

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

28859

ÜRETİM VE ENVANTER
YÖNETİMİ TEKNİKLERİ

Endüstri Müh. Mahmut Rauf ABALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Yaşar Baki CENGİZ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSTON MERKEZİ

İSTANBUL, 1993

<u>İÇİNDEKİLER</u>	
ŞEKİL LİSTESİ	iii
TABLO LİSTESİ	iv
KISALTMALAR	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
I ÜRETİM KAVRAMI VE İMALAT SİSTEMLERİ	1
1.1 Giriş	1
1.2 Malzeme Maliyetlerinin Artan Önemi	2
1.3 Malzeme Yönetimi	2
1.4 Bağımlı ve Bağımsız Talep Kavramı	2
1.5 İmalat Sistemi Tipleri	3
1.6 Uygun İmalat Tipi Seçimi	9
1.7 Üretim Ortamında Envanterler	10
II MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMASI (MRP)	13
2.1 Standart MRP Sisteminde Kullanılan Ön Koşullar ve Varsayımlar	14
2.2 MRP Sisteminin Amaçları	14
2.3 MRP'nin Elemanları	17
2.3.1 Ana Üretim Planı	18
2.3.2 Malzeme Listeleri	19
2.3.3 Envanter Durum Dosyası	19
2.4 MRP Bilgisayar Programı	20
2.5 MRP'nin Çıktıları	21
2.6 MRP'de Parti Hacmi Belirleme	21
2.7 MRP'deki Problemler	26
2.8 MRP I'den MRP II'ye Geçiş	28
2.9 Kapasite Kaynak Planlama	29
III TAM ZAMANINDA ÜRETİM (JIT)	30
3.1 Giriş	30
3.2 JIT Üretim Sisteminin Faydaları	31
3.3 İki-Kutu JIT Envanter Sistemi	32
3.4 Kanban JIT Üretim Kontrol Sistemi	41
3.5 Sürekli Akış JIT Üretim Kontrol Sistemi	51
IV OPTİMUM ÜRETİM TEKNOLOJİSİ (OPT)	55
4.1 Giriş	55
4.2 OPT ile İmalat Programlama ve Eşanlılaştırma	56
4.3 OPT'nin Dokuz Kuralı	62
V MRP, JIT VE OPT ANALİZİ VE JIT'İN MRP'YE UYARLANMASI	67
5.1 Giriş	67
5.2 JIT'in MRP'ye Uyarlanması	68
5.2.1 Otomatik Kayıt ve Hayaletler	70
5.2.2 JIT'i MRP Ortamına Uyarlamak İçin Üç Adımlı Bir Yöntem	74
VI SONUÇLAR	84
KAYNAKÇA	85

ŞEKİL LİSTESİ

1. Ürüne Yönelik Üretim Şekli	4
2. Prosese Yönelik Üretim	6
3. Hücreyel İmalat	8
4. Sabit Sipariş Miktarı ve MRP'de Hammadde Envanter Düzeyleri	16
5. MRP Sistemi	17
6. Tipik Bir İki-Kutu Taşıyıcısı	33
7. Tipik Bir Kontrol Tahtası	34
8. Mevcut Üretim Prosesinin Yerleşimi	37
9. Başlangıç İki-Kutu JIT Sisteminde Üretim Prosesinin Yerleşimi	38
10. Çekme ve Üretim Kanbanları	42
11. Tipik Bir Kanban Direği	42
12. Başlangıç Kanban JIT Sisteminde Üretim Prosesinin Yerleşimi	51
13. Başlangıç Sürekli Akış JIT Sisteminde Üretim Prosesinin Yerleşimi	53
14. Sürekli Akış JIT Sisteminde İyileştirmeler Yapıldıktan Sonra Üretim Proseslerinin Yerleşimi	54
15. Darboğaz ve Kapasite Kısıtlayıcı Kaynak	59
16a. DPT Bilgisayar Programında Eşanlılaştırma	60
16b. Davul, Halat ve Tampon Sistemlerinin İşlemesi	61
17. Proses Parti Büyüklüğü Transfer Parti Büyüklüğüne Eşit Durumu	66
18. Proses Parti Büyüklüğünün Transfer Parti Büyüklüğüne Eşit Olmadığı Durum	66
19a. Üretim Prosesinin MRP ile Kontrolü	71
19b. Üretim Prosesinin JIT ile Kontrolü	71
20. Xerox Fabrikasında Envanter Durumu	72
21. Otomatik Kayıt ve Hayaletlerin Kullanımını Gösteren Bir Örnek (a) Ürün Ağacı (b) Malzeme ve Bilgi Çıkışı	76
22. JIT'in MRP'ye Uyarlanmasını Gösteren Üç Adımlı İşlem (a) MRP Tarafından Kontrol Edilen Üretim Prosesi (b) Adım 1. Hızlı Malzeme Taşıma Yolu ile Mantıksal Hat Akışını Yaratma (c) Adım 2. Mantıksal Hata Çekme Kontrol Sistemini Uygulama (d) Adım 3. Fiziksel Akış hattı Oluşturma	79
23. JIT ile İlgili Olarak Basık Geniş Ürün Ağacı (a) Normal Ürün Ağacı, (b) JIT Ürün Ağacı	80

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.	Malzeme Listesi	36
Tablo 2.	İki-Kutu JIT Sisteminin Dizaynı	40
Tablo 3.	Kanban JIT Sisteminin Dizaynı	49



KISALTMALAR

CCR : Kapasite Kısıtlayıcı Kaynak
EOQ : Ekonomik Sipariş Miktarı
GT/Hİ : Grup Teknoloji/Hücreyel İmalat
JIT : Tam Zamanında Üretim
LFL : Parti kadar Parti
MPS : Ana Üretim Planı
MRP : Malzeme İhtiyaç Planlaması
OPT : Optimum Üretim Teknolojisi
POQ : Peryot Sipariş Miktarı
STG : The Scheduling Technology Group

Tezin yürütümü süresince gösterdiği sabır ve teşvik edici yardımlarından dolayı hocam, Sayın Prof. Yaşar Baki Cengiz'e teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Bu çalışmada, üretim ve envanter yönetimi için halen mevcut ana teknikler incelenmiştir. Bu teknikler: Malzeme İhtiyaç Planlaması, Tam Zamanında Üretim ve Optimum Üretim Teknolojisi'dir.

Birinci bölümde, üretim kavramı açıklanmış ve imalat sistemi tipleri incelenmiştir.

İkinci bölümde, Malzeme İhtiyaç Planlaması ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, Tam Zamanında Üretim Sisteminin aşama aşama uygulanması anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, Optimum Üretim Teknolojisi ele alınmış ve kuralları açıklanmıştır.

Beşinci bölümde ise, bu tekniklerin analizi ile Tam Zamanında Üretim Sisteminin, Malzeme İhtiyaç Planlamasına uyarlanması izah edilmiştir.

ABSTRACT

In this study, there are currently main techniques for production and inventory management are given. These techniques are Material Requirement Planning, Just-In-Time and Optimised Production Technology.

In the first chapter, production concept is explained and manufacturing systems types are examined.

In the second chapter, Material Requirement Planning is examined.

In the third chapter, phasing of Just-in-Time is given.

In the fourth chapter, Optimised Production Technology and its nine rules are described.

In the fifth chapter, these three techniques are analyzed and embedding Just-In-Time into Material Requirement Planning is explained.

BÖLÜM I

ÜRETİM KAVRAMI VE İMALAT SİSTEMLERİ

1.1. Giriş

Birçok imalat işletmesinde, üretim fonksiyonu işletmenin faaliyetleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. Üretim fonksiyonu işletmenin kaynaklarının önemli bir kısmını kendine bağlar ve işletme yönetimi tarafından alınan bütün önemli kararlarla ilgilidir.

Bu bakımdan, üretim, işletmenin temel fonksiyonu olarak düşünülürken diğer alanlar, örneğin finans, pazarlama, satınalma ve personel yönetimi, ikincil veya hizmet fonksiyonları olarak düşünülebilir.

Birçok imalat işletmesinde, üretim fonksiyonu, işletme yatırımlarının ve işletim maliyetlerinin çoğunu kendisinde toplamıştır.

Üretim yöneticileri, imalatta kullanılan teknolojilerin giderek sofistike ve kompleks olduklarının farkında olmak zorundadırlar. Rekabet etmek isteyen şirketler, artan bir şekilde fabrika ve makina yatırımlarında zorlanmaktadır.(6)

Yatırım sıklığı ve değeri yükseldikçe yatırım kararları riski artmaktadır. Sonuç olarak, yüksek yatırım maliyetlerine katlanmaksızın rekabet eder kalabilmede, geçerli anlamı olan ve mümkün bütün adımların atıldığı bir temele dayalı büyük bir dikkat gösterilmeli ve detaylı analizler yapılmalıdır.

Geçmişte, tek strateji olarak, pazarlama ve finans gibi alanlar için yönetimin dikkatini çekme gibi bir eğilim vardı. Birçok durumda üretim, etkinliği artırmak için, örneğin teşvik projeleri ve iş metodlarının geliştirilmesi gibi lokal faaliyetlerin dizayn edilmesi yoluyla performansın iyileştirilebildiği bir zorunluluk olarak muamele görmüştür.

Bugün üretim faaliyetleri üzerine artan bir ilgi vardır. Tam zamanında üretim (JIT)

felsefesinin ortaya çıkması ve malzeme ihtiyaç planlamasındaki (MRP) gelişmeler bu trendi göstermektedir. JIT ve MRP özellikle üretimin etkinliğini geliştirmeye yönelikken, optimum üretim teknolojisi (OPT) bu trendi bir aşama daha ileriye götürmüştür.

Üretim ve envanter yönetimi için halen mevcut üç ana teknik vardır. Bunlar: MRP, JIT ve OPT dir. Bu üç tekniğe; itme, çekme ve sıkıştırma sistemi isimleri de verilmektedir. (9)

1.2. Malzeme Maliyetlerinin Artan Önemi

Birçok imalat işletmesinde işletim maliyetlerinin ana elemanı malzeme maliyetidir. Bunu, sabit masraflar takip etmektedir. MRP ve JIT'teki gelişmeler, imalat işletmelerinin, maliyetleri minimum seviyede tutarak kontrol etmeye daha istekli olduklarını göstermiştir. (5)

1.3. Malzeme Yönetimi

Malzeme yönetimi terimi, malzeme maliyetlerini minimize etmeye dayanan faaliyetler için kullanılan genel bir terimdir. İmalat işletmelerindeki gittikçe artan önemli ve yetenekli yöneticiler grubunu tanımlamada kullanılmaktadır. Malzeme yönetimindeki gelişmeler, imalat şirketlerinin azalan maliyetler ve bunu gerçekleştirecek yeteneklerin artmasıyla birlikte daha çok ilgili olduklarını yansıtmaktadır.

1.4. Bağımlı ve Bağımsız Talep Kavramı

Malzeme yönetiminin ilk prensibi, malzemeleri bağımlı ve bağımsız olmak üzere ikiye ayırmaktır.

Bir bağımlı talep birimi için talep, direkt olarak veya genellikle son montaj olarak diğer birim için taleple çarpımıdır.

Örneğin bir sandalye imalatında, üretilen her sandalye için dört adet sandalye bacağı talebi olacaktır. Bu yüzden sandalye bacağı için talep, üretilecek sandalye sayısına bağlı olacaktır.

Buna karşılık bağımsız talep maddeleri için talep, diğer bir birimin talebinden bulunamaz. Malzemeleri bu şekilde ayırmanın önemi, üretim için gerekli malzemelerin planlanmasında modern uygulamayı temel almasıdır.

Malzeme planlamada, bağımlı talep birimleri gereksinimi ana üründen hesaplanırken, bağımsız talep birimleri gereksinimleri istatistik olarak tahmin edilmelidir.

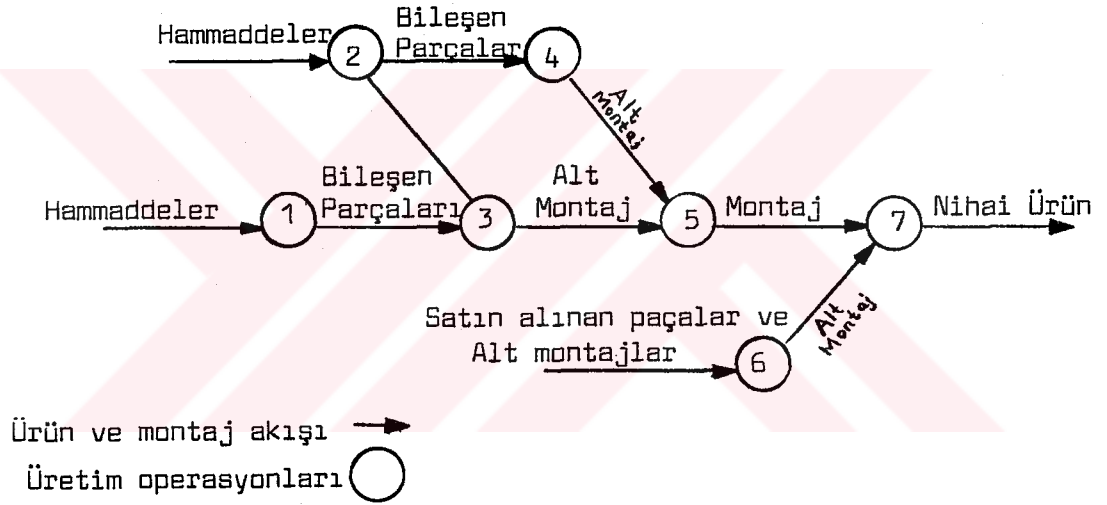
1.5. İmalat Sistemi Tipleri

İmalat endüstrisi kavramı, uydu yapımından bisiklet yapımına kadar geniş bir faaliyet spektrumunu kapsamaktadır. Genel olarak imalat proseslerini üç ana bölüme ayırabiliriz: Ürüne yönelik, prosese yönelik ve grup teknoloji/hücreli imalattır.(4)

Ürüne Yönelik Üretim: Ürüne yönelik yerleştirme terimi, üretim birimlerinin, üretilen ürünün/hizmetin tipine göre organize edildiği üretim işletmesi şeklini tanımlamak için kullanılmıştır. Diğer bir deyişle, ürün/hizmet üretmek için gerekli bütün üretim operasyonları, bir üretim biriminde ekseriyetle gruplanmıştır. Ürüne yönelik üretim, hat akış üretimi veya sürekli üretim olarak da adlandırılır. Her iki terim de ürünün üretimde takip ettiği rotanın özelliğini tanımlamaktadır. Hat akış üretiminde ürünler geriye veya yanlara dönmeksizin doğrusal bir yolu takip ederler. Sürekli üretimde, ürünler, üretimde durmaksızın ilerlemeye meylederler. Şekil 1'de bir ürünün, ürüne yönelik üretim sisteminde, hammaddenin, parçaların, alt montajların, montajın ve nihai ürünün takip ettiği oldukça doğrusal ve sürekli yolu göstermektedir.

Ürüne yönelik üretim tipi, üç genel üretim şekline uygulanmaktadır: Kesikli birim imalatı, proses imalat ve hizmet dağıtımıdır. Kesikli birim imalatı, farklı veya ayrı ürünlerin, örneğin otomobil veya bulaşık makinasının imalatıdır. Bu tür ürünler, partiler halinde üretilebilir. Sistem, partiler arası, diğer ürünler için değiştirilmeyi gerektirmektedir veya sistem, tek bir ürüne hizmet verir. Bu durumda, sistem, diğer ürünler için hemen hiç değiştirilmez. Kesikli birim imalatında, ürüne yönelik terimi keza bazen üretim hattı veya montaj hattı terimiyle aynı manada kullanılmaktadır.

Proses imalatında, malzemelerin akışı üretim operasyonları arasında olmaktadır. Bu üretim şekli, yiyecek üretimi, kimyasal, petrol rafinerisi, petro kimya, plastik, kağıt ve çimento endüstrilerinde yaygındır. Kesikli birim imalatında olduğu gibi proses imalatında da ürüne yönelik üretim, hat akış üretimi veya sürekli üretim olarak bahsedilmektedir.



Şekil 1: Ürüne yönelik üretim şekli

Hat akış üretimi diye isimlendirilir çünkü malzemeler üretime doğru direkt doğrusal bir geri dönmeksizin ilerlerler.Sürekli üretim diye isimlendirilir çünkü malzemeler üretime doğru doğrusal bir şekilde durmaksızın ilerlerler.

Hizmetler de; kafeteryalar ve araba yıkama gibi yerlerde ürüne yönelik üretim şeklini kullanabilmektedir.

Diğer üretim tipleriyle karşılaştırıldıklarında, ürüne yönelik üretim tipi sistemi, imalatta daha yüksek seviyede ilk yatırım tutarı gerektirmektedir.Bu yüksek yatırım tutarı şunlardan ileri gelekttedir:(1) Daha pahalı sabit konumlu malzeme taşıma ekipmanı kullanması, (2) belli bir ürün/hizmet için tahsis edilmiş ekipman kullanımı.Örneğin, sadece bir ürün için dizayn edilmiş otomatik kaynak makinaları.Buna ilaveten bu sistemlerin ürün/hizmet esnekliği oldukça düşük olmaktadır.Çünkü, sistemi diğer ürün için çevirmek genellikle zordur.Bu sakıncalara karşın,düşük işgücü ustalığı ve eğitimi, yönetim ve üretim planlama ve kontrol kolaylığı vardır.

Proses Yönelik Üretim: Prosese yönelik üretim terimi, üretim operasyonlarının proseslerin tipine göre gruplandırıldığı bir üretim şeklini tanımlamak için kullanılmaktadır.

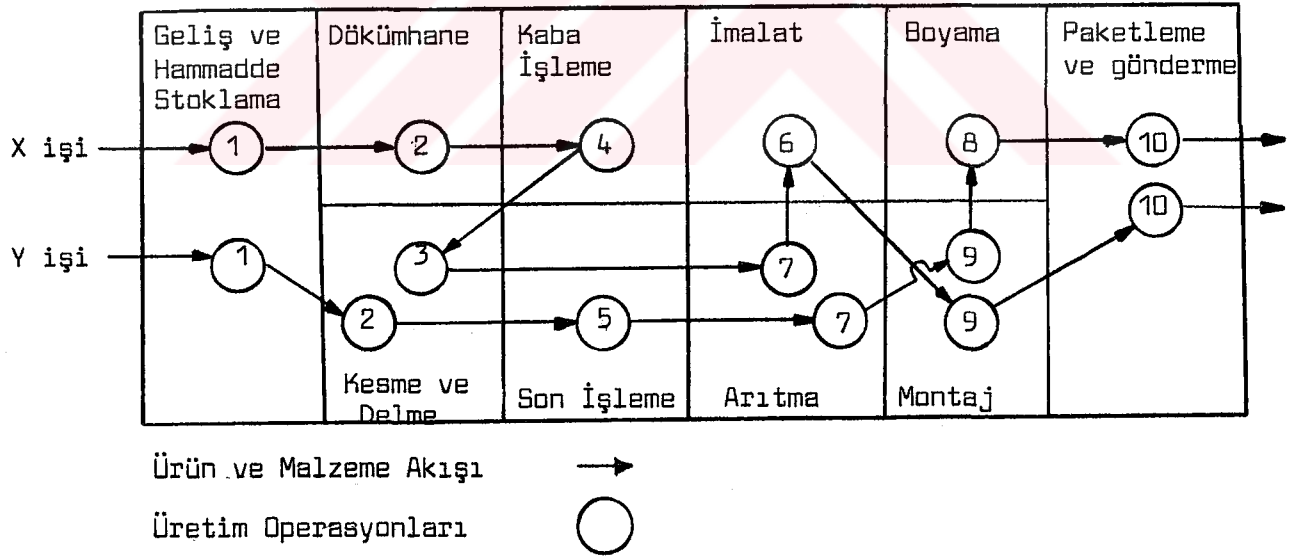
Diğer bir deyişle, bütün üretim operasyonları bir üretim birimi oluşturmak için bir araya getirilip grup oluşturulduğu benzer teknolojik proseslere sahiptir.Örneğin, bir fabrikadaki bütün üretim fonksiyonları boyunca boyama birimini oluşturmak için bir bölgede bir araya getirilip oluşturulan grup boyama birimini kapsamaktadır.

Proses yönelik sistemler kesikli veya atölye üretimi olarak da bilinmektedir.Çünkü üretim ürün üzerinde kesikli olarak uygulanır yani bir başlama ve durma temeline dayanmaktadır.Atölye üretimi olarak anılmasının sebebi ise ürün/hizmet üretimine genellikle müşterilerin vermesidir.Şekil 2'de iki ürünün atölyedeki rotası görülmektedir.

Şekilden de görüldüğü üzere ürünler/hizmetler üretimde sürekli doğrusal bir rota

izlememektedir. Aksine hayli düzensiz zigzag tipi bir rota izlemektedir. Şekildeki X ve Y işinin aynı departmanda, örneğin montaj departmanında, ilerlemek zorunda olduklarına dikkat edilmelidir. Montaj departmanında her iki işi de yapacak üretim kapasitesi yoksa, işlerden biri beklemek durumundadır. Bu, atölye üretiminin temel özelliğidir. Prosese yönelik üretim sistemine örnek olarak hastahane, tamirhane ve imalat atölyelerini verebiliriz. Bu sistemin anahtar avantajı ürünün esnekliğidir. Bu, küçük partilerde çok sayıda ürünü üretebilme yeteneğidir. Buna ek olarak, daha az pahalı olan genel amaç ekipmanları ve değişken malzeme taşıma ekipmanları kullandıklarından, daha az ilk yatırıma ihtiyaç duyarlar. Ancak bu sistem, daha kalifiye işgücü, daha fazla işgücü eğitimi, daha fazla gözlem, daha kompleks üretim planlama ve kontrol gerektirmektedir.

Ürüne yönelik ve prosese yönelik sistemler, üretimi organize etmede iki geleneksel yaklaşımı temsil etmektedir. Uygulamada, bu iki yaklaşımın karışımını ve hibrit şekillerini bulabiliriz.



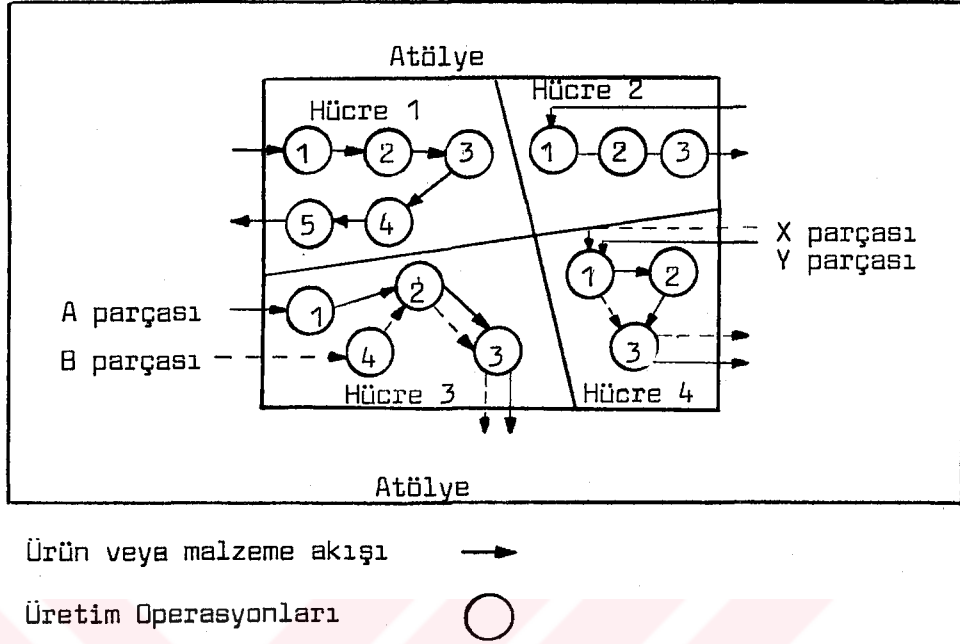
Şekil 2: Prosese yönelik üretim

Grup Teknoloji/Hücreyel İmalat: Grup teknoloji/hücreyel imalat (GT/Hİ) Amerika'da benimsenen yeni bir üretim şeklidir. İlk defa Sovyetler Birliği'nde 1940'ların sonunda Mitrofanov ve Sokolovski tarafından kullanıldığı da belirtilmektedir. İkinci dünya savaşının sonundan itibaren Avrupa'da, Hindistan'da, Hong Kong'da Japonya'da ve A.B.D.'de uygulanmış ve üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu üretim şeklinin çoğu uygulamaları metal işleme uygulamalarında olmaktadır.

Grup teknolojiye, bir fabrikada yapılan parçalar için bir kodlama sistemi geliştirilmiştir. Herbir parça, parçanın fiziksel karakteristiklerini tanımlayan çok haneli bir kod almaktadır. Kodlama sistemi kullanarak, üretim faaliyetleri aşağıdaki yollarla basitleştirilir:

1. Üretimin nasıl bir rota izleyeceğine karar vermek daha kolaydır çünkü bir parçanın gerektirdiği üretim adımları parçanın kodundan bellidir.
2. Dizayn edilen parça sayısı parçaların standardizasyonu ile azaltılabilir. Yeni bir parça dizayn edildiğinde, mevcut parçaların kodlarına benzer parçaları tanımlamak için bilgisayar veri tabanından erişilebilir. Yeni dizayn, mevcut olanlara benzer yapılabilir.
3. Benzer karakteristikteki parçalar, parça aileleri içinde gruplanarak bir araya getirilebilir. Çünkü benzer karakteristikteki parçalar benzer yollarla yapılır. Parça ailesi içindeki bir parça tipik olarak aynı makinada benzer takımla yapılabilir.
4. Bazı parça aileleri, bir parça ailesinin bir hücre olduğu üretim için imalat hücrelerine ayrılabilir. İş yerinin hücreler şeklindeki organizasyonu hücreyel imalat olarak tarif edilmektedir.

Grup teknolojiye bazı parça dizaynları daha standardize olmuştur ve standardizasyon, parti hacmini artırmayı yeğler ve daha sık üretilmeyi gerektirir. Orta hacimdeki partiler ve daha sık üretilen parça aileleri hücreyel imalat için adaydır.



Şekil 3: Hücresel imalat

Hücrelerdeki parçaların akışları birçok değişik şekilde olmaktadır. Örneğin Hücre 1 ve Hücre 2'de, parça ailesindeki parçalar aynı makinalara doğru bir ürüne yönelik sistemde hat akış tipindedir. Bununla birlikte Hücre 3 ve Hücre 4'de parçalar hücrede farklı rotalar izlemektedir çünkü iki parçanın dizaynı birbirinden farklıdır. Hücrelerdeki parçalar arasında daha büyük bir benzerlik vardır ve hücreler içindeki parçaların akışı ürüne yönelik sistemin hat akış tipine daha çok benzemek için meyletmektedir.

Hücresel imalatın atölye imalatına göre birçok avantajı sayılabilir. Çünkü bir hücredeki parça ailesi içindeki parçalar benzer takımlarla aynı makinaları ve benzer üretim

operasyonlarını gerektirmektedir:

1. Partiler arası makina değiştirmeleri basitleştirilir böylelikle, değiştirme masrafları azalır ve üretim kapasitesi artar.
2. İş değişkenliği azalır ve işgörenler için eğitim peryotları kısılanır.
3. Üretimde parçaların daha hızlı yapılmasını sağlayan daha direkt rotalar izlenir.
4. Parçalar beklemede daha az zaman harcar ve yarı mamul envanter düzeyi düşüktür.
5. Parçalar için özellikle eğitilen işçiler tarafından daha az parça değişkenliği şartlarında yapılan parçalar kalite kontrolu iyileştirir.
6. Üretimde daha kısa ve direkt rotaların izlenmesi ve malzeme taşıma maliyetlerinin azaltılması üretim planlama ve kontrolu daha da basitleştirir.
7. Sonuç olarak azalan parça çeşitliliği ve hücredeki makina ve takımların benzerliği hücrelerin otomasyonunu daha da basitleştirir. Bu yüzden, hücrelerin kurulması atölyelerin otomasyonunda orta adım olarak görülebilir.

GT/Hİ aynı zamanda bazı dezavantajlara da sahiptir. Örneğin, hücreler arasında parça transferi olamaz, atölyedeki bütün parçalar GT/Hİ hücrelerinde imal edilemez, geriye kalan parçaların üretimi eskiden olduğu gibi etkin olmayabilir.

1.6. Uygun İmalat Tipi Seçimi

Belli bir endüstriye hangi tipin uyduğunun seçimi şu faktörlere bağlıdır: Üretilen miktar, gerekli girdilerin mevcudiyeti, yapılan ürünün tipi, ürünün ömrü ve dayanıklılığı, işletmenin üretim felsefesi. (6)

Bu faktörleri, pazar tahminleriyle birleştirerek uygun imalat sisteminin seçimini yapmak oldukça zordur. İmalat sistemini seçme çalışmaları bunun zor bir işlem olduğunu göstermektedir. Bu zorluk, en iyi kalitede ürünün satın alınabilecek bir parayla üretilmesi ve insanlar için anlamlı bir iş sağlamaktır.

Üretilcek Miktar (Hacim): Üretilcek miktar veya hacim bir imalat sistemini seçmede önemli bir faktördür. Örneğin bir otomobil yukarıda bahsettiğimiz metodların herhangi biriyle

üretilebilir. Ancak, eğer bir otomobilden ellibin adetlik bir sipariş gelmişse, yukarıdaki listeden atölye imalatını çıkartabiliriz. Ayrıca, bölgesel işsizlik oranları da seçilecek üretim prosesi tipinin seçiminde önemlidir.

Girdilerin Mevcudiyeti: Sermaya yoğun ekipmanlar bazen elde bulunmayabilir. Üretimin başlaması için gerekli teknik işgücü bulunmayabilir. Hangi tip imalatın uygun olduğuna karar vermede işgücü anahtar girdidir.

Ürünün Tipi: Ürünün tipi genellikle imalatçının doğru imalat tipini seçmesine yardım eder. Bazı teknik sistemler ürünün doğasından dolayı uygun olmazlar. Örneğin normal bir otomobilin ihtiyaç duyduğu imalat tipi, yarış otomobilininkinden çok farklıdır. Normal otomobiller sürekli üretim yapılırken diğeri sipariş üzerine üretilmektedir.

Ürün Ömrü: Ürünlerinin değeri düşen imalatçılar, farklı bir imalat sistemini seçeceklerdir. Örneğin elbise modelleri sık sık değişir. Bu, ürünün değerinin düşmesine bir örnek teşkil etmektedir. Burada, işgücü yoğun prosese yönelik imalat, sürekli imalattan daha uygundur.

Üretim Felsefesi: Bazı imalatçılar, işçilerin, müşteri talepleri ve karlılık konusundaki kayıtsızlıkları yüzünden, yüksek kaliteli ürün ve iş hayatı temin etmek için küçük kalmayı yeğlerler. Diğerleri ise, daha düşük maliyetli ve daha çabuk mal ürettikleri sermaye yoğun metodları seçerler. Çalışma felsefesi üretim felsefesinin bir kısmıdır. Bununla birlikte, yüksek kaliteli ürünleri makul fiyattan üretmek de mümkündür.

1.7. Üretim Ortamında Envanterler

İmalat sanayi işletmelerinde envanter yönetimi amacıyla kullanılan, iki ana yaklaşımı yansıtan iki seçenek söz konusudur:(2)

1. İstatistiksel envanter kontrolü ("stok doldurulması" veya "sipariş noktası" yöntemleri olarak bilinen bir grup yöntemi içeren klasik bir yaklaşımdır)

2. Malzeme ihtiyaç planlaması

Kısaca "sipariş noktası" olarak bilinen birinci seçenek, belirsiz talep karşısında, envanterdeki birimlerin sürekli fiziksel yeterliliğini sağlayacak şekilde geliştirilmiş karar kuralı setleri ve yöntemlerini içerir. Bu yaklaşımda, her envanter birimindeki fiziksel azalma yakından izlenir ve eldeki stok miktarı, önceden tespit edilmiş, "yeniden sipariş verme noktası" olarak tanımlanan değere düştüğünde, ilgili birim için sipariş verilir.

Sipariş miktarı, her envanter birimi için, temin süresindeki tahmini talep ve gerçekleşen talebin tahmini talep değerini geçme ihtimalleri değerlendirilerek ayrı ayrı değerlendirilir. Talep tahmininde sözkonusu olabilecek hataları karşılamak amacıyla elde tutulan envantere emniyet stoğu denir. Emniyet stoğu saptanırken, sözkonusu envanter birimi için geçmiş talep verileri ve parçanın uzun dönemde bulunabilirliği araştırılır. Sipariş noktası sistemlerinde sipariş büyüklüğü saptanırken "ekonomik sipariş miktarı" modellerinden uygun olan bir tanesi kullanılır.

Planlama sürecinde, MRP sistemi, eldeki stok miktarını brüt ihtiyaçlara atar ve net ihtiyaçların belirlenmesinde gözönüne alınan açılmış siparişlerin zamanlamasının doğruluğunu kontrol eder. Net ihtiyaçların karşılanması amacıyla, sistem her envanter birimi için planlı sipariş çizelgesi hazırlar. Bu çizelge hem, hemen verilecek siparişleri, hem de gelecekte belirlenmiş tarihlerde verilmesi planlanan siparişleri içerir. Sipariş miktarlarının saptanmasında, sistem kullanıcısı, sözkonusu birim için uygun olabilecek ekonomik sipariş büyüklüğü modellerinden bir tanesini kullanabilir.

Ana üretim planının gerçekleşmesi için gerekli tüm parça ve malzeme ihtiyaçları ile bu ihtiyaçların karşılanması ile ilgili bilgiyi içeren ve MRP sistemi tarafından gerçekleştirilen ana plan "MRP" olarak tanımlanır.

Sipariş noktası sistemi, parçalar bazında planlama yaparken, MRP ürün bazında planlama yapar. Sipariş noktası isteminde, envanter birimlerinin geçmiş talep verileri değerlendirilerek ileriye dönük tespitler yapılır.

Buna karşılık MRP, ileriye dönük planlama amacıyla geçmiş verileri kullanmaz, bunun yerine son ürünü veya ürünleri oluşturan parçalar arasındaki ilişkileri değerlendirerek

planlama yapar. Ürünle ilgili talep verleri ana üretim planından sağlanır.

Sonuç olarak, istatistiksel envanter kontrolü yaklaşımının yetersiz kalması, zaman içinde daha iyi yöntemlerin araştırılmasını zorunlu kılmış ve MRP olarak tanımlanan yeni yaklaşım geliştirilmiştir.



BÖLÜM 2

MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMASI (MRP)

Ekonomik koşullar, yöneticileri, özellikle denetim konusunda daha dikkatli olmaya zorlamaktadır. Sık sık değişen faiz oranları, malzeme kıtlığı, artan envanter bulundurma maliyetleri vb. gelişmeler, daha sıkı denetim ve değişmelere daha hızlı uyum sağlama ihtiyacını doğurmaktadır.

Son onbeş yıl içinde, endüstriyel uygulayıcılar, geleneksel envanter yöntemlerini (örneğin ABC analizi) bir kenara bırakarak malzeme ihtiyaç planlaması envanter sistemlerine ağırlık vermişlerdir. Özellikle imalat firmaları, MRP yönetimini, envanter yatırımlarını minimize etmesi ve verimliliği artırması açısından çok yararlı bulmaktadırlar. Bilgisayarların yaygın kullanımı büyük boyutlu üretim planlama ve kontrol sistemlerinin kullanımını ekonomik kılmıştır. Bu sistemlerin ana elemanı ise genellikle bir malzeme ihtiyaç planlama programıdır (2).

MRP, yatırımları minimize etmek, üretimi ve etkinliği artırmak ve müşteriye yapılan hizmeti geliştirmek amacıyla kullanılan bir yönetim çizelgeleme ve kontrol tekniğidir. (a.g.e.)

MRP sisteminde kullanılan ana kural şöyledir: Malzeme, parça ve yarı mamullere olan talep son ürüne olan talebe bağlıdır.

Son ürün için talep bir kez belirlendiği zaman (tahmin yöntemleri ya da müşteri siparişleri yoluyla), üretim sırasında gereken alt montaj ve bileşen parçaları, bağımlı talep kavramında da bahsettiğimiz gibi, belirlenebilir. Son ürüne olan talep ise imalatta kullanılan parça, malzeme ve yarı mamullere olan taleplerden tamamen bağımsızdır.

MRP yaklaşımı, bağımlı talep koşulunun söz konusu olduğu envanterlerin yönetimi için geçerlidir.

Bağımsız talebin tersine bağımlı talep, doğrudan bir üst düzeydeki ürünün talebine bağlıdır. Örneğin hammaddelerin, yarı mamullerin, malzemelerin ve parçaların talebi bu gruba girmektedir. Bağımsız talebin tersine bağımlı talep devamlı değildir. Belirli zamanlarda büyük miktarlardan oluşur. Bu zamanların dışında talep sıfırdır. Örneğin bir işletmede, altı ay süresince belirli bir parçaya ihtiyaç yoktur. Geri kalan sürede ise parçadan hergün ikiyüz adet kullanılabilir. Bu durum, son üründe kullanılan pek çok parça için sözkonusudur. Talebin bu özelliği, üretimin partiler halinde yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bağımlı talep kavramının yanı sıra, MRP yaklaşımında sözkonusu olan bir diğer özellik de zamanlama olgusudur. Zamanlama, envanter durumu verilerine zaman boyutunun eklenmesidir.

2.1. Standart MRP Sisteminde Kullanılan Ön Koşullar ve Varsayımlar

1. Ana üretim planının varlığı ve bu planın malzeme listeleri cinsinden ifade edilmesi
2. Tüm envanter birimlerinin tek tek tanımlanmış olması
3. Planlama aşamasında, malzeme listelerinin hazırlanmış olması
4. Tüm envanter birimlerinin durumları ile ilgili verileri içeren envanter kayıtlarının hazır olması
5. Malzeme listeleri (ürün ağaçları) bilgileri ile envanter durumu bilgileri kütüklerindeki verilerin bütünlük içinde olmaları
6. Tüm envanter birimleri için temin sürelerinin belirlenmiş olması
7. Tüm envanter birimlerinin stoğa girip çıkmaları ihtiyacı
8. Bir montaj parçasının üretimi için emir verildiğinde o montajı oluşturan tüm parçaların işletme içinde hazır olması ihtiyacı
9. Kesikli dağıtım ve bileşen parçalarının kullanımı kuralı
10. İmal edilen parçalar için süreç bağımsızlığı kuralı

2.2. MRP Sisteminin Amaçları

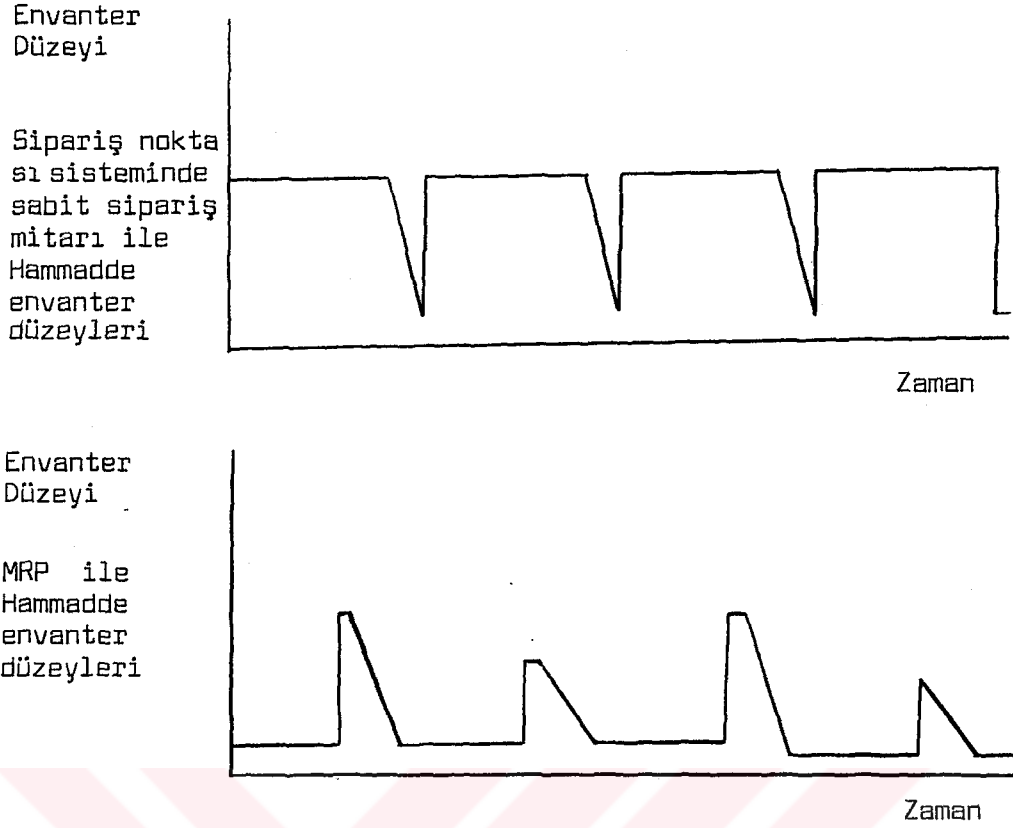
Operasyon yöneticileri şu amaçlar için MRP'yi kabul etmektedirler (4):

1. Müşteri hizmetlerini iyileştirme
2. Envanter yatırımlarını azaltma
3. Fabrika işleme etkinliğini artırma

Müşteri hizmetlerinin iyileştirilmesi demek; müşteriden sipariş alındığından hemen önce ürünün elde olmasıdır. Aynı zamanda, memnun müşterilere sahip olmak; söz verilen teslimatların karşılanması ve teslim zamanlarının kısaltılması demektir. MRP, sadece söz verilen teslimatın yapılması için gerekli olan yönetim bilgisini sağlamakla kalmaz, fakat aynı zamanda, taahhütler, üretimi yönlendiren MRP kontrol sistemi içine alınır. Bu yüzden, taahhüt edilen teslim tarihleri işletmenin karşılaması gereken bir amaç haline gelir ve söz verilen teslim tarihini gerçekleştirme olasılığı iyileştirilir.

Şekil 4, MRP'nin envanter düzeylerini düşürmeyi amaç edindiğini göstermektedir. Sabit sipariş miktarında, sipariş noktası sistemleri, hammadde siparişlerini planlamak için kullanılır. Sipariş miktarı, buna ilave olarak emniyet stoğu, ana üretim panından (MPS) hammaddenin son birimi görünene kadar envantere kalır. Envanter seviyesi örnekleri, düşük seviyelerin kısa periyotlarının araya serpiştirildiği bütün envanterlerin uzun bir periyodudur. Diğer taraftan MRP'de hammadde siparişleri, yaklaşık olarak MPS'de hammaddenin son biriminin görüldüğü zamanda varmak üzere planlanır. MRP'de envanter düzeyi örnekleri, envanterlerin düşük düzeyleri uzun periyotları arasında bütün envanterlerin kısa periyotlarıyla serpiştirilmesidir. Bu yüzden hammadde envanterleri üzerine MRP'nin etkisi fevkalade azalan ortalama envanter düzeyleridir. Çünkü MRP, doğru malzemelerin doğru zamanda üretime teslim edildiği üretim operasyonlarında, hammaddenin, parçaların, alt montajların ve montajların dağıtım zamanlamasını ve miktar kontrolünü daha iyi yapmaktadır. Buna ilaveten, üretim planındaki değişikliklere cevap olarak iç akışlar azalır veya artırılabilir. MRP'nin bu kontrolleri; işçilik, malzeme ve değişken masrafları azaltır. Çünkü:

1. Envanter ve malzeme teslimindeki gecikmelerin azalmasıyla işçi ve makina sayısında artma olmaksızın üretim çıktısının artmasını sağlar
2. Yanlış parçaların kullanılmasından kaynaklanan, ıskarta alt montaj, montaj ve ürünlerde azalma
3. Azalan aylak zamanlar, artan fiziksel malzeme hareketleri etkinliği ve azalan planlama gecikmesi karmaşıklığı sonucunda artan çıktıyla, üretim birimlerinin kapasitesinde artma olur.

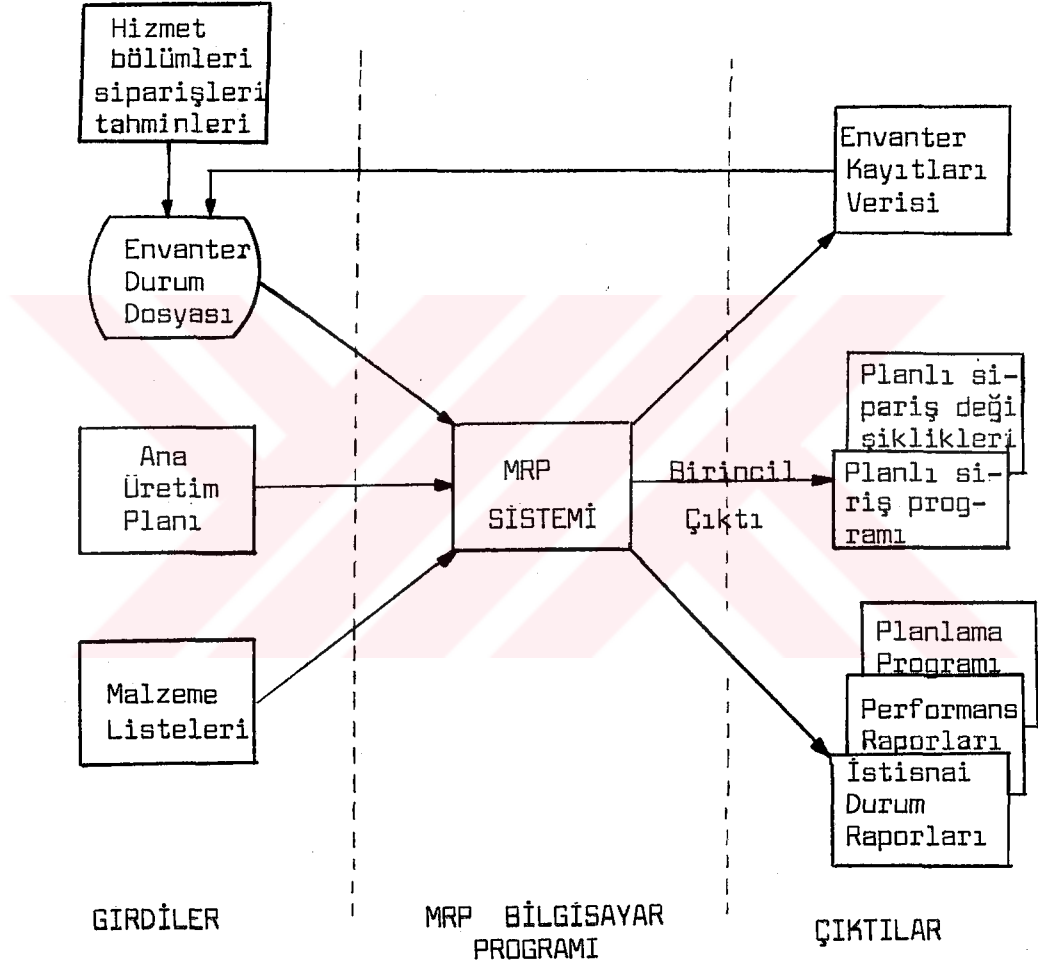


Şekil 4: Sabit sipariş miktarı ve MRP'deki hammadde envanter düzeyleri

Bütün bu iyileşmeler MRP sisteminin felsefesinden kaynaklanmaktadır. Basitçe ifade edecek olursak, MRP sistemleri, ana üretim planında (MPS) üretilecek son birim için hammadde, parça ve montaj parçalarının doğru zamanda üretimde bulunması felsefesine dayanmaktadır. Bu felsefe, gecikecek malzemelerin ulaştırılması ve erken yapılacak malzeme teslimatının yavaşlatılmasıyla sonuçlanır. Örneğin, eğer bir malzeme gecikecekse ve bununla ilgili birşey yapılamıyorsa, nihai ürünü monte etmek için gerekli diğer malzemeler, geciken malzeme gelinceye kadar istenmezler. MRP sistemi, bütün malzemelerin teslim tarihlerini değiştirmiştir. Böylece, malzemeler, nihai ürünü monte etmek için aynı anda gelmektedir. MRP sistemleri, üretimin bütün elamanları birbiriyle ilişkilidir ve değişen bir eleman diğerlerini kaçınılmaz bir şekilde etkilemektedir kabulunu yapmaktadır. Üretim operasyonlarının, üzerinde çalıştığı parçalar için teslim tarihleri gerçekten önemlidir. Böylelikle üretim kapasitesi, ana üretim planını desteklemek için kullanılmaktadır. Bu, MRP'nin sağladığı başlıca kazançlardan biridir.

2.3. MRP'NİN ELEMANLARI

MRP sisteminin operasyonları Şekil 5'de tanımlanmıştır. Ana üretim planı (MPS), bütün MRP sistemini yürütmektedir. Ana üretim planında dahil olduğu üzere, envanter durum



Şekil 5: MRP Sistemi

dosyası ve malzeme listesi, ek bir bilgi sağlamaktadır. Bu girdiler, çıktı üreten MRP bilgisayar programını beslemektedir. MRP işlemlerinden oluşan envanter kayıtları, envanter durum dosyasında tutulmaktadır. Böylece, mevcut envanter kayıtları korunmaktadır. Planlı sipariş programı ve planlı sipariş değişiklikleri, MRP'nin birincil çıktılarıdır. Ayrıca, istisnai durum, performans ve planlama raporları da yönetimin kullanımı için türetilmektedir.

2.3.1. Ana Üretim Planı

Bir ana üretim planı (MPS), ya bitmiş mal envanterini ikmal etmek için yada müşteri siparişlerini yerine getirmek için tasarlanır. Ana üretim planı, MRP ve kapasite ihtiyaç planlamasında uygunluğunu test etmek için deneme olarak başlar. Bu programların fizibil olduğu kanıtlanırsa, MPS hayata geçirilir.

MPS'nin ilk haftaları "donmuş", orta haftalar "katı", daha sonraki haftalar ise "dolu" veya "açık" olarak tarif edilmektedir (4). İlk haftalar donmuştur, çünkü, üretim birimleri bir dereceye kadar palanın bu kısmına bağlıdır. Malzemeler sipariş edilir, personel işlere ayrılır ve MPS'yi desteklemek için makina değişiklikleri programlanabilir. Eğer MPS'nin ilk haftaları, değişikliğe müsaade ediyorsa, malzeme siparişleri, personeliş programları ve makina değişim programlarında da değişim ihtiyacı olabilecektir. Böyle değişiklikler, üretim ve malzeme kontrol birimlerinde karışıklığa sebep olacaktır. Genellikle bir hafta olan, bir periyot sonra, MPS, birinci hafta çıkartılarak güncelleştirilir ve bir hafta planın sonuna eklenir. Bununla birlikte, MPS'nin bu dönem programının özelliği, programı desteklemek için malzeme akışının rasyonel ve sistematik kazancına müsaade etmede, eski MPS'nin ilk haftalardaki donmuş özelliğini mutlaka gözlemlemelidir.

Ana üretim planı, son ürüne olan talebi ve siparişleri girdi olarak kullandığından, çıktıları da son ürün cinsindedir. Genelde ana plan, kapasite kısıtlarına uygun olarak, maliyetleri minimize etmeyi amaçlayan bir üretim planıdır. MRP sisteminin çıktıları bu plana bağlı olacaktır için, siparişlerdeki azalma, artma, iptal gibi değişikliklerin sürekli olarak plana dahil edilmeleri gerekmektedir.

2.3.2. Malzeme Listeleri

Malzeme listeleri dosyası, bir birim ürünü veya son ürünü üretmek için gerekli olan malzeme listesini ve malzemelerin miktarlarını ifade etmektedir. Üretim ve operasyon yönetiminde, malzeme listeleri; verilen bir son ürün üretim programında, herbir zaman periyodu için herbir hammadde miktarının planlanmasına esas teşkil etmektedir.

Malzeme listeleri veya ürün yapısı (ürün ağacı) dosyası, bütün bitmiş ürünlerin komple listesidir. Bu, herbir üründeki her malzemenin miktarı ve ürünlerin yapısıdır (montaj, alt montaj, parçalar ve hammaddeler).

Son ürünün çok çeşitli olduğu sistemlerde, her son ürün için ayrı ürün ağacı hazırlamak gerekli değildir. Bu durumda ürün ağacının ilk kademesi ana ürün cinsinden tanımlanır.

2.3.3. Envanter Durum Dosyası

Envanter durum dosyası, envantere tutulan herbir malzemenin bütün kayıtlarının tamamen tutulduğu komputere edilmiş bir dosyadır. Bir ürün için veya birçok ürün için hangi düzeyde tutuluyor olursa olsun herbir malzeme, sadece bir tane malzeme kaydına sahiptir. Bir malzeme kaydında, düzey kodu, eldeki envanter, sipariş verilen malzemeler ve müşteri siparişleri bilgileri vardır. Bu kayıtlar, gelirler, malzeme çıkışları, ıskarta malzemeler, planlanmış siparişler ve iş başlatma gibi envanter kayıtları tarafından güncelleştirilir.

Dosyanın diğer kısmı, MRP tarafından kullanılan planlama faktörlerini içermektedir. Bu faktörler: Parti büyüklüğü, tedarik süresi, emniyet stoğu düzeyi ve ıskarta oranları gibi bilgilerden oluşmaktadır. Bazı parçalar, alt montajlar ve montajlar son ürüne, ikmal parçaları olarak sevk edilebilir. Bunlar malzemeler direkt olarak satıcılardan alınır ve müşteri talepleri için envantere dahil edilirler. Diğer bir deyişle, bu malzemeler üretilmezler ve bu sebepten ana üretim planında yer almazlar. Bu yüzden, bu malzemeler için siparişler veya tahmini siparişler direkt olarak envanter durum dosyasında tutulur ve MRP sisteminin bir parçası olur.

Envanter durum dosyası, sadece envanterdeki herbir malzeme için tüm durum kaydını

sağlamakla kalmaz, aynı zamanda, sipariş teslim tarihleri sipariş verilecek malzeme miktarı ve ne zaman verileceğini tasarlayan MRP bilgisayar programında kullanılan planlama faktörleridir.

2.4. MRP Bilgisayar Programı

MRP bilgisayar programı şöyle işlemektedir:

1. MPS'le birlikte, herbir zaman periyodu için ihtiyaç duyulan son ürün sayısına karar vermekle başlar
2. Hizmet kısımları sayısı MPS'e dahil değildir fakat müşteri siparişleri son ürün olarak dahil değildir sonucunu çıkarır
3. MPS'nin hizmet kısımları, malzeme listesi dosyasına danışarak, gelecekteki zaman periyodundan bütün malzemeler için brüt gereksinimleri çıkarır
4. Brüt malzeme ihtiyacı, eldeki malzeme miktarı ve envanter durum dosyasına danışarak herbir periyot için verilen siparişe düzeltilir. Her periyotta, herbir malzeme için net ihtiyaç şöyle hesaplanabilir:

$$\text{Net İhtiyaç} = \text{Brüt İhtiyaç} - \left[\text{Eldeki Emniyet Diğer} \right. \\ \left. \text{envanter - stoğu - kullanımlara} \right] \\ \text{dağıtılan en.}$$

Eğer net ihtiyaç sıfırdan büyükse malzeme siparişi verilmelidir.

5. Sonuç olarak, siparişler; tedarikçi hazırlık zamanı ve üretim prosesindeki herbir adımdaki tedarik zamanına müsaade etmek için , daha erken bir zaman periyodunda tedarik edilir.

Bu prosedür; envanter durum dosyası, birncil çıktı raporları ve ikincil çıktı raporlarını güncelleştiren envanter kayıt verileriyle (bırakılan siparişler, siparişteğişikliklerivb.) sonuçlanır.

2.5. MRP'nin Çıktıları

MRP sistemleri çıktıları, dinamik bir şekilde, ana üretim planını desteklemek için her bir zaman periyodunda ihtiyaç duyulan malzeme miktarını, gelecek için malzeme planı olarak sağlamaktadır. İki adet birincil çıktı vardır:

1. Planlanan sipariş çıktıları: Her bir zaman periyodunda sipariş verilecek her bir malzeme miktarının planıdır. Bu program, satın alınacak ve yan sanayide yapılacak siparişler tarafından kullanılır. Planlanan siparişler, gelecekteki üretim için, satıcılar ve fabrika üretim programı için rehber olacaktır. 2. Planlanan siparişlerde değişiklik: Önceden planlanan siparişlerdeki düzeltmedir. Sipariş miktarları değişebilir, ertelenebilir veya gecikebilir ya da mevcut prosesler için farklı bir zaman periyoduna kaydırılabilir.

İkincil MRP çıktıları şu bilgileri sağlamaktadır:

1. İstisnai durum raporları: Her bir zaman periyodunda, doğru miktardaki malzemeyi sağlamak için, yönetimin dikkatini gerektiren önemli raporlardır. Tipik istisnai durumlar: Raporlama hataları, geciken siparişler, kayıt dışı durumlar ve artan ıskartalardır.
2. Performans raporları: Bu raporlar sistemin nasıl işlediğini göstermektedir. Kullanılan performans ölçümüne örnek olarak şunları verebiliriz: Envanter kullanımı, söz erilenteslimatların yüzdesi ve envanter seviyesindeki azalmanın etkisi.
3. Planlama raporları: Gelecekteki envanter planlama faaliyetlerinde kullanılır. Bu tür planlama bilgilerine örnek olarak şunları sayabiliriz: Envanter tahminleri, satınalma bağlantı raporları, talebi işleme ve uzun dönem malzeme ihtiyaç planlama.

2.6. MRP'de Parti Hacmi Belirleme

MRP'de ne zaman bir net malzeme ihtiyacı varsa, ne kadar malzeme sipariş verileceğinin kararı verilmek zorundadır. Bu kararlar genellikle, parti hacmi kararı olarak isimlendirilir. Siparişe göre üretim yapan firmalarda müşteri sipariş hacmi genellikle üretilecek parti hacmidir. Çünkü, gelecekte müşterilerin verecekleri siparişler diğer ürünler için olacaktır. Diğer taraftan, parti üretimi yapan firmalarda, sadece birkaç standart ürün

stoklanmak için üretilir ve ürün parti hacmi öncelikle ekonomik bir sorundur. Operasyon yöneticileri, genellikle malzemeleri büyük partiler halinde sipariş verirler. Çünkü:

1. Yıl boyunca partiler arasındaki makina değiştirme maliyetleri daha azdır ve üretim kapasitesi, makina değiştirmelerinin sebep olduğu makina boş durma zamanlarının daha az olması yüzünden daha büyüktür. 2. Satın alınan sipariş maliyetleri yıllık olarak daha azdır çünkü, sadece birkaç tane büyük parti hacmine sahip sipariş satın alınmaktadır.

3. Büyük parti hacmine sahip siparişler verilerek fiyat iskontosu sağlanır ve taşıma maliyetleri daha az olur.

Diğer taraftan, küçük parti hacmine sahip siparişler de verirler. Çünkü:

1. Daha düşük parti hacmine sahip malzemelerin ortalama envanter seviyeleri daha düşüktür ve yıllık envanter tutma maliyeti daha azdır.

2. Daha düşük envanter düzeyi, ürün dizaynı değiştiğinde, kullanılmayan ürün riskini azaltır.

3. Daha küçük parti hacmi, yarı mamul envanterini düşürür ve müşteri siparişleri daha hızlı üretilir.

Hem küçük hem de büyük partilerde üretim yapmanın avantajlarına aynı anda sahip olunamaz. Bu bakımdan, ikisinin arasında bir denge kurmaya çalışmalıdır. Parti hacmini belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Ekonomik sipariş miktarı (EOQ) formülü, parti hacmini belirlemek için kullanılmaktadır. Fakat EOQ'nün iki kısıtlayıcı kabulü, MRP ve MPS'de kullanımını maliyetli yapmaktadır.

Ekonomik sipariş miktarı formülünün birinci kabulü; herbir birimin maliyeti, sipariş verilen malzemenin miktarına bağlı değildir. Bilindiği gibi, satın alınan malzemelerde miktar arttıkça yapılacak iskonto oranıda genellikle armaktadır. Aynı şekilde üretilen mallar için, üretilen miktar, birim maliyeti etkilemektedir.

İkinci kabul ise; bir malzemeye olan talep üniformdur. MRP ve MPS'de, net malzeme ihtiyacı, hareketli talep olarak tanımlanır. Hareketli talep, talebin haftadan haftaya büyük değişiklik göstermesidir.

Birçok parti hacmi belirleme metodu olmasına karşın, parti kadar parti (LFL) ve periyot sipariş miktarı (POQ) metodları etkin metodlar olarak görülmektedir. (4)

LFL en basit parti hacmi belirleme metodudur ve net ihtiyaç direkt olarak sipariş edilecek miktara dönüşmektedir. Her periyottaki herbir net ihtiyaç için uygun tedarik zamanıyla, bir sipariş karşılığı vardır.

Büyük parti hacimlerinde yüksek envanter düzeylerinde, envantere büyük miktarda para bağlanır. Küçük hacimli partilerde kısmen daha az envanter maliyeti gerekmektedir. Bununla birlikte, sipariş vermede bir sipariş maliyeti, üretimi başlatmada ise bir hazırlık maliyeti vardır. Hazırlık veya sipariş maliyeti, üretilen parti veya sipariş üzerine yüklenmektedir. Hazırlık veya sipariş maliyeti yüksekse, parti hacmini büyük alabiliriz. Bu suretle, daha büyük envanter maliyetlerine maruz kalırız. Bu yüzden, sipariş (veya hazırlık) ile envanter maliyetleri arasında bir bağıntı olduğu açıktır. Ekonomik sipariş miktarı (EOQ) formülü bu bağıntıyı, hazırlık ile stokta tutma maliyetlerinin minimizasyonunu ifade etmektedir. EOQ formülü basitçe aşağıdaki gibi çıkartılabilir:

S : Her partinin hazırlık maliyeti

C : Birim üniteyi birim zamanda elde bulundurma maliyeti

Q : Parti hacmi (sipariş miktarı)

D : Birim ünitenin birim zamandaki talebi

TC: Toplam envanter ve hazırlık maliyeti

$$\text{Ortalama Envanter Seviyesi} = Q/2$$

$$\text{Birim Zamandaki Envanter Maliyeti} = C.Q/2$$

$$\text{Birim Zamandaki Hazırlık Maliyeti} = S.D/Q$$

$$\text{Buradan; } TC = (C.Q/2 + S.D/Q)$$

Toplam maliyeti minimize etmek için Q'ye göre türev alınırsa:

$$dTC/dQ = (C/2 - S.D/Q^2) \text{ ifadesi sıfıra eşitlenirse:}$$

$$Q = \sqrt{2S.D/C}$$

Parti hacmi veya büyüklüğünü belirleme metodlarının işleyişini bir örnekle açıklayalım (4):

MRP planından alınan bir malzema için net ihtiyaçlar şöyledir:

	HAFTA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Net İhtiyaçlar	300	500	1000	600	300	300	300	1500

Bu nihai ürün için 50 hafta/ yıl içindeki talep 30000 birim olarak tahmin edilmektedir. Son montaj departmanında makina değiştirme maliyeti \$500 dir. Haftalık bir birimi elde tutma maliyeti ise \$0.5 dir. En az taşıma ve değiştirme (sipariş) maliyetini sağlamak için parti büyüklüğünün kararını, parti büyüklüğü belirleme metodlarına göre inceleyelim:

(a) Parti-kadar-parti (LFL) metoduna göre üretim partileri her periyottaki net ihtiyaçlara eşittir.

	1	2	3	Haftalar		6	7	8	Maliyetler		
				4	5				Taşıma	Sipariş	Toplam
Net İhtiyaçlar	300	500	1000	600	300	300	300	1500			
Başlangıç Envanteri	0	0	0	0	0	0	0	0			
Üretim parti Miktarı	300	500	1000	600	300	300	300	1500	\$0	\$4000	\$4000
Son Envanter	0	0	0	0	0	0	0	0			

$$\text{Sipariş maliyeti} = \text{Sipariş sayısı} * \$500 = 8 * \$500 = \$4000$$

(b) Ekonomik sipariş miktarı (EOQ) metodunda parti büyüklüğü hesaplanan EOQ'ya eşittir. $EOQ = \sqrt{2 \cdot D \cdot S / C} = \sqrt{2 \cdot 30000 \cdot 500 / 0,5 \cdot 50} = 1095$ birimdir.

	Haftalar								Maliyetler		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Taşıma	Sipariş	Toplam
Net											
İhtiyaçlar	300	500	1000	600	300	300	300	1500			
Başlangıç											
Envanteri	0	795	295	390	885	585	285	1080			
Üretim parti											
Miktarı	1095	-	1095	1095	-	-	1095	1095	\$2495	\$2500	\$4995
Son											
Envanter	795	295	390	885	585	285	1080	675			

Taşıma maliyeti=Son envanter toplamı* \$0.5=4990*0.5= \$2495

Sipariş maliyeti=Sipariş sayısı* \$500=5*500= \$2500

(c) Periyodik sipariş miktarı (POQ) metoduna göre parti büyüklüğü hesaplanan POQ periyoduna göre yapılır.

$$POQ = \frac{\text{Yıllık hafta sayısı}}{\text{Yıllık sipariş sayısı}} = \frac{50}{D/EOQ} = \frac{50}{30000/1095} = 1.83 \sim 2$$

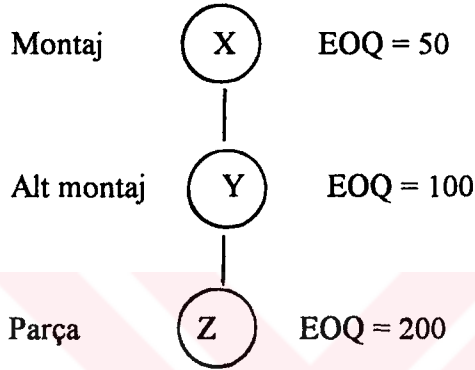
	Haftalar								Maliyetler		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Taşıma	Sipariş	Toplam
Net											
İhtiyaçlar	300	500	1000	600	300	300	300	1500			
Başlangıç											
Envanteri	0	500	0	600	0	300	0	1500			
Üretim parti											
Miktarı	800	-	1600	-	600	-	1800	-	\$1450	\$2000	\$3450
Son											
Envanter	500	0	600	0	300	0	1500	0			

Taşıma maliyeti=Son envanter toplamı* \$0.5=2900*0.5= \$1650

Sipariş maliyeti=Sipariş sayısı* \$500=4*500= \$2000

2.7. MRP'deki Problemler

Parti Hacmi: Her düzeyde ürün yapısında veya ürün ağacında, parti hacmi tekniği uygulanırken varolan bir problemdir. Daha düşük düzey parçaların (hammadde ve parçalar) parti hacmi belirlenirken çok ciddi bir problem olarak ortaya çıkan fakat daha yüksek düzey parçalar (son ürün ve montajlar) için ekonomik parti hacimlerinde, bazı MRP kullanıcıları, daha düşük düzey parçalar için gereğinden fazla envanter yapısının oluştuğuna inanmaktadırlar (4). Örneğin birbiriyle ilişkili üç parça aşağıdaki durumdadır:



Eğer bir müşteri siparişi X'den 25 adet olarak alınmışsa, elde hiç envanter yoksa ve sipariş verilen miktarlar EOQ'ya eşitse, sipariş müşteriye gönderildikten sonra eldeki envanter şu şekilde olacaktır:

- X envanteri = 25 birim
- Y envanteri = 75 birim
- Z envanteri = 175 birim

Z için büyük ekonomik parti miktarı, düşük düzeyli parçalar için daha yüksek bir ortalama envanter düzeyine bağlı olmaktadır. Düşük düzey parçaların birim maliyeti, daha yüksek parti hacimlerine ve sonuçta daha yüksek envanter seviyesine götürmektedir.

Son ürün ve montajlar için, parti kadar parti (LFL) metodunun kullanılması, yukarıda bahsettiğimiz düşük düzey parçalar için büyük envanter düzeyi oluşmasından kaçındırmaktadır. Net değiştirme ve yeniden türetilebilir MRP sistemleri: Bazı işletmeler, net değiştirme MRP sistemi diye anılan bir sistemi kullanmaktadır. Bu sistemler MPS'de vuku

bulan değişikliklerde ana üretim planını güncelleştirmektedir.Sonra, MRP sistemi, bir takım MRP çıktılarını üretmek için faaliyete geçirilir.Ancak bu çıktılar sadece geçmişteki MRP çalışmasının net değişimleridir ve bütün bir MRP çıktısını ihtiva etmektedir.Örneğin planlı sipariş programı raporu, tamamen yeni bir programı değil sadece önceden planlanmış sipariş programı değişikliklerini gösterecektir.Bu kavram teorik olarak cazip olsa da uygulamanın etkisi pek iyi değildir.Çünkü, daha fazla bilgisayar zamanı ve daha fazla dikkat edilmesi gereken şey üretmektedir.

Birçok işletme de türetilebilir MRP olarak adlandırılan sistemi kullanmaktadır.Bu sistemde, bütün bir MRP, peryodik olarak genellikle haftada bir işlemektedir.Bu zamanlarda, yeni bir MPS, güncelleştirilmiş bir envanter durum dosyası ve yeni bir malzeme listesi, MRP bilgisayar programını beslemektedir.Bu program bütün çıktıları üretmektedir.Türetilebilir MRP sisteminin hazırlanması ve işletilmesi, biraz pahalı olmasına rağmen uygulanması ve yönetimi daha kolaydır.

Emniyet Stoğu: MRP kullanıcıları MRP'de emniyet stoğu kullanıp kullanmamada kararsızdırlar.MRP'de emniyet stoğu kullanılmasını savunanlar, diğer envanter planlama sistemlerinde olduğu gibi MRP'de de emniyet stoğunun aynı fonksiyonu icra ettiğini ileri sürmektedir.MRP'de emniyet stoğunun kullanımına karşı olanlar, MRP'nin talebi ve tedarik zamanını etkileyen şartlara adapte olması gerektiğini, büyük çoğunluklu emniyet stoğunun MRP'de kullanılmayacağını savunmaktadır.

Emniyet stoğu kullanımı sadece tedarik zamanı süresindeki belirsizlikten kaynaklandığında maruz görülebilir.Son ürün gibi yüksek düzey parçalar için talebin belirsizliği, bağımsız talep içeren bir parçanın envanteriyle karşılaştırılabilir.Bu parçalar için tedarik sürelerinin, eğer bu parçalar işletmenin kendi fabrikasında üretiliyorsa daha fazla kontrol edilebilir gözükmektedir.Herşeyi gözönüne alarak, MRP'deki emniyet stoğu kullanımı, belisiz talep belirsiz tedarik süresi durumunda mazur görülebilir. Hammadde ve parçalar gibi düşük düzey maddeler için talebin belirsizliği yeterince kontrol edilir, çünkü talep bağımlı taleptir.Ana üretim planı bu parçalar için haftalık talep durumunu göstermektedir.Mevcut tedarik süresince olan tek belirsizlik, tedarik süresi belirsizliği ve talebin belirsizliği, MPS'deki

değişiklikten meydana gelmektedir.

2.8. MRP I'den MRP II'ye Geçiş

Kaynak ihtiyaç planlama sistemleri sürekli gelişme halindedir.Eski sistemler oldukça basit ve sofistike değildi ve operasyonlar için türetilen bilgiler sınırlıydı.1970'li yılların sonlarında, Oliver Wight, George Plossl ve başka diğer bilim adamları, MRP sistemlerinde kapalı döngüden söz etmeye başladılar.Kapalı döngü MRP terimi:

Malzeme ihtiyaç planlama sistemi etrafında kurulan ve üretim planlamanın (karışık planlama) ilave planlama fonksiyonlarını, ana üretim planı ve kapasite ihtiyaç planlamayı içeren bir sistemdir.Ayrıca, planlama aşaması tamamlanıp, gerçekçi ve erişilebilir planlar kabul edilip, icra fonksiyonları devreye girer.Bunlara, girdi-çıkıtı ölçümlerinin işyeri kontrol fonksiyonları, detaylı programlama ve işi başlatma listeleri, buna ilaveten de fabrikadan ve satıcılardan gelebilecek gecikme raporları, satınalma takibi ve kontrolü vs. eklenir."Kapalı döngü" terimi, bütün bir sistemde sadece bu elemanların var olduğunu değil fakat aynı zamanda planlamanın bütün zamanlar için geçerliliğini sağlayacak icra fonksiyonlarındaki geri beslemeyi de içerir.

Daha sonraları, daha sofistike olmuş ihtiyaçlar için bilim adamları MRP I'den hareketle imalat kaynak planlaması (MRP II) terimini ortaya attılar.İmalat kaynak planlaması terimi:

Bir imalat şirketinin, bütün kaynaklarının etkin planlanması için bir metoddur.İdeal olarak, birim olarak operasyon planlamasına, para olarak finansal planlamaya, ya, veya, eğer sorularına cevap verebilmek için simülasyona tekabül etmektedir.MRP II, birbiriyle bağlantılı birçok fonksiyondan oluşmuştur.Bunlar:İş planlama, üretim planlama, ana üretim planı, malzeme ihtiyaç planlama, kapasite ihtiyaç planlaması ve kapasite ile malzeme için faaliyet destek sistemleridir.Bu sistemlerin çıktısı; iş planı, satınalma raporu, taşıma bütçesi, envanter hedefleri gibi finansal raporlarla birleştirilir.İmalat kaynak planlaması, kapalı döngü MRP'nin gelişmiş hali ve sonucudur.

2.9. Kapasite Kaynak Planlama

Kapasite kaynak planlaması , kapasite için ana üretim planını test eden kaynak ihtiyaç planlamasının bir parçasıdır. Test etme işleminde, iş emirlerini, iş merkezlerine dağıtmak için bir plan geliştirilmektedir.



BÖLÜM III

TAM ZAMANINDA ÜRETİM (JIT)

3.1. Giriş

Japon firmalarının uluslararası piyasalardaki başarısı, birçok batılı şirket arasında merak uyandırmıştır. Japonların imalattaki bu başarısının esasının tam zamanında üretim (JIT) olduğu birçok defa açıklanmıştır.

Tam zamanında üretim; gerekli birimlerin, gereken miktarlarda ve gerektiği zamanda üretilmesi gibi temel hedefleri olan bir imalat felsefesidir. JIT, imalat yönetiminde, basitleştirmeye birlikte karmaşıklık olarak yer alan bir üretim sistemi olarak tarif edilmiştir (8).

JIT günümüzde Kuzey Amerika ve Avrupa'da kullanılan üretim sistemlerinden oldukça farklıdır. Bir sistemden diğerine geçiş mümkün görünmemektedir. Görünen odur ki, JIT'i uygulamanın tek yolu: Mevcut üretim sisteminden birgün tamamen vazgeçmek ve ertesi gün JIT sistemiyle başlamaktır. Bu, oldukça zor bir işlemdir ve başarısız olma şansı oldukça yüksektir. En azından, üretimde kesikliklere ve önemli miktarda para harcamayı gerektirecektir. Uygun olan yaklaşım şekli, JIT'e yavaş yavaş adım atmaktır.

JIT'te başarılı olma, şirketten şirkete değişebilmektedir. Örneğin, D firması, iki yıl önce fabrikasını fonksiyonel yerleştirmeden ürüne yönelik hatta çevirmiştir. Bir hat, sadece bir ürüne tahsis edilmiştir. Bu hattaki ürün, baştan sona JIT felsefesini kullanarak üretilmektedir. Her bir hat için üretim oranı, ürünlerin tam zamanında sevkine müsaade edilerek, müşteri, ihtiyaçları için eşanlılaştırılmıştır. D şirketi, yeni üretim sisteminden memnundur. L şirketi ise, iki yıl önce çeşitli üretim ekipmanlarını dört kısımlı bir fabrikadan JIT U-hattına yerleştirmiştir. Ekipmanlar, çevrim zamanını azaltmak ve hazırlık sürelerini çabuklaştırmak için düzenlenmiştir. İş istasyonları gereksiz gayretleri elimine etmek için dizayn edilmiş ve işin istasyonlar arasında dağıtılmasına müsaade etmiştir. Takım ve teçhizat standardize edilmiş ve yarı mamul envanteri azaltılmıştır. Üretim başladığında büyük

problemler vardı, ekipmanlar arızalıydı ve tamiratlar uzun zaman alıyordu. Kalite problemleri fazlaydı ve malzeme kıtlığı vardı vs. Bu kesintiler, geç kalan teslimatlarla ve artan maliyetlerle sonuçlandı. Sekiz ay JIT U-hattını oluşturmak için uğraştıktan sonra, JIT askıya alındı ve eski sisteme geri dönüldü.

D şirketinin başarılı olup L şirketinin başarısızlığı için birçok sebep vardır. Her iki şirkette de, üretim prosesi karmaşıklığıyla birlikte, yetişmiş işgücü ve üst yönetim desteği vardı. Ancak JIT'i uygulamak bütün şirketler için zordur ve yavaş yavaş uygulandığında daha kolay olabilmektedir.

İdeal şekilde, uygulama adım adım olmalıdır. Herbir adım mevcut üretim sisteminde birkaç küçük değişiklik yapmalı, uygulama kolaylaştırılmalı, üretimde kesintiye yol açmamalı, çok az bir harcamaya gereksinim duyulmalı ve kaliteyi iyileştirip maliyeti azaltmalıdır.

JIT'i uygulamak için gerekli üç adımlı proses aşağıdaki gibidir (7):

1. İki-kutu envanter sistemiyle başlanır. Üretim prosesinde iyileştirmeler yapılır böylece, yeniden sipariş sipariş noktası ve yeniden sipariş miktarı azaltılmalıdır.
2. Kanbanlı bir üretim sistemine geçilir. Üretim prosesinde iyileştirmeler yapmak suretiyle kanban sayısı düşürülür.
3. Sürekli akış üretimi için üretim prosesi yeniden düzenlenir.

3.2. JIT Üretim Sistemlerinin Faydaları

JIT, gereksiz şeyleri elimine eden bir üretim sistemidir. Bu suretle, maliyetler azalır, kalite iyileşir ve imalat çevrim zamanı kısaltılır.

JIT'in temelini oluşturan iki varsayım vardır:

1. Üretim prosesinde sürekli iyileştirmeler yapılması, her zaman maliyetleri azaltır ve kaliteyi iyileştirir.
2. Sürekli bir temel üzerinde tekrarlı bir şekilde yapılan işler mümkün olan en iyi şekilde geliştirilir. Basitlik ve tekrarlama ustalaşmayı getirir.

JIT tarafından yapılan, fazlalıkların eliminasyonu mekanizması şöyledir: Küçük mitalardaki envanter, üretim prosesinden sistematik olarak taşınır. Bu, küçük problemlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Dikkatli bir çalışmayla çözüm bulunup hemen uygulandığında, maliyetler azaltılır ve kalite iyileştirilir. Envanterin böyle rutin taşınmaları, problemlerin tanımlanması, çözümlerin bulunması ve probleme sebep olan fazlalıkların kaldırılması için yapılan sürekli iyileştirmeler tekrar tekrar yapılır ve bu işlem, üretim prosesi herhangi bir kötü ürün üretmeye kadar devam eder. Yani, mükemmel kalitede, doğru miktarda, doğru zamanda ve mümkün en az maliyetle üretmektir.

JIT'in uygulanması demek, üretim prosesinin ayarlanması demektir. Böylece bu mekanizma, mümkün olan en iyi şekilde işler, aynı zamanda iyileştirmeler yapmak için kaynaklarını hazır eder.

Yapılan bu tip iyileştirmeler şunlardır:

Hazırlık zamanlarının kısaltılması, böylelikle küçük miktarlarda parti üretiminin mümkün kılınması

- . Prosedürlerin, takımların ve malzemelerin geliştirilmesi, böylece kusurlu parçaların üretilmemesi
- . Kalite kontrol tekniklerinin artan kullanımı
- . Proses kabiliyetinin iyileştirilmesi ve otomasyonun dikkatli uygulanması
- . Prosedürlerin, takım malzeme ve ürünlerin standardizasyonu
- . Ürün dizaynının geliştirilmesi
- . Çok çeşitli işleri yapmak için işgörenin çok yönlü eğitimi

Birçok şirket, JIT'e denemek veya tecrübe kazanmak amacıyla başlamaktadır. Projenin amacı, ürün ailesi için üretim prosesi değişikliğinden tutun fabrikadaki bütün üretim proseslerin değişikliğine kadar geniştir.

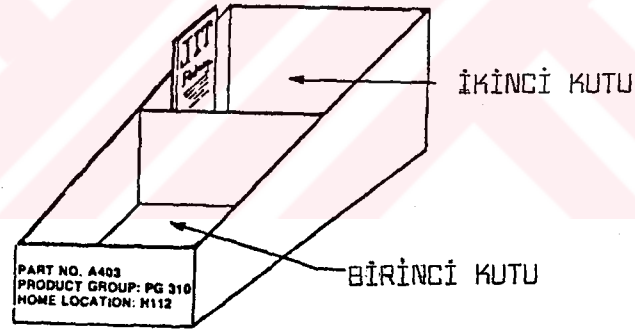
3.3. İki-Kutu JIT Envanter Sistemi

İki-kutu JIT envanter sisteminin uygulanması ilk adımdır. İki-kutu JIT sistemi

görseldir. Üretim kontrol sisteminde, imalat çevrim zamanının envanterin ve maliyetlerin azaltılmasına ve kalitenin iyileştirilmesine yardım etmektedir. Sistem, aşağıdaki kriterleri tatmin eden, parçaları (imal edilen, satın alınan ve hammadeler) kontrol etmek için kullanılmaktadır.

1. Parça standart ve düzenli bir kullanıma sahiptir
2. Üretilen bütün parçalar kısa tedarik sürelerine sahiptir
3. İmal edilen parçaların bütün operasyonları fabrikada tamamlanır
4. Satın alınan parçalar kısa tedarik sürelerine sahiptir

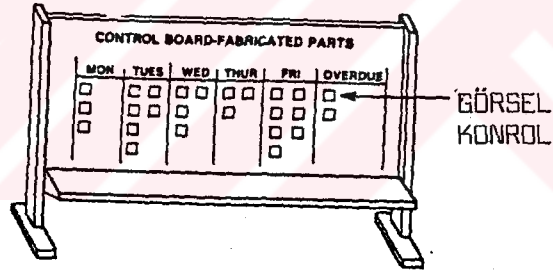
Yani, iki-kutu JIT birimi düzenli olarak kullanılır ve hemen üretilir. Bu kriterleri sağlamayan herhangi bir birim mevcut üretim kontrol sisteminin kontrolü altındadır.



Şekil 6. Tipik bir iki-kutu taşıyıcısı

İki-kutu JIT sistemi tarafından kontrol edilen her birim, bir iki-kutu taşıyıcısına konur (Şekil 6).Fabrikada birimlerin kullanıldığı bir alanda, bir rafta tutulur.İki-kutu taşıyıcısının ikinci kutusunda plastik bir çanta içerisinde, JIT birim kartı, bir imalat siparişi ve parça çiziminden oluşan bir JIT paketi vardır.

İki-kutu JIT kontrol sisteminde, ihtiyaç duyulan parçalar birinci kutudan alınır.Birinci kutu boşaldığında ikinci kutudan alınır ve bir ikmal siparişi harekete geçirilir. Bu, ikinci kutudaki JIT paketinden alınarak yapılır ve en yakın bir toplama bölgesine bırakılır.Bir malzeme taşıyıcısı, düzenli aralıklarla toplama bölgelerinden paketleri toplar ve uygun bir imalat bölgesine götürür veya satın alınacak bir birimse uygun bir sevk etme bölgesine götürür.



Şekil 7. Tipik bir kontrol tahtası

Kontrol tahtası bu bölgelere yerleştirilmiştir (Şekil 7).Tipik bir kontrol tahtası altı sütuna bölünmüştür.Herbiri pazartesiden cumaya günlerive geç kalma sütununu göstermektedir.Malzeme taşıyıcı, kontrol kartını JIT paketinden alır ve ikmalin tamamlanması gereken haftaya ve güne tekabül eden sıra ve sütun içinde kontrol tahtasına yerleştirir.JIT paketinin geri kalan kısmı,ikmalin yapıldığı sırada, bölge tarafından kullanılmak üzere kontrol tahtasında bırakılır.Örneğin, eğer ikmal, yani üretim veya satın alma, pazartesi günü başlatılmışsa ve JIT birim kartı üzerindeki tedarik zamanı üç gün ise kontrol kartı çarşamba sütununa bırakılır. Eğer çarşamba öğleden sonra ikmal tamamlanmamışsa, kart, geç kalma sütununa kaydırılır ve ikmali tamamlamak için hemen harekete geçilir.

İkmal tamamlandığında kontrol kartı, kontrol tahtasından alınıp JIT paketine yerleştirilir.Malzeme taşıyıcı, parçaları ve JIT paketini kullanıcı birime teslim eder.Kullanıcı birim, siparişin tamam olup olmadığını ve kalitesini kontrol eder ve sonra, parçaları iki-kutu taşıyıcıya yerleştirir.İkinci kutu, belirtilen miktarda ilk önce doldurulur ve geri kalan parçalar birinci kutuya yerleştirilir.

İkinci kutudaki parçaların sayısı tedarik sürecindeki kullanımı karşılamak için yeterlidir (genellikle bir haftadan azdır).Sipariş miktarı, yönetim tarafından belirtilen x haftanın kullanımını karşılamak için yeterlidir.

İki-kutu sisteminin avantajları şunlardır:

1. Envanter, fabrikada kullanılacağı alanda depolanır.Bu, envanterin stok alanına giriş çıkış işlemlerini elimine eder.Genellikle stok alanları azaltılır ve bazen de elimine edilebilir.Bu, fabrika alanını boşaltır ve maliyetleri azaltır.
2. Envanter görülebilir, yönetmek kolaydır.Fazla üretim olmaz, çünkü fazla üretimi koyacak yer yoktur.
3. Üretim problemleri açıktır.Bir alandaki kontrol tahtasını kontrol ederek, geciken birimleri ve diğer kontrol tahtalarını da izleyerek darboğazları görebiliriz.
4. Herbir birim, kullanıldığı alan tarafından kontrol edilir.Bu alan, ikmal işlemini başlatır, kaliteyi kontrol eder ve envanteri tutar.
5. İki-kutu sistemi kriterlerini sağlamayan birimler, standardize edilip edilmediğini, diğer

birimlerle değiştirilip değiştirilmediğini, farklı yollarla üretilip üretilmediği vs. araştırılır ve böylece iki-kutu JIT sistemi tarafından kontrol edilebilir.

İki-kutu sistemi bir müddet çalıştıktan sonra, yönetim, kutulardaki envanter miktarlarını azaltır. Daha doğrusu, sipariş noktası ve sipariş miktarını azaltır. Üretim prosesinde bazı iyileştirmelerin yapılmaması üretimde sıkıntıya ve kesintiye sebep olmaktadır. Gelişmelerin yapılması ise maliyetlerde ve çevrim zamanında düşüşe ve kalitede iyileşmelere götürecektir.

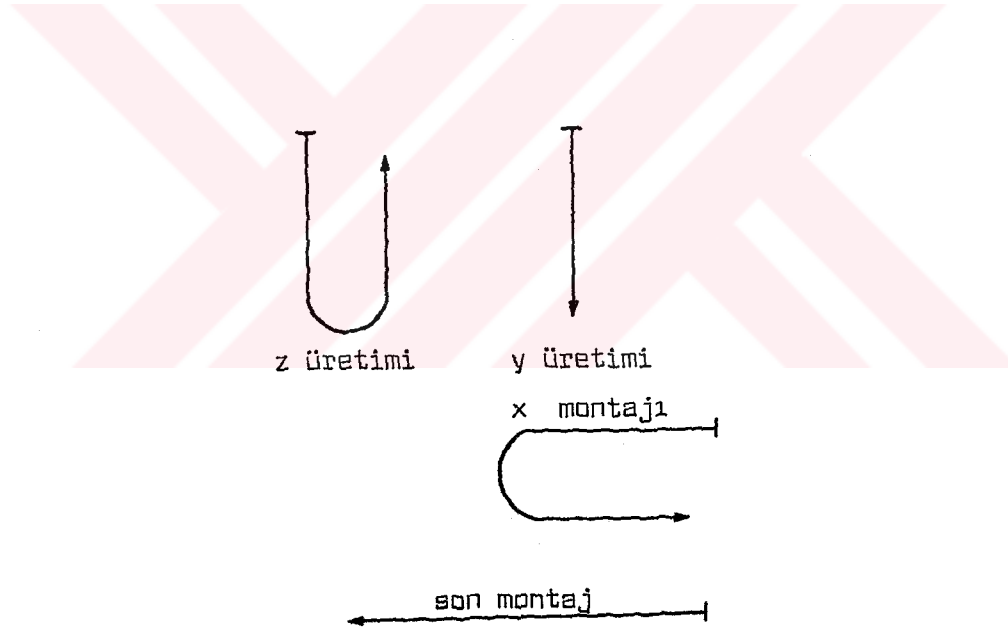
JIT'i uygulamak için gerekli üç adım prosesini aynı zamanda bir örnekle de açıklayalım (7): İki ürün ve birbiriyle ilişkili üç düzeyli birimler JIT'i kullanarak üretilmektedir. Tam bir JIT uygulamasına giden birinci adım, bir iki-kutu JIT sistemini uygulamaktır. İlgili parçaların malzeme listesi tablo 1'de verilmiştir. Ürünler X'li montajlardan oluşmaktadır. Bunlardan dört tanesi JIT sistemi tarafından kontrol edilmektedir. X'li montajlar Y birimlerinden, Y birimleri de Z birimlerinden üretilmektedir. Dört Y birimi ve üç Z birimi iki-kutu JIT birimleri için kriterleri sağlamaktadır ve aynı zamanda JIT projesine de dahildirler. M31 ve M32 ürünleri günlük 40 birimlik talebe sahiptir. Mevcut üretim yerleştirmesi şekil 8'de gösterilmiştir. Ürünler son montaj hattında monte edilmektedir. X montajları, Y ve Z birimlerinin herbiri fabrikanın farklı kısımlarında üretilmektedir.

		ÜRÜNLER			
		m31	m32		
x montajı	x7	1	1		
	x12	1	0		
	x13	0	1		
	x17	0	1		
		x montajı			
		x7	x12	x13	x17
y birimi	y2	1	1	0	0
	y7	1	0	1	0
	y11	0	1	1	1
	y13	0	0	1	1
		y birimi			
		y2	y7	y11	y13
z birimi	z1	3	1	2	0
	z3	1	1	2	2
	z5	0	1	1	2

Tablo 1. Malzeme listesi

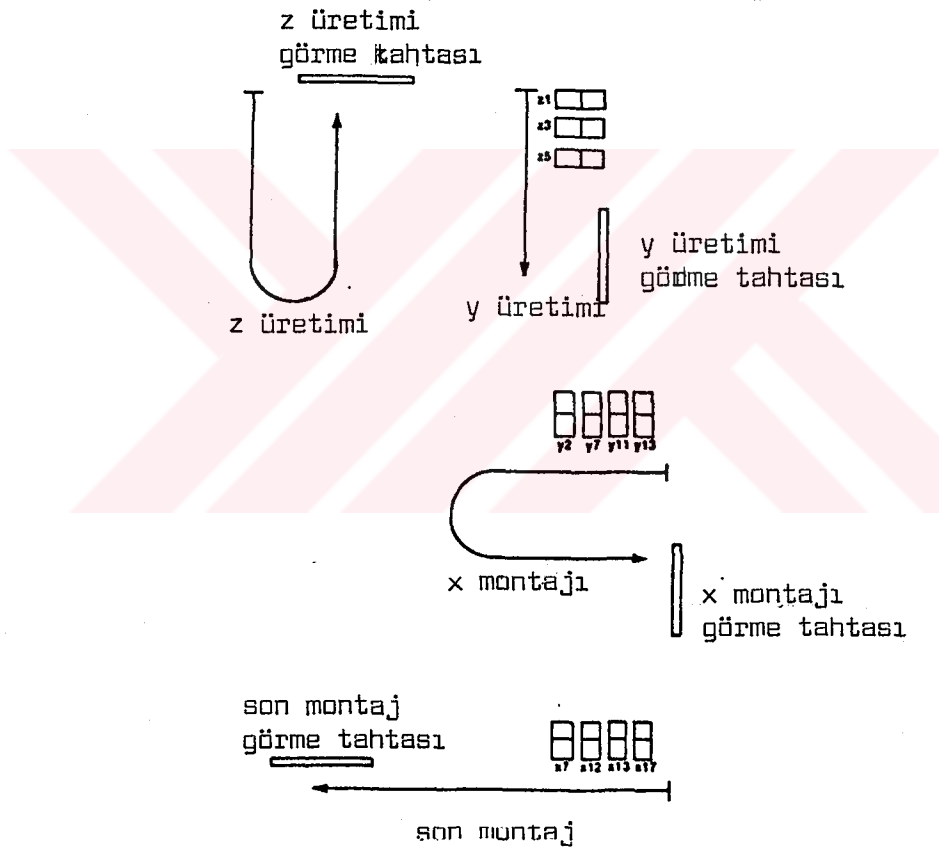
Yönetim tarafından, iki-kutu JIT sistemi için başlangıç dizayn parametreleri şu şekilde belirtilmiştir: Her birim için sipariş miktarı iki haftalık (10 gün) ortalama kullanımı karşılamak için yeterli olacak miktardır. X montaj alanları, Y ve Z birimi üretim alanları, iki-kutu JIT sistemi için bütün siparişleri üç gün içerisinde ikmal edeceklerdir (yani tedarik süresi üç gündür). Emniyet stoğu, tedarik zamanı süresince ortalama kullanımın %50'sine eşittir.

Onbir kutu gerekmektedir. X7, X12, X13 ve X17 birimleri için gerekli olan son montaj hattı üzerine yerleştirilecektir. Y2, Y7, Y11 ve Y13 için gerekli dört kutu, X montaj hattının giriş alanına konulacaktır. Benzer şekilde, Z1, Z3 ve Z5 için gerekli olan üç kutu, Y üretim alanına yerleştirilecektir.



Şekil 8. Mevcut üretim prosesinin yerleşimi

Tablo 2, kutular için envanter miktarlarının nasıl hesaplandığını göstermektedir. Üretilen her birim M31 ürünü için gerekli olan X7'nin bir birimi ve M32 ürününün her birimi için gerekli olan bir birim, M31 ve M32'nin günlük ihtiyacını karşılamak için gerekli olan X7'den 80 birimdir. Bu yüzden sipariş miktarı 800 birimdir ($10 \text{ gün} * 80 \text{ birim/gün}$) ve yeniden sipariş noktası, 360 birim ($3 \text{ günlük tedarik süresi} * 80 \text{ birim/gün} + \%50 \text{ emniyet stoğu}$) olmaktadır. X7 birimi için iki-kutu taşıyıcısındaki ikinci kutu, içinde 360 birimi alabilecek büyüklükte olmalıdır. Yaklaşık 560 birim, birinci kutuda ($800 \text{ birimlik sipariş miktarından}$ 240 birimlik tedarik süresinceki kullanımın çıkartılması) olacaktır. Her birim için envanter miktarları benzer şekilde hesaplanmıştır.



Şekil 9. Başlangıç iki-kutu JIT sisteminde üretim prosesinin yerleşimi

İki-kutu JIT sistemi altındaki yerleşim şekil 9'da görülmektedir. Orijinal yerleştirme biçimde yapılan tek değişiklik, envanterlerin kullanıldıkları alanlara doğru taşınmasıdır. Açıkça, iki-kutu JIT sistemini uygulamak zor değildir ve çok az para gerektirmektedir.

Personel iki-kutu JIT sistemine alıştıktan ve belli bir zaman mükemmelce işletildikten sonra, yönetim, dizayn parametrelerini değiştirir. Yani, sipariş noktası ve sipariş miktarlarını azaltır. Elbette, üretim prosesinde iyileşmeler olmaksızın üretimdeki tıkanmalar, sıkıntıya yol açacaktır. Bu yüzden, yönetimin bu faaliyeti iyileştirmelerin yapılmasını zorlamak olacaktır.

Sözelimi yönetim, Y ve Z birimlerinin üretiminde iyileştirme yapmak istiyor ve bu birimler için sipariş miktarını bir haftaya (5 gün) ve tedarik süresini iki güne düşürüyor. Y ve Z üretim alanlarını, üretim proseslerinde iyileştirme yapımları için yönlendirdiler ve böylece iki gün içinde daha küçük partiler halinde ekonomik olarak üretim yaptılar. Meydana gelen envanter miktarları tablo 2'nin son iki sütununda görülmektedir. Y ve Z birimleri için ortalama envanter düzeyinin %46 azaldığı kolaylıkla görülmektedir.

İki-kutu JIT sistemi altında, proses iyileştirmeler, nispeten kısa bir zaman devam eder çünkü, üretim kesikli ve parti hacimleri nispeten büyüktür. Örneğin Y7 birimi için başlangıçta 1200 birimlik parti 10 gün içerisinde üretilmekteydi. Buna karşın yeni dizaynda, 600 birimlik parti 5 gün içerisinde üretilmektedir. JIT hedefleri altında bütün birimler sürekli bir temel üzerine üretilir. Bunun avantajları şunlardır:

1. Her birim düzgün sürekli bir şekilde üretilir. Bu, işleri incelemeyi ve geliştirmeyi kolaylaştırır. Program yapmayı, yönetmeyi ve iyi kaliteyi sürdürmeyi kolaylaştırır.
2. JIT parçalarını üretmek için tahsis edilen ekipmanlarla daha az kapasite kullanmak mümkündür. Y7 birimi seyrek olarak 1200 birimlik partiler halinde üretilmekten çok saate 15 birim olarak üretilmektedir.

Birim	Nerede kul.	İhtiyaçlar		İkmal tedarik sü.	Başlangıç mik. Sipariş Kutu 2	Sonraki miktar Sipariş Kutu 2
		Aile için Her gün	Her gün			
x7	son montaj	1...m31 1...m32	40 40	40 40		
x12	son montaj	1...m31	80	80	360	aynı
x13	son montaj	1...m32	40	40	180	aynı
x17	son montaj	1...m32	40	40	180	aynı
y2	x montajı	1...x7 1...x12	80 40	120 40	400 400	aynı aynı
y7	x montajı	1...x7 1...x13	120 40	120 40	1200 1200	600 600
y11	x montajı	1...x12 1...x13 1...x17	120 40 40	120 40 40	1200 1200	600 600
y13	x montajı	1...x13 1...x17	120 40	120 40	1200 860	600 400
z1	y montajı	3...y2 1...y7 2...y11	80 3x120 120 2x40	80 360 360	360 360	240
z3	y montajı	1...y2 1...y7 2...y11 2...y13	720 120 120 2x120 2x80	720 720 720	3240 3240	3600 2160
z5	y montajı	1...y7 1...y11 2...y13	640 120 120 2x80 400	640 2880	3200	1920
				3 gün	4000	2000
				3 gün	1800	1200

Başlangıç sipariş miktarı=10 günlük kullanım, Kutu 2=3 günlük tedarik sü. kullanım %150'si
 Sonraki kullanım; sipariş=5 günlük kullanım, Kutu 2=2 günlük tedarik sü. kullanım %150'si

Tablo 2. İki kutu JIT sisteminin dizaynı

İki-kutu JIT sisteminde birçok gelişmeler yapıldıktan sonra bir kanban JIT üretim kontrol sistemi uygulanabilir. Kanban JIT üretim kontrol sistemi, ikiden fazla, m-kutu olarak düşünülebilir ($m > 2$).

3.4. Kanban JIT Üretim Kontrol Sistemi

Bazı şirketler, iki-kutu JIT sistemini uyguladıktan sonra, kendi ihtiyaçları için yeterli bulurlar ve kanban JIT sistemine geçmeye ihtiyaç hissetmezler. Maliyetleri ve çevrim zamanlarını daha da düşürmek ve aynı zamanda kaliteyi de iyileştirmek isteyen şirketler, ikinci adıma geçerler ve kanban JIT sistemini uygularlar.

Kanbanın tanımını genelleştirmek istersek: İçine sabit sayıda parça konulmuş, standart büyüklükteki bir taşıyıcı (araba) ve taşıyıcıyla içindekileri kontrol eden bir karttır. Kanban Japonca'da kart anlamına gelmektedir. Bu sistemde, üretim kanbanı ve çekme kanbanı olmak üzere iki tip kanban kullanılmaktadır.

Kanban sisteminde kullanılan kanban kartları, genellikle 10.6 * 20.32 cm. boyutlarında, plastik, karton veya metal olan ve üzerlerinde belirli bilgiler taşıyan kartlardır. Genellikle kanban üzerinde yer alan bilgiler şunlardır (2):

1. Kullanıldığı yer (Stok orijin noktası, tüketim noktası, taşıma yolu)
2. Parça numarası
3. Parça adı
4. Parçanın tanımı
5. Kanban numarası (Kanban kartının tanıtım numarası)
6. Parça sayısı/Kanban (Ana parçanın her üretim birimi için bu kanban tarafından siparişi açılan parça miktarı)
7. Kanbanın düzenli olarak konulduğu kutunun tanımlayıcı kod numarası veya ismi
8. Kanbanın teslim edileceği iş istasyonunun yeri (Kod numarası veya tanımı)

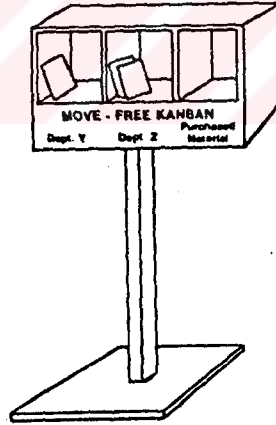
Çekme ve üretim kanban tipleri şekil 10'da görülmektedir.

Üretim kanbanı, birimlerin üretildiği üretim alanının sonuna yerleştirilmiştir. Çekme kanbanı, birimlerin kullanıldığı, üretimin başladığı alana yerleştirilmiştir ve taşıyıcı boşalınca, ikmal için uygun üretim alanına hareket etmektedir.

ÇEKME KANBANI		NO:	
PARÇA			
KULLANILAN YER			
ÜRETİLEN YER			
TAŞIYICIDAKİ BİRİM SAYISI			
TARİH			

ÜRETİM KANBANI		NO:	
PARÇA			
ÜRETİLEN YER			
TAŞIYICIDAKİ BİRİM SAYISI			
TARİH			
HAMMADDE			
ÇİZİM NO:		SİPARİŞ NO:	

Şekil 10. Çekme ve Üretim Kanbanları



Şekil 11. Tipik bir kanban direği

Kanban sisteminin amacı olan "tam zamanında"yı gerçekleştirmede şu kurallar geçerlidir (2):

Kural 1. Sonraki proses, gerekli zamanda, gerekli miktarda gerekli ürünleri önceki procesten çekmelidir.

Kurulu bir fabrikada, kanban sistemi uygulanmak istenildiğinde, mevcut üretim sisteminin tamamen değiştirilmesi gerektiğinden, işgörenler tarafından kuvvetli bir dirençle karşılanması olağandır. 1. kuralın yerine getirilmesi için firmanın üst yönetimi, tüm işgörenleri ikna etmeli ve önceki üretim akışı, taşıma ve teslimi tamamen yeniden düzenlemek için kararını vermelidir.

Bu kural yerine getirilirken şu koşullar sağlanmalıdır:

- Kanban olmadan herhangi bir çekme yapılmamalıdır.
- Kanban sayısından daha fazla hiçbir çekme yapılmamalıdır.
- Kanban daima fiziksel bir ürüne iliştilmiş olmalıdır.

Ayrıca, üretimin düzgünleştirilmesi, proseslerin yerleşimi ve işlerin standardizasyonu da 1. kuralın yerine getirilmesi için önem taşımaktadır.

Bunların içinden en önemlisi ise düzgün iş akışının sağlanmasıdır. Buna ise, küçük parti üretiminin, ideal olarak tek birim üretiminin gerçekleştirilmesi ile ulaşılabilir. Küçük parti üretimi, taşıyıcının sık olarak sonraki ve önceki prosesler arasında tur atmasına neden olmaktadır. Bu şekilde, "çevrede-tur" sistemi oluşmaktadır. Çevrede tur, özellikle dış alımlarda yüksek transport maliyetleri nedeniyle sorunlar çıkartmaktadır. Bunun için "çevrede turlu karma yükleme" sistemi kullanılmaktadır.

Kural 2. Önceki proses, ürünlerini, sonraki prosesin çektiği miktarda üretmelidir.

1. ve 2. kurallar yerine getirildiğinde, tüm üretim proseslerinin bir çeşit konveyör hattı olarak birleştiği görülür ve burada, tüm prosesleri birleştiren vasıta, kanbandır. Bu iki kural

yerine getirilirken prosesler arasında üretim zamanlama dengesi kesinlikle korunmalıdır. Herhangi bir proseste problemler ortaya çıkarsa tüm proses durdurulabilir, fakat prosesler arasındaki dengenin korunması sürdürülür. Sonuç olarak, önceki her proseste tutulan envanter minimize edilmektedir.

Bu kural uygulanırken aşağıdaki üç koşulunda sağlanması gerekmektedir:

- Kanban sayısından daha fazla üretilmesi engellenmelidir.
- Önceki proseste çeşitli parçalar üretilecekse, bu üretimler, herbir çeşide ait kanbanın orijinal teslim edilme sıralarını takip etmelidir.

Sonraki proses, düzgün üretim elde etmek için tek bir birim veya küçük partiler halinde talep ettiği için, önceki proses bu sık taleplere göre hazırlıklarını sık ve çok çabuk yapmalıdır.

Burada, karar verilecek diğer bir durum, önceki prosesin üretime başlamadan önce sahip olması gereken üretim kanbanı sayısının belirlenmesidir. Bunun yanıtı, yeniden sipariş noktası ve üretim parti miktarı arasındaki ilişkiye bağlıdır.

- Üretim parti miktarının yeniden sipariş noktasına eşit olması durumunda, çekme kanbanı önceki proseste alınır alınmaz üretim başlatılmalıdır.
- Parti miktarının yeniden sipariş noktasından büyük olması durumunda aşağıdaki sorunlar ortaya çıkmaktadır:
 - Hazırlık süresi yine uzundur ve kaçınılmaz olarak parti miktarı daha fazladır.
 - Taşeron firmalardan malların taşınması sırasında trafik tıkanmaları, yolda kaza gibi çeşitli faktörlerin ortaya çıkma olasılığı yüksektir.

Bu durum bir örnekle incelenebilir: Kap kapasitesi 50 birim, parti büyüklüğü 300 birim, yani 6 kanban ve yeniden sipariş noktası da 200 birim, yani 4 kanban olarak belirlensin.

Önceki proseste bir kanban gönderilirse, sonraki proseste $5 \times 50 = 250$ birim çekebilecek $6 - 1 = 5$ adet kanban kalmaktadır. Bu miktar yeniden sipariş noktasından yüksektir ve dolayısıyla

önceki proste 200 birim kalmakta ve bu da yeniden sipariş noktasına eşit olmaktadır. O halde önceki proses hemen üretim kanbanını devreye sokarak üretime başlamalıdır.

Önceki proses üç kanban gönderildiğinde $6-3 = 3$ kanban, yani $3*50 = 150$ birim kalmakta, bu da yeniden sipariş noktasından düşük olmaktadır. O zaman, önceki proses çok hızlı bir üretimle sonraki proses ayak uydurmaya, yani sonraki proses eksik parça bırakmamaya çalışacaktır. Başka deyişle, denge sarsılacaktır.

Kural 3. Kusurlu ürünler, sonraki proseslere kesinlikle taşınmamalıdır.

Sonraki proses kusurlu birimler belirlenirse, bu proses herhangi bir ek envanter bulundurmadığı için kendi hattını durdurur ve kusurlu birimleri önceki proses geri gönderir. İşlerin standardize edilmesi, kusurlu birim üretilmesini önleyecektir.

Kural 4. Kanbanların sayısı minimize edilmelidir.

Kanban sayısı , talep değişkenliğine ve temin sürelerine önemli derecede bağlıdır. Talepteki değişkenlik ne kadar az ve temin süreleri ne kadar kısa olursa kanban sayısı da o kadar az olacaktır.

Makina yerleşiminin yeniden düzenlenmesi, hazırlık zamanlarının azaltılması vs. ile her proses temin süreleri kısaltılabilir.

Sonraki proses ve nihayet son montaj hattındaki düzgün üretim vasıtasıyla da talebin düzgünlüğü gerçekleştirilebilir.

Ayrıca, nezaretçiler proseslerde kanbanları idare ederken kullandıkları kanban sayıları ile kendi yönetim kabiliyetlerini göstermektedirler. Parti miktarını azaltarak veya temin sürelerini kısaltarak kendi proseslerini geliştirilirse kendilerine gerekli kanban sayılarını da azaltabilirler. Proseslerdeki bu tip gelişmeler, kural 4'ün yerine getirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Kural 5. Kanban, salt talepteki düzensiz değişimlere uyarlanarak kullanılmalıdır (kanban ile hassas akortlu üretim).

Talep değişimleri açısından kanban üç halde incelenebilir:

- Bir günlük toplam üretim yükünde herhangi bir değişikliğin olmaması. Değişiklik sadece kapların çeşiti, teslim tarihi ve miktarlarındadır. Eğer, üretim çizelgeleri sadece son üretim hattı için yeniden gözden geçirilip düzenlenirse, o zaman önceki bütün prosesler için çizelgeler, kanbanların transfer edilmeleri ile otomatik olarak düzeltilmiş olacaktır.
- Aylık toplam yükün aynı olmasına rağmen bir günlük üretim yükünde kısa dönemli düzensiz değişimlerin olması. Bu durumda, kanban hareketlerinin sıklığı artar veya düşer.

Kanban hareketlerindeki sıklık artarsa, o zaman fazla mesai ve bekleme zamanı (başka deyişle, önceki proste partinin tamamlanmasını beklemek için hattın durması) ortaya çıkacaktır. Sıklık düştüğü takdirde ise, aylak kapasite yani aylak zaman oluşacaktır. Kanbanların sayısı, talepteki değişime rağmen sabit kalmağa eğilimlidir. Toyota araba fabrikalarının tecrübeleri şunu göstermiştir: Talepteki %10-30 değişim, kanban transferlerinin sıklığının değişimi ile ele alınabilir.

- Talepte mevsimsel değişimin veya aylık talepte (önceden belirlenmiş yük veya geçmişteki ayların yükleri) bir artış veya azalışın ortaya çıkması. Bu durumlarda kanbanların sayısı artırılmalı ya da azaltılmalı ve aynı zamanda tüm üretim hatları yeniden düzenlenmelidir. Yani, her atölyenin çevrim zamanı yeniden hesaplanmalı, ilgili olarak her proste işçi sayısı değiştirilmelidir.

Kanban sisteminin talepteki böyle ani ve büyük değişimlere uyarlanabilirliğiyoktur. Üst yönetim yıl boyunca talep değişimlerindeki ekstrem noktalarla başa çıkmak için ya yıllık satış hacmini düzeltmek ya da yıl boyunca değişimlerle ilgili olarak üretim hatlarını yeniden düzenlemek üzere esnek bir plan oluşturmak zorundadır.

Kanban JIT sistemi şöyle işlemektedir: Sistem ilk kez başladığında, bütün üretim ve çekme kanban taşıyıcıları doludur. Son montaj hattındaki üretim sonradan başlar. Parçalar çekme

kanbanından alınır, son montaj hattının başlangıcına yerleştirilir ve son montajlar üretilir. Son parça, çekme kanbanı taşıyıcısından alındığında, kanban taşıyıcıdan alınır ve bir kanban direğine bırakılır. Kanban, serbest kanban olarak adlandırılır. Son montaj hattındaki üretim, diğer bir çekme kanbanından alınmakta olan parçalarla devam eder (Bu yüzden her birim için en az iki çekme kanbanı gerekmektedir). Bir malzeme taşıyıcı, düzenli aralıklarla bütün kanban direklerini dolaşır. Kanbanları ve boş taşıyıcıları toplar ve üretim alanına götürür. Üretim alanında, boş çekme kanbanlarını dolu bir üretim kanbanından doldurur ve dolu çekme kanbanını geri götürür. Eğer, parçaların üretim kanbanından çekme kanbanına transferinde bir üretim kanbanı boşalmışsa, malzeme taşıyıcı, kanban kartını üretim kanbanından alır ve kanban direğine bırakır. Buna ise, serbest üretim kanbanı adı verilir. Serbest üretim kanbanı, üretim alanına, sadece boş üretim kanbanı taşıyıcısını dolduracak kadar üretmesi için işaret vermektedir (Çekme kanbanındaki ikmalde gecikmeye yol açmamak için en azından iki adet üretim kanbanı olmalıdır).

Eğer pek az üretim kanbanı varsa, birimlerin kullanıldığı üretim alanı parça yokluğundan durabilir. Eğer çok az üretim kanbanı varsa, boş çekme kanbanı doldurulmak üzere üretim alanına geldiğinde yetersiz envantere karşılaşacaktır. Bu ise, sıkıntılara sebep olacaktır.

i parçası için minimum çekme kanbanı sayısını şu formülle hesaplayabiliriz (7):

$$k_i^m = \max (2, [t_i d_i / l_i^m + 1])$$

d_i : Birimin talebi (i)

l_i^m : Çekme kanbanı taşıyıcısındaki i biriminin sayısı

l_i^p : Üretim kanbanı taşıyıcısındaki i biriminin sayısı

p_i : i biriminin l_i^p kadarının üretilmesi için gereken zaman

t_i : i biriminin taşıma zamanı

i birimi için taşıma zamanı t_p boş çekme kanbanın kullanıldığı alandan alınıp, doldurulacağı alana götürülmesi, doldurma yada ikmal zamanı, dolu çekme kanbanının, tekrar geldiği alana geri götürülmesi zamanlarının toplamından ibarettir.

i parçası için minimum üretim kanbanı sayısı da şu formülle hesaplayabiliriz (7):

$$k_i^P = \max (k_i^m, [p_i d_i / l_i + 1])$$

Kanban JIT sisteminin avantajları şunlardır:

1. Envanter azaltılır ve fabrika içinde depolanır. Böylece maliyetler azalır vve diğer amaçlar için boş yerler yaratılır
2. Envanter görülebilir. Böylelikle yönetmek daha kolaydır. Fazla üretim olmaz çünkü fazla envanteri koyacak yer yoktur
3. Üretim problemleri görülebilir. Serbest çekme kanbanında fazla miktarlar planlama ve malzeme akışında problem olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, fazla üretim kanbanı, üretim vasıtalarında darboğaz olduğunu belirtmektedir. Çok az serbest çekme ve üretim kanbanı ise, envanterin çok fazla olduğunu göstermektedir.
4. Birimlerin sık üretilmesi iletişimi artırır, kalite üzerine geri beslemeyi sağlar
5. Herbir birim daha düzenli ve sürekli üretilir. Bu, işleri kolaylaştırır. Aynı zamanda, planlama, yönetim ve iyi kaliteyi sürdürme kolaylaşır
6. Daha küçük daha ucuz ekipmanlar gerekir.

Kanban sistemi bir müddet çalıştıktan sonra envanter düzeyleri düşecektir. Üretim prosesinde iyileşmeler olmaksızın, bu faaliyet yetersizliklere, sıkıntılara sebebiyet verecektir. Gelişmeler; azalan maliyetler, çevrim zamanı ve iyileşen kalite demektir. Yönetim, çekme ve üretim kanbanı sayısını, hangi parça veya prosesi iyileştirmek istiyorsa azaltabilir.

Daha önce iki-kutu sisteminde verdiğimiz örneği kanban sistemine uyarlamaya çalışalım. Malzeme taşıyıcı, serbest çekme kanbanlarının çekilmesi ve ikmalinden sorumludur ve her üretim alanını her saatte bir kontrol eder. Yani $t_i = 4$ saattir (bütün i'ler için). Aynı zamanda;

Birimler, i	$l_i^m = l_i^p$ (birimler)	p_i (saatler)
X montajları	10	8 (1 gün)
Y birimleri	20	8
Z birimleri	40	8

Minimum kanban sayıları tablo 3'de hesaplanmıştır.

Birim	Nerede kullanıldığı	İntiyeçler		Başlangıç kanbanı				Sonraki kanban			
		Aile için	Her saat	d_i	$l_i^m = l_i^p$	k_i^m	k_i^p	Toplam	k_i^m	k_i^p	Toplam
x7	son montaj	1...m31 1...m32	5 5	10 10	10 10	5† 3	9† 5	14 8	3 2	4 3	7 5
x12	son montaj	1...m31	5	5	10	3	5	8	2	3	5
x13	son montaj	1...m32	5	5	10	3	5	8	2	3	5
x17	son montaj	1...m32	5	5	10	3	5	8	2	3	5
y2	x montajı	1...x7	10	15	20	4	7	11	3	3	6
y7	x montajı	1...x12	5	10	20	4	7	11	3	3	6
y11	x montajı	1...x13	5	10	20	4	7	11	3	3	6
y13	x montajı	1...x12 1...x13 1...x17	5 5 5	15 15 15	20 20 20	4 4 4	7 7 7	11 11 11	3 3 3	3 3 3	6 6 6
z1	y montajı	1...x13 1...x17	5 5	10 10	20 20	3 3	5 5	8 8	2 2	2 2	4 4
z3	y montajı	3...y2 1...y7 2...y11	3 x 15 15 15	45 15 15	90 40 40	10 10 10	19 19 19	29	6	6	12
z5	y montajı	1...y2 1...y7 2...y11 2...y13	15 15 15 15	75 15 15 15	80 40 40 40	9 9 9	17 17 17	26	5	5	10
		1...y7 1...y11 2...y13	15 15 15	75 15 15	50 40 40	6 6 6	11 11 11	17	4	4	8

$$k_{x7}^m = \max(2, 4 \times 10/10 + 1) = 5.$$

$$k_{x7}^p = \max(5, 8 \times 10/10 + 1) = 9.$$

Tablo 3. Bir kanban JIT sisteminin dizaynı

X7 birimini ele aldığımızda, günlük 80 ünite veya saatte 10 adet, M31 ve M32 ürünlerinin 40 birimlik ihtiyacını karşılamak için gerekmektedir. Her kanban 10 birim veya ünite ihtiva ettiğinde, bir kanban $l/d=1$ saat dayanacaktır. Taşıma zamanı $t=4$ saat ve böylece minimum çekme kanbanı sayısı $\max(2, [4/1 + 1]) = 5$ olarak bulunmaktadır. X7 biriminin bir kanbanını üretmek için gerekli olan zaman 8 saattir ve böylece minimum üretim kanbanı sayısı; $\max(2, [8/1 + 1]) = 9$ olarak bulunur.

Diğer birimler için kanban sayıları aynı şekilde hesaplanmıştır.

İki-kutu JIT sisteminde kullanılan yerleştirme şekli küçük değişiklikler gerektirmektedir. Çünkü, her bir birimin, iki yerde envanteri vardır. Bunlar, üretildiği ve kullanıldığı alanlardır. Yeni yerleştirme düzeni şekil 13'de görülmektedir. Değişiklikler açıkca fazla bir maliyet gerektirmemektedir.

Kanban sistemi bir periyotluk bir zaman mükemmel işledikten sonra ve personel alıştıktan sonra, yönetim envanterleri düşürür böylece iyileşmelerin yapılmasını zorlar. Üretim kolaylıkları tedarik sürelerini azaltmaya yönlendirir ve kanban hareket sıklığını artırır. Şöyleki:

Üretim alanı	Pi (saat)	ti (saat)
X montajı	3	2
Y üretimi	1	2
Z üretimi	1.5	2

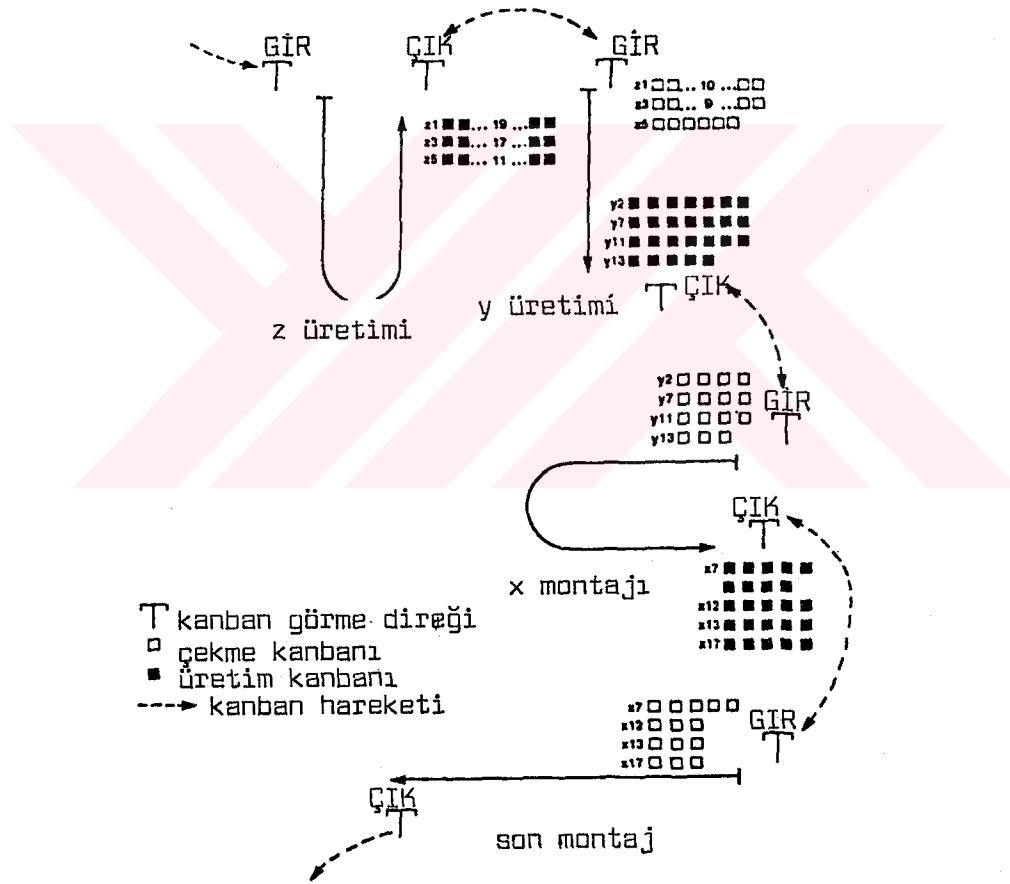
Çünkü, kanban sayıları tablo 3'de son iki sütunda görülen rakamlara inecektir. Üretim sistemindeki iyileşmeler ve pi alanındaki indirmeler, üretim sisteminin kesintisiz işleme isteniyorsa gerekecektir.

Envanterin düzenli azaltılması, problemlerin tanımlanması, bulunan çözümler ve problemlere sebep olan ıskartaların azaltılmasıyla artan iyileşmeler, yapılabilecek gelişme

kalmayıncaya kadar tekrarlanır. Bu noktada, daha başka iyileşmeler sadece ekipman yerleşmesinin yeniden düzenlenmesiyle bir sürekli akışa geçişle yapılabilir.

3.5. Sürekli Akış JIT Üretim Kontrol Sistemi

Maliyetlerin düşürülmesi, kalitede iyileşmeler ve çevrim zamanının alanlarında, iki-kutu JIT sistemi ve kanban JIT sisteminde bu konularda önemli başarılar sağlanmıştır. Birçok işletmede, kendi ihtiyaçlarını karşılayacak kadar yeterlidir. Daha düşük maliyetler, daha iyi kalite ve daha az çevrim zamanı ihtiyacını karşılamak için bir sonraki adım sürekli akış JIT üretim sistemini uygulamaktır. Bu sistemde üretim prosesi bölümleri, mevcut konumlarından yeni konumlarına, bir sürekli akış üretim sistemi kurmak üzere hareket ederler.



Şekil 12. Başlangıç kanban JIT sisteminde üretim prosesinin yerleşimi

Sürekli akış JIT sistemi aşağıdaki avantajlara sahiptir:

1. Bütün birimlerin üretimi süreklidir. Bu, iyileştirmeleri kolaylaştırır. Üretim prosesini programlamak ve yönetmek daha kolaydır.
2. Ürünleri tamamlamak ihtiyacı duyulan operasyonların çoğu aynı yerde konumlanmıştır.
3. Bütün üretim prosesi bölümlerinin kapasitesi, dikkatlice dengelenir, böylece bütün prosesler optimum derecede işler.
4. İmalat çevrim zamanı azaltılır.
5. Envanter, taşıma zamanının eliminasyonu ile azaltılır.
6. Fazla üretim olmaz çünkü, fazla üretimi koyacak yer yoktur.

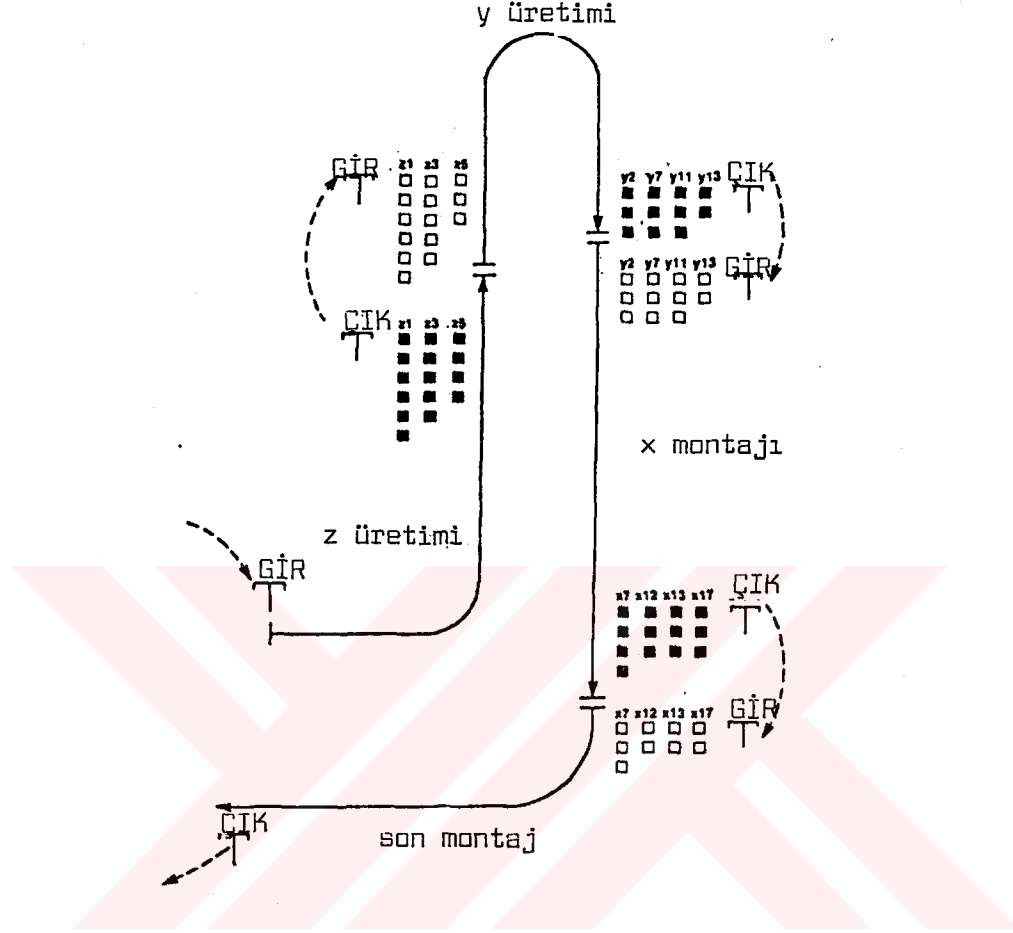
Son montaj hattı, X montaj hattı, Y üretimi ve Z üretimindeki ekipmanlar, M31 ve M32 ürünlerini, X7, X12, X13 ve X17 montajlarını ve Y2, Y7, Y11 ve Y13 ve Z1, Z3 ve Z5 birimlerini üretecek özel bir üretim şeklini kurmak için konumlanan ekipmanları belirlemek için gözden geçirilir. Ekipmanlar sonradan, şekil 13'de görüldüğü gibi U şeklinde, sürekli akış JIT yerleşimi şeklinde düzenlenir. Dört üretim prosesi (son montaj, X-montajı, Y ve Z üretimi) çekme ve üretim kanbanlarının hat olarak hizmet verdiği bir hat kurarlar. Öncelikle, kanban JIT sisteminde kullanılan kanban sayısı ile sürekli hat JIT sisteminde kullanılan kanban sayısı aynıdır. U-hattı kullanılmasının sebebi ise:

. U-hattı içinde çalışan operatörler, dört üretim prosesinin herhangi birinde çalışabilirler. Bu, programlamayı kolaylaştırır, iletişimi iyileştirir ve operatörlerin birbirlerine yardım etmelerine izin verir

. U-hatları daha az yer kaplar

Personel sisteme alıştıktan ve sürekli akış JIT sistemi bir periyotluk bir zaman için tam olarak uygulandıktan sonra yönetim, her kanbandaki birim sayısını ve kanban sayısını azaltır. Bu, çok geçmeden üretim prosesinde, iyileştirmeler veya gelişmeler yapılmaksızın sıkıntılara sebebiyet verecektir. Bu yüzden yönetimin bu faaliyeti, gelişmelerin yapılmasını zorlayacaktır. Hemen sonra, dört üretim prosesinin kapasiteleri ve üretim miktarları

mükemmel bir şekilde dengelenecek ve prosesler arasında ayrılmış envantere ihtiyaç duyulacaktır.

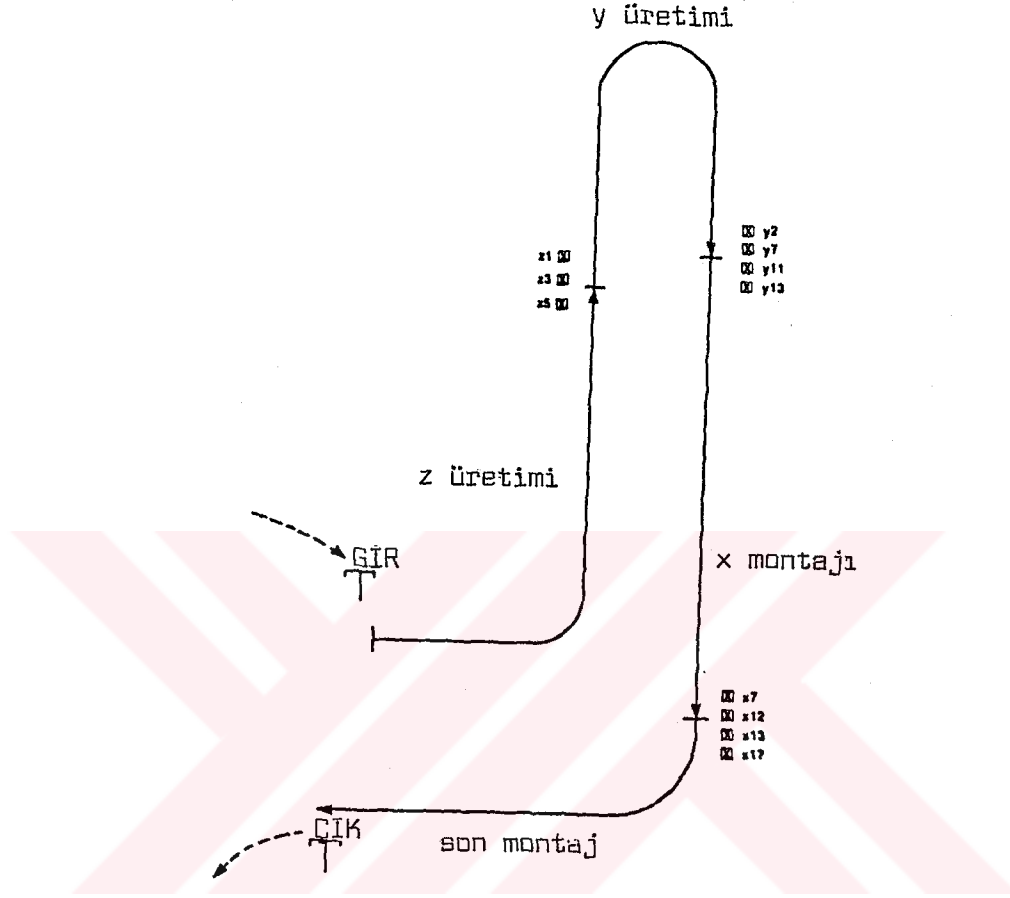


Şekil 13. Başlangıç sürekli akış JIT sisteminde üretim proseslerinin yerleşimi

Şekil 14'de gelişmeler yapıldıktan sonraki yerleşim görülmektedir. Prosesler arasında ihtiyaç duyulan bir tek birim, yalnızca bir taşıyıcıyla taşındığında, sistem bir sürekli akış JIT sistemidir.

Çok az şirket, bir taşıyıcı bir birim hedefine ulaşmaktadır. Bu bir hedeftir ve iyileşmelerin sürekli olmasını sağlamaktadır. Bu aşama için gereken sermaye harcamaları daha

fazladır. Çünkü, ekipmanlar yeniden düzenlenmektedir. JIT projesinin büyüklüğüne bağlı olarak bu işlemi gerçekleştirmek zaman almaktadır.



Şekil 14. Sürekli akış JIT sisteminde iyileştirmeler yapıldıktan sonra üretim proseslerinin yerleşimi

BÖLÜM IV

OPTİMUM ÜRETİM TEKNOLOJİSİ (OPT)

4.1. Giriş

Optimum üretim teknolojisi sistemi son onbeş yıl içerisinde geliştirilmiştir. İki temel bileşeni vardır: Çalışma sistemini destekleyen felsefe ve bu felsefenin imalat sistemindeki uygulaması olan imalat programlarını üreten bir bilgisayar paketi (5).

OPT, bir şirketin para kazanması için, net kar, yatırımların dönmesi ve nakit akışı vasıtasıyla performansın iyileştirilmesine yardım etmek için dizayn edilmiş bir yaklaşımdır (1).

Amaçları:

1. Çıktıyı maksimize etmek
2. Envanteri minimize etmek
3. İşletme masraflarını minimize etmek

Bir imalat işletmesinin amacı çıktıyı artırırken envvanteri ve işletme masraflarını azaltmaktır. OPT'nin tanımı, bu başarıya götüren faaliyetlere rehber olarak üç ölçüm kullanmaktadır: Çıktı, envanter ve işletme masrafları.

Çıktı: Sistemin satışlardan tırettiği para miktarı olarak tarif edilir. Çıktı, imalattaki fiziksel çıktıdan farklıdır. OPT'de imalat çıktısı sadece satıldığında çıktıya yardımcı olabilir ve satılmadığında ise bir fazlalık olarak düşünölür.

OPT geleneksel yaklaşımın stoktaki bitmiş ürünlerin gerekli olduğu muamelesini kabul etmez. Çıktı, üretilen birimlerin hemen satış yoluyla nakit üretmesidir. Aksi takdirde, eldeki envanter satılincaya kadar sadece elde tutma ve diğer depolama maliyetleri yüzünden işletme masraflarını artırır.

Envanter: Sistemin satmak maksadıyla aldığı şeylerin toplam parasal miktarıdır. OPT bütün malzemeleri; ister hammadde, yarı mamul veya bitmiş ürün olsun gelecekte satılacak eldeki envanter olarak sınıflandırmaktadır. Bu maddeleri, toplam malzeme maliyeti olarak değerlendirir.

İşletme masrafları: Envanteri çıktıya dönüştürmek için bütün sistemin yaptığı harcamalardır. İmalatçının yaptığı direkt ve endirekt bütün masrafları içermektedir.

Bu üç ölçütün aralarındaki ilişki şöyle açıklanabilir:Çıktı, gelen paradır. Envanter sistem içindeki mevcut para ve işletme masrafları ise çıktı oluşturmak için ödemek zorunda olduğumuz paradır.

4.2. OPT İle İmalat Programlama ve Eşanlılaştırma

Fabrika dizaynında ve imalat programlamada, her aşamada kaynak kapasitesinin eşit olması ideal bir durum olarak kabul edilir.

Bütün fabrikalarda istatistiksel dalgalanmalar ve bağımlı olaylar ve uygun olmayan bir amaç için kapasitenin dengelendiği üretim prosesleri vardır.

İmal edilen parçalar birçok prodesten geçmektedir. Birçok üretim planlama sisteminde olduğu gibi programlamanın temeli her bir operasyon performansı için makinanın alacağı zamandır. Birçok operasyon için makina zamanı değişik olabilir. Bu yüzden genellikle makina zamanı genellikle ortalamaya ve istatistiksel dalgalanmalara maruz kalır.

İmalat kaynaklarının herbiri diğerlerinden izole edilmiş olarak düşünüldüğünde makina zamanlarındaki dalgalanmaların ortalaması sıfır olarak düşünülebilir. Ancak gerçekte, bütün malzemeler birbirlerine bağlıdır. Birinci aşamadaki beş dakikalık gecikme, ikinci aşamanın beş dakikalık gecikmeyle imalat prosesine başlamasına sebep olur. Bu da, o aşamanın etkinliğini beş dakika düşürür.

Bütün fabrikalar dengesiz olduğundan, sahip oldukları kaynakları ikiye ayırmak lazımdır (5):

1. Darboğaz kaynaklar: Herhangi bir kaynağın kapasitesinin talebe eşit veya büyük olması olarak tanımlanır.
2. Darboğaz olmayan kaynaklar: Herhangi bir kaynağın kapasitesinin talepten büyük olması olarak tanımlanır.

Kaynakların bu şekilde kategorize edilmesi OPT'yi anlamının temelini teşkil eder. İmalat prosesine katkıda bulunan bütün kaynaklar bu şekilde ayrılmıştır.

OPT'nin darboğaz tarifi açıktır. Bu tanım belli talebi olan operasyonların kapasiteleri ile ilgilidir. Bu talebin, pazar talebi olması gerekli değildir fakat talep düzeyi fabrikadaki üretim programı performansından ileri gelmektedir. Örneğin bir P ürününün A ve B makinalarında üretildiğini düşünelim.

Hammadde ----> A makinası ----> B makinası ----> Pazar Talebi

Pazar Talebi = 25 birim/hafta
 A makinasının kapasitesi = 15 birim/hafta
 B makinasının kapasitesi = 20 birim/hafta

Burada her iki makina da pazar talebine göre darboğazdır. Ancak, OPT tanımına göre sadece A makinası darboğazdır. B'nin kapasitesi 20 birim/haftadır fakat A'dan sadece 15 birimlik bir talep almaktadır. Bu yüzden kapasitesi talebi aşmaktadır. Eğer imalatçı ikinci bir A makinası alırsa OPT tanımına göre sadece B makinası darboğaz olmaktadır.

İki tane A makinası haftada 30 birim üretmelerine karşın pazar talebi, makinaların 25 birimlik haftalık talebi karşılayacak kadar üretmesini kabul ettirmektedir. Yani, geleneksel şekilde darboğaz olarak tanımlanan kaynakların (pazar talebi bu kaynakların kapasitesini aşmaktadır) OPT terminolojisinde darboğaz olmaları gerekmez.

Yukarıda yaptığımız tanıma göre bir fabrikadaki çok az operasyon darboğaz olarak tanımlanır. Büyük bir fabrikada çok az sayıdaki darboğaz ve kompleks ürün rotaları yüzünden bu imalat sistemleri büyük miktarda dengeli kapasiteden sapacaklardır. Aslında OPT'nin darboğaz tanımını kullanarak herbir ürün en çok bir darboğaz kaynağa sahip olacaktır ve bu benzer kaynaklar çok sayıdaki ürün için darboğaz oluşturacaktır.

OPT'nin darboğaz ve darboğaz olmayan arasında yaptığı kesin ayırım, üretim programında müsaade edilen zamanlarda gerçekleşmektedir. Darboğazlara hazırlık ve işleme zamanları ayrılmışken darboğaz olmayanlara, hazırlık ve işleme zamanlarına ilave olarak aylak zamanlarda ayrılmıştır. OPT'nin bu çok kısıtlayıcılığının sonucunda kapasite kısıtlayıcı kaynak (CCR) terimi geliştirilmiştir. Şekil 15'de görüldüğü gibi kapasite kısıtlayıcı kaynak olmayan darboğaz olabilir. Diğer taraftan darboğaz olmayan kapasite kısıtlayıcı kaynak olabilir. Bu, fazla kapasitenin olduğu durumlarda olabilir. Bununla birlikte, şüphesiz bazı prosesler, genellikle son montaj hattı, fabrikadaki akışa karar verebilir.

Kapasite kısıtlayıcı kaynak, kontrol noktası olarak kullanılabilirken talep kullanılmayabilir.

Bir fabrikanın programlanması veya çizelgelenmesi müşteri ihtiyaçları ile eldeki kapasitenin en iyi denkleşmesini bulmaktır. Dinamik bir denge bir kez kurulduğunda kontrol edebilmek için diğer operasyonlar eşanlaşırılır.

OPT programlama kavramı, "Davul", "Tampon", "Halat" sistemleri olarak adlandırılır. Bu sistemlerden herbiri ve birbirleriyle ilişkileri şekil 16'da görülmektedir.

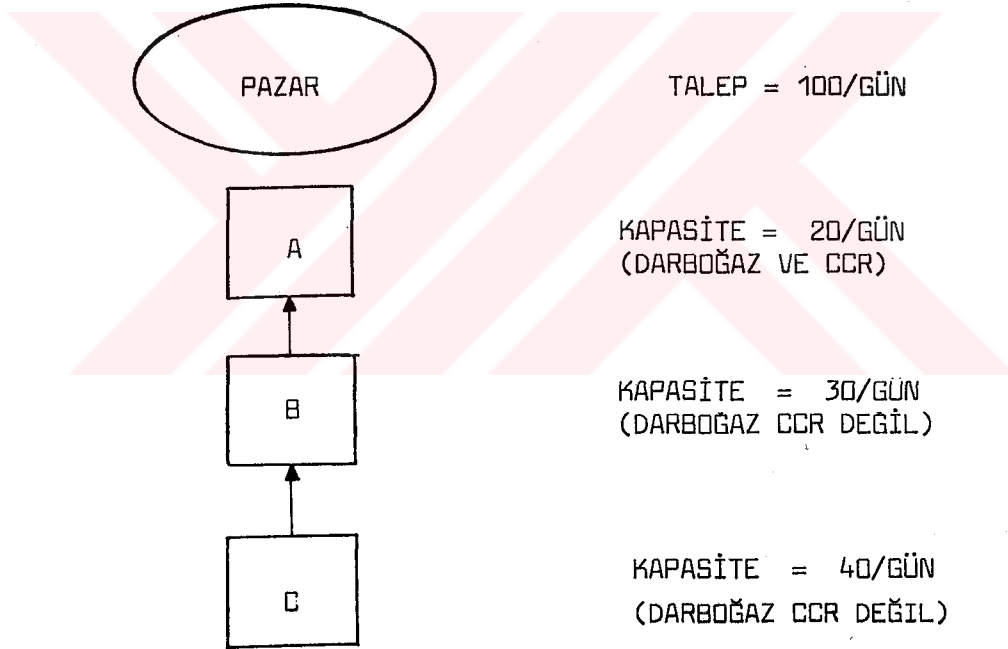
OPT yaklaşımında ilk aşama, fabrikadaki darboğaz ve doğru kısıtların tanımlanmasıdır. Dikkat edileceği gibi bu, sınırlı faktör olarak darboğazların malzeme akış kontrolunda önemlidir.

İkinci aşama, kısıtların sonlu programlanması üzerine kurulan bir ana üretim planını oluşturmaktır (davul). Kısıtlar (darboğazlar) sistem için davulun sesini ayarlar ve çıktıyı yönetir. Doğru yönetim ve bu alanların programlanması amaca ulaşmada temel teşkil

etmektedir.

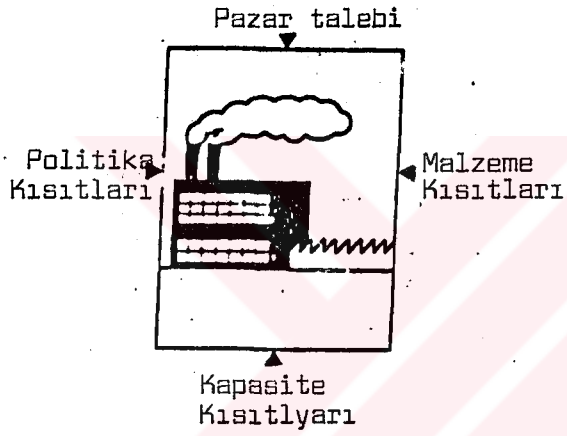
Malzeme akışının optimalliği üzerine kurulan ana üretim planı bir kez oluşturulduğu zaman korunmalıdır. Bunu başarabilmek için stratejik olarak verilen tampon zamanlar, sistemin bir yerinde yaşanan dalgalanmalara karşı alışkın olmak için oluşturulur.

Tampon zamanların kontrolü ve yönetimi kısmi proses iyileşmelerinde odaklanmayı sağlar. Bu üçüncü aşamadır. Tamponlar, darboğazların sistemin bir yerindeki bozulmalarından dolayı iş yokluğuna uğramalarını önlemek istemektedir.

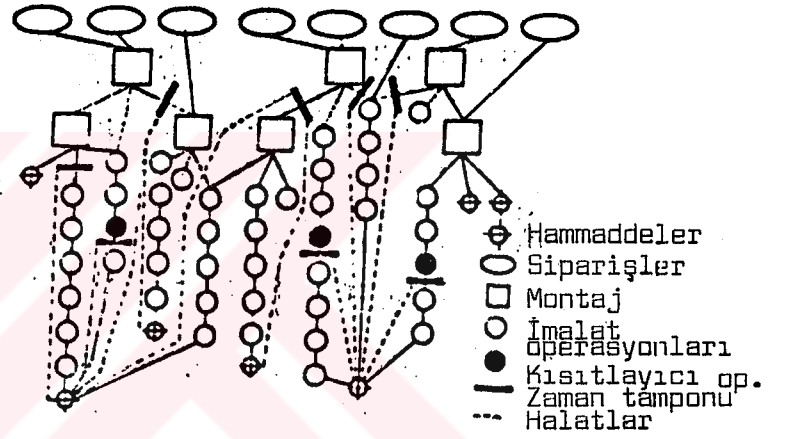


Şekil 15. Darboğaz ve Kapasite Kısıtlayıcı Kaynak (CCR)

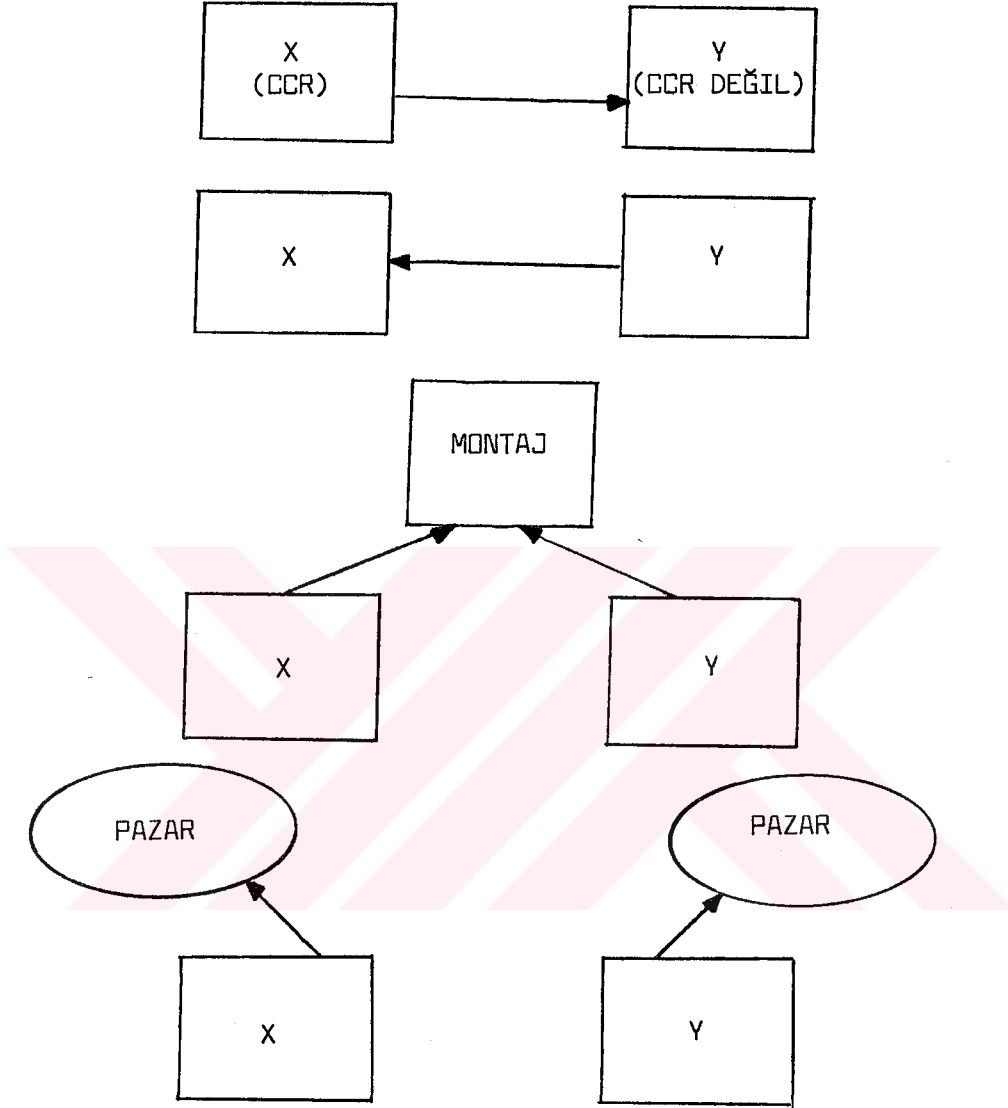
1) İşletmeyi etkileyen kısıtların tanımlanması



2) Davul, tampon ve halat metodolijisi ve OPT prensipleri



Şekil 16a. OPT Bilgisayar Programında Eşanlaşdırma



Şekil 16b. Davul, Tampon ve Halat Sistemlerinin İşlemesi

Fabrikadaki akışı dengelemek için darboğaz olamayan alanlara malzeme girişi darboğazın üretilebileceği (halat) miktar kontrol edilir. Bu dördüncü aşamadır. OPT teorisine göre sonuç, envantere önemli bir düşüştür.

Aslında fabrikanın nasıl kurulacağını tarif eden dört ana blok vardır. Bunlar şekil 16b'de görülmektedir ve darboğaz ilişkilerini veya fabrikadaki diğer kaynaklara davul sesini göstermektedir.

Yukarıdaki birinci durumdan ayrı olarak her bir durumda envanter oluşumunu önleyecek doğal olmayan bir mekanizma vardır. Örneğin durum 2'de Y ile tarif edilen fazla kapasiteye sahiptir.

X'den önce, artan toplam stok kümesi işleyen kapasiteli Y'ye bir çizgi çizilmemiştir. Ancak durum 1'de Y'ye ve stoğa iş akışının darboğaz kontrolü oluşturulamaz. Sadece darboğazdan geçen operasyonlar kendi envanterlerini otomatik olarak kontrol edebilir.

Diğer üç durumda da ihtiyaç duyulan şey Y'den X'e eşanılaştırırmadır. Bu, durum 1 ve durum 2'de hammaddenin siteme girmesine müsaade edilerek Y'nin yukarı akış kapasitesine sahip olmasıyla yapılmıştır. Kapı belli bir oranda açılır ve darboğaz tarafından karar verilen sıradadır. Bir halat meydana getirmek için darboğaz ile kapı arası bağlanır.

Durum 3'de halat son montajdan kapıya bağlanır. Son montaj kısıtların aşağı akıntısı olduğundan otomatik olarak darboğazlara eşanılaştırılır. Pazar talebi ise durum 4'de izlenebilir.

4.3. OPT'nin Dokuz Kuralı

The Scheduling Technology Group (STG), OPT uygulamalarına temel teşkil edecek dokuz kural belirlemiştir (5). Bunlar:

(1) Kapasiteyi değil akışı dengele

- (2) Darboğaz olmayan bir kaynağın kullanım düzeyine onun potansiyeli değil fakat sistemdeki diğer bazı kısıtlar karar verir
- (3) Bir kaynağın kullanımı ve etkinliği eşanlımlı değildir
- (4) Darboğazda bir saatlik kayıp bütün sistemdeki bir saatlik kayıptır
- (5) Darboğaz olmayan bir kaynaktaki bir saatlik kazanım önemli değildir
- (6) Darboğaz kaynak hem çıktıyı hem de envanteri yönetir
- (7) Transfer parti büyüklüğü proses parti miktarına eşit olamamalıdır
- (8) Proses parti büyüklüğü sabit değil değişken olmalıdır
- (9) Çizelgeler bütün kısıtlar gözönüne alınarak kurulmalıdır. Tedarik zamanları çizelgelemenin sonucudur, önceden belirlenemez.

OPT'nin kurallarını vermişken klasik kuralları da gözden geçirmekte yarar vardır. Bunlar:

. Kapasiteyi dengele sonra akışı sağlamaya çalış

.Herhangi bir kaynağın kullanım düzeyi kendi potansiyeline göre karşılaştırılır

. İşçilerin kullanımı ve etkinliği aynıdır

. Darboğazda bir saatlik kayıp sadece o kaynaktaki bir saatlik kayıptır

. Darboğaz olmayan bir kaynaktaki bir saatlik kayıp kazanım o kaynağa bir saat kazandırır

. Darboğazlar çıktıyı geçici olarak sınırlar fakat envanterler üstünde çok az etkisi vardır

. Partilerin ayrılması ve karışımı teşvik edilmemelidir

.Proses parti miktarı hem rotası boyunca hem de zaman içerisinde sabittir

. Çizelgelemeye sırasıyla karar verilir:

- Parti büyüklüğünün önceden belirlenmesi

- Tedarik zamanı hesaplanır

- Öncelikler belirlenir, tedarik sürelerine göre çizelgeler oluşturulur

- Yukarıdaki üç adımı tekrarlayarak görünen kapasite kısıtlarına göre çizelgeler

düzeltilir.

KURAL 1. Kapasiteyi değil akışı dengele

Geleneksel yaklaşımda önce kapasite dengelenir sonra sürekli bir akış için gayret sarfedilir. Hat dengeleme, geleneksel yaklaşıma güzel bir örnek olarak verilebilir. Bir ürünün imalatı kapasite açısından eşit elemanlara bölünür. Üretim prosesindeki kaynaklar incelenir ve yüksek faydalanmayı temin etmek için kapasiteleri dengelenir. Sonra üretim, bu kaynaklara

olan malzeme akışını sürekli hale getirmek istemektedir. OPT kapasite dengelemeye karşıdır ve fabrika içindeki akışın akışın dengelenmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu, ürüne bakmayı ve üretim esnasında sürekli malzeme akışını sağlamakla ilgilidir. Ürünü üreten kaynaktan çok ürünün akışı önemlidir.

KURAL 2. Darboğaz olmayan bir kaynağın kullanım düzeyine onun potansiyeline göre değil fakat sistemdeki diğer bazı kısıtlar karar verir.

Darboğaz olmayan kaynakların kapasitelerinden %100 faydalanılmamalıdır. Tersine bu kaynaklar sistemdeki diğer kısıtlar baz alınarak çözelgelenmeli ve işletilmelidir. Eğer böyle yapılırsa, darboğaz olmayan kaynaklar, darboğaz kaynağın isteyeceğinden daha fazla üretmezler. Böylece envanter ve işletme masrafları önlenir.

KURAL 3. Bir kaynağın kullanımı ve etkinliği eşanlı değildir.

Kullanım, para kazanmak amacıyla birisinin kullanmak zorunda olduğu kaynağın düzeyidir. Etkinlik ise bir kaynağın kullanılabilme düzeyidir. Etkinlik genellikle bir kaynağın mevcut kapasitesi olarak tanımlanır ve geleneksel ölçümler imalatçıyı bütün kaynakların kapasitesinin %100 kullanımına götürür.

KURAL 4. Darboğazda bir saatlik kayıp bütün sistemdeki bir saatlik kayıptır.

Darboğaz kaynaklar malzemelerin fabrikaya akışını kısıtlarlar. OPT'de çalışma halindeki bir darboğaz kaynağın her dakikası çıktı için katkıda bulunmak zorundadır. Buna ilaveten çalışma halinde olmayan bir darboğaz kaynağın her anı imalatçının çıktısından çıkmış olur.

KURAL 5. Darboğaz olmayan bir kaynaktaki bir saatlik bir kazanım önemli değildir.

Darboğaz olmayan kaynaklardaki operasyonlarla üç zaman dilimi vardır: İşleme, hazırlık ve aylak zaman. Hazırlık zamanından kazanılacak bir saatlik zaman aylak zamana katkıda bulunacaktır. Aslında hazırlık zamanından kazanılacak bir saatlik zaman, operasyonda proses

parti büyüklüğünü azaltabilecektir. Sonuç olarak azalmadan oluşacak kazanç, envanter yatırımı ve imalat tedarik zamanlarında azalmaz.

KURAL 6. Darboğaz kaynak hem çıktıyı hem de envanteri yönetir

OPT teorisi, darboğaz kaynakların tanımlanmasına ve yönetimine bağlıdır. Darboğaz operasyonların maksimum çıktısı fabrikanın maksimum çıktısı olacaktır. Bir darboğaz kaynakta çıktının maksimizasyonu, o kaynakta aylak zamanların minimizasyonunu ifade eder. Sonuç olarak OPT, uzun üretim koşumunu savunur. Yani büyük proses parti büyüklüğü ve bu kaynaklar için hazırlık zamanı sıklığının az olmasıdır.

KURAL 7. Transfer parti miktarı proses parti miktarına eşit olmalıdır

OPT, imalat çizelgeleri ve operasyonların arasında tek bir dinamik parti büyüklüğü sistemi kullanır.

(1) Transfer parti miktarı- parti büyüklüğü parçalara açısından belirlenir

(2) Proses parti miktarı- parti büyüklüğü kaynak açısından belirlenir.

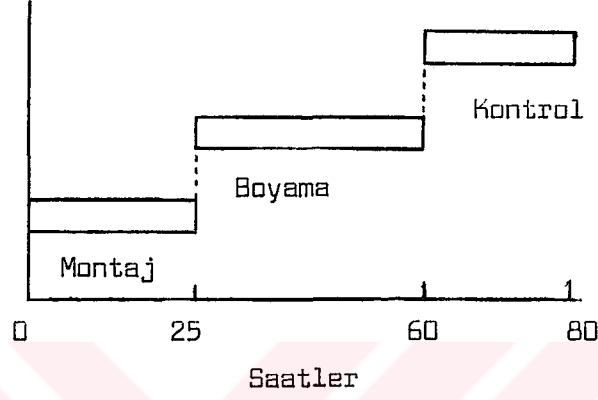
Şekil 17'de transfer parti büyüklüğünün proses parti büyüklüğüne eşit olduğu durumu, şekil 18'de ise eşit olmama durumu görülmektedir.

KURAL 8. Proses parti büyüklüğü sabit değil değişken olmalıdır

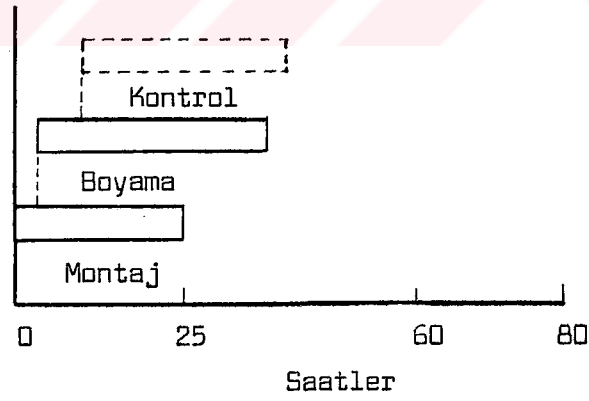
Geleneksel yaklaşımda parti büyüklüğü sabit iken OPT'de proses parti büyüklükleri bir çizelgeleme fonksiyonudur ve operasyon ile fazla zamanlar tarafından değiştirilebilir. Parti büyüklüğü her bir operasyon için dinamik olarak kurulur ve envanter maliyeti, hazırlık maliyeti, parça akış ihtiyacı ve yönetim kontrolü ile esnekliğin ihtiyaçları dengelenir. Darboğazlar büyük proses parti miktarları gerektirirken darboğaz olmayan kaynaklar için küçük proses parti büyüklükleri gerekir.

KURAL 9. Çizelgeler bütün kısıtlar gözönüne alınarak kurulmalıdır. Tedarik zamanları çizelgelemenin sonucudur önceden belirlenemez.

MRP'ye göre OPT çizelgelemeyi sonlu kapasite öncelik kısıtları içinde yapar. Sonsuz kapasite kabulü ve sabit tedarik zamanı MRP üretim çizelgelemenin ana güçsüzlüğüdür.



Şekil 17. Proses parti büyüklüğü transfer parti büyüklüğüne eşit



Şekil 18. Proses parti büyüklüğü transfer parti büyüklüğüne eşit değil

BÖLÜM V

MRP, JIT VE OPT ANALİZİ VE JIT'İN MRP'YE UYARLANMASI

5.1. Giriş

Aslında OPT, MRP'ye rakip olarak piyasaya sürülmüştür. Ancak artık, Scheduling Technology Group'un belirttiğine göre MRP'nin tamamlayıcısıdır (5). OPT'nin tek başına bir çözüm olmadığı kabul edilmektedir. Son gelişmeler OPT'nin JIT sisteminin bir uygulaması olarak sunulduğunu göstermektedir. OPT 21 bilgisayar programının kanban JIT sisteminin ilk bilgisayar programı olduğu belirtilmektedir. MRPII sistemiyle ilgili artan bir tatminsizlik vardır. MRP'nin tekrar gözden geçirilmesi için birçok sebep açıklanabilir.

Birinci sebep JIT uygulamalarına olan artan ilgidir. JIT'le ilgili prensipler klasik yaklaşımlara ve MRP'de imalatla ilgili uygulamalara karşı gelmektedir (JIT bir çekme sistemi ve MRP ise itme sistemi).

İkinci olarak, dağıtılmış bilgisayar ağı yapısının gelişimi merkeziyetçi hiyerarşik MRP yapısını modası geçmiş kılmaktadır.

Üçüncü olarak, MRP bilgisayar programlarından bazıları esnekliğe sahip değildir.

Dördüncü ve son sebep ise OPT'nin gelişimidir.

Bununla birlikte, MRP ilk ve en önemli veri tabanıdır. Yönetim kontrolü, izleme ve üretim çizelgelemenin direkt faaliyetinin dışında verilen kararlarla ilgili çok kullanıma sahiptir. MRP kullanımından çıkan kötü sonuçlar şunlar olabilir:

- (1) MRP sonsuz kapasiteyi kabul etmektedir. Yani bir kere ana üretim planı çıkarılır. Fabrikada kullanılan bütün kaynakların programı gerçekleştirmek için en azından yeterli kapasiteye sahip oldukları varsayılır
- (2) MRP tedarik zamanlarının bilindiğini ve sabit olduğunu varsayar.

(3) MRP sistemleri bir ekonomik sipariş miktarı teorisine dayanır. Bu tür teoriler, hazırlık zamanını, taşıma maliyetini ve bütün kapasite kısıtlamalarını dikkate almaz. (4) Geri çizelgeleme uzun dönem kapasite planlama dizayn edilmiş ve kısa dönem iş yeri (bölgesel) çizelgeleme yapılmamıştır.

5.2. JIT'in MRP'ye Uyarlanması

Bugün MRP üretim kontrol sistemlerini kullanan birçok firma JIT prensiplerini kullanarak bütün veya bazı ürünlerini nasıl üretebileceklerini araştırmaktadır. MRP'nin JIT için ne derece destek sağlayabileceğini bilmek istemektedir. JIT'den en çok beklenen şey maliyetleri düşürmesi, kaliteyi geliştirmesi ve teslim zamanlarını kısaltmasıdır. Kütle imalatı yapan firmaların birçoğu üretim planlama, fabrika üretim alanının kontrolü ve üretim muhasebesi için MRP'yi kullanmaktadır. Bu firmalarca ele alınan JIT projeleri MRP'nin planlama ve kontrol sistemine uygun olmalıdır.

Daha evvelde bahsettiğimiz gibi, JIT için önemli miktarda kaynak (para) harcayan birçok firma elde ettikleri neticeler ile hayal kırıklığına uğramışlardır. Bunun nedeni genelde JIT uygulamasını kötü bir tarzda gerçekleştirmeleri veya JIT'in yapabileceklerinin neler olduğu hakkındaki yanlış anlamalardır. JIT projesini uygulamaya koymayı düşünen birçok firma, bunu kendi MRP sistemlerine nasıl entegre edeceklerini kestirememektedir.

MRP, işletme içindeki tüm üretim aktivitelerinin plan ve kontrolü için kullanılan bilgi sistemidir. Ürünlere olan talebin, ürünler için gerekli olan ihtiyaçlar ve parçalara, parça verileri, ürün ağacı, ürün rotası, iş merkezi verileri v.b. vasıtası ile dönüştürüldüğü veri ve prosedürlerden oluşur. MRP'de önemli ürünler için ihtiyaçlar çizelgenir ve parçalar planlanır. Bu plandan başlayarak, ihtiyaçların planlanması MPS planının üzerinden yayılması ile tüm ürünler için ihtiyaçları ortaya çıkarır. Bu ihtiyaçlar fabrika için üretim emirlerinin ortaya çıkarılması ve siparişlerin tedarikçilerden satın alınması suretiyle karşılanır. Sipariş ve emirlerin uygulanmasının izlenmesi, atölye kontrolü olarak adlandırılır. Üretimi gerçekleştirmek için kaynakların tüketimi sonucu maliyetler oluşur. Gerçek maliyetler tüm üretim faaliyetlerinin standart maliyetleri ile karşılaştırılır, böylelikle üretim muhasebesi sistemi gerçekleştirilir. Şekil 19 a, MRP kontrollü üretim prosesini temsil etmektedir. MRP

üretim prosesinin tüm kesimlerindeki ihtiyaçları ortaya çıkartmak için ana üretim planını (MPS) kullanır. JIT üretim prosesindeki israfın her yerde sistematik olarak belirlendiği ve yok edildiği bir yaklaşımdır. Genelde altı tip israf belirlenmektedir: Gereğinden fazla üretim, operatör ve ürünler için bekleme zamanları, operatör ve ürünler için hareket süreleri, kötü üretim prosesi (makina bozulmalarını da kapsar), stok (envanter) ve bozuk mal üretimi. Genel olarak JIT'in amacı, maliyet ve üretim süresini düşürmek ve kaliteyi iyileştirmektir. JIT toplam kalite kontrolü, çekme tipi üretim ve tüm çalışanların iştirakini kapsayan bir takım elemanlara sahiptir.

JIT üretim sistemi şekil 19 b'de görülmektedir. Üretim prosesinin her parçası, müşteri ve tedarikçilerini tanımlar. Yarı mamullerin oluşturduğu küçük stoklar üretim prosesinin herbir kesimince ayakta tutulur. Müşteri, bu ürünlere ihtiyaç hissedince parçaları çeker (örneğin kanban sistemini kullanarak). Çekilen parçaların yerine yenilerinin konulması için uyarı bu yolla sağlanmış olur. Bu da ardından diğer yarı bitmiş ürünlerin stoktan çekilmesine neden olur, böylece yerine yenilerin konulması işlem dizisi uyarılır. Çekme sistemi üretim prosesi, son montaj kısmına yönelik ana üretim planınca yönetilir. Bu plan veya çizelge, üretim prosesinin diğer kısımlarındaki üretim faaliyetlerini tamamen belirler.

Bazı bilim adamları, MRP ve JIT'in alternatif yaklaşımlar olduğunu öne sürmektedirler. Bununla beraber, bazı bilim adamları da JIT MRP'nin alt cümlesidir veya MRP JIT'in alt cümlesidir görüşünü ileri sürmektedirler. Bazıları ise, MRP'den, JIT ile birleştirilmiş MRP'ye, oradan da JIT'e geçişin bilgisayar entegrasyonlu üretim sistemlerine uzanan yol boyunca atılacak adımlar olarak algılamaktadırlar (3).

MRP ile JIT arasında birçok farklılıklar vardır. En göze çarpan farklılıklar, MRP'nin üretim değişkenlerinin günümüzdeki değerlerini (örneğin, üretim süresi, parti hacmi, hatalı ürün oranı, hazırlık zamanı, gerekli işçilik süresi, kuyrukta kalma süresi, taşıma süresi v.b.) kabullenmesi ve bu değerler için uygun planları oluşturmasıdır. Üretim prosesi ile ilgili olarak MRP'nin pasif olduğu söylenir. Diğer taraftan JIT, üretim değişkenlerinin değerlerini değiştirmeyi amaçlamaktadır. Bunu, küçük stokları proses boyunca stratejik olarak yerleştirip üretim prosesini organize etmek ve sonrada bu stokları üretim süresini düşürmek ve kaliteyi iyileştirmek için üretim problemlerini ortaya çıkaracak şekilde düşürür. Bu nedenle JIT'in

aktif olduğu söylenebilir.

MRP, üretim faaliyetlerini planlama ve kontrol açısından ideal bir mekanizmadır fakat maliyetleri ve üretim süresini azaltma ve kaliteyi iyileştirme açısından daha az etkili bir mekanizma olmaktadır. JIT maliyetleri ve üretim süresini azaltma, kaliteyi geliştirme yönünden günümüzün en iyi mekanizmasıdır (planlama ve kontrolün bir dereceye kadar yok olmasına sebep olur). Örneğin şekil 20'de görülen Xerox firmasının deneyimini ele alalım (3). Şirket 1975'de sipariş noktası stok kontrol sistemi uygulanmaya başlandı ve böylece stok seviyesini 4 yılda 8 aylık ortalamadan 3.3 aya indirdi. Seviyeyi daha fazla düşürmenin mümkün olmadığı görüldüğünde MRP sistemi uygulandı. Sonraki 4 yıl içinde de envanter düzeyi 1.8 seviyesine düştü (bu envanter devrinin yılda 6-7 olması demektir), bu noktadan daha aşağıya inmenin mümkün olmadığı görüldü. JIT 1983'de uygulamaya alındı ve 1988'e kadar envanter düzeyi 0.6 aya (yani stok devrinin yılda 20 defa olması) indi.

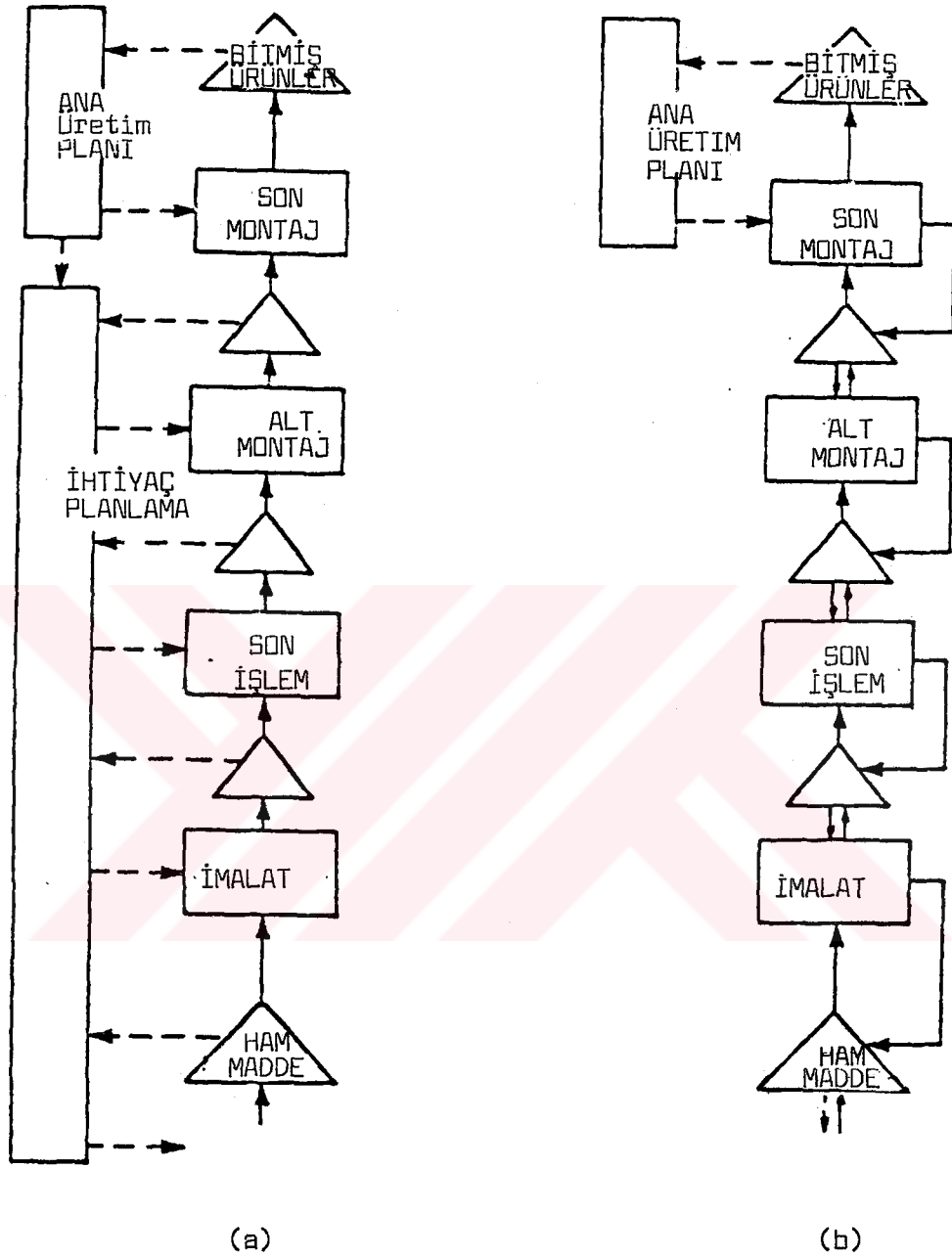
Bu MRP'nin kötü olduğu anlamına gelmez. Bugüne kadar eldeki veriler, düşük maliyetleri, kısa üretim zamanlarını ve yüksek kaliteyi gerçekleştirmenin üretim prosesinde gizli kalmış birçok irili ufaklı problemin ortaya çıkarılması yolu ile olacağını ve JIT'in bu iş için MRP'den daha uygun olduğunu göstermektedir.

JIT'in MRP'ye uyarlanması en iyi şekilde kademe kademe başarılıdır. Bu amaçla "otomatik kayıt" ve "hayaletler" olarak adlandırılan iki MRP tekniği kullanılabilir.

5.2.1. Otomatik Kayıt ve Hayaletler

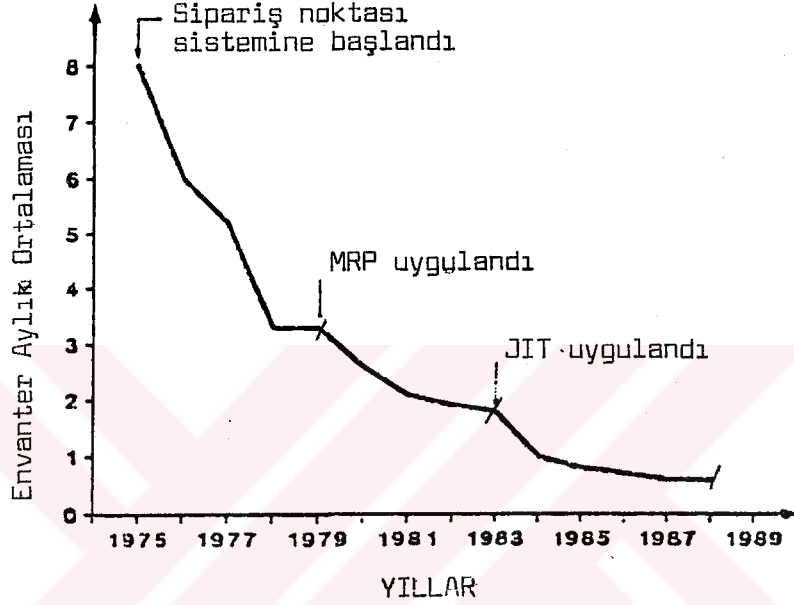
C1 ve C2'den üretilen P ürünü ele alalım. C1 ve C2'de A1, A2 ve A3 gibi satın alınan parçalardan üretilsin (şekil 22a). Normal bir MRP ortamında üretim (iş) emirleri P, C1 ve C2 için çıkarılır. Bir üretim emri çıkarılmaz emir için malzemetahsis edilir. Örneğin, C2'den 100 adet üretmek için bir üretim emri çıkarılınca ardından da A2 ve A3'ün uygun miktarları hemen emir için tahsis edilir.

Bir üretim emri ürün yada bileşeni üretmek için gereken operasyonlar dizisini tamamlayarak yerine getirilir (şekil 22 b).



Şekil 19. (a) MRP ile (b) JIT ile üretim prosesinin kontrolü

Her operasyon süresince kaynaklar (malzeme, işgücü, makina zamanı ve takımlar) tüketilir. Prensipde MRP her kaynak tüketiminden haberdar edilmelidir. Bu her operasyonun bitiminde yapılmaktadır. Bu MRP'nin gerçek durumu izlemesini ve bunları herşeyin planlara göre yürüdüğünün tesbiti amacıyla standartlarla karşılaştırılıp ölçülmesine olanak sağlar. Ne zaman plandan sapmalar olursa, MRP otomatik olarak uygun uyarıları gönderecektir.



Şekil 20. Xerox fabrikasında envanter durumu

Kaynak tüketim bilgilerini toplama ve işleme maliyeti ihmal edilecek kadar az değildir. Dahası birçok durumda bu gerekli de değildir. MRP'nin "otomatik kayıt" tekniği bu gibi durumlarda kullanılabilir.

Otomatik kayıt belli bir üretim emrine ait operasyonların tümü veya bir kısmını yerine getirmek için tahsis edilmiş kaynakların standart miktarlarının, emir yerine getirildikten sonra otomatik olarak kayıt edilmesidir.

Örneğin P'nin üretimi için gereken tüm operasyonların otomatik kaydı yapıldığını

farzedelim. P için bir iş emri çıkartılır ve C1 ve C2 için uygun miktarlar emir için tahsis edilir. Üretim emri uygulamaya başlanınca C1 ve C2'nin gereken miktarları depodan alınıp üretim alanına getirilir ve P için gerekli 1. operasyona gönderilir. Sırası ile herbir operasyon tamamlanır. Son operasyon tamamlanınca, MRP uyarılıp üretim emri kapatılır. Sonra otomatik kayıt MRP'nin emri tamamlamak için tüketilen malzeme, işgücü, makina zamanı ve takım kaynaklarının kaydı için işlemlerin otomatik olarak oluşturması ile yerine getirilir. MRP başka hiçbir bilgiye sahip olmadığı için sadece herbir kaynağın standart miktarını kayıt eder. Bu şekilde departmanlara göre envanter seviyelerini güncelleştirir, maliyetler oluşturulur v.b.

Bazen otomatik kayıt yolu ile elde edilen bilgiler hatalı olacaktır. Bir kaynak için gerçekte kullanılan miktar ile izin verilen standart miktar arasındaki sapmaları olduğu gibi, planlanmamış olayları da belirleyip tüm bunları MRP'ye bildirmek önemlidir.

"Hayaletler" ürün ağacı üzerindeki hiçbir üretim emri çıkartılmayan elemanlardır. Yani, MRP hayalet elemanlar için ihtiyaçlar üretmez ve hayalet elemanlar envantere sahip olamazlar.

Örneğin C1 ve C2 elemanlarının hayalet elemanlar olarak belirlendiğini varsayalım. MRP, P ve A1, A2 ve A3 için gereken ihtiyaçları üretecektir. C1 ve C2 için üretmeyecektir. P için üretim emri çıkartıldığında, A1, A2 ve A3'ün uygun miktarları emir için tahsis edilecektir (çünkü MRP hayalet elemanları görmez). P için üretim emri açılınca bu malzemeler depodan fabrikaya alınır.

JIT üretim sistemi için bu özellik faydalıdır. MRP son ürün P ve satın alınan A1 ve A2 malzemeleri için ihtiyaçları üretmektedir. Satın alınan malzemeler ile son ürün arasında kalan parçalar JIT'in çekme kontrol sistemi ile kontrol edilecektir, bu nedenle bunlar hayalet elemanlar olarak isimlendirilmektedir. Hayalet elemanları bu tarzda kullanmanın doğuracağı problem, gerçekte hayalet elemanların üretilecek ve envantere sahip olacak olmasıdır, fakat bu faaliyetlerin hiçbirisi MRP'ye rapor edilmeyecektir. MRP hayalet elemanların üretimi için kaynak kullanımını veya hayalet olamayan elemanların üretiminde, hayalet elemanların kullanılmasını kaydetme yeteneğinde olmayacaktır. Bu, MRP'nin planlama ve kontrol yeteneğini zayıflatabilir.

5.2.2. JIT'i MRP Ortamına Uyarlamak İçin Üç Adımlı Bir Yöntem

JIT'in kademe kademe MRP ortamına uyarlanmasının nasıl başarılı olduğunu göstermek için şekil 22a'da görülen üretim prosesini ele alalım (3). Üretim prosesi üç üretim bölgesi ve bir depodan oluşmaktadır. MRP sistemi üretim emirlerini herbir bölgeye dağıtır. Malzemeler stokların saklandığı depodan çıkarılır. Parti miktarları büyüktür. Bu üretim prosesinin göze hitap eden bir örnek olarak kullanılması ile üç adımlı bir tekniğin JIT'in MRP ortamında uygulanması sunulmaktadır. Her adımda hem JIT hem de MRP yönü bulunmaktadır.

Adım 1. Hızlı malzeme taşıma ile mantıksal hat akışı yaratma

JIT açısından: Şekil 22b'de ilk adım gösterilmiştir. Deponun büyük bir kısmı veya tamamı sistemden çıkarılmıştır. Üretim bölgeleri çok hızlı malzeme taşıma araçları ile birleştirilmiştir. MRP emirleri herbir üretim alanına dağıtılır. Bu emirler için gereken malzemeler diğer üretim alanları veya fabrikadaki diğer ufak stoklardan çekilmektedir (MRP emirlerine cevap olarak). Örneğin Xerox fabrikasında otomatik klavuzlu araçlar tüm üretim alanlarından geçen kapalı biryolu izler ve hızlı malzeme taşınmasını sağlar. Fabrika yerleşim düzeninin her değişiminde, otomatik klavuzlu araçların takip ettiği yol da değişir.

Bu düzenlemenin çalışması için uzun hazırlık süreleri, düşük malzeme kalitesi, makina bozulmaları, kötü takım uygulaması, zayıf işletim prosedürleri v.b. birçok üretim problemi çözümlenmelidir. Bu gibi problemleri belirlemek ve çözümlenmek JIT'in maliyet ve üretim sürelerini düşürmek ve kaliteyi geliştirmek için kullandığı mekanizmalardır.

Tüm problemler çözülür ve üretim prosesi uygun bir biçimde çalışınca, envanter seviyeleri düşürülür. Üretim alanları daha küçük envanter ile verimli olarak üretime gayret ettikçe daha fazla problem açığa çıkarılır.

MRP açısından: MRP görünümü bilgi ve kaynak (malzeme, işgücü, makina zamanı ve takım) olarak ayrılmaktadır.

1. Bilgi açısından: Fabrika üretim alanında stoklanan elemanlar için yeni stok alanları yaratılır (genellikle her iş merkezi için tamamen farklı bir envanter alanı). Hızlı malzeme taşıma araçları ile taşınan elemanlar için taşıma ve kuyruk zamanları, JIT'in problemleri ortaya çıkarması ve çözmesi ile üretim süresi, hazırlık süresi, hurda oranı, emniyet stokları, üretim zamanı ve işgücü zamanı düşecektir. Bunlar MRP veri tabanının güncelleştirilmesi ihtiyacını dığurur.

2. Malzeme açısından: Bir üretim emri çıkarılınca, malzeme, bu emir için ayrılır. Emir kapatılınca üretilen miktar rapor edilir ve MRP otomatik kayıt işlemini yapar. Emirde kullanılan standart parça miktarları hesaplanır ve bundan yararlanılarak envanter seviyesi azaltılır veya üretilmiş parçalarıolması durumunda artırılır. Standart miktarlardan olan bu sapmalar (daha yüksek veya düşük hurda oranları sebebiyle) ayrıca MRP'ye rapor edilir.

3. İşgücü, makina zamanı, takım: Emirde kullanılan işgücü, makina süresi ve takım kaynakları miktarını raporlayan işlemler otomatik kayıt sırasında otomatik olarak üretilirler. MRP her bir kaynağın standart miktarını hesaplar ve emre uygun olarak kaynakların miktarlarını kayıt (rezerve) eder (departmanlar, iş merkezleri v.b. içinde uygun miktarlar kayıt edilir).

Tüketilen gerçek kaynakların raporunu el ile tutmaktan ise otomatik kayıt standart işlemleri otomatik olarak üretmek için kullanılır. Çünkü, firma ilgisini maliyetler ile üretim zamanlarını düşürmek ve kaliteyi iyileştirmek için JIT'i kullanmak üzerine odaklanmasını istemektedir. Bunu başarmak için MRP'nin detaylı raporlama prosedürlerini kullanmak gerekli değildir.

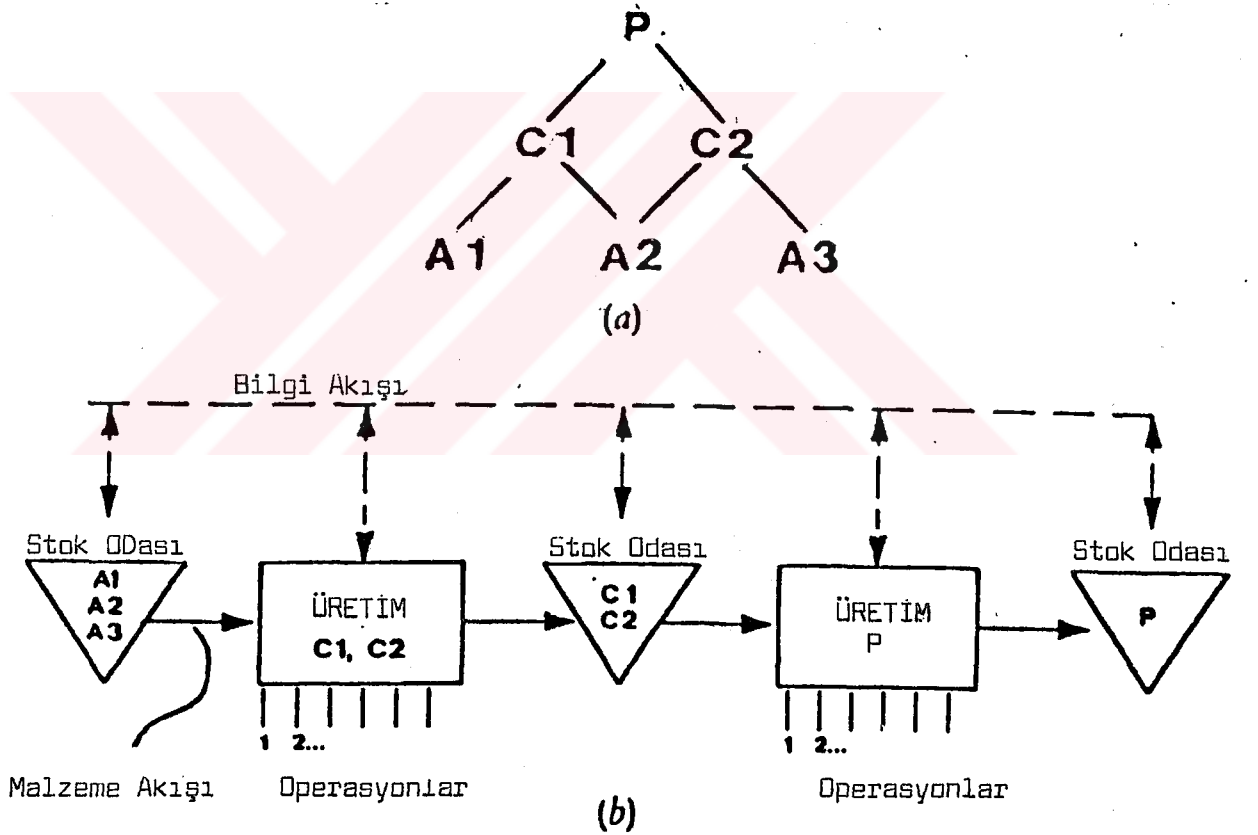
Adım 2. Mantıksal hatta çekme üretim kontrol sistemini kullanma

JIT açısından: Bu adımda (şekil 22c) bir çekme üretim kontrol sistemi uygulamaya kondu. MRP emirleri sadece son ürün için dağıtılır. Bu emirler için gereken malzemeler bir veya iki kartlı kanbanları, kanban karalarını, elektronik çekme sinyalleri v.b. kullanarak diğer üretim alanlarındaki envanterlerden çekilir. Son ürün haricinde MRP'ce üretilen hiçbir üretim emri yoktur. Üretimin büyük kısmı, sık, ufak parti üretimi ile sonuçlanan JIT'in çekme sinyallerine cevap olarak yapılır. Bu nedenle kısa hazırlık süreleri, esnek işgücü ve iyi kaliteye ihtiyaç

vardır. Bu düzenlemenin çalıştırılması için tekrar bir takım üretim problemleri ortaya çıkmalı ve çözülmelidir.

Tüm problemler çözüldüğünde ve envanter seviyesi mümkün olan en alt düzeyde olduğunda üçüncü adıma geçmeye ihtiyaç olabilir.

MRP açısından: Son ürün ile tedarikçiler ve diğer fabrikalardan temin edilen parçalar haricindeki tüm parçalar hayalet elemanlar olarak adlandırılır. Bunu göstermek için şekil 21'deki son ürün P, C1 ve C2 elemanlarının şekil 22c'deki üretim prosesi, satın alınarak fabrika alanında stoklanan A1, A2 ve A3 parçalarından üretildiğini düşünelim. C1 ve C2 hayalet elemanlar olarak belirlenir. MRP P, A1, A2 ve A3 için ihtiyaçları üretir çünkü, C1 ve C2'nin üretimi çekme sistemi ile kontrol edilmektedir.



Şekil 21. "Otomatik Kayıt" ve "Hayaletler" in kullanımını gösteren bir örnek (a) Ürün ağacı (b) Malzeme ve bilgi çıkışı

1. Malzeme açısından: P'nin üretimi için emir çıkarıldığında A1, A2 ve A3'ün uygun miktarlar envanterde emir için ayrılır. MRP'in C1 ve C2 için emir üretmemesine rağmen, bunlar üretilecektir (çekme üretim kontrol sisteminde). C1 ve C2'nin üretimi için gerekli malzeme (A1, A2 ve A3'ün uygun miktarları) hazır olacaktır çünkü P için yapılan üretim emri sonucu MRP tarafından çekilecektir. P, C1 ve C2'nin ürettiği üretim bölgesi envanterden C1 ve C2'nin uygun miktarları çekilerek üretilecektir. P için çıkan emir kapatılınca otomatik kayıt, P, A1, A2 ve A3'ün envanter seviyesini güncelleştirir ve diğer kaynakları kayıt eder.

2. Veri açısından: JIT problemleri açığa çıkarmak ve çözmek için envanter seviyesi ve parti hacmini düşürmek suretiyle işlerler. MRP bilgi tabanında şu bilgiler güncelleştirilir: Üretim zamanları, hazırlık zamanları, hurda oranı, operasyon zamanları, işgücü zamanı, parti hacmi ve emniyet stokları.

Çekme üretim kontrol sistemini uyararak için kullanılan bu otomatik kayıt ve hayaletlerin kullanımı ile ilgili olarak üç problem vardır:

- MRP'yi ele aldığımızda, C1 ve C2'nin hiçbir stoğu mevcut değildir.
- Tahsis edilen A1, A2 ve A3 malzemelerinin C1 ve C2'nin üretimi için kullanılmasından önce P'in iş emri kapatılmış olabilir ve bu nedenle envanterlerin otomatik kaydı yapılmış olabilir.
- C1 ve C2 için hiçbir MRP emri üretilmediğinden C1 ve C2'nin üretiminde kullanılan malzeme, işgücü, makina zamanı ve takım kaynaklarını izleyemez ve P'nin üretiminde C1 ve C2'nin kullanımını izleyemez.

İlk iki problem MRP'nin üretim içi envanter miktarlarını ve noktalarının tahmininde hatalara kadar uzanabilir. Bu, envanterin farklı stok bölgelerine tahsisi halinde problem olmaktadır. Üçüncü problem MRP'nin üretim içi stok maliyeti ve her departman veya emir bazında kullanılan kaynak miktarını tahmin etmesinde hatalara kadar uzanır. Envanter seviyesi düşük, üretim süresi kısa ve gerçekte tüketilen kaynaklar izin verilen standart kaynaklara eşit olduğunda bu hata ufaktır. Tüm bunlar tamamıyla JIT'in gerçekleştirme amaç edindiği noktalardır.

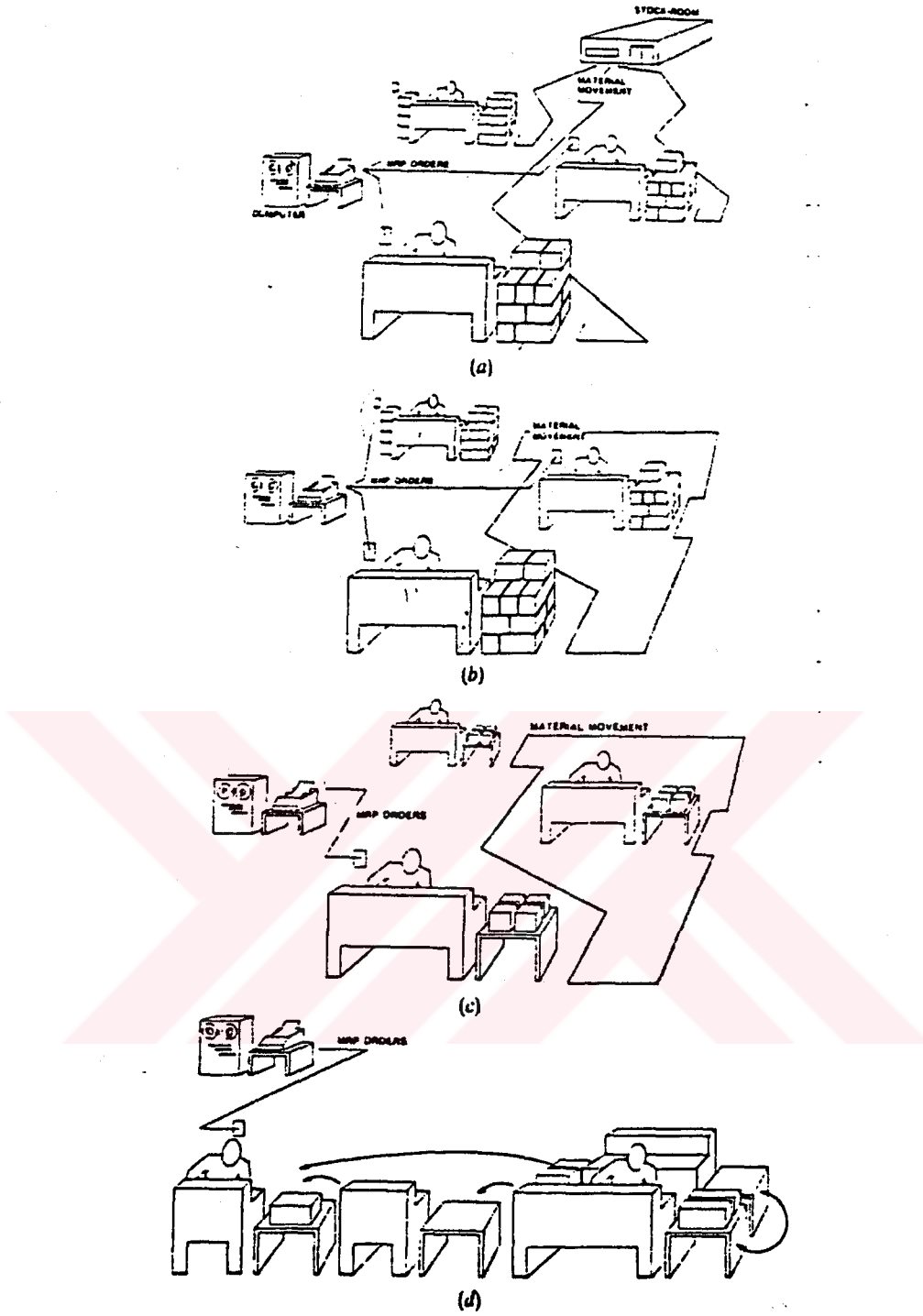
Adım 3. Fiziksel akış hattı oluşturma

JIT açısından: Bu adımda, adım 1 ve adım 2 çok kapsamlı olarak gelişmiş üretim prosesi şekil 22'de görülen hat akışı şekline dönüştürülür. Çekme üretim kontrol sistemi hattın geri kalan kısmını kontrol ederken MRP emirleri hattın son safhasına dağıtılır. Malzeme, ihtiyaç duyuldukça hat boyunca yerleştirilmiş bulunan küçük stoklardan çekilir, sonra stoklar tamamlanmak için üretim başlatılır.

Stok seviyelerini düşürme ve ortaya çıkan problemleri çözme işlemi stok seviyeleri mümkün olan en küçük değere ulaşmaya kadar sürer.

MRP açısından: Donanım akış hattına tekrar yerleştirilince, stok yerleri, taşıma ve kuyruk süreleri, üretim zamanları, hazırlık zamanları, operasyon zamanları ile ilgili olan değerler MRP veri tabanında güncelleştirilir. Parça bilgisi ile ilgili iki nokta gerçekleştirilebilir:

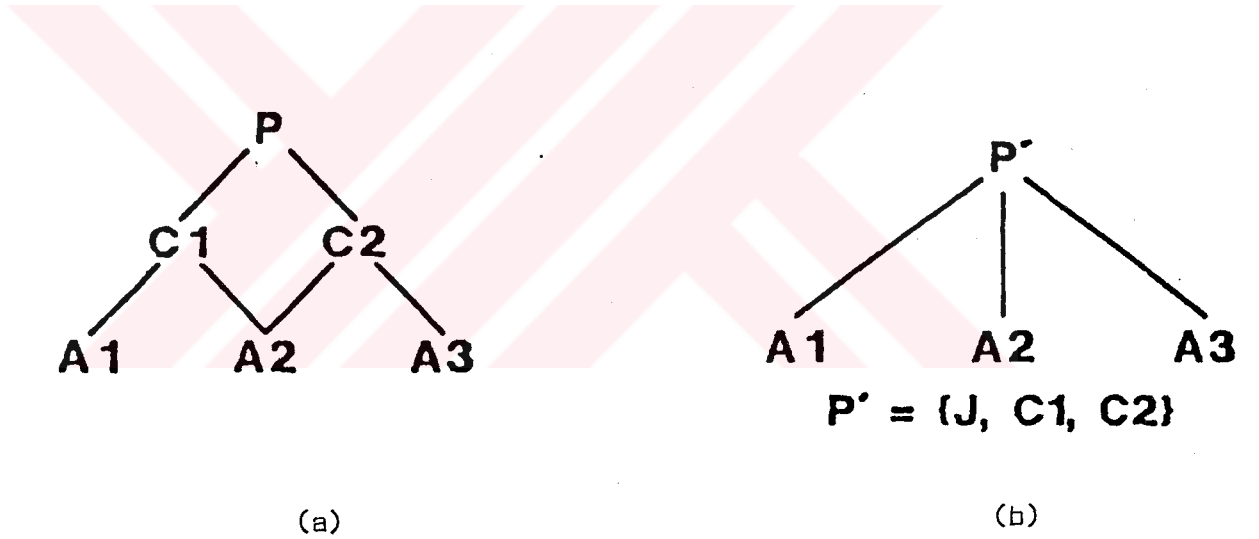
- Son ürün rotası hattaki tüm operasyonları kapsamak amacı ile güncelleştirilir. Bunlar, son ürünü üretmek için gereken operasyonlar ve son üründe kullanılan elemanların üretimi için gerekli operasyonlardır. O halde son ürün için MRP emri tüm JIT parçaları için bir emir olmaktadır. Kaynaklar bir emir için tüketildikçe MRP'ye rapor edilir. Şekil 23 bunun normal bir ürün ağacını geniş ve basık, yani JIT prensiplerine göre üretilen ürünler için tipik olan bir ağaca nasıl dönüşmekte olduğunu göstermektedir.



Şekil 22. JIT'in MRP'ye uyarlanmasını gösteren üç adımlı işlemin gösterimi (a) MRP tarafından kontrol edilen üretim prosesi (b) Adım 1- hızlı malzeme taşıma yolu ile mantıksal hat akışı yaratma (c) Adım 2- mantıksal hatta çekme kontrol sistemi uygulanması (d) Adım 3- fiziksel akış hattı oluşturma

- Son ürün veya herhangi bir diğer parça için adım 2'dekinden eaşka olarak herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Son ürün için bu MRP emri dağıtılmıştır. Emir kapatılınca, MRP uygun envanterleri otomatik olarak kayıt eder. Diğer parçalar hayalet elemanlar olarak belirlenmiştir ve çekme sinyaline cevap olarak üretilirler.

Bu alternatiflerden herhangi biri JIT'in MRP içinde işlevini yapmasına izin vermektedir. JIT envanter seviyeleri ve parti hacimlerini, problemleri ortaya çıkarmak için düşürmek suretiyle çalıştıkça MRP veri tabanında şu değerler güncelleştirilir: Üretim zamanları, hazırlık zamanları, işgücü zamanı, parti hacimleri ve emniyet stokları.



Şekil 23. JIT ile ilgili olarak basık, geniş ürün ağacı
(a) Normal ürün ağacı, (b) JIT ürün ağacı

JIT projesinden edinilen yararlar: JIT'in üç ana faydası; daha düşük maliyetler, daha düşük üretim zamanları ve daha iyi kalitedir.

- MRP bazı maliyetleri hesaplar ve izler böylece bu maliyetlerdeki düşmeler MRP tarafından rapor edilir.
- Üretim süresindeki iyileştirme MRP tarafından izlenemez, bu nedenle ayrı olarak izlenmelidir.
- Hurda oranını azaltan kalitedeki iyileşme MRP tarafından izlenebilir, çünkü MRP hurda maliyetlerini kayıt eder. Tekrar işleme maliyetlerini, garanti maliyetlerini veya müşteri siparişlerini artıran kalite iyileştirmeleri MRP tarafından kontrol edilmeyecektir. Bu nedenle, bu değişiklikler ayrıca izlenmelidir.

Diğer yararlar (adım 3'e ulaşıldığında), azalan taşıma maliyetlerini ve alandan tasarrufu (stok ve depo hacminin azalmasından kaynaklanır) kapsar. Bu değişimler MRP tarafından rapor edilemez. Eğer ayrıca izlenmezler ise bu yararlar gözden kaçacaktır.

En önemli ve genelde MRP tarafından ölçülen tek perforans ölçütü "üretim maliyeti"dir. Birçok işletmede JIT'in başarısı sadece üretim maliyetindeki etkisi ile ölçülmektedir.

Üretilen bir parça için MRP parça rotasından, hazırlık, işgücü, makina, malzeme ve takım kaynaklarının standart miktarlarını hesaplar. Gerçek kaynaklar tüketildiğinde, bunlar MRP'ye bildirilir ve gerçek maliyetlere dönüştürülür. Dönüşüm tahmin edilen direkt ve genel kaynak maliyeti oranlarına dayanır. Gerçek maliyetler hesaplanan standart maliyetlerle karşılaştırılır. JIT'in başarılı olması için üretim maliyetleri ile ilgili olarak aşağıdakilerden en az bir tanesini yerine getirmelidir.

- İzin verilen kaynak miktarını azaltmayı mümkün hale getirmek (standartları azalt).
- İzin verilen miktardan daha az kaynak kullanmak (gerçek miktarları azalt).
- Kaynak maliyet oranlarının azalmasına izin vermek.

Bugüne kadar JIT hakkında elde edilen deneyim, tüm bunların uzun vadede olacağını belirtmektedir. Bununla birlikte, JIT projesinin başlangıcında üretim maliyetleri artabilir.

Örneğin:

- Bir firmanın tedarikçilerinin JIT dağıtım yapmalarına ihtiyaç vardı. Tarıkçı maliyetleri sonucu tedarikçileri yolladılar. Sonuç malzeme maliyetlerinde artış oldu.
- JIT uygulandığında genelde parça başına hazırlık maliyeti artar. Bir firmanın JIT projesine başlamasından önce, uzun hazırlık süreleri birçok elemana yayılmıştı çünkü, parti hacimleri büyük idi. JIT projesinde parti hacimleri küçültüldü fakat hazırlık zamanlarında bununla uyumlu bir düşüş olmadı. Sonuç her bir ürün başına daha yüksek hazırlık maliyeti oldu (hazırlık maliyetleri üzerinde genel gider maliyetlerinin payı çok fazlaydı). Bu durum anlaşıldığında, firma anında parti hacmini yükselterek buna cevap verdi ve hazırlık zamanlarını azaltma programına başladı.
- JIT için çalışanların desteğini kazanmak amacıyla yönetim bir süre için izin veren işçilik sürelerini düşürmemek üzerine uzlaşmaya varabilir.
- Parça kalitesini yükseltmek için yeni takımlar gerekli olabilir. Bu takım maliyetlerini yükseltecektir.
- JIT projesinin ele alınmasıyla kaynak genel gider oranı artabilir çünkü, örneğin mühendislik, bakım, satınalma, eğitim personeli v.s. ekstra personele ihtiyaç olabilir.

Açıkça JIT sadece üretim prosesinde iyileştirmeler yapmak amacıyla kullanılırsa başarılı olacaktır. Eğer JIT herhangi bir üretim planlama ve çizelgeleme sistemi olursa başarılı olamayacaktır.

Sonuç olarak MRP'nin veri tabanları ve prosedürleri için yapılacak değişiklik göreceli olarak azdır. Belirli bir MRP sistemindeki otomatik kayıt ve hayalet özelliklerinin yeteneklerine bağlı olarak JIT kontrollü parçalar üzerindeki planlama ve kontrolde bir miktar kayıp ortaya çıkacaktır. Bu değişiklikleri MRP içinde gerçekleştirmek sadece JIT'in MRP içinde işlemesine ortam hazırlar. Eğer başarılı olmuyor ise JIT iyileştirme işlemi üzerinde tekrar tekrar çalışmak gerekir. İyileştirme işlemi, envanter düzeylerini ve parti miktarları problemleri ortaya çıkarmak ve israfı ortadan kaldırarak üretim prosesini iyileştirme vasıtasıyla bu problemlerin çözümünden oluşmaktadır.

Üretim zamanı, kaliteyi geliştirme, zamanında gerçekleştirilen dağıtım ve teslimde gelişme,

hacimden tasarruf v.b. JIT'in bir takım yararlı yönleri MRP tarafından rapor haline getirilmeyecektir ve bu nedenle bu karakteristiklerdeki değişikliklerin gözden kaçırılmaması için ayrıca izlenmeleri gerekmektedir. JIT hazırlık sürelerini, işgücü sürelerini, makina zamanlarını ve takım maliyetlerini düşürürse, üretim maliyetlerinde düşüşler oluşacak ve bunlar MRP tarafından rapor edilecektir.



BÖLÜM VI

SONUÇLAR

MRP imalat prosesinin lojistiğiyle ilgili bir yaklaşımdır. MRP müşterilerin ürünlere olan taleplerini alır ve bunları, zaman fazlı alt montaj, parça ve hammadde ihtiyaçlarına ayırır. MRP ayrıca, imalat prosesindeki faaliyetlerin çizelgelemesini ve müşteri ihtiyaçlarını zamanında karşılayabilmek için satıcılardan alınacak malzemelerin elde bulunup bulunmadığını da araştırır.

JIT biraz daha geniş bir bakış açısına sahiptir; ürünün ne olduğu, nasıl üretileceği ve müşteriye ürünün zamanında teslim edilmesiyle ilgilidir. JIT, hammadde ve satın alınan birimlerin teslimatlarının başarılı olması için satıcıların imalat prosesine etkilerini ve süregelen ilişkilerin geliştirilmesinin yollarını aramaktadır.

OPT, MRP gibi bir çizelgeleme aracıdır. Ne zaman ve ne kadar olmalı sorularıyla ilgilenmektedir. Bununla birlikte, JIT gibi, üretim prosesiyle de daha fazla ilgili ve daha detaylı çizelgelemeler üretmektedir. OPT ayrıca, bir dereceye kadar ürünün nasıl üretileceğini de araştırmaktadır. Proses ve transfer parti büyüklüklerini düzenlemekte ve darboğaz kaynakları belirlemektedir.

Bir imalat işletmesi için bu stratejilerden hangisinin uygun olduğunun seçimi önemli bir konudur. Daha önce imalat sistemi tipleri ve bu üç yaklaşımı anlattığımız kısımlarda bazı göstergeler verilmiştir. Eğer imalat prosesi tekrarlı ise JIT kabul edilebilir. Eğer kabul edilemez ise bütün yarımamül veya tampon stokların ortadan kaldırılması tamamiyle gerçekleştirilemeyecektir. JIT felsefesi, faydalı proses iyileştirmelerini sağlamaktadır. İşletmelerin ürettiği ürünlerin karmaşıklığı ve pazar durumu çerçevesinde, işletmenin imalat stratejisinin açıkça tanımlanmasına ihtiyaç vardır.

Tekrarlı olmayan imalat yapan şirketler için üretim planlama stratejisinin seçilme zorunluluğu vardır. Yani, planlama prosesi hiyerarşik olmalıdır. Aksi takdirde çok fazla detayla karşılaşılacaktır.

Fabrikalar tekdüze değildir ve uyumlu bir çalışma için farklı yaklaşımları kabul etme gereksinimi vardır. Geleceğin imalat sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamak için hibrit yapıdaki teknikler kullanılacaktır.

KAYNAKÇA

1. Browne, J. Harken, J. and Shivnan, J. Production Management System, A CIM Perspective, Addison-Wesley, Wokingham, UK, 1988
2. Durmuşoğlu, B. Tam Zamanında Üretim Sistemleri Yüksek Lisans Ders Notları, 1992
3. Flapper, S.D.P., Miltenburg, G.J. and Wijngaard, J. Embedding JIT into MRP, International Journal of Production Research, 9, 329-341, 1991
4. Gaither, N. Production and Operations Management, The Dryden Press International Edition, 1992
5. Jones, G. and Roberts, M. Production Technology, IFS Publication, UK, 1990
6. Komacek, S.A., Lawson, A.E. and Hortan, A.C. Manufacturing Technology, Delmar, New York, 1990
7. Miltenburg, J. and Wijngaard, J. Designing and Phasing in Just-In-Time Production System, International Journal of Production Research, 29, 115-131, 1991
8. O'Grady, P.J. Putting the Just-In-Time Philosophy into Practice, Kagon Page, 1988
9. Ramsay, M.L. and Tabibzadeh, K. Push, Pull and Squeeze Shop Floor Control with Computer Simulation, Industrial Engineering, Feb., 39-45, 1990