da Japon imalat sanayinin dönüşümüne yol açan düşünce ve uygulamayı belgeleyen Krizden Kaçtı kitabını yayınlamıştır. PDCA Döngüsü (Deming Çarkı) işletmelerde halen kullanılan istatistiki bilgiye dayalı yönetim sistemi öğreticisidir. 1989 yılı Nesime Acar tarafından Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları adlı eser yazılmıştır. Üretim denetleme mekanizmalarından olan ve İlk uygulaması Taiichi Ohno tarafından Toyota için kurgulanan KANBAN sistemine alternatif olarak üretilmiş CONWİP, POLCA, DBR, sistemleri kurgulanmıştır. İşletmelerde kullanım kolaylığı açısından en çok tercih edilen CONWIP sistemi üzerinde literatürde yer alan çalışmalar ise şu şekildedir; Herer ve Masin tarafından 1997 yılında CONWIP sistemi üzerinde optimal düzeyde iş sırasına karar veren bir yapay zeka algoritması geliştirilmiştir. Dar-El, EM, Herer, Y. ve Masin, M. tarafından 1997 yılında Conwip sistemi üzerinde optimal düzeyde iş sırasına karar veren bir algoritma geliştirilmiştir. 1999 yılında Boaz Golany, Noam Goldberg Uriel G. Rothblum çok hücreli çok aileli CONWIP üretim sistemi için model geliştirmiştirlerdir. 2000 yılında Luh, Y tarafından atölye tipi tek seri CONWIP üretim hattı bulunan Sikorsky Aircraft için bir matematiksel algoritmik model oluşturulmuştur.2007 yılında Duming Zhang tarafından üretim sisteminde iki hat tarafından beslenen montaj istasyonu için bir doğrusal olmayan karma tamsayı programlama modeli oluşturulmuştur. Literatürde ayrı başlıklar altında çeşitli üretim yöntemleri ve analizleri bulunsa da üretim planlama stratejileri ile birlikte yer alan müşteri siparişlerine yönelik üretim sistemini inceleyerek CONWIP analizinin sağlandığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada; üretim sistemleri, müşteri siparişlerine ilişkin üretim planlama stratejileri hakkında bilgi verilerek Arslan Makine örneği üzerinden uygulama esaslarının anlatılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde konunun tanımlanması, çalışmanın amacı ve kapsamı değerlendirilmiştir. İkinci bölümde üretim sistemleri tanımlanmış ve üretim sistemleri hakkında genel bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde üretim planlaması ve planlamaya esas yöntemler yer almaktadır. Dördüncü bölümde CONWIP üretim sistemlerinde yer alan matematiksel karar verme algoritmaları ve darboğaz kavramı açıklanmıştır. Beşinci bölümde uygulama için seçilen Arslan Makinenin mevcut üretim sisteminden bahsedilmiş olup üretim sistemi iki ürün kapsamında merkezi darboğaz içeren ve darboğaz içermeyen iki ürün üzerinden CONWIP sisteme geçiş değerlendirmesi yapılmıştır. Son bölüm olan altıncı bölümde analizin sonuçları değerlendirilmiştir.

# 2 ÜRETİM

## 2.1 ÜRETİM NEDİR?

Doğayı, en temel hali ile üretimhane kabul eden, Karşılaştırmalı İşletme Yönetim Terimleri Sözlüğü ’nde üretim; Doğanın, insana sunduğu kaynaklara diğer üretim faktörleri olan sermaye ve işçilik eklenerek, ürün yahut hizmetlerin ortaya çıkarılması olarak tanımlanmaktadır [1].

Üretim günümüz Türkçesinde farklı karşılıkları bulunan anlam karmaşası yaratan bir kelime olmakla birlikte, istihsal ve imalat kelimeleri ile yakın ilişkisi olmasına karşın tam karşılığı için tanımlamasının doğru yapılması gereken bir kavramdır.

İstihsal daha çok işçilik faaliyetini temsil eden insan gücünün yanı sıra bitki ve hayvanların da yer aldığı bir sistemi tanımlamaktadır. Toprak ürünleri doğası gereği istihsaldir. Patates üretimi için insanın sunduğu işçilik tek başına yeterli gelmemekte, iklim koşulları, toprağın cinsi de önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Yahut hayvansal gıda olan tavuk yumurtası üreticiliği dense de aslında bu da bir istihsaldir. İnsan gücü, hayvanın iyi bakılmasına yetse de üretimi direkt olarak etkilemez, tavuğun cinsi, bulunduğu bakım merkezine uyumu gibi faktörler etken olarak kabul edilmelidir. İmalat ise, İnsan gücü ve insan gücü ile kurgulanmış olan makinelerin de yardımı ile ortamdan bağımsız yeni bir ürün veren faaliyetlerdir. Örneğin bir televizyon üretimi, yürüyen bantlar üzerinde çeşitli ekipmanların bulunduğu ve insan eli ile montajlanarak bir araya getirilmesinden oluşan ve nihai bir ürün ortaya koyan faaliyetlerdir. İşletmelerde üretimin her alanında teknik kadroda yer alan mühendisler, üretimi; fiziksel bir meta üzerinde, metanın piyasa değerini arttırmaya yönelik değişiklikler yapmak ya da piyasa değeri düşük bir hammaddeleri ve yarı mamulleri, piyasa değeri yüksek bir kullanılabilir yeni bir ürüne dönüştürerek, nihai alıcılarla buluşturmak olarak tanımlamaktadırlar [2]. Bu durumda imalat kelimesinin üretim kavramına anlamsal olarak, karşılık verdiği kabul edilebilir olmakla birlikte, istihsal kelimesi sermaye ve emek girdilerini barındırsa da çıktı yönünden bekleneni sunmama riski bulunduğundan üretimin tam karşılığıdır şeklinde yorum yapılmasına engel teşkil etmektedir.

Kısaca, Üretim, Şekil 1.1. de olduğu üzere üretim sürecine dahil olan girdilerin, alıcıların ihtiyacını karşılayacak olan mal yada hizmetler olarak çıktılarının alındığı bir faaliyetler bütünüdür ancak

girdi kümesinde insan harici başkaca doğa canlılarının yer aldığı faaliyetler söz konusu ise bu kavram istihsal olarak tanımlanabilir [3] .Üretim, hizmet sektöründe , girdilerinin çoğunlukla insan gücü ile sağlandığı şu an için yapay zekalardan faydalanılsa da insan gücü faktörüne muhtaç bir faaliyetler bütünüdür. Örneğin en son modern cihazlardan oluşturulmuş, yapay zeka teknolojilerini en üst düzeyde kullanan iletişim sektörünün bir dalı olan çağrı merkezleri, hizmet kavramının derinliğini yansıtmaktadır. Yahut sağlık merkezleri insan faktörü olmadan yürütülememektedir. Kısaca hizmet alanında üretim, sermaye ve insan gücü ile sunulan girdileri kapsayan sonunda nihai kullanıcının ihtiyacı olan bilgi ve deneyimi sunan, iyi hissettiren faaliyetler bütünü olması açısından üretim kavramını karşılamaktadır.

Üretim sadece kar amacı güden kuruluşlar için değerli olmayıp, kar amacı gütmeyen kuruluşlar için de önemli görülmelidir. Bunun nedeni, üretilip satışa sunulan mal yahut hizmetlerin, bu kuruluşların ayakta kalmasına katkı sağlayan yegane varlıkları olmasıdır [4]. Üretim, tüm gerçekliği ile işletmelerin varoluş nedenidir. Tüm İşletmeler çeşitli yollarla mal yahut hizmet üreterek varlıklarını sürdürürken, maliyet, verimlilik, üretim hızı ve performans kriterlerini göz önünde bulundurarak planlama yapmak zorundadırlar. Üretime yönelik planlamalarda aksaklık yahut eksiklik olması halinde, ilgili işletmenin rekabet gücü azalacak ve varlığını sürdürmesi tehlikeli bir hal alacaktır [5].

## 2.2 ÜRETİM SİSTEMLERİ TARİHÇESİ

1760 yılında James Watt tarafından kömür madenlerinde icat edilen buhar makinesinin keşfi, sanayi devriminin başlangıcı kabul edilmektedir. 18. Yüzyıl içerisinde yer alan bu gelişme ile üretim stratejik olarak devlet politikalarında yer almaya başlamıştır. Sanayi devriminden önce devletlerin güçleri silah ve asker gücüne dayalı iken sanayi devriminden sonra ülkelerin sahip oldukları güç, ekonomi ile yakın ilişkisi bulunan üretim faaliyetlerine dayalı bir hale bürünmüştür.

19. yüzyıl başlarında ise üretim üzerine yapılan bilimsel çalışmalar, bilgiye dayalı üretim sistemlerinin geliştirilmesi sonucunu kaçınılmaz kılmıştır. Bilgiye dayalı üretim sistemleri her ne kadar hammadde arayışına çıkmış olan büyük devletlerin birbiri ile savaşmasına ve sömürgecilik anlayışının ortaya çıkmasına neden olsa da sanayi gelişimi bu yolla sağlanmıştır. 20. Yüzyılda özel katma değerli ürünleri satışa sunan ülkeler kısa zamanda ön sırada yerini alan ülkeler olmuşlardır.

Bilime dayalı özel ürünler sanayinin kalbini oluştururken, bilginin işlendiği hizmet faaliyetleri aktive edilmiştir. Dünya, 21. yüzyılın ilk çeyreğini yaşadığımız şu günlerde, tavandan tabana yaşayan her bireyin tanıklık ettiği, endüstri 4.0 olarak sunulan yeni tip bir üretim devrimi süreci ile karşı karşıya kalmıştır [6]. Tanıklık ettiğimiz bu süreçte, yapay zeka fonksiyonlarının ön planda tutulduğu, bireylerin konforunu sağlayan, yaşam kalitesini arttıran, makine ve insan gücünün birlikte kullanıldığı işbirlikçi yaklaşımların gündemi belirlediğini yadsımak neredeyse imkansızdır. 21. yüzyılın bu ilk çeyreğinde insan odaklı yaklaşımların ön plana çıkarılmış olduğu gözlemlenmektedir. Üretim sistemlerinin insanoğlu tarafından kurgulanması, odak merkezinde de insanın bulunmasına etki eden en temel faktördür. Diğer taraftan üretim sistemlerinin geliştirilmesi yönünde çalışmalar her geçen gün artış göstermektedir.

Yeni kurulan firmalarda üretim stratejileri belirlenirken, firmaların genel olarak, üretim sistemlerinin hangi türüne göre üretim yapısına sahip olması gerektiği hususu öncelikli olarak değerlendirilmeli ve planlamalar bu önceliğe göre yapılmalıdır [7].

## 2.3 ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Üretim sistemlerini sınıflandırma, süreç seçimi açısından önem arz etmektedir. Bilim adamları, kendi disiplinlerine göre yapmış oldukları farklı sistem tanımları gibi, sistemlerin sınıflandırılmasında da farklı yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

Sistem kavramı işletme disiplini açısından "birbirleriyle ilişkili ve ortak amaçlara sahip elemanların, girişimci bir anlayış tarafından bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş anlamlı bir bütün" olarak tanımlanabilir.

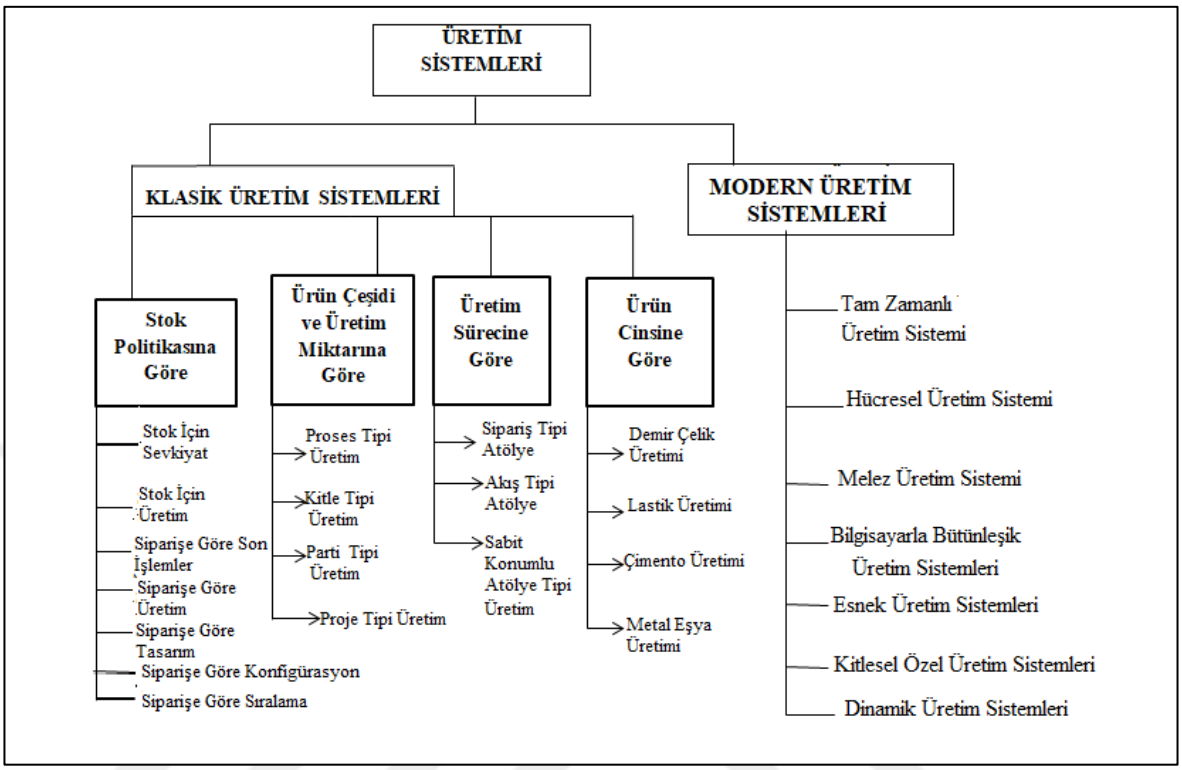
Bir işletmenin sistemi öncelikli olarak, yöneticinin bir yönetim felsefesi belirlemesine bağıl kabul edilir. Yönetim felsefesinde, sorunların ve ilişkilerin sistem olarak algılanması kısaca parçalardan önce bütün içindeki işlevlerin değerlendirilmesi anlayışına dayalıdır [8].

Bir sistemin varlığından söz edilebilmesi için, sistemin özelliklerini sergilemesi gereklidir. Bir sistemi meydana getiren özellikler şu şekildedir;

a) Aralarında hiçbir bağımlılık göstermeyen bağımsız elemanlardan bir sistem oluşamaz.

b) Sistem birbirini etkileyen parçalardan oluşur ve bir parçası değiştiğinde farklı bir sistem ortaya çıkar.
c) Sistem ve alt sistem elemanları karşılıklı olarak birbirlerine bağımlı kılan bir amaca hizmet ederler ve amacın gerçekleşmesi ile sistem dengeye ulaşmış olur.
d) Sistem kendisine sunulan her girdiyi, üretim sürecinde iken çıktı olarak sunacağı nihai ürüne göre programlar. Nihai ürünler, pazarda artık değer görmüyorsa, sistemin üretim sürecinin yeniden kurgulanması gerekir. Gerekli değişimler yapılmazsa sistem artık amaca hizmet etmez.
e) Sistemin her parçası süreç içerisinde önem arz eder ve parçaların bütünü etkilediği kompleks yapılardır. Parçalar arasındaki etkileşimin aksaması sistemin çalışmasını aksatır.
f) Sistem içerisindeki her bir parça farklı görevleri ifa etmekle mükelleftir. Ancak sistem ortak bir amaca hizmet eder.

Üretim sistemlerini; üretim yönetimi, ürün cinsi, ürün miktarı veya üretim akışı ölçütlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Genel anlamda üretim sistemleri modern ve klasik üretim sistemleri olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Sistem sınıflandırmaları genel hatları ile Şekil 1.1'de gösterildiği gibidir (Tanyaş ve Başkak, 2017) [9].




**Şekil 2.1 :** Üretim Sistemleri Sınıflandırılmasını Gösterir Tablo ( Tanyaş ve Başkak, 2017)

### 2.3.1 Klasik (Geleneksel) Üretim Sistemleri

#### 2.3.1.1 Ürüne uygulanan stok politikasına göre sınıflandırma

Firmanın ürettiği ürüne yönelik stok politikası, firmanın üretim tipinde belirleyici olur. Firma Şekil 2.1. de yer alan sınıflandırmalardan sadece bir tanesine dahil olabileceği gibi, iki sınıf arasında olabilir yahut birden çok sınıfa dahil olabilir (Tanyaş ve Baskak, 2017). Uygulanan stok politikasına göre üç ana başlık altında sınıflama tanımı yapılabilir. Bunlar, stok için üretim, sipariş için üretim ve iki grubun birleşimi gibi düşünülebilecek siparişe göre son işlemler adı verilen üretim biçimleridir.

Stok için üretim biçiminde; Firma stok politikası gereği müşterinin ihtiyaç duyabileceği ürünleri tahmin analizi ile üreterek stoklar. Müşterinin zaman kaybına uğramadan talep edeceği ürünleri, kaliteden ödün vermeden sunan firmalar için uygun bir üretim biçimi olmakla birlikte, yönetimin de nihai ürün stoklarını iyi yönetmesini gerektirir. Bu üretim biçiminde; Üreticiler, ürünü üretir ve stoklar. Müşteri talebinde ürünü, stoklardan çıkararak müşterinin ihtiyacını giderir. Müşteri aynı

gün ürünü almış olur. Bu üretim biçiminde ürün stoğunu müşteri değil, üretici belirler. Üreticiler genelde elde kalmayacak pazarı her daim geniş olan ürünler için bu stratejiyi izlerler. Örneğin mutfak araç gereçleri, standart trikotaj ürünleri gibi pazarı daima açık olan ürünleri piyasaya sunan üreticiler için stoklu çalışmak uygun görülmektedir. Ancak üreticilerin ürettiği ürünler için her daim açık bir pazar bulunmuyorsa stoklu çalışma biçimi ürünlerin üretici uhdesinde kalması riskini barındırmaktadır.

Sipariş için üretim biçiminde; Müşteri ihtiyacı doğrultusunda veya estetik kaygılarla özel bir ürün talep edebilir. Ürünü elde etmek için beklemeyi sorun etmeyebilir. Tasarım konusunda veya ürünün fonksiyonel özellikleri konusunda talebini ilgili üreticiye iletir. Üretici firma, müşterinin talep ettiği ürüne yönelik üretim süreci ve elinde gerekli hammadde stoğunu kontrol ederek hammaddede eksiklik varsa giderme süresini de göz önünde bulundurarak müşteriye talep ettiği ürünün eline ulaşabileceği tarihi verir ve ürettiği ürünü nihai alıcısına teslim eder. Bu tip üretim biçimine, özel tasarım mobilyalar yahut sanayilerde kullanım alanına göre özel makinelerin üretilmesi örnek verilebilir.

Siparişe göre son işlemler üretim biçimi ise; hem stok için üretim biçimi gibi stoklu çalışmayı hem de sipariş için üretim biçimi gibi müşteri taleplerine ilişkin çalışma biçimini barındırır. Bu üretim biçiminde üretici tasarımlarda değişmeyecek parçaların üretimini yaparak stoklar. Gelen müşteri taleplerine ilişkin nihai ürünü stokladığı parçaları bir araya getirerek montajlar ve müşteri talebini bu şekilde karşılar. Bu şekilde olan üretim biçimine, çoklu parça ve modellerden oluşan bilgisayarlar örnek gösterilebilir. Ekran kartından, işlemcisine kadar pek çok parçayı müşteri isteğine göre birleştirme ile pazarda söz sahibi olmayı amaç edinmiş bu işletmelerin üretim biçimlerine uygun olan siparişe göre son işlemler üretim biçimini benimsemişlerdir.

#### 2.3.1.2 Ürün çeşidi ve üretim miktarına göre sınıflandırma

Bu sınıflandırma dört ana başlık altında toplanmaktadır.
Bunlar; proses tipi üretim biçimi, kitle tipi üretim biçimi, parti tipi üretim biçimi, proje tipi üretim biçimleridir ve şu şekilde özetlenebilirler. (Tanyaş ve Baskak,2017);

1. Proses Tipi Üretim Biçimi: Akışkan olan malzemelerin üretim biçimidir. Genel anlamda pazarı her daim açık olan ürünler olduklarından üretim planlama bölümüne ihtiyaç dahi duyulmaz. El sabunu, deterjan, meşrubat gibi ürünler bu üretim biçiminde görülseler de stoklu çalışma stratejisini uygularlar. Üretici üretimde aksamanın olmaması ve ürünleri hızlıca üretmek için yüksek donanımlı makineleri tercih eder. Bu nedenle yatırımın sermayesi yüksektir. Ancak nitelikli iş gücü gerektirmeyen işleri her çalışan gruptaki takımlara en küçük detayları ile bölüştürüldüğünden yüksek verimlilik ile çalışan sistemlerdir.
2. Kitle Tipi Üretim Biçimi: Üretim bantları ve özel amaçlı tezgahların yer aldığı üretim biçimidir. Bu üretim tipinde amaç hızlı ve sayıca fazla ürün elde edebilmektir. Beyaz eşya üretimi gibi piyasada yüksek talebi olan ve standart ürünlerin üretilme biçimidir. Müşteri tercihleri bu tip ürünlerde farklı olduğundan, kitle tipi üretim biçiminde, ürün boyutları ve özellikleri bakımından her ürün grubuna yönelik, kitleler halinde üretilmesini sağlar. Bu tip üretim biçiminde, ürünler tek tek birbirini takip eden istasyonlardan geçerek oluşturulur. Her istasyonda bulunan üretim bandında, farklı bir otomasyonel işlem yapılır. Süreç içerisinde birden fazla iş birbirinden bağımsız olarak yürütülür. Parti tipi üretim biçimi yahut proje tipi üretim biçimlerine göre yatırım maliyeti daha yüksektir. Yüksek verimlilik ve hızlı üretim beklentisinin olduğu bu tip sistemlerde yüksek donanımlı otomasyon sistemleri ön planda yer aldığından, yüksek maliyet değeri anlaşılabilir olmaktadır.

   Üretimde planlama oluşturulurken piyasa tahmininin doğruya yakın yaklaşık değeri bulunarak yapılması ve ürün sayısının önceden planlama ile yaklaşık olarak tahmin edilmesi sistemine dayanmaktadır. Bu tip üretim biçiminde; üretim planlanırken, üretim bantlarının iyi dengelenmesi, üretim bantlarının güvenliğine yönelik tedbirlerin alınması ve bakımlarının doğru yapılması, hammadde stoklarının kontrolü ve aksaklık varsa zamanında giderilmesi, ara stok miktarlarının iyi planlanması gibi kriterler üretim sürecini doğrudan etkileyen kriterler olarak kabul edilmeli ve gerekli kontroller sağlanarak uygun tedbirlerin alınması önem arz etmektedir.

3. Parti Tipi Üretim Biçimi: Üretim planlamanın önemli olduğu, birbirine benzeyen yahut tamamen aynı şekil ve cinsten ürünlerin üretilme biçimidir. Bu üretim biçiminde aynı gruptan pek çok ürünün farklı seçenekleri sayılı miktarlarda üretilir. Üretilen malzemenin türünün artması ve üretim sayısının azalması üreticiyi, ürünleri parti şeklinde gruplayarak üretmeye teşvik edecektir. Malzemelerde dökme parçaların üretilmesi bu üretim biçimine örnek teşkil etmektedir. Aynı malzeme cinsinden pek çok boyutta döküm parçalarının üretilmesi gereklidir. Çeşitli ebatlarda döküm kalıplarının bulunması kalıp boyuna göre ürünlerin partilere ayrılması gerekliliğini doğurmaktadır. Parti tipi üretimde siparişin miktarı ve cinslerine göre akitler yapılır ve üretim bu sipariş ve akitlere göre planlanır. Partilerden oluşan grupların sayısı arttıkça parti tipi üretim biçimi yerini, kitle tipi üretim biçimine bırakacaktır.

4. Proje Tipi Üretim Biçimi: Bu üretim biçiminde, üretim ve tasarım tamamen müşteri siparişine göre şekil alır. Üretim sistemi, özel olarak üretimi planlanan bir proje ürününe göre dizayn edilmektedir. Üretimin sonucunda ortaya çıkan ürün, stratejik açıdan önemli görüldüğünden uzman sayısının çok olduğu başlangıçtan itibaren planlı hareket edildiği üretim biçimi olduğundan geniş bir iş hacmine sahiptir. Savunma sanayinde yer alan özel yazılıma sahip silahlı, silahsız sistemler, hava savunma sistemleri, uçak gemileri, ulaşım sektöründe gemi ve uçak üretimleri gibi pek çok özel ve stratejik açıdan değerli ürün bu üretim biçimi ile üretilmektedir. Yine stratejik açıdan medeniyet seviyesi ölçülürken yer verilen baraj, yol, köprü projelendirilerek yapılan üretildiğinden bu tip üretim biçimine dahil olarak kabul edilmektedir. Tüm hammadde gereksinimi, iş akışı, üretim sahası ve bantların, tezgahların dizaynı, üretimi planlanan ürüne göre yapılmaktadır. Üretimin sonucunda ortaya çıkacak özel ürüne dair çalışacak uzman gruplar, çalışanların sayısı, iş makineleri, hammadde girdileri, maliyet oranları değişkenlik göstermektedir. Ürün sayısı özel anlaşmalara bağlı olarak önceden bilinmektedir. Her yeni sipariş için tüm süreç baştan itibaren yeniden dizayn edilmektedir (Tanyaş ve Baskak, 2017).

#### 2.3.1.3 Üretim sürecine göre sınıflandırma

Sipariş tipi atölye, akış tipi atölye, sabit tip atölye olmak üzere üç temel üretim biçiminden oluşmaktadır (Tanyaş ve Baskak,2017).

1. Sipariş Tipi Atölye: Bu üretim biçiminde, klasik ve amaca genel anlamda hizmet eden takım tezgahlarının kullanıldığı söylenebilir. Bu çalışma biçimine örnek torna tesviye tezgahlarıdır. Her üretim tezgahında siparişe uygun ürün elde edilir. Birden fazla tezgahın bulunması halinde siparişle gruplanarak ilgili tezgaha iletilir. Tezgah sayısının kısıtlı olduğu alanlarda ise iş sıralanarak tezgahların önündeki boşluğa yığınlanır. İş akışı parçaların yapısına göre değişkenlik gösterir basit parçalar kolayca şekillendirilebilirken, basitlikten uzak parçaların şekillendirilmesi, parçanın üretim sürecini uzattığı gibi, bozuk şekil verilmesi ve kalitenin düşmesine yol açabilir. Bu sebeple üretim planlanırken işçilik yükü göz önünde bulundurulmalıdır.

2. Akış Tipi Atölye: Bu tip üretim biçimi atölyede üretim bantları ile yapılan üretim biçiminden oluşturulur. Sisteme hammadde veya yarı mamul olarak giren malzemelerin üretim bandından işlenerek ürüne dönüşmüş bir şekilde çıktısı alınır. Ürünler ardışık olarak sisteme girer. Her bant kendine ait işi yapar ve varsa sıradaki banda iletir sıradaki bant kendine ait işi yapar ve süreç bu şekilde ilerleyerek nihai ürün elde edilir. Üretim bantlarının kontrolü ve denge durumlarına dikkat edilmelidir.

3. Sabit Tip Atölye: Bu üretim biçiminde, ana ürüne ait hammadde ve yarı mamuller ürünün inşa edileceği noktaya getirilir ve ürün bu noktada oluşturulur. Bu üretim biçimi uçak, savunma sanayi sistemleri, gemi gibi yahut yol köprü ve tünel gibi proje tipi üretime dair ürünlerin bir noktadan sonra sabit atölye tipinde çalışılmasını gerektirir. İşletmelerde aynı anda birden fazla üretim biçiminin uygulamasına şahit olmak mümkündür. Her ne kadar birden fazla üretim biçiminin aynı anda uygulamasını görmek mümkün ise de üretim sisteminin doğru sınıflandırılması üretim planlama ve kontrol çalışmalarının başlangıç

noktasıdır. Üretim planlama ve kontrol çalışmaları, üretim tipine göre olası sorunları ve uygulama esaslarını belirlemektedir ( Tanyaş ve Baskak, 2017).

### 2.3.2 Modern Üretim Sistemleri

#### 2.3.2.1 Tam zamanında üretim sistemi

Tam zamanında üretim sistemi, 1940'lı yıllarda, Japonya Toyota Motor fabrikası başkanı Taiichi Ohno tarafından literatüre kazandırılmıştır. Japonya ikinci dünya savaşından sonra sermaye ve hammadde açısından zor durumda kalmış ve bu yeni üretim planlaması yöntemiyle sınırlı kaynakların doğru olarak kullanılması, ürüne yahut hizmete değer katmayan her faktörün çıkarılması ve sürekli bir iyileştirme metodu kullanılarak ürüne değer katılması felsefesi ile hareket eder (Acar, 1996).

Kısaca bir üretim sisteminden ziyade üretim felsefesini sunar. Bu üretim felsefesinin temelinde doğru ürünü doğru zamanda, doğru malzemelerden, doğru kalitede üretmeye ve doğru zamanda ürünün pazarda yerini almasına yönelik amacını taşımaktadır.

Üretim felsefesinin kazanımları şu şekilde özetlenebilir:

a) Yüksek esneklik
b) Kısa taşıma süresi
c) Kısa imalat süresi
d) Yüksek verimlilik
e) Kısa hazırlık süresi
f) Kısa arıza duruşları
g) Düşük maliyet
h) Küçük alanlarda çalışma programı
i) Yüksek kalitede ürün sunma

Felsefenin kazanımlarıdır. Bu felsefe ile çalışma programı hazırlanırken hammadde veya yarı mamul stoklamadan kaçınılır. Ancak üretim programı için de hammadde ve yarı mamule ihtiyaç duyulduğunda derhal teminini sağlayacak tedarikçinin bulunması gereklidir. Buna yönelik adımlar,

felsefeyi benimseyen işletme tarafından sözleşmelerle belirlenen şartlar dahilinde tedarikçi ile daima yakın ilişkide olmayı gerektirir (Tanyaş ve Baskak,2017).

Tam zamanında üretim felsefesi, çeşitli alt üretim sistemlerine bağıldır. Bunlardan en önemlisi Kanban sistemi diye adlandırılan, Japonca kart anlamını taşıyan sistemdir. Bu sistemde ürünler için iki adet kart bulunur. Bu kartlar üretim ve ulaşım kartlarıdır. Üretim kartlarında ürünün üretimi için gerekli malzemeler, malzemenin cinsi, üretilecek parçanın sayısı, ürünün ortaya çıkmasına kadar geçen tahmini üretim süresi yazar, ulaşım kartlarında ise üretilen ürünün nerede üretildiği ve ulaştırılması gereken sahanın bilgileri yazar. Bu sistemde tedarikçiler, işletme bünyesinde yer almamalarına rağmen işletmeyi oluşturan yan sanayi atölyeleri gibi kabul görürler. Bu yan sanayi işletmeleri de genelde kendi atölye sistemlerinde Kanban sistemini kullanırlar. Kanban sistemi, tam zamanında üretim felsefesinin bir alt grubudur. Önemli olan Kanban sistemi değil, tam zamanında üretim için tedarikçilerin daimi olarak hammadde ve yarı mamulleri tam zamanında asli işletmeye iletebilmeleridir. Böylelikle asli işletmeler envanter tedarik etmede sıkıntı yaşamayacak, planlanan üretim, planlandığı şekli ile uygulanabilecektir (Acar,1996).

#### 2.3.2.2 Hücresel üretim sistemleri

Hücresel üretim sistemleri, benzer imalat sürecine tabi olan belli başlı ürün gruplarının üretimi için (bu grup ürünler için, biyolojideki aile grubu akraba türler benzeri bir sistem olduğu düşünülebilir) ayrı ayrı yerlerde, makine, işlem ve insan faktörleri ile gruplandırıldığı sistemlerdir. Bu yaklaşım ile küçük oluşumlar hücresel atomlar olarak kabul edilir ve bütünü oluşturmak için her atomun kendi işlevini doğru olarak yerine getirmesi gerekir ki büyük sistemin omurgası doğru oluşabilsin kısaca parçadan bütüne doğru işlem adımları olan sistemlerdir şeklinde tanımlanabilir.

Hücresel üretim sistemleri, benzer imalat sürecine tabi olan belli başlı ürün gruplarının (bu grup ürünler için, biyolojideki aile grubu akraba türler benzeri bir sistem olduğu düşünülebilir.) benzerlik yönünden aynı grup içinde kümelenmesi ile ve ayrı ayrı yerlerde, makine, işlem ve insan faktörleri ile gruplandırıldığı sistemlerdir. Bu yaklaşım ile küçük oluşumlar hücresel atomlar olarak kabul edilir ve bütünü oluşturmak için her atomun kendi işlevini doğru olarak yerine getirmesi gerekir ki büyük sistemin omurgası doğru oluşabilsin kısaca parçadan bütüne doğru işlem adımları olan sistemlerdir diye tanımlanabilir.

Stok düzeyi her aşamada grup içinde kontrol edilir ve kalite kontrol uygulamaları her aşamada aktiftir. Bu yaklaşım iş akışının kontrolünü kolaylaştırmakta ise de sistemin karşılaşabileceği olası sorunlar aşağıdaki gibidir:

a) Sistem esnek değildir, sistemde değişiklik yapılmak istendiğinde bu değişikler kolayca yapılamaz.
b) İşletmenin bütçesi düşünülerek üretim sürecinin değiştirilmesi karar vericiler tarafından kolaylıkla kabul edilmez.
c) İşletmede karar verici grup tarafından, ürün ve maliyet hesaplarından çok, ürün kalitesi, güvenilirlik, teslim süresi, iş hacimleri ve değişimleri gibi rekabeti sağlayacak kararların üzerinde hassasiyetle durulması gereken sistemlerdir.
d) Çalışan odaklı bir sistem olduğundan işçilerin ilgisinin canlı tutulmasına teşvik edilmesi elzemdir.

Çalışanların işletmeye bağlılık seviyesinin arttırılması için, şirket içi eğitimler, şirket içi etkinlikler, çalışanların refah düzeylerini arttırmaya yönelik programlar uygulanmasının esas alınarak şirket kültürünün her çalışana aşılanması gereklidir. Nitelikli iş gücü gerektirmeyen bu üretim biçimi genel anlamda daha esnek bir program uygulayan ve daha nitelikli iş gücüne dayanan klasik atölye tipi uygulamalarından bu yanları ile ayrılmaktadır.

#### 2.3.2.3 Melez üretim sistemleri

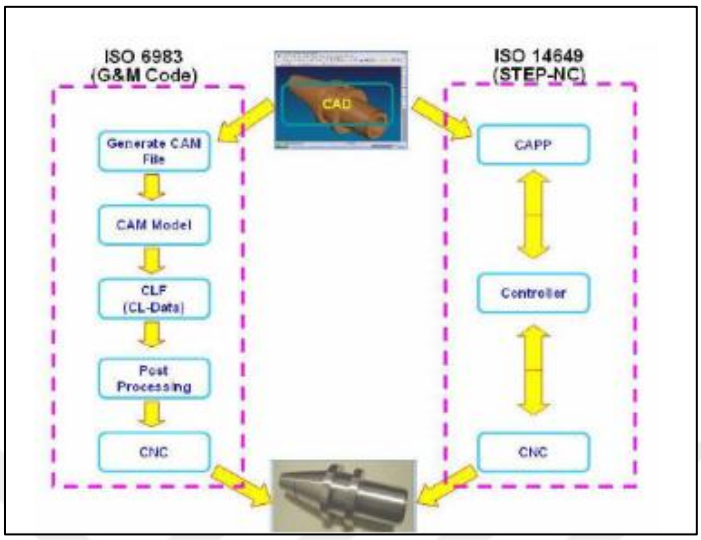
Birden fazla üretim sisteminin aynı atölyede kullanılması ile oluşan sistemler olarak açıklamak mümkündür. Genellikle hücresel üretim sistemlerinin fonksiyonel üretim sistemleri ile modifiye edilmiş hali olarak tanımlanabilmektedir [11].

Ürün çeşidinin artması ile birlikte, ürün bazlı sipariş sayısının azalması matematiksel anlamda ters orantı ile açıklanacak bir sonucu doğurmakta ise de total anlamda ürün ve süreç kontrolünü sağlayan üretim sistemlerinin tasarlanmasını zorlaştırmakta bu sebeple imalat yönetimini birden fazla üretim sistemini birlikte kullanmaya zorlamaktadır. Soruna yönelik çözüm arayışında sipariş taleplerine daha hızlı yanıt veren sistemlerin yeni duruma adapte olabilmesi adına üretim sistemlerinin yeniden tasarımı yoluna başvurulur. Değişimin planlanması daima, değişim sürecinin sabit bir durumdan diğerine doğru hareket ederek tamamen biçim değişikliğinin yapılması

anlamında değildir. Bazen birden fazla yöntemin uygulama için en iyi sonucu erebileceği yaklaşımı ile ortaya çıkan sistem melez üretim sistemini doğurur [12]. Bu düzenleme ile birden fazla üretim sistemi aynı alanda uygulanabilir. Bu durum melez üretim sistemlerinin günümüzde en sık kullanılan üretim sistemi olması sonucunu beraberinde getirmektedir. Şöyle ki: Hücresel üretim sisteminde başlanan bir parça, daha sonra fonksiyonel bir grup olan taşlama, montajlama bantlarına aktarılıp, parça üretimi bu fonksiyonel grupta tamamlanabilir. Başkaca üretim sistemleri ile kolay modifiye edilmesi melez üretim sisteminin günlük faaliyetlerde çokça başvurulan sistem olmasının bir başka kanıtıdır [13].

#### 2.3.2.4 Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemleri

1973 yılında Dr. Joseph Harrington tarafından yazılan *''Computer Integrated Manufacturing''* adlı kitapta [14], ilk defa kavramsal olarak karşımıza çıkan bu üretim sisteminde, insan hatasını en aza indirgemek ve bilginin doğru akışını bilgisayar sistemi üzerinden kurgulamaya yönelik atılacak adımlar sıralanmaktadır. Bugün mekanize otomasyon olarak karşımıza çıkan CNC tezgahlar bilgisayarlı görmeye sahip programlanabilir DNS tezgahlar her ne kadar 1955 yılında ilk versiyonları kullanılıyor olsa da insan müdahalesine gereksinimi ortadan tam anlamıyla kaldırmış sayılmazlardı. Günümüzde halen mühendislik olarak hesaplamaları yapılan parçanın kesimi ve işlmesi CNC tezgah sistemine yüklendikten sonra kontrol aşamasına tabi tutulmaktadır. İlk versiyonlarına göre fazlasıyla gelişmiş olan bu bilgisayarlı üretim sistemi için özel olarak üretilmiş bazı terimler ve bu terimlerin içiçe geçmiş bütünleşik yaklaşımları bulunmaktadır bunlar CAD, CAM, CIM, MIN, CAPP gibi kavramlardır. Bu kavramların bütünleşik olarak sunulması bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerini meydana getirmektedir. Kavramsal olarak CIM, Dr. Harrington tarafndan ortaya atılan *Computer Integrated Manufacturing* adlı eserin baş harflerinden esinlenerek oluşturulmuştur ve Bilgisayarla Tümleşik Üretim olarak dilimizde yerini almıştır. Bu sistem temelde 4 alt sistemden meydana gelmektedir. CAD/CAPP/CAM, ve CAQM alt sistemleridir.




**Şekil 2.2:** Sanayide Tornalama ve Frezeleme İşlemleri için kullanılan bir CNC Tezgah Modeli Elemanları

Diğer taraftan bir şirketin işletme süreçleri tamamen bilgisayarlı bir alt sisteme dayanabilir. Saç kesme, bükme, tornalama işlemlerinin yapıldığı bir atölyede başkaca bir işlem yapılmıyorsa sayıca az insanın bulunması, bilgisayarlı programlamanın doğru yapılması kaliteden ödün vermeden sistemden doğru üretimin yapılmasını sağlayabilir. Bu kalite, verimlilik, zamanında teslim kriterlerine uyumunu da kolaylaştırmaktadır [15]. Bu işletme sisteminde en az insan hatası, mühendislikte doğru ölçümle parça boyutlarının girilmesi, son kontrolünün doğru yapılması önem arz etmektedir. İnsan hatasını en aza indirgemesinin yanı sıra insan faktörünün yer aldığı çalışma sistemlerinde olduğu gibi mesai süresi kavramından bağımsız olarak işin yapılabilirliği, günümüz rekabetinde en kısa sürede hatasız teslimat avantajlarından dolayı sıklıkla tercih edilebilirlik yönünü kuvvetlendirmektedir [16]. Parça boyutlarının programlanabilir olması bir kez veri tabanına yüklenen bilginin sürekli kullanılabilir olması, farklı parçalar için aynı hassasiyetle sonuç üretimi etkileyici olsa da yapay zeka teknolojilerinin gelişmesine bağıl olarak gelişmesi sürekli yenilemenin de maliyetli olması bir dezavantaj olsa da rekabet ve nihai ürün kalitesi açısından tercih edilebilir avantajları da bulunmaktadır. Bu üretim sistemi esnek bir üretim sistemi olmasının yanı sıra, yatırım maliyetinin amorti süresinin görece olarak daha kısa olması neredeyse zorunluluk derecesinde tercihi gerekli kılan diğer faktörlerdir [17].

#### 2.3.2.5 Esnek üretim sistemleri

Tamamen otomatik olarak kurgulanabilir bir sistem olan Esnek Üretim Sistemi (Flexible Manufacturing Systems) FMS, otomatik takım tezgahları olan CNC, belli bir düzen ve aralıklar ile otomatik depolama ve taşıma sistemini ifade eden DNC ve grup teknolojisi olarak programlanarak tasarlanabilen bilgisayarlı bir sistem biçimidir [18].

Esnek üretim sistemleri ile ilgili bazı karmaşıklıklar bulunmaktadır. Bir üretim sisteminde yer alan tüm koşullar 'esnek' tabiri ile adlandırılmaktadır. Bu karmaşıklığı netleştirmek için çeşitlendirmeler yoluna gidilmiş ve bir sistemin esnek üretim sistemi olup olmadığının incelenmesi için 8 çeşit esneklik faktörü tanımlanmıştır. Bu faktörler şu şekilde tanımlanmaktadır [19].

a) Otomasyonda esneklik temel kavramlardan biri olarak kabul edilmektedir. Makine Esnekliği temel kavramlar içerisinde yerini alır ve makinenin kolay kullanımı için değişkenleri uyarlamayı gerekli kılar. Bir makine belirli bir parça seti üretebilir ancak esnek kullanıma sahip bir makine, gerekli değişkenlerin yeniden düzenlenmesi ile yeni programlamaya bağıl olarak çalışmayı mümkün kılar. Uygun çalışmanın atanmasına örnek olarak matbaa baskı makinelerinden, otomatik kesim cihazlarından söz etmek mümkündür. Baskı cinsi ve kalitesi nasıl ki yeniden programlamaya açıksa esnek bir sistemden bahsedilmek, sistemin için yeniden programlanabilir cihazlardan oluşması gereklidir [20].
b) Yöntemde esneklik, her biri belli bir parça tipini farklı malzemelerden üretmek üzere birkaç farklı yolun birleşmesi olarak tanımlanır. İş esnekliği ise sistemin yapabileceği işlerin tamamını sunabilme yeteneğidir.
c) Tasarımda esneklik, bir şirketin potansiyel rekabetçilik veya piyasa arzına göre değişikliği hızlıca uygulayıp adapte olabilme yeteneğidir. Otomatik olarak piyasa verilerini takip eden sistemlerde görülür. Daha çok günün gereği olan internet ve veri madenciliği bu şekle örnek teşkil edebilir. Potansiyel müşteri verileri müşterinin alışveriş yaptığı siteler, incelediği ürünler üzerinden hızlı bir hesaplama ile kişiselleştirilmiş veri sunması örnek gösterilebilir. Sanayide ise bu, verimli ve otomatik bir bölüm planlama, uygun kontrol sisteminin kurulması, iş atamalarının otomatik dizayn ve ergonomik dizayndan sonra hızlıca yapılabilmesi anlamını taşır. Sayısal hesaplama tezgahlarında yeni değerlerin girişi çok

hızlıca yapılabilir ve ürün boyutları ve tasarımları değiştirilerek hızlıca uygulanabilir. Aynı durum programlanabilir CNC tezgahlar için de geçerlidir [21].

d) El yönlendirmede esneklik, arızaları ele almak ve sistemi tekrar çalışır hale getirebilme yeteneğidir. İşin devamlılığını sağlamak için bir tezgah durduğunda parçanın başka tezgahlarda işlenebilir olması durumunu ifade eder. Parça güzergahları üretim bandında sabit ise de sistem otomatik olarak başka tezgahlara otomatik olarak parçayı yönlendirebilmelidir. Makinenin tamirinin uzun süreceği durumlar göz önünde bulundurularak üretim planlaması yapılmalıdır. Makine arızasının giderilmesi mümkün ise derhal müdahale edilir ve sistem tekrar başlatılır. Ancak arızanın giderilmesi belli bir müddet alacaksa başka bir ergonomik makine arızalı makinenin iş yükünü kaldıracak şekilde modifiye ve yeniden dizayna elverişli olmalıdır. Bu durum esnek sistem gerekliliklerinden biri kabul edilmektedir.

e) Çalışmada esneklik, sistemin çeşitli fiziksel ortamlarda otomatik olarak soğuk, sıcak, basınç değişiklikleri gibi durumlara sistemin kendini otomatik olarak ayarlayabilmesi yeteneğidir. Sistem aynı zamanda bir arıza halinde kopya operasyonlar adı verilen özdeş değerde ürünleri eksiksiz olarak sunabilmeyi amaçlar. Esnek sistemin gereği olan yedekli otomasyon ya da ergonomik yeniden dizayna müsait otomasyonlarla bu işlemi tamamlamaya yönelik olarak çalışır. Bu yetenek çalışma esnekliği prensibini oluşturmaktadır.

f) İş hacminde esneklik, sistem için belirlenen iş miktarının arttırılıp azaltılabilme yeteneğini ifade etmektedir. Esnek Üretim Sisteminin (FMS) nin karlı bir şekilde farklı üretim hacimlerine göre kurgulanabilir olma yeteneği olarak da tanımlanabilir. Yüksek seviyeli otomasyon sistemleri bu esneklik kabiliyeti arttırır. FMS, düşük iş hacimlerinin olduğu piyasa dengesinde sistemi rölantiye alma, yüksek hacim gerektiren işlerde ise aralıksız çalışma kurgusuna göre kendini konumlayabilme yeteneğini taşıyan bir üretim sistemi biçimidir [22].

g) Genleşmede Esneklik, Bir sistem inşa edebilmek için gerektiğinde kolayca ve modüler bir değişim sürecini hızlıca kurgulanmasına imkan sağlayan yetenek olarak tanımlanabilir. Bu esneklik biçimi FMS'nin büyüklüğünü ölçülebilir kılmaktadır. Tahsis edilmemiş,

işlenmemiş düzen kabiliyeti ile modüler esnek işleme hücreleri palet değiştiriciler ile yönlendirme kabiliyetini ölçülebilir kılmaktadır.

h) İdeal bir esnek üretim sistemi (FMS) tanımlanan tüm fonksiyonları birlikte bünyesinde barındırmalıdır. Ancak son maliyet en sofistike eşyanın dahi planlanmasını mümkün kılsa da yazılım planlama, yazılım mimarisini oluşturma aşamalarında maliyetli bir süreci beraberinde getirmektedir. Yazılım planlamalarında cihaz işlev atamalarında belirleyici olan iş makinesinin belleğini olabilecek her tür duruma adapte olarak işi devam ettirecek biçimde kurgulanabilmesidir. Olasılık olarak ortaya konulan hataları kapsayan yazılım mimarisi her yeni parçanın tanımlanmasına da imkan sağlayacak şekilde dizayn edilmeme yönü esnek üretim sisteminin son fonksiyonu oluşturmaktadır. Esneklik türlerini kapsayan fonksiyonları bünyesinde barındırıyorsa sistem, esnek üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır.

#### 2.3.2.6 Özel kitlesel üretim sistemleri

1993 yılında Pine tarafından ileri sürülen bu sistemde müşteriler ürün seçeneklerinden çok kendi ihtiyacını tamamen giderecek ürünleri tercih etmekte ve bu ürünlere yönelmektedirler. Bu çerçevede butik işletmelerin kişilere özel üretim algısı kabul gören bir yaklaşım modeli oluşturmuştur. Müşteri memnuniyeti, müşterinin kendini özel hissetmesi algısını daha kolay yaratabileceği durumları öne çıkaran Pine kitlesel üretimin sona erdiğini artık özel üretim çağının geldiğine yönelik çalışmalar yapmış, kitlesel üretim süreci ile özel kitlesel üretim süreçleri arasındaki farkları ise Jelinek, Goldhar ve Kotler çalışmaları ile ortaya koymuşlardır. Her iki üretim süreci halen kullanılmaya devam edilmekte, kitlesel özel üretim süreçleri daha fazla müşteri odaklı olduğu için ürünün her kademesinde ilgili müşterinin müdahalesini de beraberinde getirmektedir. Bu yönü ile bakıldığında siparişe yönelik üretim sisteminden farkı ortak kullanıma yönelik parçaların standart olması boyut ve hacmine müşterinin kararının bir etkisinin olmamasıdır. Şöyle ki; Ortak bir temel üzerinde yer alan parçaların değiştirilmesi ile farklı ihtiyaçlara cevap vermek üzere kurgulanması yaklaşımıdır. Tişört üzerine farklı baskı yapılması, ürünün temel özelliklerinin değişmesinin sağlanmasına örnek olarak da daha uzun kullanım ömrüne sahip bir bataryanın diz üstü bilgisayarda kullanılmak üzere modifiye edilebilmesinin sağlanması verilebilir. Temelde aynı

işlevi gören lakin pil ömrü daha uzun olan bir bilgisayar ihtiyacı böylelikle giderilmiş olur. Bu yaklaşımla çalışan üretim sistemi özel kitlesel üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır [23].

#### 2.3.2.7 Dinamik üretim sistemleri

Dinamik sistemler, işletmeye özel çözümler sunan modelleri beraberinde getirmektedir. Model işletmenin uygulama biçimlerine göre tasarlandığından üretim sistemindeki aksaklıkların giderilmesi olası sorunlar gözden geçirilerek oluşturulduğundan sistemin durma sorunu olmaz.

Ürün ve hizmet üretimine ilişkin üretim sistemlerinde proses geliştirme ve buna ilişkin model oluşma için, oluşan modelin anlaşılır ve uygulamaya uygun belirlenme biçiminin temel tasarım süreci fikrinden yola çıkarak, zaman ve gelişim düzeylerini birlikte kurgusuna katarak fonksiyonel bir yaklaşım sergiler. Bu modelleme biçimi üretimde sermaye yoğunluklu olarak kurgulanır, doğrudan iş gücü verimliliği daha çok iş bölümü ve uzmanlık alanlarının sentezinde kurgulanan tasarlanmış üretim sistemi modelidir. Tasarlanan modeller üretilen malzemenin cinsine bağıl olarak oluşabilecek sorunları kapsar. Dinamik çizelgelerin oluşturulması, dinamik süreç kontrollü model sistemin temel taşını oluşturmaktadır [25].

Dinamik modeller, gerçek dünyada yer alan varlıkların yapay zeka izleri ile simule edilmiş versiyonu olarak da tanımlanmaktadır. Bu yapay zeka kurguları, temelde esinlendiği kaynak olan insan davranış biçimlerini taklit ederek varlığını sürdürmektedir. Bu temel özellikler zamana bağlı olarak yeterliliğini yitirebilir. İnsanoğlunun gelişimine göre yeni algoritmaların eklenmesine izin veren yeni modeller ile değişime uğratılır. Modeller analiz etmek ve sonuç vermek üzere kurgulanır. En başarılı model dahi ölçülebilir parametreler ile sınırlıdır. Modeller çeşitli algoritmalar ile formüle edilmiş yapay zeka olarak konumlandırılabilir. Ölçüm işlemi için ise başka bir doğrulama modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin mükemmelliği bu ölçüm ve doğrulama ile tespiti mümkün kılmaktadır. Dinamik modeller, mümkün olmayacak ilişkilere olasılık gözüyle bakılmasını mümkün kılan makine öğrenmesi sistemi yapay zeka sistemi ile kurgulanan işlevsel ve işlevselliğini kaybetmek üzere iken yeni öğrenmeler ile kendini yenileyen sistemlerdir. Modellerin matematiksel ayarları (sürekli yahut ayrık zaman, sonlu yahut sonsuz boyutlu model değişkenler, deterministik ve skolastik modeller gibi analiz edilebilir , bilgisayar ile simülasyonu mümkün kılınan parametre tahminlerini ve veri analizleri ile doğrulama metadolojisinden

yararlanan , amaca uygun hizmet veren sistemler için özel olarak kurgulanabilir algoritmik tasarımlar olarak tanımlanabilir. Model tasarımları amaca göre tıp, bilimsel araştırma, çevre, biyolojik ve anatomik verilerden eğitilerek amaca hizmet eden sistemleri meydana getirir. Kullanım alanları daha çok ileri teknoloji alanları ile doğrudan temasta olan araştırma, ürün araştırma ve geliştirme birimleri ile bilim ve teknoloji merkezleridir [26].

# 3 ÜRETİMDE PLANLAMA VE KONTROL

## 3.1 ÜRETİMDE PLANLAMA VE DİJİTAL KONTROL SİSTEMLERİ

İşletmelerde belli bir ihtiyaç ortaya çıktığında yahut planlamanın yapılması gereği doğar. Planlama tüm süreçleri yönetmeye eğilimi olan bir aksiyonlar bütünüdür. İşletmelerde belirlenen planlar dahilinde faaliyetlerin yerine getirilmesi beklenir. Planlama sürecinde, aynı anda oluşturulan plana uygun kontrol mekanizması da işletilerek beklenen sonucun alınması sağlanır. Üretim stratejilerine uygun planlama ve kontrol mekanizmalarının bütünleşik çalıştırılması felsefesi yönetim sistemini oluşturmaktadır. Yönetim sistemi planlama aksaklıklarını ve sapmalarını kontrol ederek bu aksama ve sapmaların nedenlerini araştırarak uygun çözümlerin üretilmesini sağlar. Üretim planlama ve kontrol, işletmelerin varoluşsal amacı olan kâr değerlerinin yükseltilmesi hedeflenerek kurgulanır. Planlama stratejileri, mevcut işletme koşullarında eldeki tüm kaynakların en verimli şekilde hedeflenen amaca hizmet etmesini sağlama yöntemlerinin bütünüyle değerlendirilmesi ile oluşturulmaktadır.

Esasen bir işletmenin kuruluşunda, satış planları, personel planları, mali planlar, bütçeler, iş planları gibi pek çok plan yer almaktadır. Üretim planlama kontrol, işletmenin üretim tipine, imalat atölyesindeki iş akışı şekline, planlamanın içerdiği dönemin süresi gibi parametrelerin, planlama ile son derece bağıl bir ilişki içerisinde olduğu kabul görmektedir [27].

Genel anlamda üretim planlama ve kontrolü sağlayan stratejik sistemler, işletmelerde stratejik kararlar almayı beraberinde getiren, belirli miktar ve kalitedeki ürünlere olan talebi veya siparişleri karşılamak için var olan olanakları en uygun şekilde kullanım ve işletme amaçlarını olumlu yönde katkıda bundan faaliyetler bütünü olarak tanımlanabilir.

Üretimde planlama, ürün yahut hizmete yönelik, soruların cevaplanması yolunu izlemekte ve üretimin ne zaman ne miktarda, nerede ve hangi olanaklar ile üretimi yapılacağını belirleyerek strateji oluşturma faaliyetlerini kapsamaktadır. Bu planlama genellikle iş istasyonları vardiya bazında yapılmaktan çok, hedeflenen üretim ölçeği ile hareket etmeyi gerekli kılmaktadır. Üretime ilişkin planlama yapılırken, kontrol işlevi de kurgulanmalı ve bütünleşik bir strateji belirlenmelidir. Üretimde kontrol mekanizması ise şu değerleri kapsamaktadır; fiili üretimin, planlanan üretim

uygunluğunu denetlemek, eldeki olanaklardan en iyi şekilde yararlanmak ve aksaklıkların giderilmesidir. Üretimde planlama, iş önceliği olarak kontrol sisteminin kurgusal anlamda yer aldığı stratejik olarak benimsenen adımları kapsadığından işe başlamadan evvel yapılmalı, kontrol mekanizması ise üretimin hemen öncesinde veya üretim sırasında test edilmeli ve gerekmesi durumunda genişletilerek uygulanması elzem olan bir mekanizma olduğundan bu iki faaliyetin bütünleşik çalışması uygulamalarda esas alınmalıdır [28].

Üretimde planlamanın başlangıç noktası, satış tahminleri ve kabul edilen siparişlerdir. Satış tahminlerine ilişkin, siparişlerin söz konusu olduğu dönem veya dönemlere yönelik üretim planlaması oluşturulmaktadır. Üretilmesi hedeflenen nihai ürüne yönelik özellikler ve işletmede bu özellikleri sağlayacak yöntemlerin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Sistemden çıktı olarak alınacak nihai ürünlerin, imalat ve montaj süreçleri alternatif süreçler, süreçteki işlemlere ilişkin standart süreler, hedeflenen nihai ürün miktarı vb. bilgiler sağlanarak planlama süreci başlatılmaktadır. Üretimi hedeflenen nihai ürüne yönelik, yönetimin bütünleşik prensipleri birlikte çalıştırılarak, satış planı, gerçekleştirecek üretim planını desteklemek amacıyla iş gücü, makina, malzeme ve finansman planlamaları ayrıca yapılmalı veya bu planlamaları yapacak ilgili iş birimlerine gerekli bilgiler iletilmelidir. Üretimin planlaması kavramı, tüm iş adımlarını oluşturan planların birbiri ile uyum içerisinde ve var olan makina, donanım, iş gücü, malzeme ve sermaye kaynaklarını en verimli şekilde bütünleşik olarak değerlendirilmesi ile oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluğun, işletme stratejileri ve devamlılığını sağlama yönü ile bakıldığında önemi kavranabilmektedir [29].

Üretim planında değerlendirilen diğer unsurların da değerlendirilmesi kuvvetli bir planın oluşumu için önemli görülmektedir. Bu unsurlar, üretim sisteminin her türlü gelişmeye anında cevap verebilecek ölçüde esnek olması ve satış planında bulunan ürünlerden hangisinin veya bu ürünlerin hangi parçalarının işletmede, diğer hangilerinin ise dışarıdan destek alınarak tedarik edileceğine karar verilmesidir (make or buy). Dışarıda yaptırılarak tedarik edilecek parçalara yönelik destek alma kavramı yaygın olarak, fason üretim adıyla bilinmektedir [30].

Planlama kavramı, hedefleri ve hedeflere ulaşmak için gerekli görevleri, araçları sistemli bir biçimde araştırıp belirlenmesinin bütünleşik işlediği fonksiyonel bir kavramdır. Planın tatbikinde

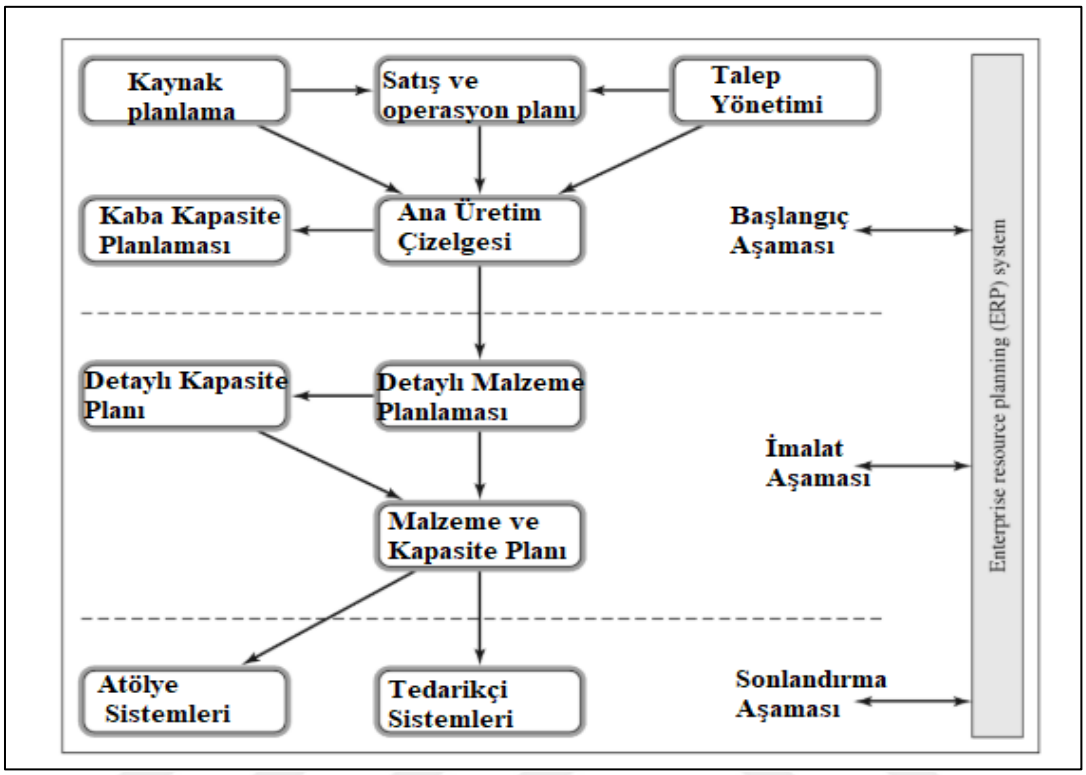
yer alan kontrol sistemi ise, plana uyulup uyulmadığını kontrolünü sağlayan öngörülen verileri içerdiğinden aksaklığa müdahale aksiyonlarını barındırmaktadır [31].

Günümüzde, planlama ve kontrol sistemleri,

a) Küresel rekabetin hızlı bir şekilde artması,
b) Üretim sistemlerinin faaliyet yoğunluğunun ve karmaşıklığının artışı,
c) İşletme içi faaliyetlerin koordinasyonu zorluğu,
d) İşletmeler arası iş ilişkilerin yoğunlaşması,
e) Talebin büyümesi ve çeşitlilik kazanması,
f) Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması,
g) Kalite, fiyat ve hizmet rekabetinin yoğunlaşması,
h) Etkinliğin kazanması amacıyla malzeme, makine zamanı ve işgücü kayıplarını en az düzeye indirme çalışmaları,
i) Çok işlevli yapıya geçiş gibi değişkenlere bağlı olarak giderek önem kazanan sistemler olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Bu durumun temelinde ise, çağa uyumun sağlanması ve verimliliğin arttırılmasını gerekli kılan yönetim sistemlerine bütünleşik uygulanan, kalite felsefeleri yaklaşımlarının yerini alması şeklinde yorumlanabilir.

Planlama esasında kaliteyi kontrol eden ve yön –eylemde yer veren bir sistemdir. Kontrol ürün kalitesi ile birlikte planın tümünü kontrol ederek aksaklık durumunda aksiyonu almakla görevli mekanizma olarak planlamada yerini almaktadır [32].

Üretim Planlama ve kontrol sistemlerinde genel anlamda aşağıdaki şekilde basit bir planlama akışı oluşturulabilir [33]:

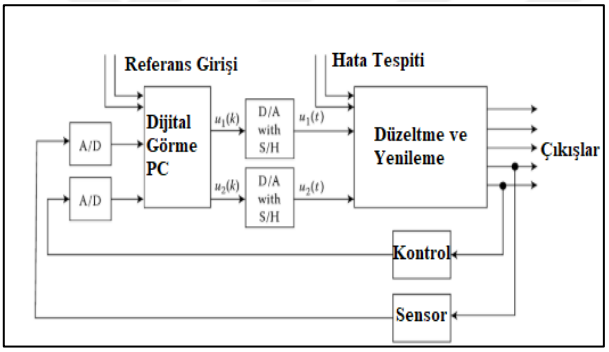



**Şekil 3.1:** Basitleştirilmiş İmalat ve Kontrol Sistemi

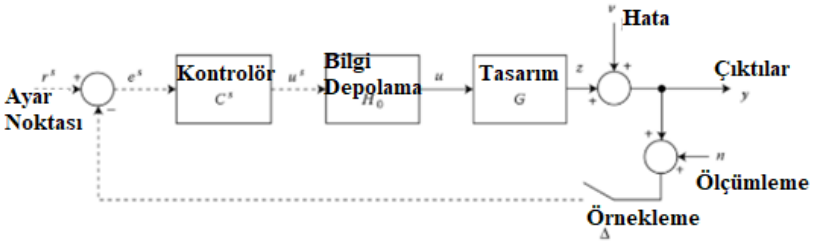
Kontrol sistemlerinin imalathaneler tarafından dijital sisteme geçtiğini söylemek çağa uyum noktası ve teknolojinin sunduğu avantajlar ile paraleldir. Dijital sistem teknolojisindeki hızlı gelişmelerin kontrol sistemi tasarım seçeneklerini kökten değiştirdiği kabul görmektedir. Çok karmaşık dijital kontrol sistemleri tasarlamak ve uygulama ve tasarım kabiliyetindeki bu avantajların ucuz ve güçlü dijital bilgisayarların ve ilgili cihazların yaygınlığı nedeniyle düşük maliyetle elde edilebilecek kapsamlı hesaplamaları yapmak rutin olarak uygulanabilir hale gelmiştir. Bir dijital kontrol sistemi, kontrol cihazının kalbi olarak, genellikle programlanmış bir dijital bilgisayar biçiminde olan dijital donanımları kullanır. Tipik bir dijital denetleyici, tesisin çevre yüzeyinde analog bileşenlere sahiptir. Analog dijital kontrolden ayıran kontrolör denklemlerinin işlenmesidir. Genel olarak, dijital kontrol sistemleri analog kontrol sistemleri üzerinde birçok avantaja sahiptir. Dijital kontrol sistemleri;

a) Düşük maliyet, düşük ağırlık, ve insan faktörünün az kullanılması
b) Sıcaklık, nem gibi etmenlerin cihazlardaki eskimeleri ve geniş değişikliklere rağmen sistem parametrelerinin sıfır hata ile çalışmasına devam etmesi
c) Sistemden istenilen üretimin yüksek doğruluk ile ürün çıktılarını sunması
d) Yüksek güvenilirlik ve buna bağıl yazılım ve tasarımların gerektiğinde değişiklikleri hızlıca yapma avantajlarını sunmaktadır.

Dijital kontrol sistemi tasarımı, yazılımsal algoritmalar ile ilgili sinyallerin işlenmesi ile ilerler. Önerilen nicelik seviyesinin kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek için genellikle tasarım sırasında çeşitli denemeler yapılmaktadır.



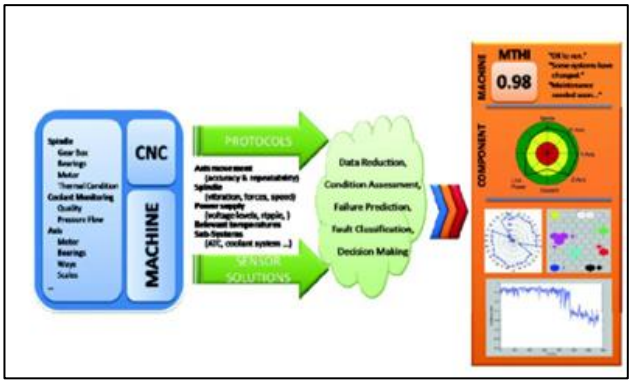

**Şekil 3.2:** Sürekli Zamanlı Bir Tesisi Kontrol Eden Bir Dijital Kontrol Sistemi



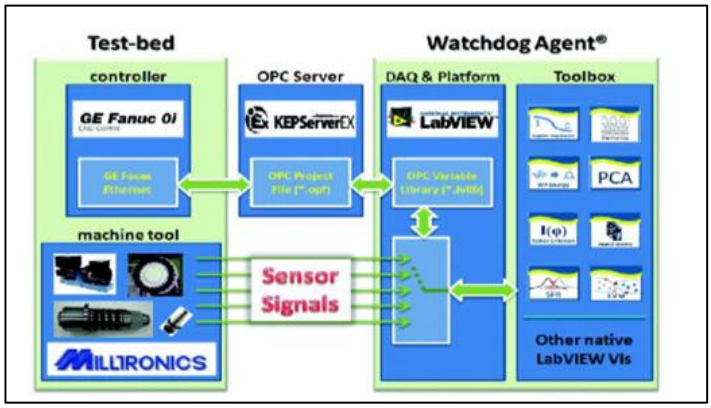

**Şekil 3.3:** Tipik Bir Örneklenmiş Veri Kontrol Sisteminin Konfigürasyonu

Tasarımdan uygulamaya kontrol sistemleri yapay zeka teknolojisinin kullanıldığı sistemlerdir. Elle ve insan gücü ile kontrol sistemleri halen düşük miktarda varlığını sürdürmekte ise de imalathaneler genellikle dijital kontrol sistemlerini kullanmaktadırlar [34].

Üretim sistemlerinde planlama ve kontrol tasımları işletmelerin üretim sistemine, üretim felsefesine, kalite beklentisine göre kurgulanmaktadır. Her işletme kendi alanında kendi felsefesine göre esnek bir üretim yöntemi belirler. Bu esneklik pazarlama ve satışta öne çıkmak üzere kurgulanmakla birlikte, alanında yayılmacılık, makineleşme, daha fazla üretme ve daha çok seçenek sunma anlamında kendini ve alt ortaklarını oluşturmada vizyonunu oluşturmaktadır.




**Şekil 3.4:** Üretimde Kullanılan Akıllı Makinelerin Kapasite ve Bakım Gereksinimi Açısından Programlanması



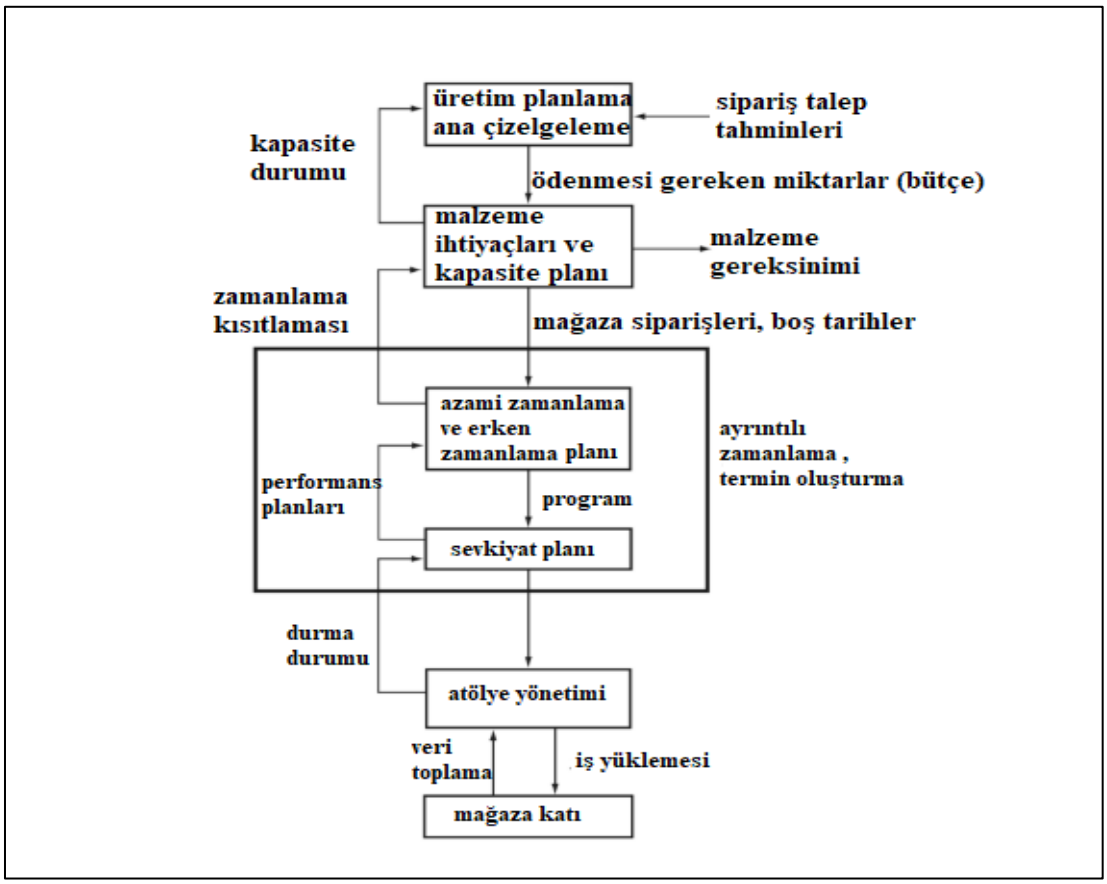

**Şekil 3.5:** Üretimde Kullanılan Akıllı Makinelerin Kontrol ve Bakım Sisteminin Programlanması ve Test Edilmesi

Makinelerle yapılan dijital üretimde ise kontrol sistemleri de üretim yönteminde olduğu gibi dijital olarak tasarlanmalıdır.

Üretimi planlamak, kompleks bir süreç planına ait her parçasını ayrı ayrı planlamak ve bütünleşik kullanımını gerektirir.

Şirketler bugünlerde tüm bölümlerindeki bilgileri kontrol eden ve koordine eden ayrıntılı kurumsal kaynak planlama (ERP) sistemlerine güvenmektedir hem tedarikçiler hem de müşterileri için bu sistemleri kullanmaktadır. Üretimde, planlama ve çizelgeleme, tesisteki diğer karar verme fonksiyonları ile etkileşime girmelidir. Üretim alanı, organizasyonda programlama sürecini etkileyen tek etmen değildir. Programlama süreci ayrıca, tüm kuruluş için, orta ila uzun vadeli planlamayı gerçekleştiren üretim planlama süreci ile etkileşime girecek şekilde planlanmaktadır. Bu süreç, şirketin genel ürün karması, envanter seviyeleri, talep tahminleri ve kaynak gereksinimlerine dayalı uzun vadeli kaynak tahsisini optimize etmeyi de amaçlamaktadır. İşletmelerde uygulanan bu bütünleşik yüksek planlama düzeyinde alınan kararlar, daha ayrıntılı planlama sürecini doğrudan etkileyebilir [35].

Yaygın olarak kullanılan bir popüler sistem, malzeme ihtiyaç planlama (MRP) sistemidir. Bir program oluşturulduktan sonra, tüm ham malzemelerin ve kaynakların belirli zamanlarda mevcut olması gerekir. İşlerin hazırlanma tarihleri MRP sistemi ile birlikte üretim planlama ve çizelgeleme sistemi tarafından belirlenmelidir.




**Şekil 3.6:** Üretim Sisteminde Bilgi Akış Diyagramı (Wang,2007)

MRP sistemleri normalde oldukça ayrıntılıdır. Her iş, üretim için gerekli parçaları listeleyen bir malzeme listesi (BOM). MRP sistemi, her bir parçanın her birinin envanterini takip eder. Dahası, malzemelerin her birinin satın alımlarının zamanlamasını belirler. Bunu yaparken, planlama ve çizelgeleme sistemlerinde kullanılanlara benzer şekilde parti boyutlandırma ve lot çizelgeleme gibi teknikler kullanır [36]. Birçok ticari MRP yazılım paketi mevcuttur [37]. Sonuç olarak, birçok üretim tesisi MRP sistemlerine güvenmektedir. Tesisin bir planlama sistemi planlamasının olmadığı durumlarda, MRP sistemi üretim planlama amacıyla kullanılabilir. Ancak, bir kompleks ayarında bir MRP sisteminin ayrıntılı planlama ve zamanlamayı tatmin edici bir şekilde yapması kolay değildir Farklı tiplerdeki desizyon destek sistemleri, planlanmış bir ERP sistemine bağlanabilir ve böylece şirketin uzun vadeli planlama, orta vadeli planlama ve kısa vadeli planlama yapabilmesi amaç edinilmekte ve uygulanmaktadır [38].

Bunun için de siparişe dayalı üretim sistemlerinde genel kabul gören kullanımı ile "satış tahmini" olarak adlandırılan alan aslında siparişleri tanımlamaktadır. Siparişlerin söz konusu olduğu dönem yahut dönemler için üretim planlaması farklı unsurlar ile tasarlanabilmektedir [39].

## 3.2 İŞLETMELERDE PLANLAMA VE ÇİZELGELEME

Kuruluşlarda planlama ve çizelgeleme sistemlerini tanımlamak, jenerik bir üretim sistemini tarif etmek kadar kolay değildir. Bir üretim kuruluşundaki planlama ve zamanlama işlevleri genellikle birçok farklı sorunla karşı karşıyadır. Ekipmanların tahsisi, tahsisin planlanması (örneğin, bir şirkette vardiyaların atanması) gibi kaynakların rezervasyonuyla (örneğin işçi performansları-zaman yuvaları toplantı odaları veya diğer kaynaklar) ilgilenmek zorunda kalabilirler.

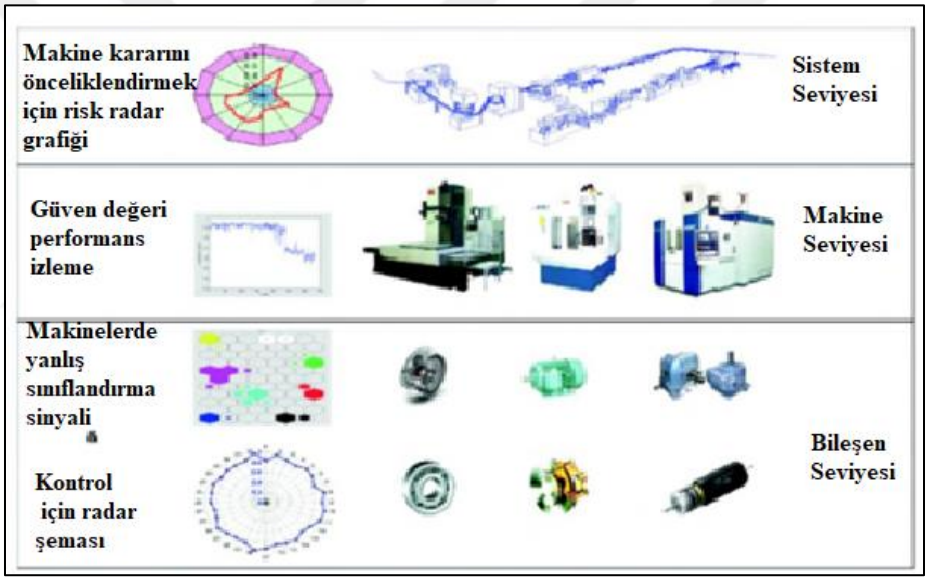
Planlama çizelgelerinde öncelik kısıtlamalara tabi olan işlerin planlanması ve programlanması üzerinde odaklanmaktadır. Bu programlama türü, sınırsız sayıda makineye sahip paralel bir makine ortamı olarak düşünülür. İşlerin öncelik kısıtlamalarına tabi olması, bir işin sadece tüm ön koşulları tamamlandığında işlenmesi anlamına gelir. Planlama çizelgelerinin amacı; yasal düzenlemelere uygun olması koşuluyla, müşteri tarafından istenen ürüne ait prosedür kısıtlamalarına uymak suretiyle telafiyi gerekli kılan tüm durumları en aza indirmektir [40].

Proje planlama ve çizelgelemenin genel bir kapsamında, işlerin işlem sürelerinin tamamen sabit olmadığı varsayılır. Proje yöneticisi, elinde bulunan bütçenin, ek fon tahsisi yoluyla farklı işlerin de işlem süreleri üzerinde bir miktar kontrole sahiptir. Bir projenin, son teslim tarihi ve tamamlanmasının bir cezai yaptırım şartına bağlı bir iş sözleşmesi imzalanmış ise ceza gerektirmesi hali, proje yöneticisinin göz önünde bulundurması gereken bir durumu beraberinde getirmektedir. Bu sebeple proje yöneticisi, projeyi geç tamamlama maliyetleri ile bireysel işlerin sürelerini kısaltma maliyetleri arasındaki dengeyi iyi analiz etmek zorundadır. Başka bir ifade ile, temel proje planlama ve çizelgelemede olası problemler ve problemlerin doğurabileceği tüm durumlar analiz edilmelidir [41].

Proje planlama çizelgeleri, bir iş işletmenin, bir makinenin yanı sıra, makinelerde çalışacak iş operatörleri gerektirdiğini öngörür. İş gücü birkaç farklı uzmanlık alanına sahip operatör

havuzundan oluşabilir; her havuzun belirli bir beceriye sahip sabit sayıda operatörü vardır. İşgücü sınırlamaları nedeniyle, her ikisinin de öncelik kısıtlamaları bağlı olduğu sürece başlamasına izin verilse bile, iki işin aynı anda işlenememesi nedeniyle ortaya çıkabilir. Bu tür bir sorun, işgücü kısıtlamalı proje çizelgelemesi veya kaynak kısıtlı proje çizelgelemesi olarak tanımlanmaktadır [36].

İşler arasındaki öncelik ilişkileri, proje çizelgelemenin temel kısıtlamalarıdır. Tahmin kısıtlamalarının grafik olarak gösterilmesi iki formattan birini izleyebilir. Biçimlerden biri "öncelikli işler" biçimi ve "darboğaz içeren işler" biçimi olarak adlandırılır [42].




**Şekil 3.7:** Farklı Düzeylerde Karar Verme (Sule, 2009)

### 3.1.1. Üretim Planlama ve Çizelgeleme

Makine sistemlerinin yoğun olduğu üretim alanlarında genel anlamda paket program kullanımları yaygın ve ihtiyaca uygundur. Ancak proje bazlı çalışmalarda zaman zaman makine uyumuna göre yeni program düzenlemek hazır program kullanmaya tercih edilebilir. İmalatta planlama çizelgesi, İmalat aşamasına başlamadan önce her bir işlemi gerçekleştirmek için gereken zaman çalışmasını, siparişlerden oluşan listenin gözden geçirilmesini, yönlendirme çerçevesinin çizilmesini, işi gerçekleştirmek için gereken zamanın ayrıntılı olarak planlamasını kapsamaktadır. Bu etmenlerin

analiz edilmesi ve kontrollerinin tekrar tekrar analizini gerekli kılmaktadır. İmalatta manuel planlama çizelgesi esas olarak bir işin zamanlaması ve belirlenen öncelikleri ile ilgilidir [43].

İş planı, iş için özel olarak çizilen plan çizelgelemesine göre işin yürütülmesi, işin makinelere yahut iş yerlerindeki operatörlere tahsis edilmesi, işin yükleme kısmı olarak tanımlanmaktadır. Yükleme, işi kimin yapacağını belirlerken; planlama, ne zaman yapılacağını belirlemektedir. Gantt Şemaları, mevcut yükü belirlemek ve bir işin ne kadar hızlı yapılabileceğini öngörmek için kullanılan en yaygın algoritmik fonksiyonlardır. Bu sebeple Gant Şemaları; planlama çizelgelemelerinde karar ağacı modeli olarak yerini alır. Üretim sistemlerinin planlaması ve planlama çizelgelerinin oluşturulması yapılanları ve yapılması gerekenleri karşılaştırmaları nedeni ile işletmeler için önemlidir [44].

Küçük ve orta ölçekli işletmelerin çoğu, teslimat programlarına uyulmaması nedeniyle başarısız olmaktadır. Bu nedenle siparişlerin teslimatlarının karşılama yeteneğine sahip işletmeler başarılı olabilirler [45].

. Örneğin bir makinenin tanımlanmış veya hazır program tarafından tahminen üretilmiş algoritmadan fazlasını elde etmek amaçlanarak farklı bir darboğaz yaklaşımı gerekebilir. Bu gibi durumlarda oluşturulmuş ERP ve MRP sistemleri geçerli olur ve manuel planlama çizelgesi oluşturmaya gerek duyulabilmektedir.

### 3.2.1 Üretim Planlamada Erp ve Mrp Sistemlerin Önemi

"Enterprise Resource Planning" ERP in ilk harflerinden oluşan dilimizde "Kurumsal Kaynak Planlaması" olarak yerini alan sistemdir. ERP işletmelerin kaynaklarını göstermek ve üretim zincirini iyileştirmek için kullanılan yazılım paketidir. Bu yazılım, işletmelerde yer alan her değerin yüklenmesi ile birlikte sezgisel mantık ile önceliklendirme yaparak, karar verme ile tüm verilerin bir mantık içerisinde birbirleri iletişim kurmasını ve verilerin bütünleşmeyi sağlamaktadır. Bu veri bütünleşmesi yoluyla üretim planlama, satın alma, üretim, satış, dağıtım, muhasebe ve müşteri hizmetleri gibi tüm işletme fonksiyonlarının yönetilmesi sağlanmaktadır [46].

Norris ve Arkadaşları 2000 yılında yaptıkları bir çalışmada ERP'yi iş alanında şöyle ifade etmişlerdir: "*Bir işletmenin iş süreçlerini ve verilerini organize etmek, kodlamak ve standardize*

*etmek ERP'nin başlıca görevidir. ERP yazılımı, işlemsel veriyi kullanılabilir bilgiye dönüştürür ve veriyi analiz edilebilecek şekilde düzenler. Böylece toplanan tüm işlemsel veriler, sezgi yolu ile işletmenin kararlarına destek vermek için kullanılabilir bilgiye dönüştürmek hedef alınır"* [47].

ERP sistemleri standartta uygulanabilecek sistemlerdir. İşletmelerde uygun bir veri tabanı kullanılır. Bu özellik tüm işletme için veri standartlarının olmasını gerektirir. Veri standartlarının gereği olarak ERP uygulamaları proseslerin de standardizasyonunu gerektirir. Organizasyonun farklı alt küme fonksiyonlarının bir araya getirilmesi işlemi olan bütünleşik halde kullanım, standartlaşmanın bir faydasıdır. ERP, bütünleşik bir sistemlerdir. İşe ilişkin fonksiyonları birbirine bağlamakta ve operasyon alanları ilgili bilgilere ulaşmaktadır [48].

Üretim atölyesinin sistemlerinin başarısı, kaliteli üretimin doğru zamanda yapılmasına bağlıdır. Bu sebeple üretim için planlama ve planlama çizelgesi oluşturulması iş başlangıcından önce işin ne zaman, nerede yapılacağı, sevkiyat yolları, finansal kaynak planlamasını içerir biçimde tasarlanması ile iş başlangıcından sonra işletmenin izleyeceği rotayı belirlemesi ve hiçbir faktörü gözden kaçırmamış olması kısaca işi şansa bırakmaması darboğaz ve önlemleri önceden belirlenmesi işletmenin geleceği açısından önemlidir [49].

Üretim planlaması için, planlama ve analiz sistemine uygun yöntemin belirlenmesi olduğunu bilmek gerekmektedir. Üretim planlama ve analiz yöntemleri; itme (MRP), çekme (Kanban) veya hibriddir (CONWIP).

MRP aynı zamanda, İngilizce 'de, "Meterials Resource Planning" Türkçe' de ise "Malzeme Kaynak Planlaması" olarak bilinmektedir. MRP sistemlerinin temel prensibi, üretim malzemelerinin planlanmasıdır. MRP, imalathanelerde iç ve dış siparişlerin koordinasyonunu sağlamak üzere kullanılmaktadır. Dış siparişler malzeme tedariğini kapsamakta ve işe yönelik malzeme siparişlerinin planlanmasıdır. İç siparişler ise, imalathanenin üretim amacıyla aldığı siparişlerin yani "işlerin" planlamasını kapsamaktadır. MRP, üretim kontrolünde iki rolü üstlenmektedir. Bunlar üretim miktarları ve teslimat zamanlarıdır. MRP sistemi sistemden çıktı olarak alınacak "nihai ürünün" üretilebilmesi için, gerekli olan temel malzemeleri ve hammaddeleri belirlemektedir [50]. MRP'de zamanlama planlaması, müşteri siparişinin alındığı

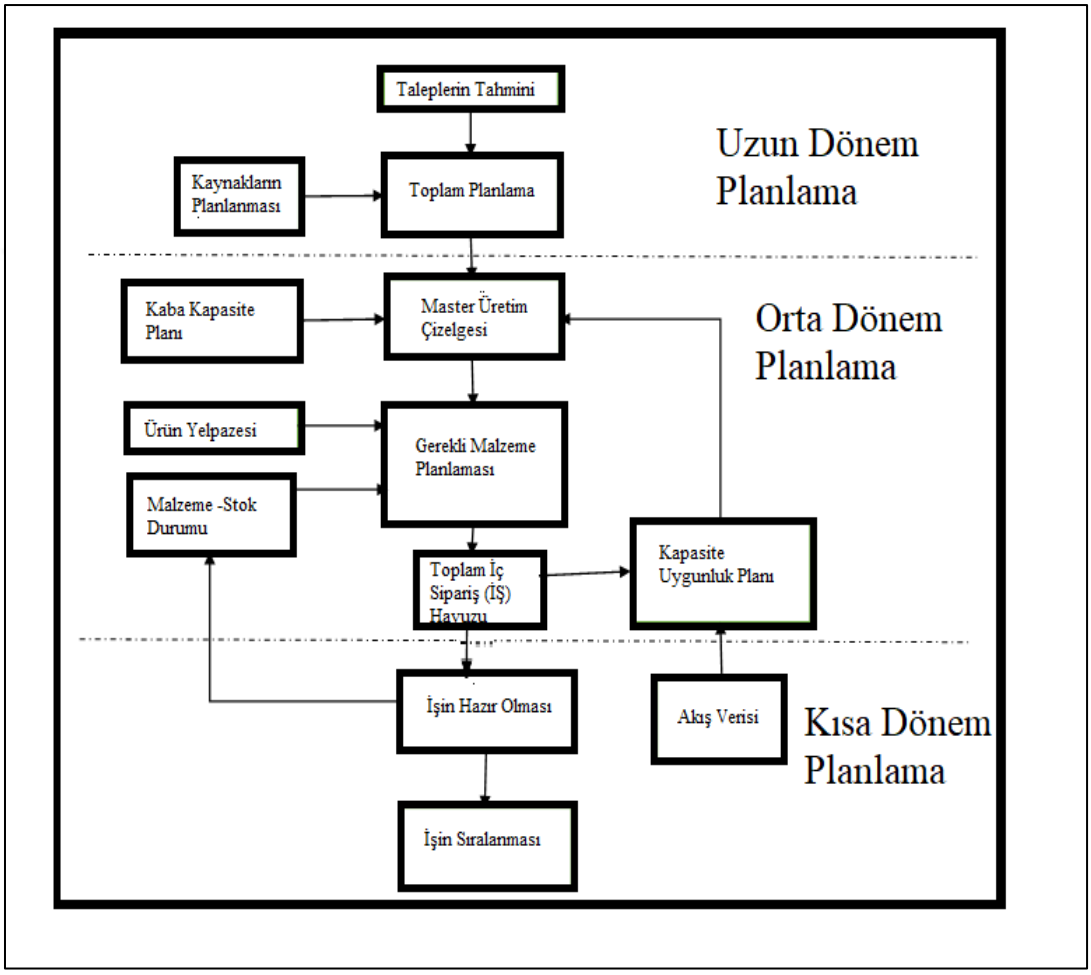
tarih, teslim tarihi yanı sıra üretim sürecinin tarihi, malzemelerin tedarik tarihini de belirlemekle yükümlüdür [51].

MRP prosedür gereği her ürün için ayrı ayrı aşağıdaki standart adımları izlemektedir:

a) Malzeme gereksinimi: Elde edilecek nihai ürün için stok miktarı kontrolü ve sipariş edilen ürün için gerekli hammadde kontrolü ve hammadde tedarik süreci (dış sipariş),
b) Parti büyüklüğü: İmal edilmesi planlanan nihai ürün için "işlerin" uygun parti büyüklüklerine bölünmesi,
c) Zamanlama: İşlerin teslimatı için, başlama zamanı, gerekli üretim aşamaları ve zamanlarının belirlenmesi (hedeflenen sürede teslimatın yapılması için gerekli zamanlama hesaplarının yapılması),
d) Ürün yelpazesinde ilerleme: İşe başlama zamanı, parti büyüklüğü ve ürün yelpazesinden faydalanarak gelecek adımlarda herhangi bir öğe için brüt gereksinimlerin belirlenmesi,
e) İterasyon: Tüm iş akışı için tanımlanan siparişler için, siparişler tamamlanana kadar aynı adımların tekrar edilmesi.

MRP sistemleri, üretim planlamacıları tarafından ortaya çıktığı ilk anlarda çokça desteklenmiştir. Ancak üretim süreçlerinin çoklu karar verme metotlarına ihtiyaçları olduğundan bir zaman sonra bu sistemin geliştirilmesi gerektiği ve standart uygulamaların yetersizliği (kapasite uygunluk faktörü veri ekranının olmaması, teslimat için gereken sürelerinin uzun olarak atanması ve güncellemeye izin vermemesi ve sistem kararsızlığı) nedenleri ile, sistemin ek fonksiyonlara ihtiyaç duyduğu anlaşılmıştır. Sorun olarak görülen nedenlerin ortadan kaldırılması amacı ile MRP sistemlerine ek düzenlemeler getirilmiştir. Bu düzenlemeler daha çok operasyonel fonksiyon düzenlemelerdir ve Master Üretim Çizelgesi (Master Production Scheduling - MPS), Kapasite İhtiyaç Planlaması (Capacity Requirements Planning- CRP), Kaba Kapasite Planlama (Rough Cut Capacity Planning -RCCP), Üretim Aktivite Kontrolü (Production Activity Control - PAC), ve Satın alımlar. Planlamanın (MPS, MRP, CRP) ve uygulama modülleri (PAC ve satın alımlar) kombinasyonu, uygulama çevriminden planlama çevrimine elde edilen potansiyel geri beslemeler ile oluşturulan sistem, kapalı döngü MRP olarak tanımlanmıştır. Finansal modül ilavesi ile meydana getirilen sistem üretim kaynaklarının yönetilmesinde birleştirilmiş amaçları olan bir

sistem olarak piyasa kullanımına sunulmuştur. Bu genişletilmiş MRP sistemi ise Üretim Kaynak Planlaması (Manufacturing Resource Planning- MRP II) olarak adlandırılmıştır**.** MRP II prensipleri Şekil 3.8 'de yer almaktadır.




**Şekil 3.8:** MRP II prensipleri (Browne Et.Al., 1996).

### 3.2.2 Üretim Kontrol Sistemi Olarak Conwıp Sistemler

CONWIP sistemler; MRP (İtme)ve Kanban (Çekme) sistemlerinin bir arada kullanıldığı sistemlerdir. Sisteme ilişkin dinamik modelleme şu şekilde özetlenebilir:

| MRP_1 | STOK | KULLANIM | ZAMAN/PARÇA |
|---|---|---|---|
| Stok, Mevcut | 53,90 | 47% | 32,5 |
| WIP | 42,80 | | |
| Bitmiş Mallar | 11,00 | | |
| 5-Bitiricilik | 14,30 | 63% | 7,4 |
| 4-Montaj | 6,90 | 29% | 4,7 |
| 3-Boya İşi | 6,70 | 43% | 6,3 |
| 2-Yüzey Hazırlama | 10,80 | 55% | 7,4 |
| 1-Kesme | 4,10 | 46% | 6,7 |
| Teslimat Güvenilirliği | | 81% | |

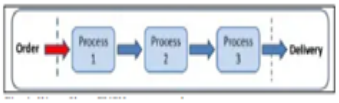
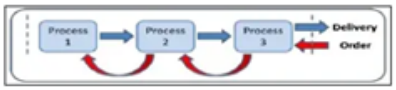
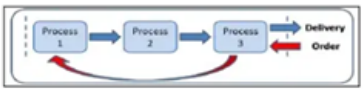
| Kanban_1 | STOK | KULLANIM | ZAMAN/PARÇA |
|---|---|---|---|
| Stok, Mevcut | 25,20 | 52% | 36,4 |
| WIP | 18,40 | | |
| Bitmiş Mallar | 6,90 | | |
| 5-Bitiricilik | 5,30 | 46% | 6,6 |
| 4-Montaj | 4,40 | 36% | 5,1 |
| 3-Boya İşi | 2,30 | 70% | 9,6 |
| 2-Yüzey Hazırlama | 4,40 | 58% | 8,5 |
| 1-Kesme | 2,00 | 50% | 6,6 |
| Teslimat Güvenilirliği | | 81% | |

| MRP_2 | STOK | KULLANIM | ZAMAN/PARÇA |
|---|---|---|---|
| Stok, Mevcut | 25,30 | 45% | 31,00 |
| WIP | 19,70 | | |
| Bitmiş Mallar | 5,50 | | |
| 5-İş Bitimi | 5,10 | 44% | 6,20 |
| 4-İmalat Grubu Üretimi | 3,70 | 36% | 4,80 |
| 3-Boya İşi | 4,70 | 51% | 7,10 |
| 2-Yüzey Hazırlama | 4,00 | 42% | 5,90 |
| 1-Kesme | 2,30 | 48% | 7,00 |
| Teslimat Güvenilirliği | | 100% | |

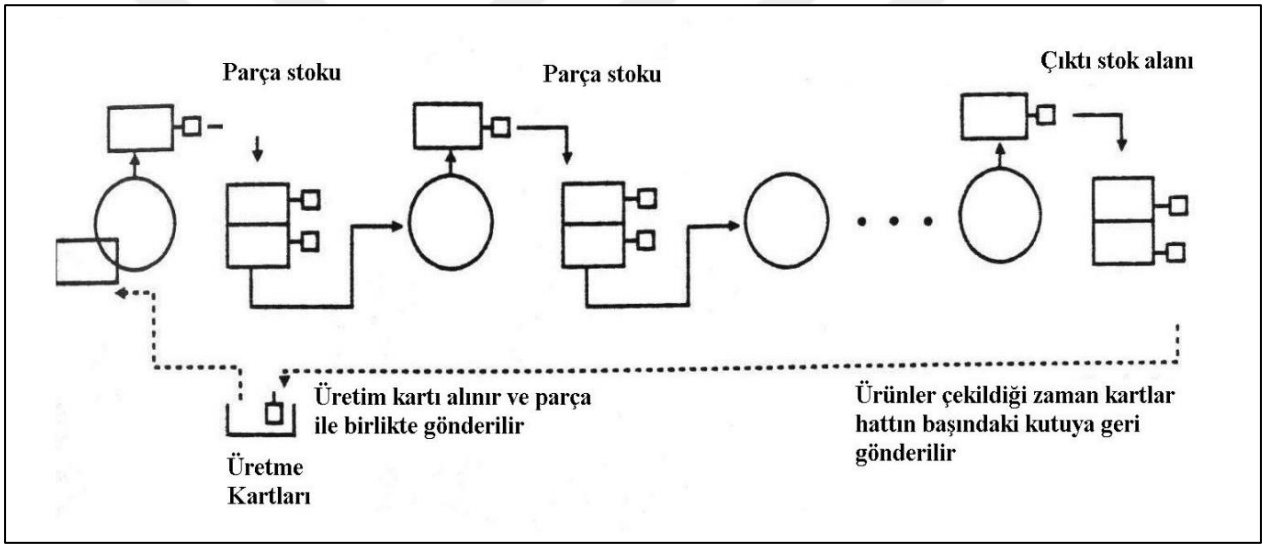
| CONWIP_1 | STOK | KULLANIM | ZAMAN/PARÇA |
|---|---|---|---|
| Stok, Mevcut | 15,30 | 47% | 33,00 |
| WIP | 7,80 | | |
| Bitmiş Mallar | 7,60 | | |
| 5-Bitiricilik | 2,00 | 46% | 6,9 |
| 4-Montaj | 1,40 | 36% | 5,2 |
| 3-Boya İşi | 1,30 | 70% | 6,6 |
| 2-Yüzey Hazırlama | 1,90 | 58% | 7,5 |
| 1-Kesme | 1,30 | 50% | 6,8 |
| Teslimat Güvenilirliği | | 100% | |

**Şekil 3.9:** Üretim Sistem Değerleri ve CONWIP Örnek Şirket için Tabloların Oluşturulması (Ajorlou, Shams, Aryanezhad, ,2011)

Bu sistemlerin çalışma biçimleri, Şekil 3.10. de gösterildiği gibidir;

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| İtme Sistemlerinin Çalışma Şekli (MRP) | Çekme Sistemlerinin Çalışma Şekli (Kanban) | İyileştirilmiş Çekme Sistem Çalışma Şekli (CONWIP) |

**Şekil 3.10** Üretim Planlama ve Kontrol Sistemlerinin Çalışma Biçimleri (Jodlbauer, 2008).




**Şekil 3.11:** CONWIP sistemlerin Bütünleşik Kullanımı

# 4 CONWIP SİSTEMLERİN GELİŞİMİ VE KULLANILAN ALGORİTMALAR

Üretim kontrolünün imalattaki önemine dair hem araştırmacıların hem de uygulayıcıların dikkatini çekmektedir. Bu sebeple doğru parçaların, doğru zamanda ve rekabetçi bir fiyata üretmek için üretim kontrol sistemleri imalatta yer almaya başlamıştır. Literatürde imalat üretim ve kontrol sistemleri genellikle bölünme yolu ile ele alınmaktadır. Bu da incelemelerde itme ve çekme sistemleri olmak üzere üçe ayrılmış bir literatürle karşılaşmamıza yol açmaktadır. Spearman, Woodruff ve Hopp tarafından 1990 yılında itme sistemi MRP ve çekme sistemi Kanban'a alternatif olarak ikili çekme sistemini birlikte kullanan CONWIP sistem tanıtılmıştır [51].

Kanban, her birine tek bir kart takılı standart kaplar veya lot boyutları kullanan tam zamanında üretim yöntemidir. Japonca' da Kanban kart anlamına gelmektedir. Toyota yöneticilerinden Taiichi Ohno tarafından, 1950 yılında geliştirilerek, ilk kez Japon Toyota firmasında kullanılmaya başlanmıştır. Kanban kartları, sipariş noktası sistemi ile ilişkili olarak atanır [49]. Kanban kartları genellikle bir gün veya haftada birkaç kez doldurulabilmektedir. Kanban, iş akışının sorunsuz akışı hammaddeden nihai ürün çıktısına kadar tek parça akışının kontrol edildiği iş akışını yönetmektedir [50]. Şirketlerin müşteri odaklı ve siparişe göre üretim yapmalarını kolaylaştıran bir sistem olarak bilinmektedir. Ancak, talepteki ani dalgalanmaları karşılamak için, şirketler müşterilerin bitmiş ürün ihtiyacını karşılamak amacıyla güvenlik stoğunu kontrol etmektedir [49]. Tek parça akışını kolaylıkla yöneten Kanban sistem, envanter birikmesine ve daha fazla WIP stokuna yol açar. Bu durum da düzensiz üretim programına, işçilerin fazla mesaisine, strese, gizli sorunlara ve daha düşük kalite gibi sorunlara yol açabilmektedir [51].

Bunun nedenlerinden biri, gerçek dengeli bir çalışma çizelgesi veya kesin tahmin oluşturmadaki başarısızlıktır. Toyota üretim sistemi tarafından oluşturulan bir konsept olan Heijunka kutularını, bu sistemi dengelemek amacı ile kullanılmaktadır [52]. Zamanlama için üretim katında sorunsuz bir iş akışı yaratmak amacı ile Kanban 'a dahil edilen Heijunka kutuları bu tekniğin arkasındaki konsepttir. Kanban üretim sisteminde, müşteri için sipariş oluşturma (A, A, B, A, B, B, A…) ile açıklanmaktadır. Örneğin, sipariş pazartesi günkü siparişin iki katı ise şirket fazla mesai ücreti, stres ve çalışanların dinlenme seviyesini Salı günü için dengelemektedir. Böylelikle hacim ve

karışım modelini belirleyen müşteri talebini alarak dengeli bir program oluşturmaya yardımcı olmaktadır [52].

Kanban, Heijunka kutuları sayesinde, ürün hacim karışımını düzgünleştirerek ve en önemlisi müşteri taleplerinin düzgün olarak takibini sağlamakta ve israf atıklarını ortadan kaldırmaktadır. Üretim planlamasında zamanlamanın önemi Kanban sistemde Heijunka kutuları ile dengelenmektedir [50].

Heijunka kutusu tekniği, üretimi yumuşatmak için kullanılan bir araçtır. Bu teknikte, bir duvarda dikdörtgen kaplar gibi çok sayıda küçük kutu bulunur. Her kutunun bulunduğu sütun bir zaman dilimini veya vardiyaları veya günleri temsil etmektedir. Renkli, Heijunka kutusunun her küçük kutusuna yerleştirilmiş kartlar bireysel işleri (Kanban kartları) temsil eder [51]. Kutularda bulunan kartlar ise üretim katında yaklaşan işleri temsil etmektedirler. Bu teknikte hangi iş türlerinin üretim için sıraya alındığını ve ne zaman planlandıklarını görmek mümkün olur. Atanmış işler bittikçe Kanban kartlarına sahip diğer işler içeri alınır. bir tezgahta biten iş ise dışarı alınır ve üretim aşamaları tamamlanana dek bir sonraki bölüme aktarılır[51]. Böylelikle zaman kaybının önüne geçilmiş olur. Ancak bu sistem tekli ürünler için uygun iken birbirinden bağımsız şekilde ayrı parçaların üretiminde aksaklıkların yaşanmasına neden olabilmektedir [51]. Bu sebeple; Kanban'ın ürünler arasında daha açık bir şekilde atanması nedeniyle, nispeten daha yüksek değişkenlik seviyelerine sahip ortamlarda ve çok ürünlü ortamlarda çekme kontrolü uygulamak için bir yol sağlayan CONWIP üretim kontrol sistemi, Spearman, Woodruff ve Hopp tarafından 1990 yılında ileri sürülmüştür [51,52].

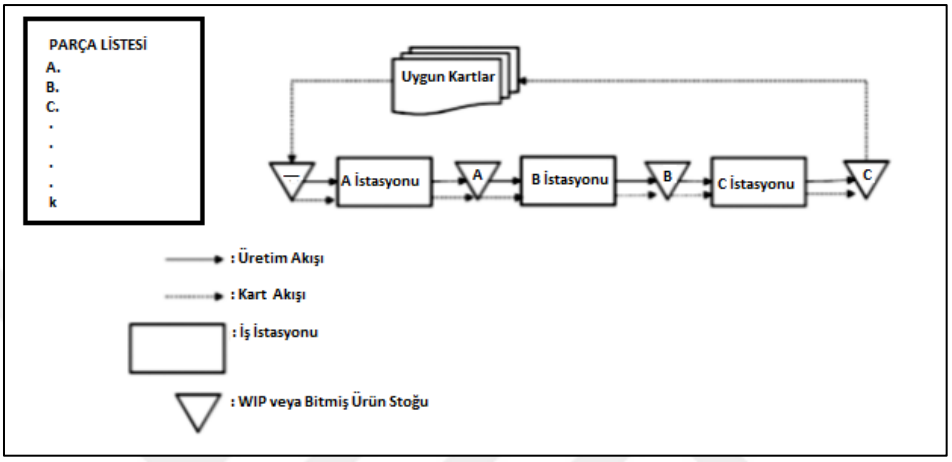
Kanban kartları anonim olabilir [53] Jenerik Kanban [54] ve Genişletilmiş Kanban Kontrol Sistemleri (EKCS) [55] gibi daha sonra geliştirilen diğer stratejiler de farklı türlerde kartların açık bir şekilde atanması olasılığını sunar. Bu kontrol sistemlerinde ürünler veya bileşenler söz konusudur [56] Bununla birlikte, stratejiler bu tür çok ürünlü ortamlara ve diğer ortam türlerine genişletildikçe, orijinal mantıkları uygun hale getirmek için değiştirilmektedir [56] Bu değişiklikler madde bırakma yaklaşımlarını, devam eden çalışma ölçüm yöntemlerini ve sistemin girdi-çıktısını senkronize etme mantığını geliştirmeyi amaçlayan çalışmaları meydana getirmiştir [53,54,55,56].

Conwip sistemde çekme işlemi, itme şeklinde yapılmaktadır. Böylelikle sistemde hattın içinde sabit bir WIP miktarının dolaşması amaçlanmaktadır. WIP dolaşımdaki belirlenmiş bu sabit miktarı yeni kart atanmadıkça yükseltemez. Conwip sistem de , kanban gibi kart sistemini kullanmaktadır. Conwip, tek yönlü (ileri) kart sistemini kullanmaktadır. Conwip, iş hacminin büyük olduğu sistemler için uygundur, çünkü büyük hacimli işlerde kanban sık sık kesilmeye neden olmaktadır [57]. Bunun temel nedeni ise Kanban sistemlerde her ürüne ayrı ayrı kart atanmasıdır.

CONWIP sistemler temelde kanban sisteminin daha genel bir sistem yapısını sunmaktadır. Conwip sistemler de Kanban'da olduğu gibi sinyaller üzerinden çalışmaktadır. CONWIP sisteminde kartlar tüm üretim akışı tamamlanana kadar tek yönlü (ileri) hareket etmektedir. Conwip kartlar üretim akışının henüz başındayken aynı ürün gruplarını barındıran bir taşıyıcıya tutturulmaktadır. Bu taşıyıcı üretim bandının sonuna geldiğinde kart silinip yeniden üretime girecek ürünler için kurgulanarak yeniden hattın başına dönüşü sağlanmaktadır. Böylelikle kanban sistemlerden farklı olarak Conwip sistemlerde ürünlere değil ürün gruplarına kart ataması üretim hattının başında partilere atanma şeklinde olmaktadır. Parti numarası ile eşleşen kartlar tek bir taşıyıcı iş makinesi tarafından takip edilmektedir.

CONWIP sisteminde, sisteme siparişin girişi ile kart ataması eş zamanlı yapılmaktadır. Böylelikle sisteme giren her ürün parça listesinde görülebilmektedir. Örneğin a parça ürün 31209 no'lu iş makinesi ile ilişkilendirilmişse bu a parça ürün hat boyunca 31209 no'lu makine ile taşınmakta ve bu ürün grubunun hangi aşamada olduğu takip edilebilmektedir. Parça listesinde bu a parça ürün için sıralama belirlenmekte örneğin üretim bandındaki kesme işlemi 1. sıraya atanmışsa taşıyıcı iş makinesi bu ürünleri öncelikle kesim tezgahına taşımaktadır. 2. olarak delme işi atanmışsa iş makinesi son a parçasını aldıktan sonra bu parçaları üretim bandında 2. sırada yer alan delme makinesine taşımaktadır. Henüz üretime girmemiş olan işler ise kendileri için bir Conwip kartı atanmış iş makinesini beklemektedirler. Dolaşımdaki Conwip kartları daima sınırlı tutulmakta ve bir grup işi bitmeden iş makinesi başa dönememektedir. Ancak üretim bandında iş parçası listesinde belirtilen tüm bant tamamlandığında iş makinesi üretim hattı başına yeni atanmış bir kart ile dönebilmektedir. Conwip sistemlerdeki prensip, daima üretime ilk giren ürün ilk çıkar mantığını takip etmektedir. Bu prensip İngilizce "first in first out" yani (FIFO) olarak adlandırılmaktadır [57]. Burada malzeme akışını takip eden taşıyıcı iş makinesi, parça listeleri için atanmış tüm hattı

bitirdiğinde yeni ürünü almak için hattın başına dönerken çekme görevini yapmış olur. Diğer taraftan ise üretim tamamlanarak itilmiş olmaktadır. Bu nedenle Conwip için itme ve çekme sistemini birlikte kullanan hibrid sistem denilebilmektedir [58].



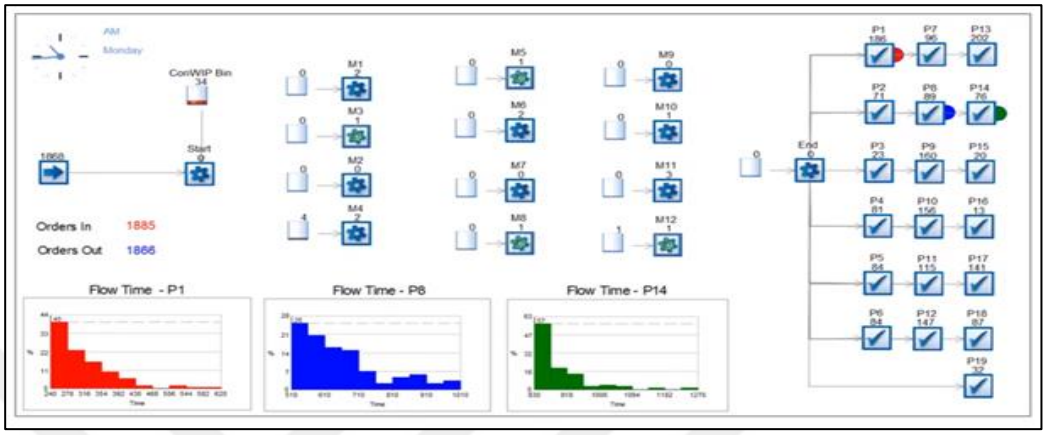

**Şekil 4.1:** ConWIP Genel İş Akış Şeması (Zhang ve Chen 2001).

Conwip konsepti gereği iş istasyonlarının tamamına uğrar ve atlama yapmaz. Aynı ürün her aşamada aynı işlemden geçer. Öncelikli belirlenen istasyon yahut karta programlı bir akışı bulunmaz. Parçaları taşıyan iş arabalarına kart atandıktan sonra üretim hattı sonuna dek aynı araç her tezgaha uğrayarak parçaları bırakır ve hat bitişinde parçaları alarak diğer iş istasyonuna taşır. Grup teknolojisi burada kullanılmış olur. İş başlangıcında parça listesine yüklene işlerin hat boyunca hangi istasyonlara uğrayacağı bellidir. İş istasyonu

CONWIP sistem hat boyunca ilerleyen basit bir sistem olmasına rağmen, işletmelerdeki kullanım düzeyi açısından şu 5 sorunu çözmesi beklenmektedir [59]:

1. **Parça listesinin üretim hattı ve paket program ile haberleşmesi:** CONWIP kartlarında ürünle ilgili bilgiler yer almaz. Ancak, hat operatörleri veya takibi kontrol etmek isteyen iş yöneticileri işlerin hangi seviyede olduğunu öğrenmek ve takip etmek isteyebilirler. İş sıralaması, işlerin bulunduğu hatlar bir paket program ile takip edilebilmektedir. Parçaları taşıyan iş arabasındaki Conwip kartı sayesinde parçaların adedi ve hangi hatta olduğunun takibi yapılabilmektedir. Bununla birlikte parçaların hattan çıkışı ve ne kadar üretildiği de takip edilebilmektedir. Parça listesi üretim hattı ile haberleşme durumunda olduğu gibi

paket programla da haberleşebilmektedir. Stok sayısı hem üretime girecek malzemeler için hem de bitmiş ürünler için kontrol edilebilmektedir.




**Şekil 4.2:** Conwip Kartları ile Paket Program Takip Sistemi Bir Simülasyon Çalışması Görünümü

Şekil 3.2.'den de anlaşılacağı gibi sisteme giren iş parçaları Orders İn (1885parça), Çıktı olarak görülen alınan nihai ürün Orders Out (1866 parça) olarak görüntülenmektedir. Sistemde dolaşımda olan Conwip kart sayısı 34'tür. Ürün çıktısındaki sonlandırmadan sonra paçaların depolandığı alanlar (stoklama alanları) raf düzeninde P1 ile P8 arası kırmızı raf, P8 ile P14 arası mavi raf, P14 ile P19 dahil yeşil raflardır. Ayrıca şekilden de anlaşılacağı üzere mavi parça üretimi daha uzun sürede ve daha fazla sayıda üretildiğini ifade etmektedir.

2. **Önceliklerin belirlenmesi ve FIFO kuramı istisnası nedeni ile iş sırasında bekleme:** CONWIP sistemde hatlar ilk giren ilk çıkar "FIFO" kuramı ile hareket etmektedir. Hatlarda, iş verimi azalması, tekrar işleme problemleri yahut birden fazla merkezi bulunan iş istasyonları sorunları ile hat boyunca karşılaşılmadığı takdirde, iş parçaları sisteme girdikleri sırayı takip ederek sistemde dolaşımı tamamlayıp, sistemden ayrılmaktadırlar. CONWIP sistemde üretim hatlarının sabit olması nedeniyle, iş bitiş sürelerini belirlemek kolaylaşmaktadır. Ancak CONWIP hat uzunluğunun fazla olması durumunda, işleri hızlandırmak için iki kademeli öncelik belirlenmesi zaman zaman izlenebilmektedir. Bunu yapabilmek için ise, seviyelendirilmiş geçiş noktaları belirlenmelidir. Bu geçiş noktaları iş aciliyetine göre, atanmış stok istasyonu yahut makineye geldiklerinde aciliyeti belirlenen işlere öncelik verilmesine ve ilk giren parçanın önüne geçmesine izin vermektedir. Birden

fazla geçiş noktası atanmış iş parçasının sistemde dolaşması ya da işlerin ikiden daha çok kademede seviyelendirilmiş olması hat davranışlarında belirsizliğe neden olabilmektedir.

3. **Dolaşımdaki WIP kart sayısı:** bir işlemedeki iş hacmini ve ürün stoklarını kontrol etmek için kullanılan CONWIP sistemlerde, üretim hattı ve iş akışı kontrolünde kart sayıları sınırlandırılarak WIP kart sayısı belirlenmektedir. İş planlamaları esnek ve anlık değişimleri nadiren dikkate alır ve buna anlık çözüme yönelik düşünmek yerine üretim planlamalarında bahsedildiği üzere kısa dönem ve uzun dönem periyotları şeklinde olmalıdır. Bu da üretim hatlarının planlamasına da yansımakta ve planlamalar 3 aylık, 6 aylık ve 1 yıllık planlamalar şeklinde olmaktadır. Bu nedenle bir üretim hattında tercih edilen algoritma ve atanmış fonksiyonlar, üretim planlamadaki zaman periyotlarıyla doğrudan ilişkilidir. Bir üretim hattında, hatların iyileştirilmesi için bir çalışma yürütülüyorsa bu durumda WIP seviyelerinin yeniden gözden geçirilmesi hatların dengelenmesi için önem arz etmektedir. Üretim hattının WIP seviyesi diğer bir deyişle kart sayısının belirlenmesi = iş döngü zamanı (cycle time/CT) x üretim hattındaki üretim ortalaması yahut oranı (production rate of line/rp) ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlik;

$$\text{WIP (Kart Sayısı)} = \text{CT} \times \text{rp} \tag{4.1}$$

olarak ifade edilmektedir.

4. **WIP açık kartların atanması:** Eğer üretim hatlarında belirlenen kart sayısı, hatlardaki değişkenler uyumluysa, CONWIP sistem ile sıkı bir protokolle çalışmaktadır. Ancak, WIP sabit kuralının bozulmasına yol açan faktörler olabilmektedir. Bir hat boyunca ilerlemenin zorunlu olduğu Conwip sistemde WIP sayısında düşüşe yol açabilecek veya üretimde kayıp zamanların yaşanmasına ve iş verimliliğinde düşüşe neden olabilecek, bir bozulma yaşandığında, sisteme kart tanımlanmadan iş parçaları ve taşıyıcı iş makineleri diğer bir değişle iş arabaları atanabilmektedir. Bu durum açık kart ataması olarak adlandırılmakta ve acil eylem planı olarak uygulanan bir sistemdir.

Conwip sistemlerde diğer makinelerden daha uzun sürede iş çıkaran ve hattaki yeri ayrıca belirlenen hat ya da tezgahlar "darboğaz tezgah" olarak tanımlanmaktadırlar. Sistemdeki tüm cihazlar aynı işlem düzeyinde ortalama olarak aynı süreyi uygulayan tezgahlar ise darboğaz içermeyen sistemlerdir. Conwip kartların algoritmaları atanırken darboğaz tezgah tüm kartlar için aynı algoritmayı kullanacağından, ayrı ayrı programlanmasına neden bulunmamaktadır. Aynı algoritma tüm kartlarda kullanılabilmektedir. Dolayısı ile üretim hattında darboğaz olsun olmasın kartların ilk programlaması değiştirilmedikçe yahut sistemde bozulan bir makine olmadıkça Conwip hat boyunca devam etmekte ve üretimin tahmini zaman değerlerini doğru bir şekilde yapmamızı sağlayan bir üretim kontrol sistemidir. Sistemin uygulanması için yazılan ve üretim sisteminde üretim hattının dengelenmesi ve kartların serbest bırakılmasını belirleyen algoritma değerleri bulunmaktadır. Bu değerlere ilişkin tanımlanan indisler bulunmaktadır. En çok kullanılan Algoritmalardan biri skolastik algoritmalardır. Skolastik algoritma ile programlanan kartların barındırdıkları indisler ise Braglia et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada yer alan formüller kullanılarak aşağıdaki indis değerleri oluşturulmuştur [61];

İşlem Sembolleri (İndisler):

B = Parti Büyüklüğü

BR = parti makinesi darboğaz olmadığında gerçek parti büyüklüğü

K = toplu iş makinesi endeksi

M = kritik makine dizini. Skolastik ve Darboğaz Model'de kritik makine, parti makinesininkinden daha uzun işlem süresine sahip makinedir. Skolastik ve Darboğaz olmayan Model 'de kritik makine parti makinesininkine eşit veya daha küçük değere sahip makineyi ifade etmektedir.

$N_C$ = optimum kart numarası

N = hattaki makine sayısı

S = toplu işlem ve alt satır darboğazı hariç öğe başına toplam döngü süresi

S * = S'nin kritik değeri

$T_i$ = i-th makinesinin işlem süresi

T1 = bu darboğaz olmadığında parti makinesinin boşta kalma süresi

T * = alt satırın B öğeleri üretmesi için gereken süre

$T_K$ = toplu makine işlem süresi

$T_M$ = kritik makinenin işlem süresi olmak üzere (Darboğaz tezgah işlem süresi),

Conwip sistem algoritmik fonksiyonları aşağıda yer almaktadır.

Kart sayısı üretilecek ürünün parti büyüklüğüne bağlıdır.

$T_KMAX_k$ = k. karta atanan maksimum izin verilen gecikme süresi olmak üzere;

$$X_{ik}=\begin{cases}1, i \text{ ürün } k. sırada \text{ üretime } girerse \\ 0, d., d.\end{cases} \quad (4.2)$$

$$Y_{ik}=\begin{cases}1, i. \text{ ürün } k-1. ve\ k. kartta\ ardışık\ ise \\ 0, d. d.\end{cases} \quad (4.3)$$

$$V_{ik}=\begin{cases}Yi, \ eğer\ X_{ik}=0 \\ 0, \ eğer\ X_{ik}=0\end{cases} \quad (4.4)$$

Denklikleri ile ifade edilir. Matematiksel programlamada yaratılan modellerin fonksiyonel amaçları, erken ve geç bitirme maliyetlerinin, çalışma maliyeti ve üretimde kalitenin arttırılması maliyet toplamlarının en aza indirilmesini amaçlamaktadır. Geç teslimat maliyeti, müşteri talepleri tam olarak yerine getirilmesi için uygulanmaktadır. Erken teslimat ve buna bağlı fazla çalışma maliyeti, müşteri taleplerini yerine getirmek için yüklenilen maliyetlerden oluşmaktadır. Üretimde kaliteyi arttırma maliyeti ise, CONWIP sisteminin uygulanması için temel zorunlulukların sağlanabilmesi gereklidir. Yüklenilen ve dolaylı olarak oluşan bu WIP maliyetleri, makinelerin boş kalma maliyetlerini etkileyen bir fonksiyondur. Algoritmik modellerin kullanım amaçları bu maliyetin en küçüklenmesini sağlamaktır. Kullanıma ilişkin matematiksel değerler aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min } ( \pi f(x) + \mu g(x) ) \quad (4.5)$$

$$f(x) = \sum_{k-1}^{k} (\alpha E_k + \beta T_k + \theta O_k) \quad (4.6)$$

$$g(x) = \sum_{k-1}^{k} ч\epsilon k \quad (4.7)$$

Model ile ilgili ilk olan kısıt (4.8) kartların teslimat zamanlarını belirtmektedir. İlk kart için öncesinde bir kart üretime giremeyeceği için özel bir durum oluşmaktadır. Bu sebeple önceki kart teslimat süresine kısıt (4.9)'da yer verilmektedir. Diğer kısıt ise ilk kart hariç tüm kartlar için teslimat zamanlarını vermektedir [61].

$$\Sigma_{i-1}^{1} n_i \mathrm{k}P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i \mathrm{k}S_i = \mathrm{Ck} \text{ , } \mathrm{k}=1 \quad (4.8)$$

$$\Sigma_{i-1}^{1} n_i \mathrm{k}P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i \mathrm{k}S_i - \mathrm{Ck} - 1 = \mathrm{Ck} \text{ , } \forall \ \mathrm{k} > 1 \quad (4.9)$$

Kısıt (4.10) üretim düzgünleştirme kısıtdır. Ardışık partilerin (kartların) işlem süreleri farklarını belirlemektedir. Parti büyüklüğü CONWIP'in uygulanmasında anahtar bir kısıttır.

$$[(\Sigma_{i-1}^{1} n_i . k - 1 P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \mathrm{k}\text{-}1 S_i) - (\Sigma_{i-1}^{1} n_i . \mathrm{k}P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \mathrm{k}S_i)] \leq \epsilon_k ; \text{ ve}$$

$$\forall k, \ k>0 \quad (4.10)$$

Kısıt (4.10) ile k-1. ve k. kart arasındaki iş yükü farkını εk'dan az ya da eşit yapmaya zorlamaktadır. Eğer εk = 0 olursa, iki ardışık kart arasındaki iş yükü farkı sıfır olacaktır. Mutlak değer silindiğinde kısıt (4.10)'un yerini kısıt (4.11) ve kısıt (4.12) denklemleri almaktadır [61].

$$(\Sigma_{i-1}^{1} n_i . k - 1 P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \mathrm{k}\text{-}1 S_i) - (\Sigma_{i-1}^{1} n_i . \mathrm{k}P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \mathrm{k}S_i) \leq \epsilon_k \text{ ve}$$

$$\forall \ k>0 \quad (4.11)$$

veya ;

$$(\Sigma_{i-1}^{1} n_i . k - 1\ P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \text{k-1} S_i) - (\Sigma_{i-1}^{1} n_i . \text{k}\ P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \text{k} S_i)\ \geq -\epsilon_k \text{ ve}$$

ve $\forall$ k>0 ( 4.12)

Kısıt (4.13) ile, fazla mesai için sınırlı kaynak olabileceği için, fazla mesainin alabileceği belirlenen en yüksek değer ile sınırlandırılmaktadır.

$$\Sigma_{k-1}^{k} O_k \leq O_{Max} \quad (4.13)$$

Her farklı tip ürünlerde teslimatların gecikmesine neden olan farklı değerler vardır. Kısıt (4.14)'te ilk olarak bu değerler, ürünlerin atandığı kartlarla ilişkilendirilmektedir. Daha sonra kısıt (4.15) ile, her bir kart için gecikebilme üst sınırı oluşturulmaktadır.

$$\Sigma_{i-1}^{1} X_{ik} T_{max} \text{İ} = T_k MAX_k \ , \forall \text{k} \quad (4.14)$$

$$\text{t}_\text{k} \leq \text{T}_\text{k}\ \text{MAX}_\text{k}\ \ , \forall \text{k} \quad (4.15)$$

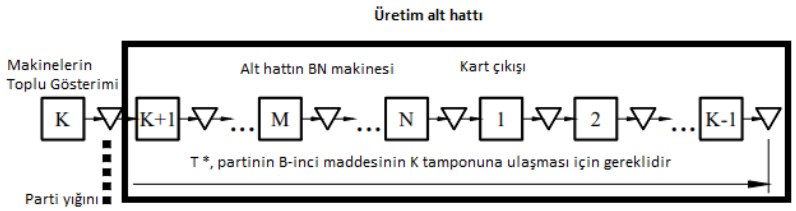
Kısıt (4.16) ile, tüm ürünler belirlenen teslim süreleri, atandıkları kartlarla ilişkilendirilmektedir.

$$\sum_{i-1}^{I} X_{i.k}\, d_i = d_{k.k}\ , \forall \text{k} \quad (4.16)$$

## 4.1 CONWIP KARTLARIN DARBOĞAZ TEZGAH İÇİN PROGRAMLANMASI

K. sıradaki makinenin tam olarak kullanılmasını sağlamak için gereken minimum kart sayısının hiçbir zaman parti boyutunun iki katından daha az olmaması gerekmektedir. Bu sayı parti büyüklüğü =Bx 2 yani 2B ile ifade edilmektedir. Bu durumda, parti işleminin bitiminden hemen önce, B maddeleri K'ıncı sıradaki makine tarafından işlenir ve diğer B öğeleri K.'ncı sıradaki makinenin tamponunda saklanır ve işlenmeye hazır olarak yığınlanmaktadır. Bu durum ancak

üretim için ayrılan zamanın uzaması ile hattın dengelenmesinin sağlanması ile çözüme kavuşacaktır. Döngüde harcanan sürenin kapanması ve K.'ncı ara belleğe ulaşmak için B kartları, $T_K$'dan daha düşüktür. Denklem (4.17) ile ifade edilebilir. Sistemin işleyişi, Şekil. 4.3'te gösterilmektedir [61].




**Şekil 4.3:** Parti Serbest Bırakıldığında Kendine Özgü Darboğaz İle Üretim Alt Hattı

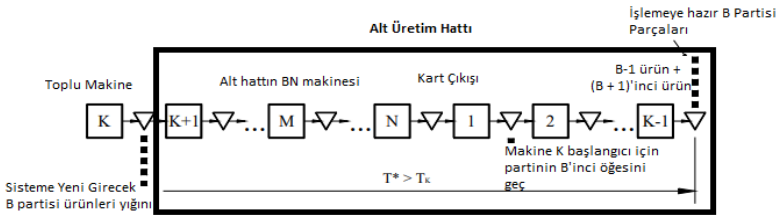
$$T^{*} = B \times T_M + S < T_k \tag{4.17}$$

Sistemin maksimum üretim hızını sağlamak için bir veya daha fazla kart eklemek gerekli olacaktır. Özellikle, sınır koşulu denklem (4.18)'de yer almaktadır:

$$T^{*} = B \times T_M + S = T_K \tag{4.18}$$

$$S = S^{*} = T_K - B \times T_M \tag{4.19}$$

$S^{*}$ 'nin BPM ve M makinesinin üretim kapasitesi arasındaki kapasite boşluğunu temsil ettiğini unutmayın. Bu nedenle, Denklem (4.19) diğer ekipmanın toplam döngü süresi için eşik değerini ifade etmektedir. Denklem (4.17) hat dengelemeyi sağlayamazsa veya (B-1) kartının döngüyü kapatmak için harcayacağı süre $T_K$'dan daha düşük bir değere sahip ise, hat verimini yakalamak için yeni kartların eklenmesi gerekli olacaktır. Şekil 4.4'te bu durum yer almaktadır:




**Şekil 4.4:** WIP Kart Sayısı 2xB +1'ye Eşit Olduğunda Özel Darboğazlı Alt Üretim Hattı

Hat dengelenmesini sağlamak için, son B.'ci kartın döngüyü kapatmak için $T_K$'dan daha fazla süre kullanması ve ürün parti büyüklüğünde bulunan kritik makine sayısından elde edilen hat performansı olarak tanımlanan, BPM yeni bir üretim döngüsü başlattığında, belirlenen kart sayısının halen hatta olmasıdır. Bu nedenle, kartların eklenmesi, tamponun BPM' nin başlangıç zamanında B partisi yığını öğeleri için yeni kartlar tanımlanmalıdır. Denklem (4.17), (4.18) ve (4.19) eşitliklerinin birlikte kullanımı ile (4.20) denklemi elde edilmektedir:

$$S < T_M - (B-1)x\ T_M = S^* + T_M \tag{4.20}$$

Önceki sonucu genelleştirmek için (B-X) kartının $T_K$'dan daha düşük bir zaman aralığında BPM arabelleğine erişebildiği durumlarda X kartlarının (X <B) eklenmesi gerekir. Denklem (4.17) ve Denklem (4.18)'in bütünleşik kullanımı ile :

$$S < T_K - (B-X)\ x\ T_M = S\ * + (X)\ x\ (T_M) \tag{4.21}$$

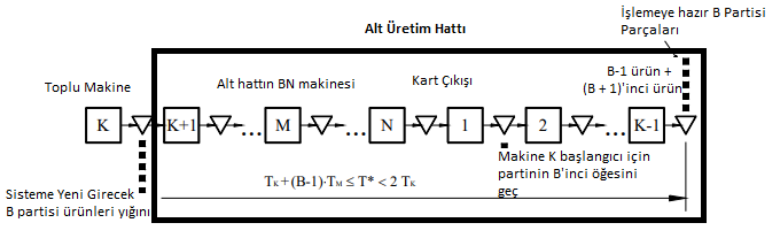
S aşağıdaki aralığa aitse 2B + X sayısınca kart eklenmelidir S aralık değerinin belirlenmesine ilişkin hesaplama Denklem (4.22) 'de ifade edilmektedir:

$$[[S^* + (X-1)x\ T_M;\ S^* + XT_M]] \tag{4.22}$$

İlave bir kartın, $T_M$'ye eşit olacak şekilde S aralık değerinin artışını karşılamak için yeterli sayıda olması gerekmektedir. B kartlarının veya B'nin tam sayı değerlerinin katların eklenmesini gerekli kılarsa, bu algoritmik koşul geçerliliğini yitirmektedir [61].

Devam eden çalışmaya ait eşitliklerde, 3B ile simgelenir. Böylece, BPM' nin çalışması bitmeden hemen önce, B maddeleri BPM üzerinde bulunmakta; B partisi iş parçaları, BPM' nin tamponunda

yığınlanırken, sayısı belirli bir B parti grubu “alt üretim hattı” boyunca ilerlemektedir. Modelleme biçimi Şekil 4.5’te yer almaktadır [61].




**Şekil 4.5:** Optimum kart numarası 3B'ye eşit olduğunda özel darboğazlı alt üretim hattı foksiyonu [61]

Sistemin tam kapasitesini sağlamak için, hala “alt üretim hattı” üzerindeki partinin büyüklüğü (B) kartı $2xT_K$'dan daha düşük bir zaman aralığında BPM' ye ulaşması beklenir. Bunun için de matematiksel bir model kurgulanırken koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir. Koşul fonksiyonları aşağıda Denklem 4.23 ‘te yer almaktadır [61].

$$S < 2xT_K - BxT_M = S^* + T_K \tag{4.23}$$

S'nin gerçek artışı, $S^*+ T_M$'ye eşit olduğunu belirtmek önemlidir. Özet olarak, optimum kart numarası ($N_C$) belirlenmesi için skolastik algoritmada genel formül aşağıdaki gibidir:

$$\begin{cases} Nc = 2B \\ Nc = 2B + RxB + X \\ Nc = 2B + (R+1)xB \end{cases} \tag{4.24}$$

Buradaki S değerleri için aralıklar aşağıdaki gibidir [61];

$S \in | \ 0, S^*$

$$S \in | \ S^* + RxTk; S^* + RxTk + (B-1)xTm$$

$$S \in | \ S^* + RxTk; S^* + RxTk + (B-1)xTm + RxTk + (R+1)xTk$$

$$R = \left[\frac{S - S*}{Tk}\right]$$

$$X = \left[\frac{S - S* - RxTk}{Tm} - 1\right]$$

Buradaki genel kart sayısı için aralıklar: $Y \in N$, $L \in N$ ve $Z \in [1, B-1]$ .

Maksimum parti tek bir parçaya düşürüldüğünde (B = 1), üretim hattı geleneksel bir imalat akışına dönüştürülür ve hattaki her makinede bir öğe yer alır. Parti boyutu hakkında herhangi bir hipotez tanımlanmamış olduğundan, genellikle esnek değişken olarak kabul edilir. Bu durumda, bir kartın eklenmesinin her zaman S'nin $T_K$ 'ye eşit olacak bir artışını karşılamanın yeterli olması beklenmektedir. Böylece, S'nin ait olduğu aralığın genişliği sabit kalmaktadır. Bunun nedeni, kart numarası daima partinin bir tam sayı katıdır. Bu sebeple 1'e 1 eşitlik sağlanması beklenmektedir. Standart bir akış atölyesi için optimum kart numarasını tanımlayan analitik formülün yeniden düzenlenmesi gereklidir [61].

## 4.2 ÜRETİM HATTINDA DARBOĞAZ OLMADIĞINDA KART PROGRAMLANMASI

Darboğaz içermeyen kart programlanmasında, BPM' nin K konumundayken üretim kapasitesi, üretken süreçteki bir veya daha fazla makinenin üretim kapasitesini aşabilir. Bu sebeple darboğaz tezgah BPM ile çakışmayacak şekilde planlanır; burada BPM yerine BNM, üretim prosesinde yerini almaktadır. Yani, partinin yukarı veya aşağı yönünde operasyonun herhangi bir safhasında iken darboğaz tezgahta işlenmeyecek iş parçaları için başkaca bir algoritma kullanılmaktadır [61].

$$T_K/B<T_M \tag{4.24}$$

Tüm üretim hattının darboğazını gösteren $T_M$ hariç, önceki modelle aynı kaldı. BPM' nin üretim kapasitesi M makinesi kapasitesini aşsa da (gerçek darboğaz), alınan ek kapasitenin ile (B), gerçek parti büyüklüğüne ($B_R$), ($B_R$ <B ile) düşürülerek çıkarılabilir. BPM tarafından işlenen parti büyüklüğü için, $B_R$' nin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir:

$$B_R=[\frac{T_K}{T_M}] \tag{4.25}$$

Denklem (4.25), iş hacmini makine M'ninki ile hizalamak için BPM sabit sayıda $B_R$ öğesi (maksimum kapasitesi B'den daha düşük) üretir ve her bir üretken döngü için bir süre boş

kalmaktadır. Bu süre boş zaman $T_1$ değeri olarak sistemde yerini alır. Özellikle denklem (4.24) ve (4.25) düzenlendiğinde $T_1$' in her iki denklemde de eşit olduğu çıkarımını yapmamızı sağlamaktadır.

$$T_1 = B_R \text{ x } T_M - T_K \tag{4.26}$$

Darboğaz olmayan üretim hattı ile darboğaz bulunduran üretim hattındaki gibi minimum kart sayısı $2xB_R$ değerine eşit olarak kabul edilir. Diğer bir değişle kart sayısının belirlenmesi parti büyüklüğünün 2 katı şeklinde olacaktır. Bu modelleme algoritmaları Conwip kartlara yüklenerek öngörü yolu ile belirlenmiş koşullar üretim hattından azami ölçüde verime ulaşmak amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında 5. Bölümde değineceğimiz uygulamamızda darboğaz tezgahın bulunmadığı bu model ile boyama gerektirmeyen ve kuruma süresine gerek bulunmayan ürünler, talaşlı imalat uygulamaları gerektirmeyen ürünler, döküm ve maçalama işlemleri gerektirmeyen ürünler için kullanımına yer verilmiştir.

Braglia et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada yer alan formüller kullanılarak belirtilen indis değerlerinin özetlenmiş şekli aşağıdaki gibidir [61] :

$N_C$ = optimum kart numarası

N = hattaki makine sayısı

S = toplu işlem ve alt satır darboğazı hariç öğe başına toplam döngü süresi

S * = S'nin kritik değeri

$T_i$ = i-th makinesinin işlem süresi

T1 = bu darboğaz olmadığında parti makinesinin boşta kalma süresi

T * = alt satırın B öğeleri üretmesi için gereken süre

$T_K$ = toplu makine işlem süresi

$T_M$ = kritik makinenin işlem süresi olmak üzere (Darboğaz tezgah işlem süresi),

Özetle Conwip sistem algoritmik fonksiyonları ise;

Kart sayısı üretilecek ürünün parti büyüklüğüne bağlıdır.

$T_KMAX_k$ = k. karta atanan maksimum izin verilen gecikme süresi olmak üzere;

$$\text{WIP (Kart Sayısı)} = CT \times rp \quad (4.1)$$

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, i \text{ ürün } k. sırada \text{ üretime } girerse \\ 0, d., d. \end{cases} \quad (4.2)$$

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1, i. \text{ürün } k-1. ve\ k. kartta\ ardışık\ ise \\ 0, d. d. \end{cases} \quad (4.3)$$

$$V_{ik} = = \begin{cases} Yi, \ eğer\ X_{ik} = 0 \\ 0, \ eğer\ X_{ik} = 0 \end{cases} \quad (4.4)$$

$$\text{Min } ( \pi f(x) + \mu g(x) ) \quad (4.5)$$

$$f(x) = \sum_{k-1}^{k} (\alpha E_k + \beta T_k + \theta O_k) \quad (4.6)$$

$$g(x) = \sum_{k-1}^{k} \text{ч} \epsilon k \quad (4.7)$$

$$\Sigma_{i-1}^{1} n_i \text{k} P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i \text{k} S_i = \text{Ck} , \text{k=1} \quad (4.8)$$

$$\Sigma_{i-1}^{1} n_i \text{k} P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i \text{k} S_i - \text{Ck} - 1 = \text{Ck} \ , \forall \ \text{k} > 1 \quad (4.9)$$

$[(\Sigma_{i-1}^{1} n_i . k-1 P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i .\text{k-1} S_i) - (\Sigma_{i-1}^{1} n_i .\text{k} P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i .\text{k} S_i)] \leq \epsilon_k$; ve

$\forall$k, k>0 (4.10)

$(\Sigma_{i-1}^{1} n_i . k-1 P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i .\text{k-1} S_i) - (\Sigma_{i-1}^{1} n_i .\text{k} P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i .\text{k} S_i) \leq \epsilon_k$ ve

$\forall$ k>0 (4.11)

$(\Sigma_{i-1}^{1} n_i . k - 1\ P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \text{k-1} S_i) - (\Sigma_{i-1}^{1} n_i . \text{k}\ P_i + \Sigma_{i-1}^{1} V_i . \text{k} S_i) \geq -\epsilon_k$ ve

ve $\forall$ k>0 ( 4.12)

$$\Sigma_{k-1}^{k} O_k \leq O_{Max} \quad (4.13)$$

$$\Sigma_{i-1}^{1} X_{ik} T_{max} \dot{I} = T_k MAX_k \ , \forall_k \quad (4.14)$$

$t_k \leq T_k\ MAX_k\ , \forall_k$ ( 4.15)

$$\sum_{i-1}^{I} X_{i.k}\ d_i = d_{k.k}\ , \forall_k \quad (4.16)$$

$T^* = B \text{ x } T_M + S < T_k$ (4.17)

$T^* = B \text{ x } T_M + S = T_K$ (4.18)

$S = S^* = T_K - B \text{x } T_M$ (4.19)

$S < T_M - (B\text{-}1) \text{x } T_M = S^* + T_M$ (4.20)

$S < T_K - (B\text{-}X) \text{ x } T_M = S * + (X) \text{ x } (T_M)$ (4.21)

$[[S^* + (X\text{-}1) \text{x } T_M ; S^* + X T_M]]$ (4.22)

$$S < 2xT_K - BxT_M = S^* + T_K \quad (4.23)$$

$$\begin{cases} Nc = 2B \\ Nc = 2B + RxB + X \\ Nc = 2B + (R+1)xB \end{cases} \quad (4.24)$$

$S \in | \ 0, S^*$

$S \in | \ S^* + RxTk; S^* + RxTk + (B-1)xTm$

$S \in | \ S^* + RxTk; S^* + RxTk + (B-1)xTm + RxTk + (R+1)xTk$

$R = [\frac{S-S*}{Tk}]$

$$X = [\frac{S-S*-RxTk}{Tm} - 1] \quad (4.25)$$

$$T_K/B < T_M \quad (4.24)$$

$$B_R = [\frac{T_K}{T_M}] \quad (4.25)$$

$$T_1 = B_R \text{ x } T_M - T_K \quad (4.26)$$

# 5 CONWIP SİSTEM UYGULAMASI

## 5.1 UYGULAMA FİRMASI ARSLAN MAKİNA TANITIMI

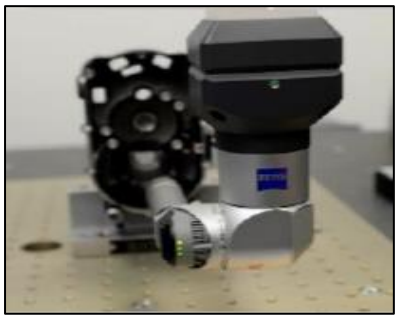
1993 yılında İstanbul'da Yusuf Arslan tarafından kurulan Arslan Makina, makina parçaları ürün gruplarının üretimi üzerine çalışmaktadır. Yurtiçi ve Yurtdışı siparişler üzerine üretim yapan bir firmadır. Firmanın şu andaki merkezi Arnavutköy'de bulunmaktadır. Firmada özel parça üretimleri için döküm, tornalama, elektrostatik boyama hizmetlerinin yanı sıra montaj işleri de yapılmaktadır. Üretim hanede yer alan iş makinaları bu sebeple çeşitlidir. Üretim planlaması için özel yazılım paket programı geliştiricileri ile birlikte işletmeye özel yazılımlar da kullanılmaktadır. İşletme içinde IT hizmet birimi ayrıca yer almaktadır. Hatlarda üretimi yapılan tüm ürünlerin teslimi için geniş bir düzenli depolama alanı bulunmaktadır. Uygulama çalışmamızda geniş bir ürün yelpazesi grubuna sahip ve siparişe dayalı üretim yapan bu işletmede üretilen ürün 18 ve ürün 39 olarak adlandırılan parçaların üretimine yer verilecektir. Uygulama çalışmasında bu iki ürünün seçilmesinin sebebi çalışmamız kapsamında yer verilen darboğaz içeren (ürün 18) ve darboğaz içermeyen (ürün 39) temsile uygun olmalarıdır. Bu iki ürün grubu için çalışan üretim bantlarındaki verim artışı analiz edilerek üretim sistemi uygunluğu test edilmiş ve sonuçlar gerçek veriler ile analiz edilmiştir. Yanı sıra şu an ERP ve MRP üretim planlamasını uygulayan işletme için CONWIP sistem uygulaması için basit bir matematiksel modelleme çalışması yapılmıştır. ERP ve MRP ile uyumlu hale getirilmesi için ise yazılım IT birimince sağlanmıştır. Uygulamada kullanılan algoritmik modelleme sonrası işletmedeki iyileştirilmiş durum ile önceki durum karşılaştırılarak bulgu ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmada MINITAB simülasyon programı gerçek verileri girdiğimiz ekranda WIP döngüsünü tahminleme değerini hesaplamak üzere kullanılmıştır. Bu hesaplama tahmini için ile iki ürünün ayrı ayrı tahminlemesi alınmış bunun için Log Normal dağılım iki ürün için ayrı ayrı uygulanmıştır. Esasında MINITAB bizim için WIP döngüsünü tahminlemiş ve ortalama sonucunu bize vermiştir.

## 5.2 SEÇİLEN ÜRÜNLERİN TANITIMI VE ÜRETİM HATTINDA BULUNAN MAKİNE-EKİPMAN BİLGİSİ:

CNC tezgahları, havalı torna, kurutma makinaları, presleme, talaşlı şekil verme, boyahane. kumlama,lazer plazma, taşıyıcı el arabalarıdır. Kart atamaları ağırlık birimi üzerinden bu el arabalarına yapılmaktadır. Ürün 18 parça başına ağırlık miktarı 0,615'tir. Bir el arasında bu parça işlenmek üzere tezgahlara yönlendirilirken ağırlık ölçümü kantarlarda yapılmaktadır. Toplam ağırlık 1 araba için ölçülen ağırlık 66 kg'dır. Buradan hareketle bir el arabasında taşınan parça sayısı parti ürünü sayısı ±107 adettir. Çalışma kapsamında incelemesi yapılan ürün18 aşağıdaki gibidir:



**Şekil 5.1:** Ürün 18 Görseli



**Şekil 5.2:** Ürün 18 Kullanımına İlişkin Görsel

Bu parça bisiklet motorları için üretilmektedir. Ürün sırası ile Kesme, Yüzey İşleme, CNC Tornalama,Çeltik Atma, Delme, Boyama, Kurutma, Yüzey Temizleme, Kalite Kontrol ve

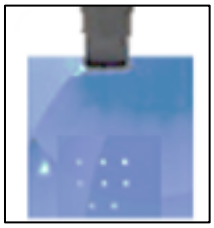
Paketleme tezgahlarında işlenerek elde edilmektedir. Bu ürünün elde edilmesi için yoğun süre harcanan tezgah  Kurutma Tezgahıdır.



**Şekil 5.3:** Ürün 18 İçin Birkaç Uygulama Tezgahı Görseli

Bu ürün için siparişin alınma tarihi itibari ile müşteri dört haftalık bir teslim tarihi şartı sunmuş ve verilen sipariş miktarı 1500 adet, toplam sevkiyatın net ağırlığı 922,5 kg.'dır. Firmanın özel ürünü olan ürün 39 görsellerine ticari sır sebebi ile yer verilmemiştir. Bu ürüne (Ürün 39'a) olan talep ürün 18'den daha fazladır ve üründe tornalama ve presleme gibi standart zaman dilimlerine tabi olan cihaz kullanımları yapılmaktadır. Bu sebeple darboğaz içermeyen algoritmik CONWIP kart ile iş akışına devam edilmiştir.

Ürün 18 için sipariş tarihi 2020 Şubat ayı itibari ile gerçekleşmiştir. Bu süreçte CONWIP sistem uygulaması için geliştirilen algoritma uygulanmış ve darboğaz içeren bir kart görünümü Şekil 5.4.'te gösterilmektedir. Bu kartlar taşıyıcı olarak kullanılan el arabalarına atanmıştır. Bu sebeple algoritmada planladığımız matematiksel formül Parti büyüklüğü x2 olduğundan iş için kullanılan araba sayısıx2 değer olarak var sayılmıştır. Ürün 39'da ise darboğaz içermeyen algoritma uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.



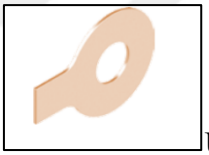
**Şekil 5.4:** El Arabalarına Tutturulan E-CONWIP Kart Görseli

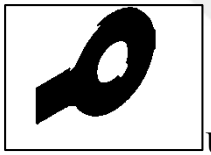
Ürün 18 ve Ürün 39 için sipariş büyüklüğü ERP girişinde yer alan değerler, sipariş girişinden Excel formatında çekilmiş ve bu değerlere aşağıdaki tabloda yer verilmiştir.

**Tablo 5.1 :**Ürün 18 ve Ürün 39 İçin Sipariş Miktarları

| Ürün Kodu | Sevk Adedi | Uzlasılan Sevk Hafta | Uzlasılan Sevk Tarihi | Br Ağırlık | Toplam Net Ağırlık - KG |
|---|---|---|---|---|---|
| Ürün 18 | 1.500 | 2020/08 | 19.02.2020 | 0,615 | 923 |
| Ürün 39 | 7.875 | 2020/07 | 12.02.2020 | 0,105 | 827 |
| Ürün 39 | 7.875 | 2020/08 | 19.02.2020 | 0,105 | 827 |
| Ürün 39 | 7.875 | 2020/09 | 28.02.2020 | 0,105 | 827 |

Ürün 18 ve Ürün 39 yarı mamul ürünleri için ayrıca hatlarda ürünler ile ilerleyecek WIP kartları için ise algoritmik akışa yer verilmemiş sadece bir ürün bir kart akışı ile ay boyunca test edilmiştir. Bunun için ise yumuşak plastik kulaklı emniyet pulu kullanılmıştır. Kullanılan emniyet pulu görseline Şekil 5.5.'te yer verilmektedir.

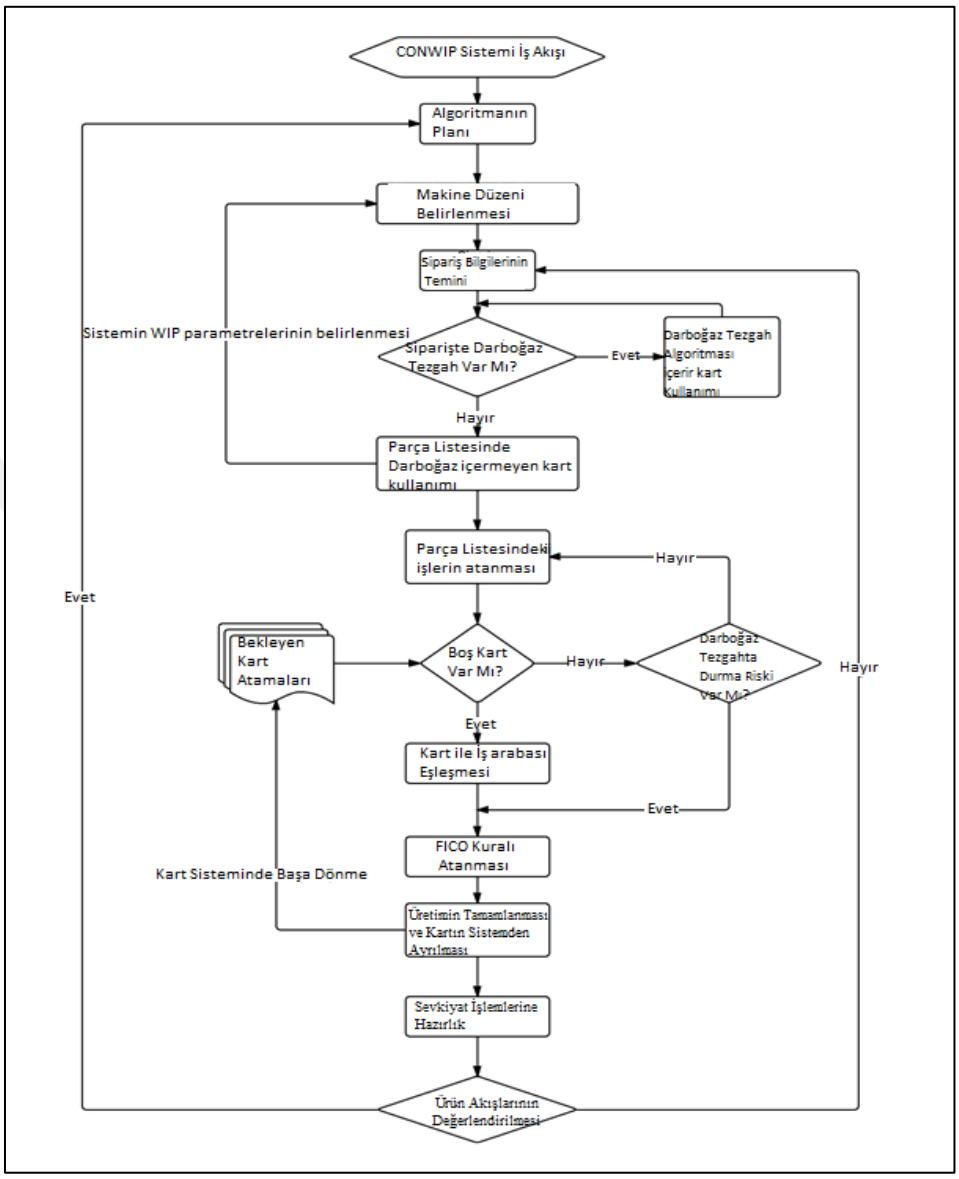

Ürün 18


Ürün 39

**Şekil 5.5:** Ürün 18 ve Ürün 39 için Bantta İlerleyen WIP Kart Aksesuarı

Akış içerisinde ürün 18 için 1 (66 kg tartılan) araçta bulunan yarı mamul kart sayısı ürün 107x2 adettir. Araç kart sayısı ile akışta bulunan araç sayısının iki katı 1x2 adettir.

Akış içerisinde ürün 39 için 1 araç (20 kg tartılan) ürünün birim ağırlığı 105 gramdır. Araç kart sayısı ile akışta bulunan araç sayısının iki katı 3x2 adettir. Boya gerektirmeyen ürün 39 ise bir araç için 191x2 adettir. Günlük 3 araç ile taşınarak üretimi yapılabilmektedir. Bu durumda günlük üretim sayısı 572 adettir. Uygulamada kullanılması planlanan akış Şekil 5.6'da yer almaktadır:



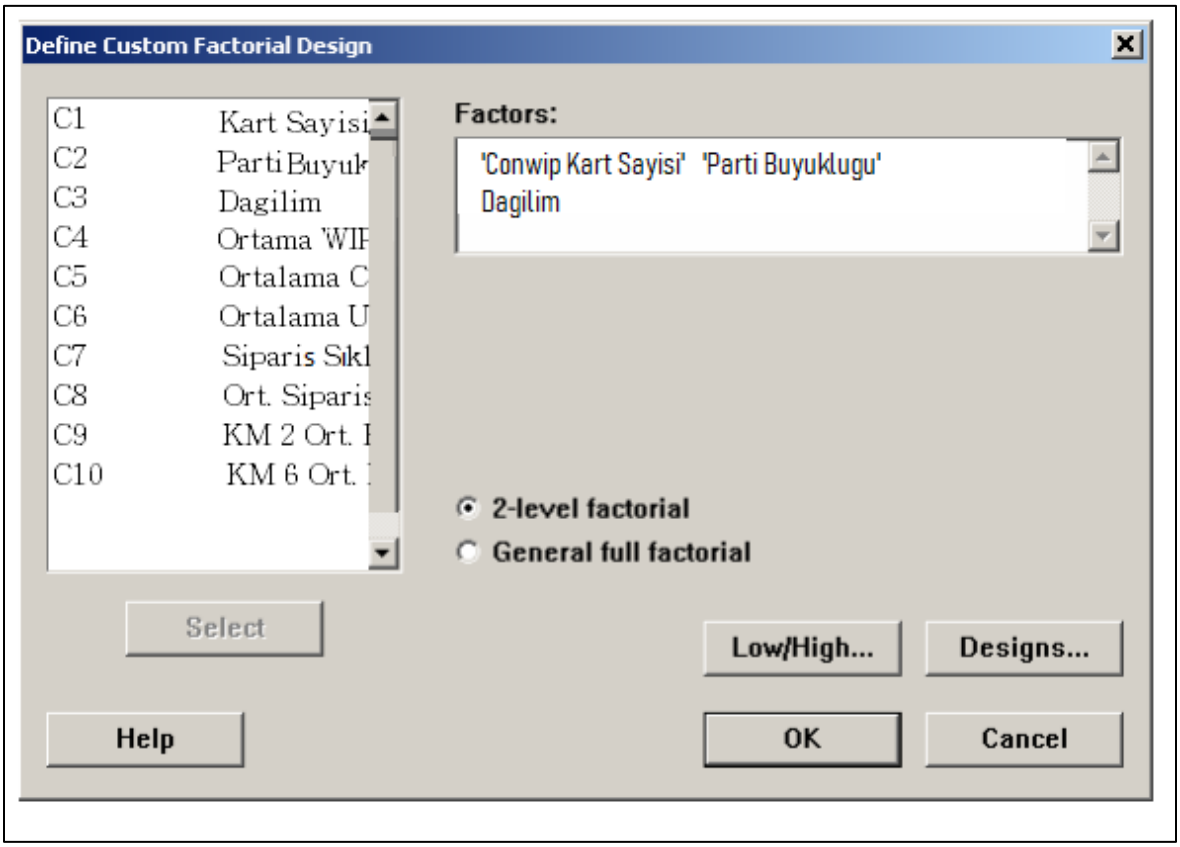

**Şekil 5.6:** Uygulanması Planlanan İş Akış Diyagramı

Değerlendirme ve simülasyon çalışmaları için dikkate alınan parametreler şu şekildedir:

CONWIP merkezleri arasında dolaşacak iş arabalarında taşınan parçaların adedi parti büyüklüğü olarak tanımlanır.

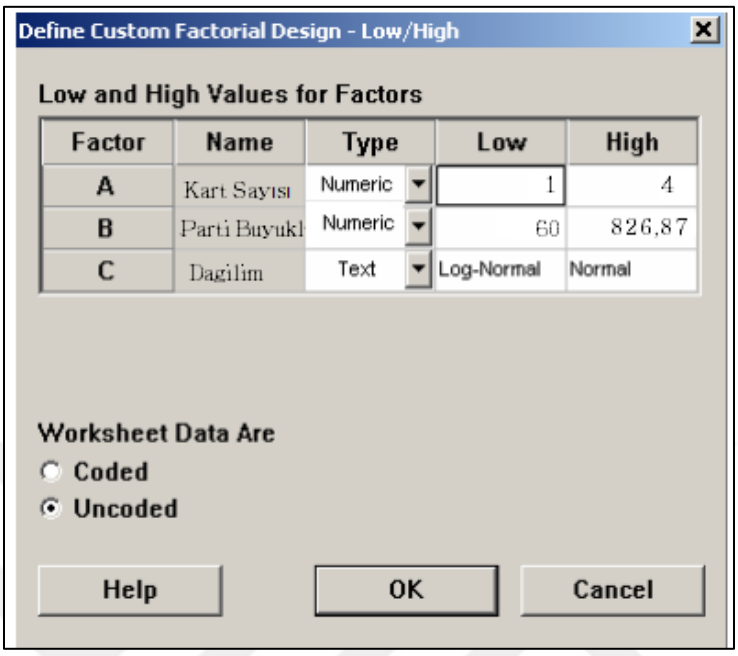
Sipariş Verilerinin Dağılımı: “Siparişin ERP gelişleri süreleri ile siparişler arası geçen süre” ve “Sipariş miktarları” için istatistiki dağılımlara dayanılarak tahminleme değerlere ulaşılması için kullanılmıştır. Şubat-Mart ayları gelen talep durumunu gösteren mevcut durum için simülasyon

çalışması “Log-Normal Dağılım” ile yapılmıştır. Bu faktörlerin Minitab ekranına işlenmesine Şekil 5. 7.’ de yer verilmektedir:




**Şekil 5.7:** Ürün Parametreleri için tasarım modellemesi faktörleri gösterir Minitab Ekran Görüntüsü

Faktörlerin alabileceği değerler şu şekilde belirlenmiştir;




**Şekil 5.8:** Ürün 39 ConWIP Değerlerinin Minitab Ekranına Tanımlanması PC Ekran Görüntüsü

Performans göstergelerinin simülasyon sonucunda elde edilen değerleri şu faktör kombinasyonları için analiz edilmiştir:

A: Kart Sayısı

B: Parti Büyüklüğü

C: Dağılım

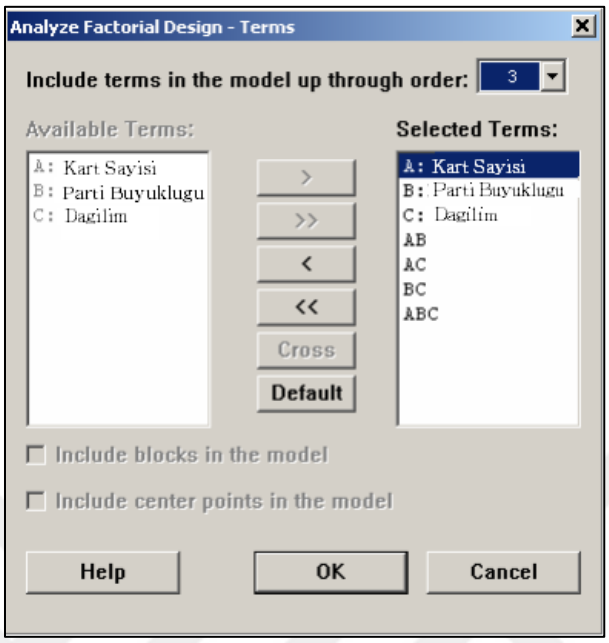
AB: Kart Sayısı x Parti Büyüklüğü

AC: Kart Sayısı x Dağılım

BC: Parti Büyüklüğü x Dağılım

ABC: Kart Sayısı x Parti Büyüklüğü x Dağılım

Tahminleme koşullarının gösterildiği Minitab ekranı aşağıdaki gibidir.




**Şekil 5.9:** Ürün 39 için Analiz Durumlarının Tanımlandığı Minitab Ekran Görüntüsü

### 5.2.1 Uygulamaya İlişkin Varsayımlar

a) Modeller, hammaddenin sağlandığı, son ürüne dönüştürüldüğü üretim sistemini temsil etmektedir.

b) Üretim ortamı çok ürün gruplu çok aşamalı çift kartlı bir üretim sistemidir. Ancak çalışma kapsamında tek ürün grubu ve çift kart sistemi izlenmiş analiz bu ürün grubuna (bir ürün grubu =bir iş arabasında yer alan grubu kast edilmektedir) yönelik yapılmıştır. Üretim hattındaki iş akışı ürün 39 için Kesme, Yüzey Hazırlama, Pürüz Giderme, Tornalama, Çeltik Atma, Delme, Kalite Kontrol istasyonlarından oluşmaktadır.

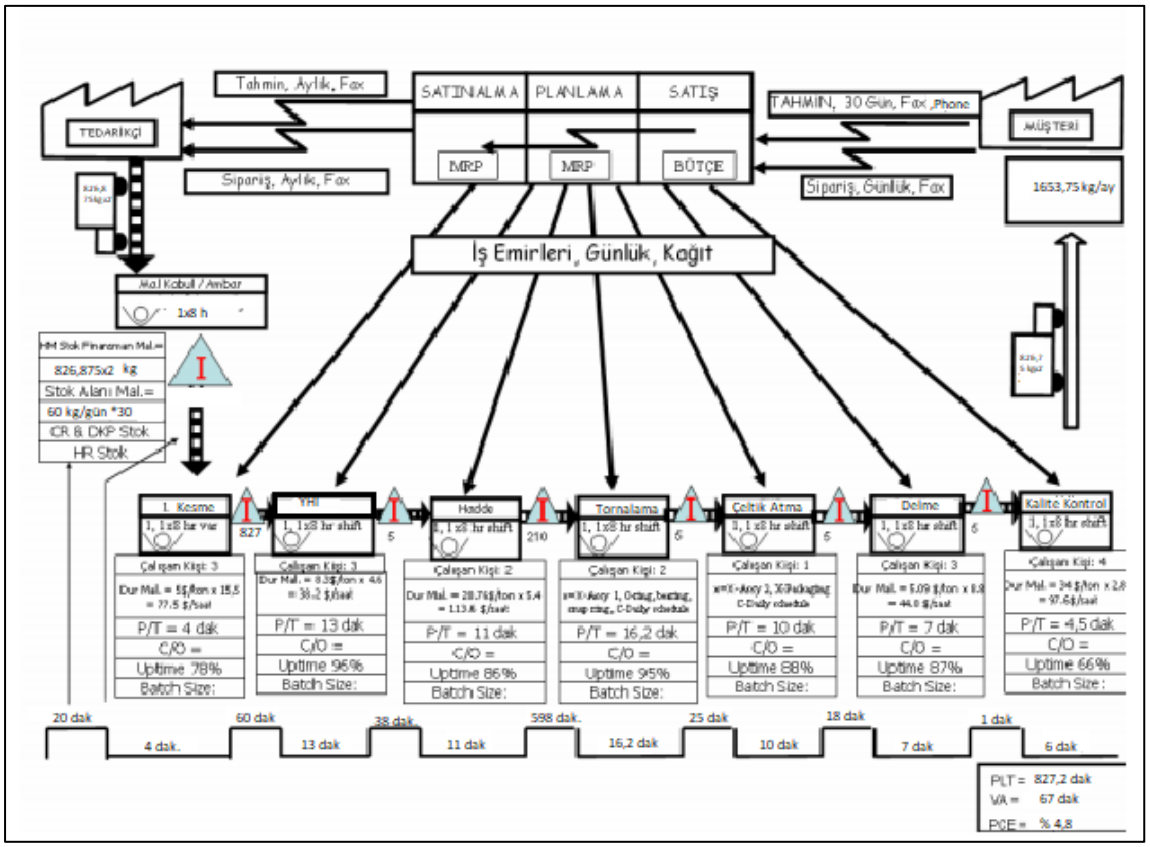
c) Hammaddeler ihtiyaç duyulan her zaman erişilebilecek şekilde talep noktalarının yakınlarında stoklanmıştır.

d) Sipariş bazında üretim yapılır ve üretim hattında bir siparişin işi bitmeden diğer sipariş hatta alınmaz.

e) Tüm üretim istasyonları 1 vardiya çalıştığı ve bir brüt vardiyanın 8 saat olduğu kabul edilmiştir.

f) Makine iç ve dış hazırlık süreleri (değişim süreleri) yok sayılmıştır.

g) WIP alanlarının, WIP stoğunu tutabilecek büyüklükte alanlara sahip olduğu varsayılacaktır.




**Şekil 5.10:** Ürün 39 İçin Şirketteki Mevcut Değer Akış Haritası

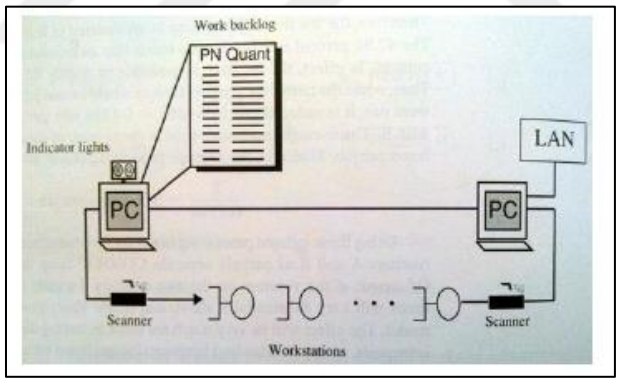
**Tablo 5.2 :** Ürün 39 Şubat Ayı Siparişleri

| Ürün Kodu | Sipariş Miktar | Sevkiyat Hafta | Sevkiyat Tarihi | Br Ağırlık | Toplam Net Ağırlık |
|---|---|---|---|---|---|
| Ürün 39 | 7,875 | 2020/07 | 3.02.2020 | 0,105 | 826,87 |
| Ürün 39 | 7,875 | 2020/07 | 3.02.2020 | 0,105 | 826,87 |

Şubat ayı için şirkette üretilecek toplam ürün miktarı 1653,75 kg'dır. Ürün birim ağırlığı 105 gramdır. Toplam ürün adedi 15.750 adettir. Siparişlerin geliş tarihi 03.02.2020 ve 06.02.2020 olmak üzere 3 gün aralıklıdır. Uzlaşılan teslim tarihleri (fabrikada üretimin tamamlanma tarihi) 7. ay 2020'dir. Uzatma tarihi ile birlikte (sevkiyat süresi dahil olmak üzere) 17.08.2020 tarihlidir. Ürünlerin üretimi için atanan araba sayısı 3 adettir. Arabalarda 20 kg ölçümleme ile günlük 3 araba yani 60 kg ürün tamamlanabilmektedir. 60/0,105 ~572 adet ürün günlük olarak üretim hattına

taşınabilmekte ve işlenmeye başlayabilmektedir. Tornalama tezgahı günlük iş akışının en fazla olduğu tezgahtır. Ürünler bu tezgahta kısa sürede işlenebilmesine rağmen tezgah girişinde farklı işler yapılıp uç değiştirme yapılarak işleme alındığından bekleme süresi uzundur. Darboğaz tezgah tüm işler için olduğu gibi bu ürün eldesi için de CNC tornalama tezgahıdır. Kısaca tornalama tezgahı merkezi darboğaz tezgahıdır. Ancak, ürün için değil tüm işler için olduğundan darboğaz algoritması ataması yerine merkezi darboğaz olarak öngörülür. üretim için başkaca bir darboğaz tezgahı atanmasına gerek bulunmamaktadır.

Kesme işlemi makinelerde 4 dakikada yapılabilmekte yüzey hazırlama işlemine giriş için 60 dakika beklediği görülmektedir. Bu da yüzey hazırlama için çalışılan tezgahtaki mevcut başkaca siparişlerin işlenmesi sebebi iledir. Bu çalışmada KM2 olarak adlandırılan boşta kalma süresidir. Diğeri KM6 adı ile adlandırılmış boşta kalma süresi tornalama tezgahıdır. Her iki tezgahta merkezi darboğaz olarak öngörülen tezgahlardır. Sistem günlük akışı içerisinde aynı boşta bekleme süresi olmadığında 169,2 dakika olmaktadır.




**Şekil 5.11:** Hopp ve Sperman Tarafından Tanımlanan Elektronik Kontrol Modülü Kullanan CONWIP Sistem Gösterimi (Hopp, Sperman,1996).

Şekil.5.11’ de yer almakta olan CONWIP kart PC etkileşimini E- Kart olarak tasarladığımız kartlar, taşıyıcı olarak kullanılan iş arabalarına atanmış olan kartlardır.

**Tablo 5.3 :** Ürün 39 Tüm Parametrelerin Sergilenmesi

| Ürün Kodu | E-Kart Sayısı | İş Arabası Ağırlık (Kg) | İş arabası Sayısı | Ürün Birim Ağırlık Kg. | Yarı Mamül Kart Sayısı Ad. | Parti Büyüklüğü Yaklaşık Ad. | Brüt Zamanlama | KM2 Boşta | KM6 Boşta | Net Zaman | Sipariş Miktarı Ad. | Sipariş Tekrar Sayısı Aylık | Toplam Net Ağırlık (Kg.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 39 | 6 | 20 | 3 | 0,105 | 1144 | 572 | 827,2 Dak. | 60 Dak. | 598 Dak. | 169,2 Dak | 15750 | 2 | 1653,75 |

**Tablo 5.4 :** Ürün 18 Tüm Parametrelerin Sergilenmesi

| Ürün Kodu | E-Kart Sayısı | İş Arabası Ağırlık (Kg) | İş arabası Sayısı | Ürün Birim Ağırlık Kg. | Yarı Mamül Kart Sayısı Ad. | Parti Büyüklüğü Yaklaşık Ad. | Brüt Zamanlama | KM2 Boşta | KM6 Boşta | Net Zaman | Sipariş Miktarı Ad. | Sipariş Tekrar Sayısı Aylık | Toplam Net Ağırlık (Kg.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 2 | 66 | 1 | 0,615 | 214 | 107 | 1353 Dak. | 598 Dak | 573 Dak | 1353 Dak. | 1500 | 1 | 922,5 |

Ürün 18 için KM2 ve KM6 darboğaz tezgahlarda sırası ile 598 dakika ve 573 dakikadır. Bu süreler makinelerin boşta kalma süresinden farklı olarak ürüne yönelik olarak kullanılan haddeleme ve boyama ve fırınlama tezgahlarıdır. Ürüne yönelik darboğaz algoritması bu sebeple oluşturulan karta tanımlıdır. Her iki ürün için Excel dosyasında ERP'den alınan sipariş verilerine Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'te yer verilmiştir.

Simülasyon Minitab verileri ise Tablo 5.6 ve Tablo 5.7'daki gibidir. Siparişe yönelik Log Normal ile yapılan simülasyon çalışması elektronik kart bilgilerini göstermektedir. Tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan elektronik kart sayısı sabittir. Ancak uygulamada hatlardaki ürün sayısındaki artış açısından gerekli kart sayılarını sistem belirtmekte eksik kart sayısı nedeniyle hat dengesizliği giderilememektedir. Ürün 18 için tasarlanmış kart sayısı 2'dir. Sipariş için iş arabalarının taşıyabileceği ürün sayısı ise tek araba için 107 adettir.

**Tablo 5.5 :** Ürün 18 Mınıtab Simülasyon Ekran Görüntüsü

| Dagilim | Kart Sayisi | Parti Buyuklugu | Ortalama WIP | Ortalama ConWIP E-Kart | Ortalama Uretim Miktarı | Siparis Sikligi | Ortalama Siparis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Log-Normal | 1 | 107 | 392,16 | 1 | 80,25 | 14,01 | 12,65 |
| | | 157 | 396,16 | 2 | 81,85 | 15,61 | 12,82 |
| | | 207 | 398,16 | 2 | 82,56 | 16,25 | 12,60 |
| | 1 Total | | 395,49 | 1,67 | 81,55 | 15,29 | 12,69 |
| | 2 | 107 | 577,21 | 1 | 82,96 | 14,57 | 12,96 |
| | | 157 | 582,59 | 2 | 82,96 | 15,20 | 13,20 |
| | | 207 | 590,13 | 2 | 83,20 | 14,70 | 12,98 |
| | 2 Total | | 583,31 | 1,67 | 83,04 | 14,82 | 13,04 |
| | 3 | 107 | 620,30 | 1 | 85,26 | 15,43 | 12,93 |
| | | 157 | 621,28 | 2 | 84,92 | 16,28 | 12,63 |
| | | 207 | 613,24 | 2 | 85,31 | 16,52 | 12,81 |
| | 3 Total | | 618,27 | 1,67 | 85,16 | 16,07 | 12,79 |
| | 4 | 107 | 620,13 | 1 | 85,23 | 15,41 | 12,96 |
| | | 157 | 621,30 | 2 | 85,11 | 16,22 | 12,92 |
| | | 207 | 621,96 | 2 | 85,32 | 16,53 | 13,10 |
| | 4 Total | | 621,13 | 1,67 | 85,22 | 16,05 | 12,99 |
| Log-Normal Total | | | 554,55 | 1,67 | 83,74 | 15,55 | 12,87 |

**Tablo 5.6 :**Ürün 39 Mınıtab Simülasyon Ekran Görüntüsü

| Dagilim | Kart Sayisi | Parti Buyuklugu | Ortalama WIP | Ortalama ConWIP E-Kart | Ortalama Uretim Miktarı | Siparis Sikligi | Ortalama Siparis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Log-Normal | 1 | 571 | 513,22 | 1 | 120,65 | 16,57 | 27,58 |
| | | 723 | 612,20 | 2 | 210,32 | 17,51 | 29,51 |
| | | 1018 | 680,12 | 3 | 218,96 | 18,96 | 32,22 |
| | 1 Total | | 601,84 | 2 | 183,31 | 17,68 | 29,77 |
| | 2 | 571 | 583,25 | 1 | 128,20 | 16,57 | 27,96 |
| | | 723 | 750,14 | 2 | 218,39 | 18,24 | 29,60 |
| | | 1018 | 780,43 | 3 | 320,51 | 18,52 | 33,27 |
| | 2 Total | | 704,60 | 2 | 222,36 | 18,77 | 30,27 |
| | 3 | 571 | 513,50 | 1 | 128,96 | 17,44 | 30,21 |
| | | 723 | 680,62 | 2 | 339,13 | 18,59 | 34,52 |
| | | 1018 | 721,13 | 3 | 458,91 | 18,92 | 36,20 |
| | 3 Total | | 638,41 | 2 | 309,00 | 18,31 | 33,64 |
| | 4 | 571 | 518,12 | 1 | 216,51 | 17,23 | 35,23 |
| | | 723 | 720,58 | 2 | 418,92 | 18,66 | 37,54 |
| | | 1018 | 860,36 | 3 | 962,43 | 19,28 | 38,29 |
| | 4 Total | | 648,28 | 2 | 222,38 | 18,25 | 31,22 |
| Log-Normal Total | | | 648,27 | 2 | 234,25 | 18,24 | 31,20 |

Simülasyon sonucundaki ortalama WIP değerlerinin E-Kartlar ile izlenmesi sağlanarak grafik değerlerinin hesaplaması sağlanmıştır. Simülasyon çizelgelerinden de anlaşılacağı üzere sistemde

bulunan E- kart sayıları arttıkça, sipariş miktarı artmakta ve döngü sayısı da artmaktadır. Bu çözümleme yöntemleri matematiksel algoritmanın sadece bir modülü ile basit bir çözümlemedir. Diğer taraftan MINITAB tahminleri ile ERP sisteminden alınan çıktı süreleri arasında fark bulunmaktadır. Bu da istatistiksel olarak tahminleme yürüten MINITAB simülasyonunun aslında yaptığı tahmin değerinin örneğin ürün 39 için ortalama 31,20 sipariş miktarının elde edilmesi için ortama 648,27 WIP döngüsüne ihtiyaç duyulmaktadır. Buradan hareketle

Ort.WIP=Ort. Çevrim Süresi x Ort. Üretim Miktarı formulü gereği;

648,27=ÇS x 31,20= 20,777 Dk olarak buluruz. Yani simülasyon tahminlemesine göre yaklaşık 21 dk'da yaklaşık 31 ürün çıktı olarak alınmaktadır. Günlük mesai süresi iş kanunu gereği 7,5 saattir. 450 dk' dır. Net Mesai süresi ise yemek, çay ve ihtiyaç molaları hariç 400 dk.'dır

Günlük 400 dk. net mesai yapılan işletmede 400/21 =Ürün Miktarı x31 değerinden hareketle günlük ürün sayısı 590 olarak bulunmaktadır. Buradan da;

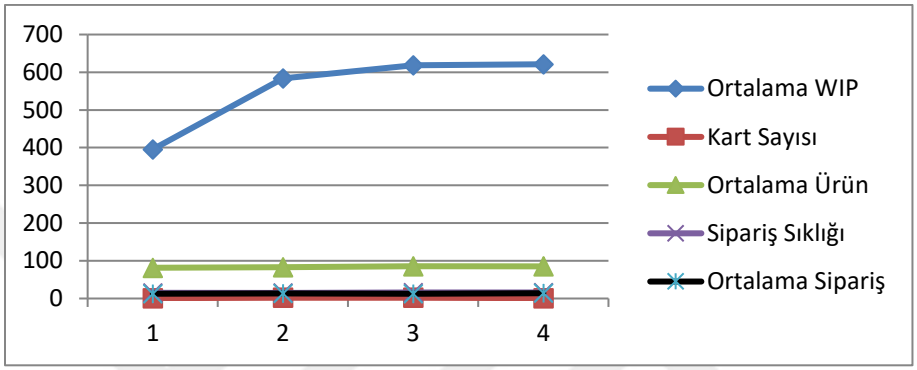
"*Bir hat için "çevrim süresi ≤ takt süresi" karşılanırsa siparişler zamanında yetiştirilir" [60].* Kaidesi gereği;

[60] Takt süresi=$\frac{\text{Günlük Net Mesai Süresi}}{Günlük\ Üretim\ Miktarı}$= $\frac{400}{590}$=0,67 değerini elde edebiliriz (ürün 39).

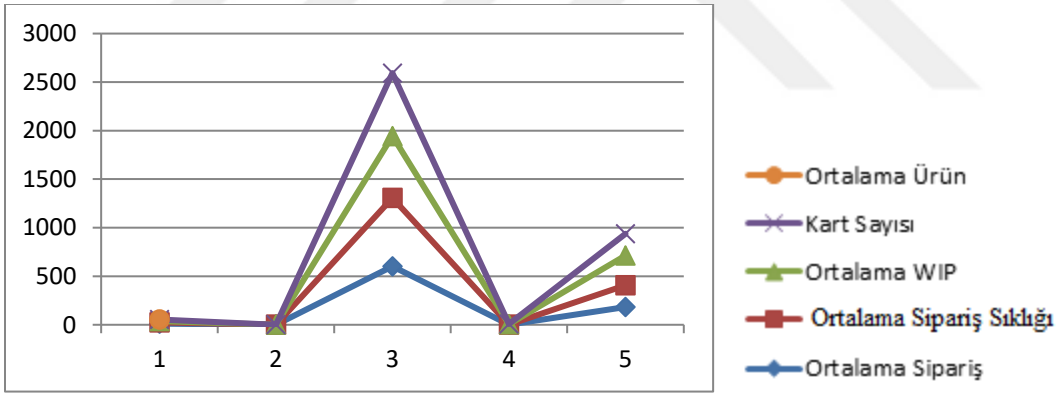
üretim hattının ilk durumunda; ÇS(çevrim süresi) sayısının takt süresi olan 0,67'den daha küçük bir değer olmadığı görülecektir. Siparişlerin zamanında yetişemeyeceği buradan anlaşılmakta ve müşteri memnuniyetini konu edindiğimiz bu çalışmada, **siparişlerin gecikme durumu net olarak ortaya konmaktadır.** Bu sebeple CONWIP sistemle ilgili ilk ölçümler önemli görülmüştür. Hatlarda oluşan bu sorunu ortadan kaldırmak ve müşteri memnuniyetine CONWIP sistemin katkısını ve optimizasyon sağlanmasını uygulama bölümünün ilerleyen kısımlarında açıklanacaktır. Ancak burada değinilmesi gereken bir husus bulunmaktadır: bu husus aslında bir istatistiksel dağılımı gösteren MINITAB'ın tahminlemesi yerine Matlab yahut Gams gibi özellikle matematiksel çözümlemeler için tasarlanan yazılımlarda sonuçlar daha net izlenebilir olacağıdır. Bir diğer husus ise ürünlerin sistem dolaşımını E-kartlar üzerinden izlemek için farklı yöntemler geliştirilebilmesidir. Bu çalışma kapsamında mevcut durum ortaya açık bir şekilde konulduktan sonra iyileştirme karşılaştırmasının sağlıklı bir şekilde ortaya konması amaçlanmış olduğundan

birkaç farklı açıdan gözlem değerlerine yer verilmiştir. Diğer taraftan hatlarda merkezi darboğazın olduğu ürün(ürün39) ve ürün merkezli darboğaz

CONWIP E- kartlar el ile hesaplamadaki yarı mamul ürünler için kullanılan kartlardan, ölçümlemelere yönelik daha kesin tespitler sağlamaktadır.




**Şekil 5.12:** Ürün 18 CONWIP Sistem Parametreleri Excel Grafiği




**Şekil 5.13:** Ürün 39 CONWIP Sistem Parametreleri Excel Grafiği

Tasarlanan E- Kart kontrolüne ilişkin parametrelere Şekil 5.12 ve Şekil 5.13. 'de bu tez çalışması kapsamında konu edinilmiş iki ürüne ait sipariş üretiminde değerlendirilmeye alınan parametrelere yer verilmektedir. Grafiklerde apsis ekseni (yatay(X) eksen) kart elektronik kart sayısını göstermektedir. Ordinat ekseni (dikey(Y) eksen) ise siparişe yönelik sıralanan parametreleri göstermektedir. Bu parametrik değerlerden üretim aşamasında en önemlisi siparişe dayalı ürünlerde sipariş miktarıdır. Buna bağlı olarak üretim malzemeleri stoklanması sağlanmaktadır. Bu da siparişin tekrarlanma sıklığına göre işletmelerce değerlendirilmektedir. Tablo 5.3. ve Tablo

5.4'te siparişlerin tekrarlanma sıklığına yer verilmiştir. Ancak özellikle demir-çelik atölye yahut imalathanelerinde stoklanan ürünler için ek maliyet yükü bu iki değer dikkate alınarak planlanmaktadır.

Grafikte yer alan bir başka değer ise Ortalama WIP değeridir. Bu değer bir ürünün üretimi için harcanan çevrim süresini bize göstermektedir. Bu değerin hesaplanması için elektronik kartların sistemde kalma sürelerini (1 iş arabası için) örneğin ürün 39 için 1 iş arabası (571 adet) ürünün tezgahlarda kalma süresinin ölçümü için kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında tasarladığımız elektronik kart sayesinde ayrıca bir kronometre ölçümüne ihtiyaç duyulmamıştır. Minitab simülasyon ekranı bu hesaplamayı bizim için bu hesaplamayı otomatik olarak yapmıştır. El ile kontrol hesaplarında ise WIP değerini sadece bir ürünün üretim süresini hesaplamak için üretim süresinin ölçülmesi gerekmektedir. Üretimin hesaplanmasına ilişkin formülasyon ise şu şekildedir: WIP= Çevrim Süresi x Üretim miktarı değeri olarak formüle edildiğinden çevrim süresi ve ürün çıktı süresi WIP hesaplaması için gerekli olan bilgidir. Burada şu bilgiyi de vermek gereklidir. Üretim Süresi= WIP/ Çevrim süresidir. Buradan da anlaşılacağı üzere üretimde harcanacak zaman WIP döngüsüne bağıldır. Yani bir ürünü üretmek için harcanan çevrim süresi= Çalışma süresi/Sipariş Miktarı olduğundan günlük çalışma süresinin verimli kullanılmasının önemi burada ortaya çıkmış olur. Bizim bu çalışmamızda bu döngü süresi hesaplaması için Minitab simülasyonu E-Kart takibi yapılarak elde edilmiştir. Yani WIP süresini kısaltmak daha kısa sürede daha fazla çıktı elde edebilmeyi sağlamaktadır. Bu da CONWIP sistem takibini kolaylaştırmış yanı sıra üretim için harcanan süreyi ölçülebilir kılmıştır.

Bu grafiklere göre ürün 39 talebi ürün 18'den daha fazladır ve üretime girecek ürün 39 siparişleri ürün 18 sipariş sayısından parti büyüklüğünde daha fazla bir değere sahiptir. Ürün 18 için 2 adet e-kart kullanılırken ürün 39 için 6 adet e- kart kullanılmış bununla birlikte hatlarda elektronik olamayan kart sayısı yarı mamul kart sayıları ürün 39 için 1144 adet, ürün 18 için ise 214 adettir. Şekil. 5.17 ve Şekil 5.18'de yer alan grafikler ise sistemin açık parametrik değerlerini göstermektedir. Burada uygulamaya yönelik olarak yapılan bilgisayar algoritmalarına yönelik olarak kullanılan denklemlere, bölüm 4'te yer verilmiştir. Elektronik kart tasarımı ile ilgili IT birimine yapılmak istenen formülasyon teslim edilmiştir. Elektronik kart tasarımında bu formüller dikkate alınmış ve ürün merkezli darboğaz ile merkezi sistemli darboğaza bu kapsamda yer

verilmiştir. E- Kart tasarımı ilk etapta ürün izlemeyi kolaylaştırmıştır. Bu da Minitab simülasyonundaki değerleri elde etmemizi sağlamıştır. Bunun haricinde kart tasarımı için denklemlerin kullanım avantajlarından bir tanesi elektronik kartın tasarlanmasıdır. Bunun için denklemlerden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır Bu kullanımın avantajlarından bazıları aşağıda özetlenmektedir.

a) Yarı mamul kart sayısının belirlenmesini sağlamıştır (Elektronik olmayan kart) (Parti büyüklüğüx2) [61].
b) Elektronik kart sayısını belirlemek üzere araba sayısıx2 olarak kullanılmıştır
c) Merkezi Darboğaz tezgahlarının belirlenmesini sağlamıştır (Burada ürün eldesi için geçen süre kart tasarımından önce kronometre ile yapılmış daha sonra kart takibini yapmak üzere kronometre yerine Minitab değerleri kullanılmıştır. Bu da sistemde geçen sürenin gözlemlemesini otonom olarak sağlayabilme isteği ile oluşmuştur. Bu istek temelinde ise işletmenin sadece tek bir uygulama için değil sonraki süreçleri için de kullanılabilir olmasının hedeflenmesi sebebi iledir. Uygulamaya ilişkin MRP sistemi ile elde edilen sonuçlar ve CONWIP ile elde edilen sonuçları daha net ortaya koyacağı düşünülmüştür.

## 5.3 UYGULAMAYA YÖNELİK YORUMLAR

Bu çalışma kapsamında öncelikle mevcut bir iş akışı düzeni içerisinde iyileştirmeye yönelik matematiksel algoritma çalışmaları yapılmıştır. Algoritmik düzen için bir adet mevcut MRP düzeninde merkezi darboğaz tezgahları CONWIP sisteme uygun hale getirilmiş ardından ürüne yönelik yeni bir darboğaz ataması yapılmıştır. Merkezi darboğaz çalışma kapsamında açıklanmış olduğu üzere üründen kaynaklanmayan yalnız uygulamanın gerçekleştirilmiş olduğu işletmede günlük rutindeki iş akışındaki yoğun kullanım nedeniyle olağan kabul edilen merkezi darboğaz tezgahtır. Bu tezgah akıllı sistemlerden biri olarak kabul gören CNC torna tezgahıdır. Ancak mevcut teknoloji iş akışını hızlandırmış olsa da olağan iş akışında ürün beklemesinin önüne geçilmesine yönelik yeni bir planlamanın yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur. İkincil olarak ise uygulama şirketinin şubat ayı gerçek sipariş verileri kullanılmıştır. Bunun için şubat ayında firmada üretimi devam eden 2 adet ürün için CONWIP sistem uygulanmıştır. Bunun nedeni ise CONWIP algoritmalarının deneysel gözlemidir. Üretim hattı mevcut düzen içinde makine

yerlerinin değiştirilmesi yapılamamıştır. Bu nedenle hat kurgusu için ürünlerin tamamlanmasına yönelik izledikleri tezgahlar ele alınmıştır. Algoritmik kartlar ile PC gözlemi için proje kapsamında IT birimi desteği alınmıştır. Simülasyon uygulamasında ise ürünlerin tezgahta kalma sürelerine yönelik verilerin sergilenmesi amaçlanmış ve CONWIP değerlerinin izlenmesi sağlanabilmiştir. Çalışma kapsamında kullandığımız ikinci model olarak anılan darboğaz içeren algoritmik formül ise bekleme sürelerinden bağımsız olarak boyama, kurutma işlemi, maçalama işlemi gibi ürüne yönelik darboğaz içeren modeldir. Bu model uzun işlem sürelerinin uğradığı tezgahlar sebebinden bağımsız olarak ürünün tamamlanabilmesi için uzun işlem süresini gerektirmesi sebebi iledir. Sistemde ayrıca bir simülasyon çalışması ile algoritmanın çözümlemesine yönelik mevcut değerlerin girişi ile yeni hesaplamalar yapmak mümkündür. Ancak Mınıtıtab doğrusal çözümlemeler için çok kullanışlı değildir. Bunun için Matlab veya Gams Cplex modülü gibi çözümlemelere uygun programlar mevcuttur. Ancak erişimde bunlar yüksek ücretli programlardır. Bu programlar ile algoritmik çözümler harcanan mesai ve iş akış süresine yönelik daha fazla veri doğrulamasına imkan tanıyacaktır. Çalışma kapsamında bu algoritmalar uygulama şirketindeki mevcut bulunan MRP sistemi uyumu nedeniyle kullanılamamış ve mevcut olan Minitab ile Excel'in bütünleşik kullanım yolu seçilerek algoritmanın tahminleme değerleriyle değerlendirme sağlanmaya çalışılmıştır. Mevcut çalışmalar incelenerek literatürde yer alan çalışmalarda hem gerçek sistemli hem de uygulama programlarını içerir bir çalışmanın ise olmadığı görülmüştür.

Diğer taraftan CONWIP, Kanban, MRP gibi işletme sistemlerinin işletmelerde uygulanmasının iş planlamasında katkısının yanı sıra, izlenebilirliğin işletme açısından önemine yönelik şubat ayı ortasında henüz 15 günlük kullanımın ortasında iken hatlarda ürünlerle birlikte ilerlemekte olan kulaklı emniyet pullarının bulundurulmasına yönelik çalışanlara kısa bir bilgilendirmede bulunulmuştur.

Bilgilendirmede ürünlerle birlikte ilerleyen kulaklı emniyet pullarının hatlarda çalışan grupların performans ölçüm değerlendirmesi için önemi açıklanmıştır. Bunun için çalışma başlangıcının ilk iki günlük süresi kapsamında henüz kulaklı emniyet pullarının önemi açıklanmadan hatlara konulmuş olan kulaksız emniyet pullarının kronometre ile zaman ve elle sayma yolu ile izlemesi yapılmış, çalışanlara bilgilendirme yapıldıktan sonra ise bu ölçüm tekrar yapılmıştır.

Eğitim verildikten sonra hatta bulunan kartların manuel sayımının işçi performanslarını etkilediği görülmüştür. Üretim hatlarında bir ürün bir kart ilerleyişi ile işçi performansını gösterir Tablo aşağıdaki gibidir:

**Tablo 5.7 :** Ürün 39 Yarı Mamul Kartları İle İşçi Performans Değişimleri

| | **Parti Büyüklüğü** | **Yarı Mamul Kart Sayısı** | **Akış Hızı Kronotmetre Süre Ölçümü (Dak.)** | **Tezgahlar** | **Çalışan İşçi Sayısı** | **Toplam Süre** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Eğitim Öncesi** | 192 | 384 | 4 | Kesme | 3 | |
| | 192 | 384 | 13 | Yüzey Hazırlama | 3 | |
| | 192 | 384 | 11 | Prüzsüzleştirme | 2 | |
| | 192 | 384 | 16,2 | Torlama | 2 | |
| | 192 | 384 | 10 | Çeltik Atma | 1 | |
| | 192 | 384 | 7 | Delme | 3 | |
| | 192 | 384 | 6 | Kalite Kontrol | 4 | **67,2** |
| **Eğitim Sonrası** | 192 | 384 | 3,56 | Kesme | 3 | |
| | 192 | 384 | 10 | Yüzey Hazırlama | 3 | |
| | 192 | 384 | 8 | Prüzsüzleştirme | 2 | |
| | 192 | 384 | 16,2 | Torlama | 2 | |
| | 192 | 384 | 8 | Çeltik Atma | 1 | |
| | 192 | 384 | 6 | Delme | 3 | |
| | 192 | 384 | 4 | Kalite Kontrol | 4 | **55,76** |

**Tablo 5.8 :** Ürün 18 Yarı Mamul Kartları İle İşçi Performans Değişimleri

| | Parti Büyüklüğü | Yarı Mamul Kart Sayısı | Akış Hızı Kronotmetre Süre Ölçümü (Dak.) | Tezgahlar | Çalışan İşçi Sayısı | Toplam Süre (Dak.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eğitim Öncesi | 107 | 214 | 4 | Kesme | 3 | |
| | 107 | 214 | 17 | Yüzey İşleme | 3 | |
| | 107 | 214 | 18 | Torlama | 2 | |
| | 107 | 214 | 21 | Çeltik Atma | 1 | |
| | 107 | 214 | 20 | Delme | 3 | |
| | 107 | 214 | 40 | Boyama | 2 | |
| | 107 | 214 | 33 | Kurutma | 2 | |
| | 107 | 214 | 20 | Yüzey Temizleme | 2 | |
| | 107 | 214 | 8 | Kalite Kontrol | 4 | |
| | 107 | 214 | 6 | Paketleme | 2 | **187** |
| Eğitim Sonrası | 107 | 214 | 4 | Kesme | 3 | |
| | 107 | 214 | 13 | Yüzey İşleme | 3 | |
| | 107 | 214 | 17 | Torlama | 2 | |
| | 107 | 214 | 19 | Çeltik Atma | 1 | |
| | 107 | 214 | 18 | Delme | 3 | |
| | 107 | 214 | 37 | Boyama | 2 | |
| | 107 | 214 | 30 | Kurutma | 2 | |
| | 107 | 214 | 20 | Yüzey Temizleme | 2 | |
| | 107 | 214 | 6 | Kalite Kontrol | 4 | |
| | 107 | 214 | 5 | Paketleme | 2 | **169** |

Tablo 5.7 ve Tablo5.8 ‘ten de anlaşılacağı üzere CONWIP sistem geçişi uygulanan işletme açısından elde edilen kazanç miktarı darboğaz tezgah girişindeki bekleme süresi üzerine bu işletme için etkisi olmamakla birlikte, bu yoğunluk rutin iş akışındaki merkezi darboğazdan kaynaklanmaktadır. Ürün 39 darboğaz içermeyen modelin uygulamasıdır. Ürün 18 için ise boyama ve kurutma tezgahları darboğaz tezgahlardır. Bu tezgahlardaki yarı mamul kartlar ile yapılan uygulama izlenme değerlerine Tablo 5.8’te yer verilmektedir. Buradaki kazanç bir parti ürün adedi olan 107 adet için 18 dakikadır. Bu durum şirket için mini bir eğitim uygulamasının kazancı olarak düşünülmektedir. Merkezi darboğaz tezgahları haricinde darboğaz içermeyen ürünler için uygulanan yarı mamul kartların işçi performansına 12 dakikalık kayıp zaman kazancı olarak işletmeye katkı sağladığı izlenmiştir.

# 6 BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışması kapsamında, siparişe yönelik müşteri siparişlerine yönelik üretimde CONWIP sistem uygulaması sağlanmıştır. Müşteri siparişlerine yönelik üretim sistemlerinde dikkat edilmesi gereken hususları ve CONWIP sistem temel zorunluluklarını şu şekilde özetlemek mümkündür;

Siparişe dayalı işletmelerde genellikle karşılan bu sorun sipariş edilen ürün miktarının söz verilen tarihte müşteriye ulaşmaması sorunudur. Konu edinilen işletmede ise bu sorun teslim süresinin normal üretim döngüsü içinde akışı dikkate alınarak, planlama ile yapılmaya ve planlamadaki sözleşmelerle aşmaya çalıştığı sorundur. Bu tez çalışması kapsamında ortaya konulan asıl sorun ise ürünün döngüde kaldığı sürenin normal mesai saatinde uzun süreyi kapsamasıdır. Bu da çıktı olarak beklenen nihai ürünün ortaya konmasında makinelerin doluluk oranı nedeniyle geç çıkmasına ve zamanın verimli kullanılamaması ile oluştuğudur. Bu bağlamda işletme içerisinde uygulanan optimizasyon işlemi hat dengeleme ile mümkün olacağının anlaşılmasını sağlamıştır. Bu çalışma kapsamında müşteri siparişlerine yönelik üretimde CONWIP uygulamalarının temel zorunlulukları da uygulanmaya çalışılmıştır. İş yerinde çalışanların eğitimi ile ürünler için harcanan işçi gücünün verimli kullanılmasına bu kapsamda yer verilmiştir. Kısa eğitimde dahi verim artışı sağlanmış ve eğitimin iş gücündeki olumlu etkisine Tablo 5.7 ve Tablo 5.8'te yer verilmiştir.

Siparişe dayalı işletmelerde bir diğer etkin olgu ise siparişe göre stoklama yapmaktır. Bunun iki açıdan işletmeye faydası bulunmaktadır: Bunlar: Belli sezonlarda belli miktar mal siparişi veren müşterinin siparişini ürün temin süresine ek ihtiyaç duyulmaksızın yapılması ve demir çelik sektöründe sıkça karşılaşılan maliyet giderlerinin düşürülmesidir. Diğer taraftan bu yöntemin uygulanmasında devamlı müşterinin başka üreticiyi tercih etme hakkı her zaman bulunmaktadır.

Elektronik ortamda CONWIP sistem tasarımları çağın teknolojisini yakalamak adına önemlidir. Hat dengelemeleri için Yapay Sinir Ağlarının eğitimi yoluyla otonom cihazların kontrolü daha mümkün kılmakta ve iyileştirilmesi daha mümkün olmaktadır. Ancak çalışanlar açısından değerlendirildiğinde henüz otonom geliştirilmesi makinelerin kendi kendini idare etme seviyesinde değildir. Bu sebeple manuel üretim sistemlerine halen ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra otonomların kullanımından azami düzeyde faydalanan demir çelik üretim hanelerinde akıllı cihazlar bir işin ne kadar sürede tamamlanacağı konusunda fazlaca müdahaleye izin vermemekte

ve darboğaz süresini mümkün mertebe azaltmaya çalışmakta ancak biriken yığın kullanıcının hareketine de bağlı olarak değişmektedir. Yine de makinelerin birbirine yakın olması ürünün tezgahlar arasında geçireceği süreyi azaltabilmektedir. Bu bağlamda bu tez çalışması kapsamında yer alan uygulama örneği için öncelikle bir matematiksel model [61] belirlenmiş daha sonra bu modele yönelik iki fonksiyonlu kart tasarlanmıştır. Kart üretim sistemi başına döndüğünde iş arabasının taşıyacağı parça türüne göre (ürün18 veya ürün 39)için darboğaz içerip içermediğinde göre arabalara atanmıştır. Kart sistemden çıkıp tekrar sisteme dönerken arabanın taşıyacağı ürüne göre sıfırlanmış ve yeni arabaya atanmıştır. Bu yöntem uygulaması ile sistemde dolaşan 8 elektronik kart devamlı olarak takip edilmiştir. Tez çalışması kapsamında MINITAB simülasyonu hesaplamasına yer verilmiş üretilecek ürün sayısı 39 numaralı ürün için 590 adet olarak tespit edilmiştir. Bu değerlendirme yine ERP sistemi ile kontrol edildiğinde günlük üretim değerinin simülasyondan çok da farklı olmayarak 572 adet olduğu bilinmektedir (bkz. MRP ile değer akışı Şekil 4.6. Bu ürün için çoklu ürün üreten tezgahlarda bekleme süresi söz konusu olduğundan çalışma kapsamında merkezi darboğaz ürünü olarak adlandırılmıştır. Bu ürün çoklu üretimin yapıldığı tezgah olan tornalama tezgahında ilk vardiyanın bitişi ile ikinci vardiya grubunun işe başlaması sırasında tamamlanabilmektedir. Bunun için merkezi darboğaz iyileştirmesi ancak sipariş teslim süresinin aralıklandırılması yöntemi ile sağlanmaktadır. Ürün tek başına hatta iken merkezi darboğaz tezgahı ortadan kalkmaktadır. Ürün 39 şirketin özel ürünü olduğundan planlamayı mümkün kılmaktadır. Ancak ürün 18 için merkezi olmayan darboğazlar söz konusudur. Bu ürün için optimizasyon sağlanabilmiştir. Ürün 18 özelinde sağalan optimizasyon işlemine hem elektronik kart ile hem de manuel olarak hesaplamalarına aşağıda yer verilmektedir. Ürün 39 için MINITAB ile elde edilen günlük ürün sayısı 590 olarak bulunmuş ve çalışma kapsamında bu değerin hesaplanmasına yer verilmiştir. Gerçek üretim değerine ise hem ürün akış haritalandırmasında hem de kg'a göre taşınan ürün sayısı tespitinden önceki bölümlerde yer verildiği üzere 572 'dir. Bu yakın değer elektronik kart tasarımında kullanılan formüllerin gerçeği yansıttığını ve ortalama değer hesaplamalarında MINITAB programının tahminleme değerlerinin kullanılabileceği sonucunu ortaya koymuştur. Diğer taraftan ürün 18 için elde edilen manuel değerlendirme ise şu şekildedir:

554,55=ÇSx12,87= 43 dk.

43 dk yaklaşık 13 ürün

400/43= ürün miktarı x13

Yaklaşık 121 ürün günlük değerini buluruz. Çevrim süresi ve takt Süresi karşılaştırmasından darboğazı görmek mümkün olmaktadır.

Takt süresi; $\frac{400}{121}$=3,30 değerini elde etmiş oluruz. Burada merkezi darboğaz olmadığından ürüne bağlı darboğaz ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan MINITAB'ın yine doğruya yakın tahmin değeri ürettiğini bu ürün için günlük üretim değerinin 152 adet olması önemli bir husustur.

Kart sayısı elektronik kartlar için araba sayısına göre atanmıştır. Ancak yarı mamul kartlar ile hat dengelemesi için 4. bölümde kullanılan formüllerin manuel uygulaması şu şekildedir:

Parti büyüklüğü araçta taşınan parça sayısı kadardır, bunun için araçta taşınan parça sayısı daha önceki bölümlerde değinilmiş olduğu üzere 107 adettir.

NC=2B gereği yarı mamul kart sayısı 214 'tür. Örneğin Denklem 4.18 uygulaması ile $T_m$ olarak tanımlanan darboğaz tezgah işlem süresini bulabiliriz, Buna göre;

$T_k$= 13 =107 x $T_m$ +554,55= $T_{m=}$ 18 olarak bulunmaktadır. Bu da bize bir ürün için darboğaz tezgah işlem süresini göstermektedir. Burada S'ni aralığı önemlidir denklem (4.22) S aralık değeri 554,55(simülasyon ort dögü bkz log normal ürün 18). olmak üzere;

554,55+18X-18+18X=554,55 denklemi çözdüğümüzde

X= 1/2 elde edilir. Bu değer S'aralık değerinden küçük olduğundan optimasyon için kart eklenmesine gere duyulmadığını belirtmektedir. Bu değerler teker teker hesaplanarak E kart tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple; aslında bir kulaksız anahtarlık olan yarı mamul kartların işlevi optimizasyonda işçilerin daha hızlı çalışması konusunda etkili olmuş ve şirket için eğitim tablosunda Tablo 5.7 ve Tablo 5.8'te bu değerlere yer verilmiştir.

Darboğaz süresi olan 1 ürünün tezgahta 18 dakika beklemesi ise gözlem ürünün şartlarından kaynaklı olarak maçalama (ürüne şekil verme) işlemi sebebiyledir.

# 7 SONUÇLAR

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar şu şekildedir;

1. İşletmelerde rutin iş akışı içerisinde veriler elde edilerek hem mevcut MRP sistemi ile bütünleşik çalışılabilecek iki aşamalı algoritma tasarlanarak elektronik kartlar ile iş arabalarının takipleri ve tezgahlar arasında bekleme süreleri izlenebilir olmuştur. Bu algoritmalar geliştirilerek işletme içerisinde tezgah yönlendirmeleri de sağlanabilir. Böylelikle iş planlamasında kullanılacak akış için harcanan süre kısaltılmış olacaktır.
2. İşletmelerde gözlemlenebilir bir takip sisteminin oluşturulması işçi verimini etkilemektedir. Ancak kazanç süresinin bir kısmı işçilerin dinlenme süresine eklenerek işçiler motive edilebilir. Böylelikle performans düşüşlerinin önüne geçilebilmektedir.
3. Şirket içi eğitimlerin arttırılması hem işçi motivasyonunu arttırmakta hem de denetimde kazanç sağlamaktadır.
4. İzlenebilirlik ve eğitimlerin yanı sıra iş akışı içerisinde makinelerin konumlandırılması önem arz etmektedir. Bir işletmedeki verim kaybının kazanca dönüştürülmesi için gereksiz eforun önüne geçilebilmektedir.
5. Hatlarda kullanılan yarı mamul izleme kartlarının bulunması hat içerisinde yer alan ürün sayısı etkileşim içerisindedir. Kart sayısı arttıkça sistem performansı en iyi sonuçları verecektir.
6. Deneysel olarak kullanılan E- Kartların geliştirilmesi mümkündür. İşletme safhaları gözlenerek gelecek siparişler için de uygulanabilecek bu kartlar ile ürün hata sayısı da izlenebilecektir. Ayrıca acil ürün olarak kodlanarak sisteme giren ürünler merkezi darboğazların kaldırılmasına etki edecektir. Diğer bir seçenek ise iş makinelerinin sayısının arttırılmasıdır. Ancak sipariş teslim tarihleri göz önüne alındığında ek maliyet yaratacak bu seçenek yerine e-kartların kullanılması işletme bütçesinde yük yaratmayacaktır. Mevcut IT birimi ile planlama mühendislerinin ortak çalışması ile maliyet azaltılması ve sipariş teslim tarihinde öteleme olmasının önüne geçilmiş olacaktır.

# KAYNAKÇA


[1] Bedük A. , (2012), Karşılaştırmalı İşletme Yönetim Terimleri Sözlüğü, Atlas Akademi Kampüs Yayınevi , ISBN: 9789756266335 , 3. Baskı , S. 272

[2] Yıldız, A, Yard. Doç.Dr. Aksaraylı , M., (2010), Benzetim Modellemesi İle Üretim Sistemlerinde Süreç Optimizasyonu Ve Bir Uygulama Çalışması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, S. 5-6

[3] Ülgen, H. Mirze , S., K., (2018), İşletmelerde Stratejik Yönetim, Beta Yayınevi, ISBN: 9786052422700 , 9. Baskı, S. 287

[4] Mucuk, İ., (2011), Temel İşletme Bilgileri, Türkmen Kitabevi, ISBN-13: 978-6054259960 , 7. Baskı, S. 101

[5] Ürper, Y., 2013) , İşletme Fonksiyonları, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset tesisleri, ISBN: 978-975-06-1660-0, 1. Baskı , S.65

[6] Yrd. Doç. Dr. Erozan, İ., (2017) Geleneksel ve Modern Üretim Sistemleri, Monopol Kitabevi, ISBN-13: 978- 6056715907, 1. Baskı, S. 22-29

[7] Çil, İ., ve Evren, R. ,(1997), İmalat Stratejileri ve İmalat Teknolojisi Seçiminde Uzman Sistem Yaklaşımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Doktora Tezi, İstanbul

[8] İlhan, A., M. ve Doç.Dr. Soyuer ,H. , (2002), Bir Bilgi Sistemi Olarak Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) Sisteminde Malzeme Akışının Yönetimi ve Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi, İşletme, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

[9] Yrd. Doç. Dr. Baskak ,M., Prof. Dr. Tanyaş, M., (2017) , Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayınevi, ISBN: 9753711098 ,S. 24-53

[10] Acar, N. , (1996) , Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, ISBN: 9789754400236, 5. Baskı, S. 124-158

[11] Shambu, G. Suresh, N., C., (2000) , Journal of European Operations Research Volume 120, Issue 2, 16 January 2000, P. 436-458

[12] Macredie,R. , Paul, R., Anketell, D., Lehaney, B., Warwick , S., (1998), Modelling for Added Value, ISBN: 978-3-540-76108-2 Springer-Verlag London , P, 208-210.

[13] Miltenburg , J., (2001), U-shaped production lines: A review of theory and practice, International Journal of Production Economics, Volume 70, Issue 3, 18 April 2001, p.201-214

[14] Demirel, M.,Y., Yrd. Doç. Dr., Karaağaç ,İ.,(2014), "Bilgisayar Destekli Üretim Süreçlerine Genel Bir Bakış," Mühendis ve Makina, cilt 55, sayı 652, s.51-61.

[15] Dereli, T., Filiz, İ.H., (1997), "Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Sistemlerinde Bilgi Değişimi ve Standartları", Mühendis ve Makine, cilt 38, sayı 452, s. 11-19.

[16] Sipahi, G., Enginoğlu, D., (2013), "Bilgi Yönetimi Ve Kalite Yönetim Sistemleri Arasındaki İlişkinin Açıklanmasına Yönelik Bir Araştırma," Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi, C: 5, Say: 1,S. 290-299

[17] Buchanan,D.,A, Bessant, J., ( 1985 ), Faılure, Uncertaınty And Control: The Role Of Operators In A Computer Integrated Productıon System, Journal of Management Studies,May.,1985, Vol.: 22, Is.:3, P. :292-308

[18] Denkena, B., Shpitalni, M., Kowalski, P., Molcho, G., Zipori, Y. (2007) ,"Knowledge Management in Process Planning," Annals of the CIRP, Vol.: 56, Is:1, P. :175-180.

[19] Buzacott, J. ,A. , (1982), 'The Fundamental Principles of Flexibility in Manufacturing Systems', Proceedings of the 1st International Conference on Flexible Manufacturing Systems, Brighton, UK. (20-22 October 1982).

[20] Zelenovic, D., M.,(1982) 'Flexibility — A Condition for Effective Production Systems,' International Journal of Production Research, Vol. 20, No. 3, pp. 319-337 (May-June 1982).

[21] Stecke, K., E., 'Formulation and Solution of Nonlinear Integer Production Planning Problems for Flexible Manufacturing Systems,' Management Science, Vol. 29, No. 3, pp. 273-288 (March 1983).

[22] Mandelbaum, M., (1978), 'Flexibility in Decision-Making: An Exploration and Unification.' Ph.D. dissertation, Department of Industrial Engineering, University of Toronto, Ontario, Canada

[23]Soyuer,H.,(http://acikerisim.ticaret.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11467/782/M01025.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Erişim:09.02.2020, İstanbul.

[24] Roberts, N., Anderson, D., Deal, R., Garet, M. and Shaffer ,W., (1997), Introduction to Computer Simulation—A System Dynamics Modeling Approach, Journal of the Operational Research Society, vol.: 48, Is.: 11,p.:1144-1145.

[25] Nelson, B. L. (1995), Stochastic Modeling: Analysis and Simulation, McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management Science, New York.

[26] Ravındran, A. R.,(2007), Operatıons Research and Management Scıence Handbook, ISBN: 13- 978-0-8493-9721-9 (Hardcover), CRC Press, Chapter 7., P. :7-19.

[27] Havacılık Eğitim Dairesi Başkanlığı, 2018, Endüstri Mühendisliği Ders Notu, S.218-242, Devlet Hava Meydanları İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

[28] Heizer J., Render, B., (Çev. Tuzkaya, U., R.) , (2017) , (11. Baskıdan Çeviri) , Üretim Yönetimi: Sürdürülebilirlik ve Tedarik Zinciri Yönetimi , ISBN: 9786053557647, Palme Yayıncılık, Ankara.

[29] Demir, C., Yılmaz, M.,K., (2010), Stratejik Planlama Süreci ve Örgütler Açısından Önemi, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:25, Sayı:1, S.69-88.

[30] Dinibütün, A., T., Neck, R., Stahre, J., Dimirovski, G., M., Vlacic, L., B., Kile, F., (2005) , Control System Approaches For Sustaınable Development And Instabılıty Management In The Globalızatıon Age, IFAC Proceedings Volumes , Vol. :38, Is.:1, P.: 146-163

[31] Vollmann, T.,E., Berry, W., Whybark, D. C ,(1988), Manufacturing planning and control systems, ISBN: 9780256061673, IRWIN Education, pp. 38-155.

[32] Lester, A., (2014), Project management, planning and control : managing engineering, construction, and manufacturing projects to PMI, APM, and BSI standards, 6nd, E-Book ScienceDirect, (http://www.sciencedirect.com/science/book/9780080983240).

[33] Pinedo, M., L., (2009), Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer, ISBN: 9781441909091 , pp.83-152.

[34] Wang, L., Ed. Weiming, S.,(2007) ,Process Planning and Scheduling for Distributed Manufacturing, , Springer (E-Book) , e-ISBN: 9781846287527, pp.152-208.

[35] Sule, D., R., (2009), Manufacturing facilities : location, planning, and design, Boca Raton : CRC Press, ISBN: 9781420044225, pp. 403-472.

[36] Kurbel, K., E., (2013), Enterprise Resource Planning and Supply Chain Management Functions, Business Processes and Software for Manufacturing Companies, Springer, ISBN: 9783642315732, pp. 210-330.

[37] Caramia, M., Dell'Olmo, P., ( 2006), Effective Resource Management in Manufacturing Systems Optimization Algorithms for Production Planning, SpringerLink (Online service), e-ISBN: 9781846282270, ( http://dx.doi.org/10.1007/1-84628-227-6. )

[38] Crowson, R., ( 2013) , The handbook of manufacturing engineering. Factory operations : planning and instructional methods, Boca Raton : CRC Press, 2nd, ISBN: 9780429118692, Chapter 5.2 and 5.3.

[39] Matta, A.,Ed. Semeraro, Q., (2006), Design of Advanced Manufacturing Systems Models for Capacity Planning in Advanced Manufacturing Systems, Boca Raton,: CRC Press, ISBN: 9781420026955, pp. 122- 208.

[40] Monk, E., F., Wagner, B., J. , (2013), Concepts in enterprise resource planning , Australia ; United Kingdom : Course Technology Cengage Learning Education, 4th ed. ISBN: 9781111820411 , pp. 103- 148.

[41] Wingate, G., (2010), Pharmaceutical computer systems validation quality assurance, risk management and regulatory compliance, Informa Healthcare Education, 2nd ed., ISBN: 9781420088953, pp. 408-552.

[42] Bodur, A., (2006), Pratik DCS dağıtılmış kontrol sistemleri el kılavuzu : mühendis ve teknik adamlara yönelik, Bilişim Yayınları, İstanbul, ISBN: 9789752711235, pp. 452-489.

[43] Kamrani, , A., K., Parsaei, H., R., Liles, D., H., (1995), Planning, design, and analysis of cellular manufacturing systems, Elsevier, ISBN: 9780444818157, pp. 216-230

[44] Chromjakova Felicita. Pushand pull system of production control. Accessed on: 2012-6-15.

[45] Gregor, M. & Kosturiak , J. (1994). Just-in-Time : Production philosophy for good management. Bratislava : Vydavateľstvo Elita, 1994. ISBN 80-85323-64-8, pp. 299 -310.

[46] Jodlbauer, H. (2008). Production optimization: Value-creatingand customer-oriented planning and control. Springer; Wien. ISBN 978-3-211-72752-2, pp.216-222.

[47] Koblasa, F. & Manlig, F. (2009). Job shop scheduling problemwith multi-shift work system. ACC Journal,Tuv Liberci , Vol.1 ISSN 1803-9782., pp.15-23.

[48] Manlig, F. & Gottwaldova , A. (2006). The experience of simulation games in teaching. In: Strojírenska technologie. c.4, r. XI, 2006. ISSN 1211-4162, pp. 28-31

[49] McKay, N. K.; Black, W. G. (2007) The evolution of a production planning system: A 10-year case study. In: Computers in Industry Vol. 58 ISSN: 756-771 pp.8-12.

[50] R.L. Laforge, C.W. Craighead, (2000) Computer-based scheduling inmanufacturing firms: some indicators of successful practice, In: Production and Inventory Management Journal Vol. 41, No. 1, pp. 3- 24

[51] Spearman, M.L., Woodruff, D.L. ve Hopp W. J. (1990), "CONWIP: a pull alternative to kanban," INT. J. PROD. RES., 879-894

[52] Browne, J., Harhen J., ve Shivan J. (1996), Production Management Systems, Addison Wesley, Singapur.

[53] Duenyas, I. (1994), Estimating the throughput of a cyclic assembly system, International Journal of Production Research Vol. 32

[54] Chang, T., Yih, Y. (1994). Generic Kanban systems for dynamic environments, International Journal of Production Research - INT J PROD RES, Vol. 32, 889-902

[55] Dallery, Y., Liberopoulos, G., (2000). Extended kanban control system: Combining kanban and base stock, IIE Transactions, Vol.32, 369 - 386

[56] Baynat, B., Buzacott, J., Dallery, Y. (2002). Multi-Product Kanban-Like Control Systems, International Journal of Production Research,Vol.40, 4225- 4255

[57] Masın, M., Herer, Y.T. ,Dar-El E.M., (1999). Design of self-regulating production control systems by Tradeoffs Programming, IIE Transactions, Jul.1999, 217-232.

[58] Zhang, W., Chen, M.,(2010). A mathematical programming model for production planning using CONWIP, International Journal of Production Research , Vol. 39, 2723- 2734.

[59] Bhaba R. Sarker (1997) A Review of:"Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management" Wallace J. Hopp and Mark L. Spearman Richard D. Irwin, Inc., 1996, IIE Transactions, 29:1, 89.

[60]Erozan,İ., Üretim Sistemleri Dersi Hat Yönetimi Uygulaması : (http://birimler.dpu.edu.tr/app/views/panel/ckfinder/userfiles/73/files/Uygulama_Notu_2_Hat_Yoenetimi.pdf) Erişim : 05.06.2020, İstanbul.

[61] Braglia, M., Frosolini, M., Gabbrielli, R., Zammori, F.,(2011). CONWIP card setting in a flow-shop system with a batch production machine. International Journal of Industrial Engineering Computations Vol.2(2011), 1-18.