

JIT
(TAM ZAMANINDA)
ÜRETİM SİSTEMİ YAKLAŞIMI
VE
BİR UYGULAMA ÖNERİSİ

AYFER DOYURAN

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Yrd.Doç.Dr.NİHAT YÜZÜGÜLLÜ

Şubat-1990

Ayfer DOYURAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "JIT (Tam Zamanında) Üretim Sistemi Yaklaşımı ve Bir Uygulama Önerisi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..2/.4../1990

Üye : Prof. Dr. Günsel YENERLİSOY

Üye : Doç. Dr. A. Ekrem ÖZKUL

Üye : Y. Doç. Dr. Nihat YÜREĞİRLİ
(Danışman)

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 11.4.1990..
gün ve ..241/7..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Üretim yönetimi teknolojileri konusunda son yıllarda büyük gelişmeler gözlenmiştir. Bu gelişmenin ardında bulunan etken, kıt kaynakların gereken zamanda, gereken miktarda ve gereken yerde kullanılmasının gerekliliğidir. Bu amaca ulaşmayı hedefleyen günümüz üretim yönetimi teknolojilerinden birisi de JIT (Just-In-Time) üretim sistemidir.

JIT'in genel amacı, gereken miktarda, gereken zamanda, gereken yerde ve istenen kalitede üretim yapmaktır. Üretim-stok boyutunun ötesinde, işgörenlere verdiği sorumluluk ile verimlilik artışı, kalite kontrolü gibi diğer alanlarda da kullanılmaktadır.

Bu çalışmada başarılı bir üretim sistemine ulaşabilmek için JIT üretim sisteminin kullanılabilirliği ve uygulanabilirliği gösterilmiştir.

TÜLOMSAŞ (Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii A.Ş.)'a, ait vagon fabrikasında, vagon imalatı için gerçekleştirilen bu çalışmayla JIT sistemi tasarımı aşamalar halinde geliştirilmiştir. JIT kullanımı ile mevcut sistemdeki üretim karmaşıklığı, bilişim zorluğu gibi problemlerin giderebileceği ve üretim maliyetlerinde düşüşe neden olacağı etkin ve kolay işleyen bir üretim sistemine sahip olunacağı görülmüştür.

ABSTRACT

Great developments have been observed in recent years about the area of production management technology. The motive force behind this, is the musts of scarce resource use at required time, quantity, and place. One of today's production management technologies targeting these objectives is JIT (Just-In-Time) production system.

General purpose of JIT is to produce at required time, on required place with required quantity and quality. Beyond the production-stock sizes, it is also used for employee responsibilities with productivity increases, quality control and for other similar areas.

In this study, usability and applicability of JIT production system for reaching to a succesful production system have been pointed out.

With the study of TULOMSAS (Lokomotive & Motor Corporation of Turkey) freight car works' wagon production, the design of JIT system has been observed that the use of JIT shall provide an effective and easy working production system with less production complexity, less communication difficulty and less production costs.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE YÖNETİMİ X . .	6 ✓
2.1 Üretim ve Üretim Sistemleri X . .	6 ✓
2.2 Üretim Sistemi Yönetimi X . .	8 ✓
2.3 Geleneksel Üretim Yönetimi Yaklaşımlarından Yeni Üretim Yönetimi Yaklaşımlarına Geçiş . .	12
2.4 Günümüz Üretim Yönetim Yaklaşımları . . X .	16 ✓
2.4.1 Malzeme Gereksinim Planlaması-MRP . .	16
2.4.2 Üretim Kaynakları Planlaması-MRP II .	17
2.4.3 Eniyilenmiş Üretim Teknolojisi-OPT X	18 ✓
2.4.4 Esnek İmalat Sistemleri-FMS X	19 ✓
2.4.5 Tam Zamanlı Üretim Sistemi-JIT . . .	22
3. JIT (TAM ZAMANINDA) ÜRETİM SİSTEMİ X	25 ✓
3.1 JIT Üretim Sisteminin Gelişimi X . .	25 ✓
3.2 JIT Üretim Sisteminin Amaçları X . .	28
3.3 JIT Üretim Sisteminin Gereklere X . .	30 ✓
3.4 JIT Üretim Sistemi Tasarımı	33
3.5 JIT Üretim Sisteminde Kanban Kavramı	35
3.5.1 Kanban Sistemi	35
3.5.2 Kanban Tipleri	37
3.5.3 Ana Tip Kanbanlar	38
3.5.3.1 Üretim-Sipariş Kanbanı	38

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5.3.2 Çekim Kanbanı	41
3.5.4 Diğer Tip Kanbanlar	44
3.5.4.1 Ekspres Kanbanı	44
3.5.4.2 Aciliyet Kanbanı	44
3.5.4.3 Tedarikçi Kanbanı	44
3.5.4.4 İşaret Kanbanı	44
3.5.4.5 İş-Emri Kanbanı	44
3.5.4.6 Tünel Kanbanı	45
3.5.4.7 Genel Kanban	45
3.5.5 Kanbanların Süreç İçi Kullanımları	45
3.6 JIT Sisteminin Modellenmesi	48
3.6.1 Matematiksel Model Yaklaşımı	49
3.6.2 Benzetim Yaklaşımı	61
4. JIT SİSTEMİNİN UYGULANMASI	64
4.1 Uygulamanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtımı	64
4.1.1 Genel İşletme Yapısı	64
4.1.2 TÜLOMSAŞ Vagon Fabrikası	65
4.1.3 Vagon İmalatı ile İlgili Bilgiler	66
4.2 Mevcut Sistemin Değerlendirilmesi	70
4.3 Önerilen Üretim Yönetim Sistemi	74
4.3.1 JIT Sisteminin Tasarımı Hakkında	75
4.3.2 Vagon Üretim Program ve Parça Bilgilerinin Derlenmesi	77
4.3.3 Montaj Aşaması İçin Parti Büyüklüğünün Belirlenmesi	83
4.3.4 Montaj Hattı Parti Büyüklüklerinin İrdelenmesi	89
4.3.5 Malzeme Çeken Safha İçin Parti Büyüklüğünün Belirlenmesi	93

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3.6 Malzeme Çeken Safhanın Parti Büyükliğünün İrdelenmesi	97
4.3.7 Benzetim yaklaşımının uygulanması	103
4.4 Kanbanların Tasarlanması	106
4.4.1 Malzeme Çekim Kanbanının Tasarımı	107
4.4.2 Parça Çekim Kanbanının Tasarımı	107
4.4.3 Üretim Kanbanının Tasarımı	107
4.4.4 Kanbanların Miktar ve Çeşitlerinin Belirlenmesi	110
4.5 JIT Satınalma Boyutu	111
4.6 Sistemin İşleyişi	113
4.7 Sistemin Getirileri	118
5. SONUÇ	126
6. KAYNAKLAR DİZİNİ	128

EKLER

1. Şasi Ürün Ağacı
2. Ana Üretim Programları
3. ABC Analizi Sonuçları
4. Göbek Takviyesi Süreç Şeması
5. Enine Kiriş Kanban Akışı
6. Boy Kirişi Süreç Şeması
7. Boy Kirişi İç Komple Kanban Akışı
8. Tampon Travers Süreç Şeması
9. Tampon Travers Kanban Akışı
10. Yastık Takviyesi Süreç Şeması
11. Alın Sacı Kanban Akışı
12. Sistem İşleyiş Şeması

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Üretim sistemi	7
2.2 Malzeme akış sistemi	9
2.3 Üretim planlama ve kontrol sistemi	11
3.1 Genel bir kanban yapısı	37
3.2 Ana tip kanbanlar	38
3.3 Üretim kanbanı süreci	39
3.4 Üretim kanbanı hareket alanı	40
3.5 Üretim kanbanı örneği	40
3.6 Çekim kanbanı süreci	41
3.7 Çekim kanbanı hareket alanı	42
3.8 Çekim kanbanı örneği	43
3.9 Kanbanın süreç içi kullanımı	46
3.10 Kanban zinciri	47
4.1 Yıllara göre vagon üretimi	67
4.2 Vagon üretimi talep projeksiyonu	67
4.3 Vagon imalatına geçiş	68
4.4 Vagon fabrikası tesis yerleşimi	70
4.5 Maliyet grafikleri	82
4.6 Parti büyüklüğünün belirlenmesi akış algoritması	84
4.7 Şasi kompleksi çizelgelemesi	91
4.8 Takviye parçası çizelgelemesi	98
4.9 Tezgah yükleme ve çizelgelemesi	101
4.10 Benzetim tekniğinde sistemin davranışı (1) . .	104
4.11 Benzetim tekniğinde sistemin davranışı (2) . .	105
4.12 Benzetim tekniğinde sistemin davranışı (3) . .	106
4.13 Malzeme çekim kanbanı örneği	108
4.14 Parça çekim kanbanı örneği	108
4.15 Üretim kanbanı örneği	109
5.1 Vagon ve Vagon Alt Kompleleri Üretim Grafiği(1).	122
5.2 Vagon ve Vagon Alt Kompleleri Üretim Grafiği(2).	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Vagon üretim programı	77
4.2 Vagon 1. kademe parça listesi	78
4.3 Vagon indirgenmiş parça listesi	80
4.4 Şasi 1. kademe parça listesi	80
4.5 Yastık takviyesi 1. kademe parça listesi . . .	81
4.6 Takviye kompleksi parça listesi	81
4.7 Maliyet değer aralıkları	85
4.8 Alternatif büyüklüklere ilişkin maliyetler . .	87
4.9 Talep-üretim karşılaştırması	87
4.10 Montaj safhası kanban miktarı	93
4.11 Şasi kompleksi imalatında kullanılacak kanban miktarı	94
4.12 Maliyet değer aralıkları	95
4.13 Alternatiflere ilişkin maliyetler	96

1. GİRİŞ :

II. Dünya savaşının ardından yaşanan ekonomik bunalım karşısında endüstrilerde yapısal ve teknolojik değişimler kaçınılmaz hale gelmiştir. Özellikle, "Yöneylem Araştırması", "Sistem Bilimleri", "Bilgisayar Teknolojisi" gibi bilim dallarında yapılan atılımlar üretim yönetimi kavramına da sıçramış ve bu alanda büyük değişim ve gelişmeler sağlanmıştır. Gelişmelerin sonucunda, yeni üretim yönetimi anlayışları başlı başına birer teknoloji, birer felsefe durumuna gelmişlerdir. Bu durumda üretim-stok sistemlerinde ürün tasarımına ve üretim planlama fonksiyonuna yönelik olarak iki koldan yeni yönetim yaklaşımları, bilgisayarsız bir ortamda düşünülememektedir. MRP (Malzeme Gereksinim Planlaması), MRP II (Üretim Kaynakları Planlaması), CRP (Kapasite Gereksinim Planlaması), OPT (Eniyilenmiş Üretim Teknolojisi) ve JIT (Tam Zamanlı Üretim Teknolojisi) bu yaklaşımların bazıları olup amaçları aynıdır: Gereken miktarda, gereken yerde ve zamanda, gereken kalitede üretimi ya da stoklamayı sağlamaktır.

Günümüz üretim sistemleri artık mümkün olduğunca az stokla çalışan, günlük hatta saatlik malzeme alımları yapmak isteyen, sisteme ait bilgileri eşzamanlı ve doğru bir biçimde elde etme imkanı olan sistemlerdir. Bu sistemlerde ürüne değer katmayan stok, taşıma, çizelgeleme v.b. unsurlar israf olarak nitelendirilmekte ve bunları yok etmek amacıyla uğraş verilmektedir.

II. Dünya savaşında en çok hasar gören ülkelerden biri olan Japonya'da, firmalar gerek yıkılan endüstriyi baştan kurmak gerekse Amerika ve Avrupa'daki firmalarla rekabet edebilmek amacıyla geleneksel üretim yönetim sistemlerini terkederek ve yukarıdaki üretim amacını hedefleyerek çalışmalarını başlattılar. Bu firmalardan biri olan Toyota Motor Co.'da yapılan çalışmalar sonucunda JIT üretim sistemi geliştirilmiş ve kısa bir sürede dünyaya yayılmıştır. Bugün

Amerika'da yüzlerce işletmede JIT kullanılırken, Almanya'daki firmalarda da uygulamalara başlanmıştır.

JIT üretim sistemi felsefesi Monden (1981) tarafından gereken miktarda, gereken zamanda, gereken yerde ve istenen kalitede üretim yapmak şeklinde tanımlanmıştır. JIT üretim sistemi çekme temelli bir sistemdir. Buna göre, atölye içinde parçalar ve malzemeler üretim yapıldığı sürece bir safhadan diğerine aktarılırlar, başka bir deyişle çekilirler. Çekim esnasında önemli olan çekilecek miktarların büyüklüğüdür. Bu miktar öyle olmalıdır ki, üretim safhaları arasında stok yığılmalarına, kuyruklara, tezgahlarda darboğazlara, iş merkezlerinde boş beklemelere rastlanmamalıdır. Bu amaçla sonuçta eniyi değerlere ulaşılabilen matematiksel programlama ve benzetim tekniklerinden yararlanma yoluna gidilmiştir. Kimura ve Terada, çok aşamalı seri üretim sistemleri için modeller geliştirerek, talep dalgalanmalarının üretimi ve stok düzeyini nasıl etkilediğini göstermişlerdir. Bitrang ve Chang matematiksel programlama formülasyonunu vermişler ve analiz için benzetim teknikleri kullanmışlardır.

JIT üretim sisteminin mekanizmasını çekme sistemi oluştururken, bilişim sistemi olarak yine Toyota Motor Firması tarafından Kanban sistemi geliştirilmiştir. Kanban bir çeşit kart olup üretim aşamaları arasında gidip gelerek üretimi başlatma ve aşamalar arası talepleri düzenlemekte kullanılmaktadır. Verdiği hizmet türüne göre çeşitli tipte kanban tasarlanabilir. Ençok kullanılanları üretim ve çekim kanbanlarıdır. Çekim kanbanı bir aşamanın kendisinden bir önceki aşamadan çekeceği ürünün miktarını ve türünü belirlerken, üretim kanbanı bir önceki aşamanın ne çeşit ve miktarda üretmesi gerektiğini belirlemektedir (Kimura & Terada, 1981).

Dünyada süregelen bir endüstrileşme karşısında ülkemizde de birtakım gelişmeler olmakla beraber gelişmeler 10-

20 yıl gibi farkla geriden izlenebilmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden ikisi gelişen teknolojiyi yakından izleyememek ile gelişimi çabuk benimseyip uygulama aşamasına geçememektedir. Örneğin; bu çalışmada ele alınan JIT üretim sistemi teknolojisinin ülkemiz koşullarında uygulanamayacağı ilk gelen tepkiler arasındadır. Ülkemiz için JIT'in satınalma yönetimi açısından tam anlamıyla kullanılamayacağı doğru olabilir, ancak bir atölye içi üretim ve malzeme planlaması ile kontrolü boyutunda son derece etkin bir biçimde kullanılabileceği de bir gerçektir. Üretim-stok kontrolunun bu yolla sağlanmasının yanında işçi kontrolü, atölye düzeyinde sorumluluk, satınalmada iyileştirme, depolamada etkinlik, verimlilik artışları da beraberinde gelecektir.

Bu çalışmada bir imalat sisteminde JIT sistemi tasarlanmıştır. Ana amaç ele alınan sistemde üretimi ve malzeme kontrol altına alarak süreç-içi stokları azaltmak, bağlı olarak malzeme alımlarını düzenlemektir. Mevcut sistemde ürünlerin çok fazla sayıda parçadan oluşması ve atölyede yerleşimin uygun biçimde olmaması kontrolü güçleştirmekte yapılan planlar da anlamsızlaşmaktadır. Planlama ve kontrolün etkin olmaması, atölye içinde karmaşıklığa, süreç-içi stok yığılmalarına, fazla malzeme alımlarına, kapasitenin eksik kullanılmasına, gereksiz zamanda ve yerde kaynak kullanımına neden olmaktadır. Bilişim sisteminin yokluğundan dolayı da üretim bilgilerine, mevcut malzeme bilgilerine dahi erişilememektedir.

Yukarıda sözü edilen problem ya da aksaklıkların JIT ile giderilebileceği veya en azından hafifletilebileceği öngörülmektedir. Ancak sistemin büyüklüğü, ürünlerin çok sayıda parçadan oluşması, işgücünün fazla olması kesinlikle bir bilgisayar ortamı gerektirmektedir. Özellikle, JIT için gerekli ürün ağaçlarının hazırlanması, çizelgelerin yapılması, kapasite gereksinim planlarının belirlenmesi için MRP II sistemine ihtiyaç vardır. MRP II'ye geçiş çalışma-

larının sürdürüldüğü ve bazı modüllerin temin edildiği bu sistemde JIT'i devreye sokmak başarıya ulaşmayı çabuklaştıracaktır.

Çalışmada JIT (Just-In-Time) teriminin doğrudan orijinal şeklinin kullanımı tercih edilmiştir. Tam Zamanında, Tam Anında ve Anında üretim sistemi gibi Türkçe karşılıklarının kullanılmasına karşılık bunlar JIT'in gerçek anlamını vermekten öte yanlış anlamalara da yol açmaktadır. Monden (1981), bir makalesinde JIT'in tercüme edilerek kullanıldığı ülkelerde yanlış yorumlara ve anlaşılmalara yol açtığını belirtmektedir. Örneğin; ülkemizde, tam zamanında üretim dendiğinde pekçok kişi üretimin, üretim emri geldiği anda yapılıp sevk edilmesi olarak yorumlamakta ve bunu imkansız olarak belirterek JIT'i baştan reddetmektedir. Bu yüzden JIT üretim sistemi çalışma boyunca JIT olarak anılmıştır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Genel üretim ve üretim sistemleri hakkında bilgiler birinci bölümde açıklanarak, geleneksel üretim yönetiminden yeni üretim yönetimi yaklaşımlarına geçiş ile günümüz üretim yönetim teknolojileri ele alınmıştır.

JIT üretim sistemi ikinci bölümde açıklanmaya çalışılmıştır. Burada JIT'in gerekleri, varsayımları ile sistem işleyişi açıklanmış ve önceden de belirtildiği üzere parti büyüklüğünün analizinde kullanılabilecek matematiksel model ile benzetim yaklaşımlarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölüm JIT sisteminin kurulmasına yönelik gerçek bir imalat sisteminde yapılan uygulama kısmıdır. Bu bölüm de kendi arasında bazı aşamalardan oluşmuştur. Bu aşamalara kısaca şu şekilde değinilebilir.

Önce mevcut sistemin sorunları dile getirilmiş ve neden JIT'e ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Daha sonra tasarım aşamasına geçilerek JIT için gerekli olan ihtiyaçlar ile tasarımda gerekli olan verilere değinilmiştir. Ge-

rekli olan ürün ağacı bilgileri, üretim programları, sistem safhaları tespit edildikten sonra örnek seçilen safhalar için parti büyüklüğü matematiksel model ve benzetim yaklaşımı ile belirlenmiştir. Belirlenen parti büyüklüğüne göre üretim çevriminin dengeli olup olmadığı ve tezgah, işgücü darboğazları yaratıp yaratmadığı analiz edilmiştir. Analizler sonucu kapasite problemlerinin bulunmadığı görüldüğünden parti büyüklükleri kabul edilerek Kanban sisteminin tasarımına geçilmiştir. Son olarak sistemin işleyişi tanımlanarak satınalma fonksiyonuna değinilmiştir. JIT tasarımında MRP II'nin gerekliliği bu aşamada görüldüğünden buna da değinilmiştir.

Tasarım sonuçlarının değerlendirilerek mevcut ve önerilen sistemin karşılaştırılmasıyla JIT sisteminin uygunluğu belirlenip, önerilerek çalışma tamamlanmıştır.

İlk etapta başarılması zor ve ağır külfet gerektirecek gibi görünen ve işletmelerimize çok yabancı olan JIT sisteminin başlangıcında mevcut sistemin reorganizasyonu açısından zorluklar çıkabilir. Ancak reorganizasyonun yapıp, sistem dengelendikten sonra işletimi kolay, müdahale gerektirmeyen ve verimliliği arttıran bir sisteme sahip olunacaktır. MRP II'li sistemlerde ise JIT tanımlaması daha kolay olacak ve daha başarılı sonuçlar getirecektir.

2. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE YÖNETİMİ

Bir üretim süreci, bir dizi girdi ve işlemin bir araya gelmesi ile oluşur. Yakın dönemlere kadar yaygın olan geleneksel üretim yönetimi anlayışına göre üretim süreci içindeki her bir işlemin olabildiğince etkin bir biçimde yerine getirilmesi öneriliyordu. Çağdaş üretim yönetimi anlayışına göre ise ilgi ve dikkat yalnızca tek tek işlemlere yöneltilmemekte ve bunlar bağımsız bütünlük içinde ele alınmaktadır (Barutçugil, 1983).

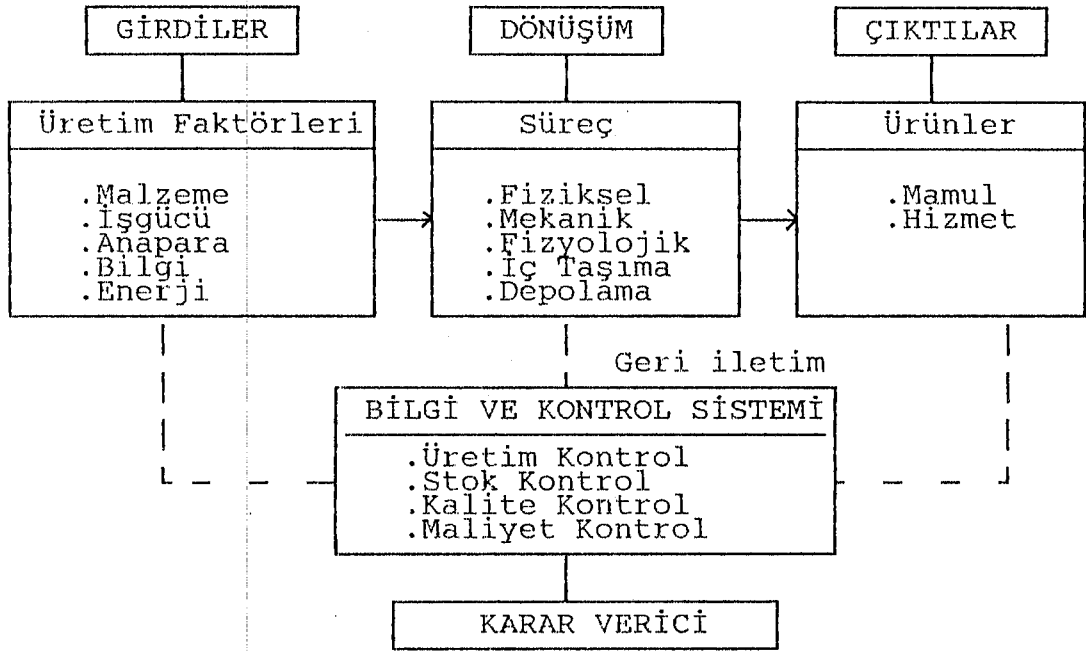
İzleyen kesimde, üretim sistemi ve yönetimine kısaca değinildikten sonra geleneksel üretim yönetiminden çağdaş üretim yönetimi yaklaşımına geçiş ile bu yönetim yaklaşımları tartışılmıştır.

2.1 Üretim ve Üretim Sistemleri

Üretim dar anlamda, makina, insan ve malzeme kullanımını yoluyla bir fiziksel varlığın yapımı veya bir hizmetin ortaya konulması şeklinde tanımlanmaktadır.

Temel amacı bir mamul veya hizmet yaratmak olan üretimin gerçekleşmesi için üretim faktörleri adı verilen unsurların belirli koşullar ve yöntemlerle biraraya getirilmesi gerekmektedir. Üretim fonksiyonunu yerine getirmek için biraraya getirilmiş öğeler ise üretim sistemini oluştururlar. Üretim sistemi, Şekil 2.1'de gösterilen yapıyla tanımlanabilir.

Malzeme, işgücü, anapara, bilgi gibi üretim faktörlerinin sisteme girmesinden sonra üretim faaliyetleri üretim faktörlerini fiziksel, kimyasal, teknolojik ve ekonomik değişikliklere uğratarak ürün şekline dönüştürme amacıyla yürütülür ve yerine getirilirler. Bunların sonucunda ise mal ya da hizmet adını verdiğimiz çıktılar elde edilir.



Şekil 2.1 : Üretim Sistemi

{Ancak üretim sistemi dinamik bir sistemdir ve çıktıların amaca uygunluğu, sınanarak elde edilen bilgilerin yönlendirici ve gerektiğinde düzeltici olmak üzere sisteme geri iletilmesi gerekmektedir. Geri iletim çevrimi yoluyla çıktıların yönetim sürecinin temel unsuru olan karar vericinin hazırlanmış olduğu planlara ve belirlemiş olduğu performans ölçütlerine uygunluğu değerlendirilir (Kara ve diğerleri, 1989)}.

→ Üretim sisteminin tasarımına ve yönetimine ilişkin kararlar, bir seri alt sistemler hiyerarşisinde toplanmaktadır. Üretim sisteminde üretim süreçlerinin niteliğine bağlı olarak oransal ağırlıkları değişen alt sistemler birbirinden bağımsız olarak düşünülemezler.)

İşletmelerde üretim fonksiyonu çoğunlukla iki ana alt sistem içinde toplanabilen çeşitli alt sistemlerden oluşmaktadır. Birinci grupta, sistemin tasarımına ilişkin alt sistemler yer almakta ve bunlar uzun dönemli karar sorunlarını ortaya koymaktadırlar. İkinci grupta, sistemin

kontrolunu ve kısa dönemli sorunları ilgilendiren alt sistemler bulunmaktadır.) Ürün tasarımı, üretim mühendisliği, iş tasarımı, kuruluş yeri seçimi, fabrika içi tasarım ve üretim planlaması birinci gruba, üretim ve stokların kontrolu, kalite kontrolu, maliyet kontrolu, bakım ve yenileme ikinci gruba giren bazı alt sistemlerdir.

2.2 Üretim Sistemi Yönetimi

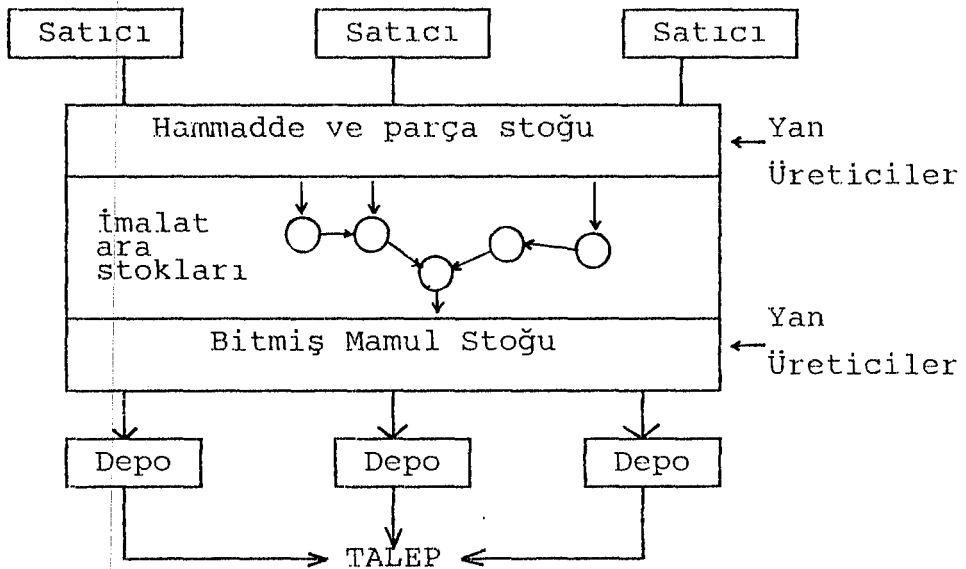
Girdi, dönüştürme ve çıktı çevriminden oluşan ve sonuçta mal ve/veya hizmet üretimi sağlayacak sistemlerin amaçlarına ulaşabilmeleri için sistemin sahip bulunduğu özelliklerini dikkate alabilecek bir yönetime ihtiyaç duyulacağı açıktır.

* Genel olarak, üretim yönetimi, bir işletmenin elinde bulunan malzeme, makina ve insangücü kaynaklarının belirli miktarlardaki ürünün istenilen kalitede, istenilen zamanda ve mümkün olan en düşük maliyette üretimi sağlayacak biçimde biraraya getirilmesidir. Başka bir deyişle, üretim yönetimi, miktar, kalite, zaman ve maliyet parametrelerini eniyilemeye çalışır (Acar, 1989).

Önceleri üretim yönetimi, üretim sistemlerinin sahip olduğu farklı boyuttaki alt sistemleri üzerinde özelleşmiş, malzeme yönlü boyutta malzeme yönetimi, stok yönlü boyutta stok yönetimi, üretim planlaması ve kontrolu gibi yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Ancak tüm üretim yönetimi alt sistemlerinin birbirinden bağımsız olabileceği düşünülmemeyeceği gibi birbirleriyle sürekli iletişim halinde bulunacakları da unutulmamalıdır. Bu etkileşim, örneğin bir üretim artışı kararı alındığında açıklıkla görülebilir. Artan üretim, stok düzeylerini, insangücü, malzeme, makina-teçhizat kullanımını, kalite denetimini, bakımı, imalat programlarını, işgücü maliyet ve verimliliğini ve daha birçok alt sistemi etkileyebilir.

Üretim sistemlerinin etkin bir işleyiş düzenine kavuşturulması, üretim ile yakından ilgilidir. Malzeme yönetimi, önceleri yalnızca tedarik ve stoklar açısından ele alınırken günümüz üretim-stok sistemlerinde üretim, finans, işgücü gerekleri vb. ile birlikte ele alınmaktadır.

Üretim yapan bir kuruluşun malzeme akış sistemi, genel bir fiziksel üretim sistemi modeli olarak Şekil 2.2' de verilmiştir (Acar, 1989).



Şekil 2.2 : Malzeme Akış Sistemi

Bu sistemin işleyişi şu şekilde özetlenebilir: Firma, hammadde ve bileşen parçaları dış satıcılardan temin etmekte ve bunları üretimde kullanılacakları zamana kadar stokta tutmaktadır. Üretim girdilerinin satın alınması ve bu girdilerin stoklarda saklanması işlevine 'satınalma işlemi' adı verilmektedir.

Satınalma üretim sistemine girdiyi sağlamakta, üretim sistemi ise bu girdileri üretim merkezlerinde işleyerek mamulü üretmektedir. Bir üretim merkezinin kapasitesi, merkezdeki işgücü ve tesislerin (makina ve teçhizat) yoğun-

luğu tarafından belirlenmektedir. Bir iş programı, malzemenin son mamul haline gelene kadar geçeceği üretim merkezlerini tarih sırasıyla belirlemektedir. Her üretim merkezinde yer alacak üretim işlemleri (operasyonları) belirlidir. İşlenmekte olan veya işlenmek için bekleyen malzemeler imalat ara stoklarını oluşturur. Bu arada firmanın iç kapasitesinin yeterli olmadığı durumlarda (örneğin, artan talep koşullarından) yan üreticiler yarı işlenmiş ürünü (fason imalat) bitmiş mamul stoğu öncesine iletirler.

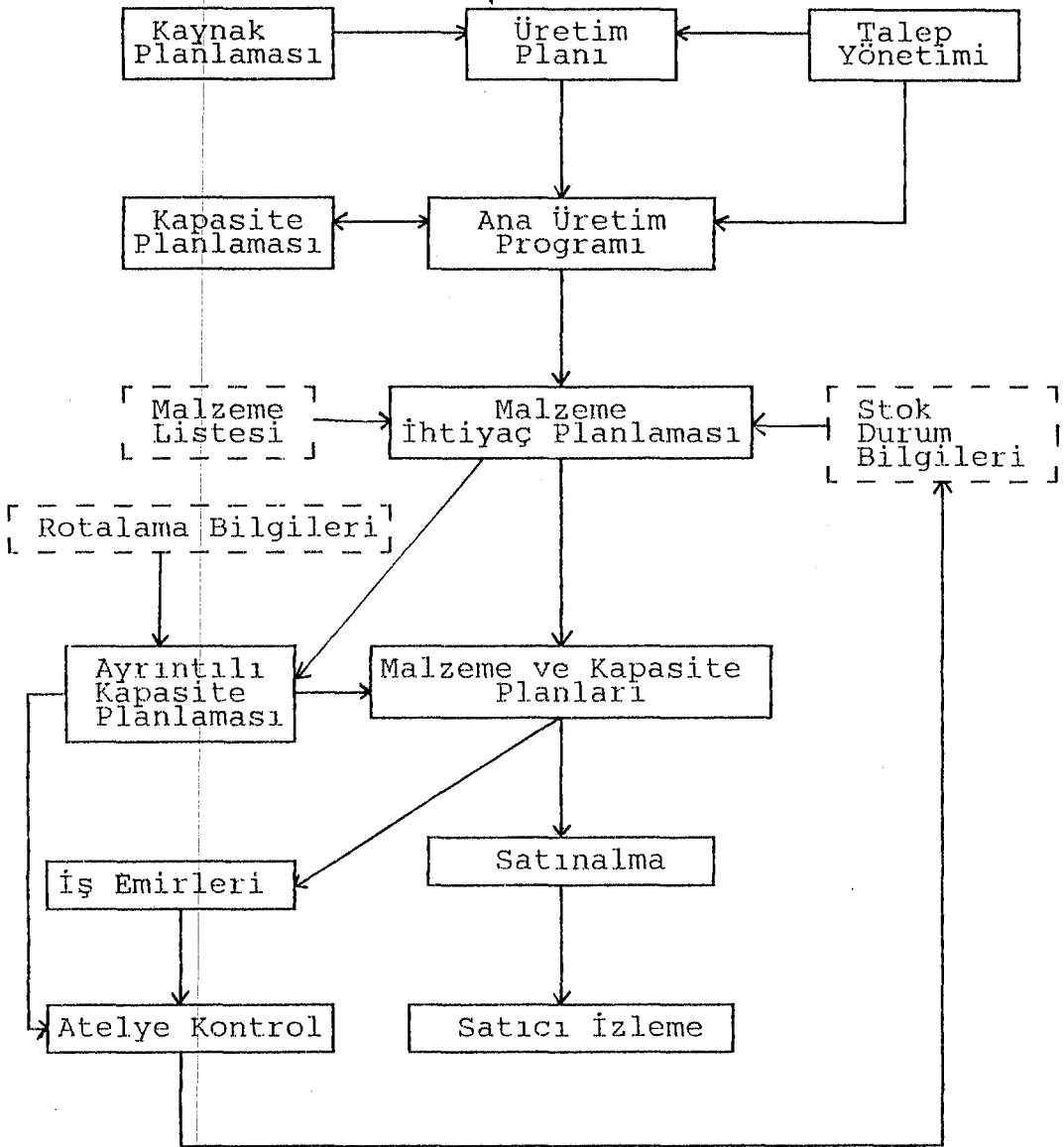
(Mamul, gerek bölgede bulunan depolarda gerekse firma içinde stoklanır. Mamul stoğunun yer ve kapasitelerinin belirlenmesi satış (dağıtım) bölümünün fonksiyonları arasında yer almaktadır. Ürün, sistemden müşteri talebini karşılamak üzere ayrılır. Müşteri, tüketici, toptancı, perakendeci ya da diğer bir üretici olabilir (Lynwood & Montgomery, 1974).

Malzeme sisteminin üç ana öğesi üretim yönetimi konusunda büyük önem taşır. Bunlar; miktar/zaman, kalite ve maliyettir. Miktar/zaman, belli bir zaman süreci içinde, bir üretim merkezinde işlenen malzeme miktarını belirler. Kalite, üretilen malın öngörülen standartlara uygunluğu ile belirlenir. Maliyet ise bir malın üretiminde kullanılan tüm kaynakların değeridir. Üretim planlaması ve stok kontrolü miktar/zaman öğesinin planlaması ve kontrolü konusunu ele alır (Lynwood & Montgomery, 1974).

Günümüzde işletmeler ÜPK (Üretim Planlama ve Kontrolü) fonksiyonunu sistem yaklaşımı çerçevesinde ele almak zorundadırlar. ÜPK faaliyetlerinin bir bütün olarak ele alınması sonucunda bu sistemlerin ana hatları ortaya çıkmaktadır.

İşletmelerin özelliklerine göre bu sistemlerin ayrıntılarında bazı farklılaşmalar göze çarpmakta, ancak temelde fazla değişiklikler göstermemektedir.

Şekil 2.3'de genel bir ÜPK sistemi gösterilmiştir (Vollmann & Berry, 1984).



Şekil 2.3 : Üretim Planlama ve Kontrol Sistemi

Genel bir ÜPK sistemi ve sistemin işlerlik kazanabilmesi için alt sistemlerde kullanılabilecek bazı farklı yaklaşımlar ile ÜPK sisteminde belirtilen alt sistemler ya da sistem modüllerinin işletilmesi için günümüzde birtakım bilgisayar paket programaları geliştirilmiştir. Bu prog-

ramlar sadece sistem modüllerinden bir ya da birkaçının belirtilen faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılır. Ancak ÜPK fonksiyonunun başarılı olabilmesi için tüm sistem modüllerinin işlerlik kazanması gereklidir.

2.3 Geleneksel Üretim Yönetimi Yaklaşımlarından Yeni Üretim Yönetimi Yaklaşımlarına Geçiş

Son 40-50 yıl içinde özellikle II.Dünya savaşından sonra sürdürülegelen geleneksel üretim yönetimi yaklaşımlarının karmaşık ve sürekli değişen imalat ortamlarında yetersiz kalmaları pekçok sorunu ortaya çıkarmıştı. Bu sorunların başlıcaları aşağıda verilmiştir (Kara ve diğerleri, 1989) :

- Kapasite Problemleri : İşgücü ve donanım yetersizliği nedeniyle üretimin, programların gerisinde kalması, bunun sonucunda aşırı fazla mesai, teslim tarihlerinde gecikme, müşteri şikayetleri, siparişlerin gecikmeli karşılanması vb. problemlerle karşılaşılması.

- Üretim Programlarının Yetersizliği : İşe alış önceliklerinin yanlış verilmesi, yetersiz üretim programlama ve çizelgeleme yöntemleri ile işlerin niteliklerindeki sürekli değişimler. Bunların sonucunda başlamış işlerin durdurularak öncelik kazanmış işlerin yüklenmesi, tezgah ayar ve hazırlık sürelerinin artışı, programlanmış işlerin aksaması.

- İmalat ve Tedarik Sürelerinin Uzunluğu : Yukarıdaki iki sorunun ortaya çıkmaması için üretim planlama elemanları genellikle sipariş (iş emirleri) sürelerini yüksek tutmaktadırlar. Bunun sonucunda aşırı iş yükünün ortaya çıkması, önceliklerin karışması ve sonuçta imalat sürelerinin uzaması.

- Etkin Olmayan Stok Kontrol Yöntemleri : Yukarıdaki sorunlarla birlikte genellikle hammadde, yarı işlenmiş malzeme ve çoğu kez de ürün stokları aşırı

yüksek olur. Ancak yine de üretim için gerekli malzemelerden bazılarının elde bulunmadığı durumlar ortaya çıkabilir. Stokların yüksek olmasıyla yatırım maliyetinin artması, gerekli malzemenin elde bulundurulmamasıyla da üretimin zamanında gerçekleştirilememesine bağlı kayıpların oluşması.

- İşlem Merkezlerinden Yararlanma Oranlarının Düşük olması : Çizelgelemeyle ilgili yetersizlikler (tezgahlarda yapılan işlerde aşırı sık değişiklik ve müdahaleler) ve işyeri yönetiminin kontrolünün sınırlı olduğu konularla ilgili faktörler (donanım arızası, grev, talebin azalması).

- İş Emirlerine Uyulmaması : İş emirleriyle belirtilen süreç ve işlemlerin yerini özel, alışılmış imalat biçimlerine terkedilmesi. Bu durum özellikle, darboğaz olan iş merkezlerinde ortaya çıkabilir. Bunun sonucunda hazırlık ve ayar süreleri gereğinden fazla uzun olabilir, uygun olmayan takımlar kullanılabilir ve prosesler yetersiz kalabilir.

- Proje ve İmalat Kayıtlarındaki Hatalar : Malzeme listelerinin (ürün ağaçları) eksikliği işlem sıralarını gösteren (rotaların) son proje değişikliklerini yansıtmaması stok kontrol kayıtlarındaki yanlışlık veya tutarsızlığı, üretilen parçalarla ilgili miktar bilgilerinin yanlışlığı.

- Kalite Problemleri : İmal edilen parçalarda ve montajı tamamlanan ürünlerde kalite hatalarının olması sonucunda yeniden işleme veya hurda oluşumu, buna bağlı olarak işin bitişinin gecikmesi.)

Sözü edilen üretim yönetimi sorunlarına yeni ve daha etkin yaklaşımlar getiren bir dizi gelişmeler kendini göstermiştir. Bunlardan en belirginini bilgisayarlardan yararlanılmasıdır. Bunun yanı sıra üretim yönetimi alanında ulaşılan profesyonellik anlayışıdır. Bu anlayışla yeni sistemler, metodolojiler ve hatta kendilerine özgü terminolojiler ortaya çıkmıştır. Üretim yönetimiyle ilgili gelişme-

lerden birisi de yöneylem araştırması disiplininin ortaya çıkışı ve üretim yönetimiyle ilgili her düzeydeki sorunların ele alış biçimini değiştirmesidir.

Bunlarla birlikte bir diğer faktör de ulusal ve özellikle uluslararası rekabet nedeniyle daha etkin üretim yönetimi tekniklerinin kullanılmasına olan ihtiyaçtır. Yönetim teknolojisi yöneticilerin planlama, örgütleme, kadrolama, yürütme ve denetim fonksiyonlarını yerine getirmek amacıyla verecekleri kararlarda kullandıkları ya da bu kararlara doğrudan destek olan bilimsel ve teknik yöntemlerle donatılmış sistemler olarak tanımlanabilir. Bu tanıma göre, bir teknolojinin yönetim teknolojisi özelliği taşıyabilmesi için;

- Yöneticinin üstlenmiş olduğu sorumluluklar gereği kendisine veya çevresine yönelttiği sorulara cevap verebilmesi,

- Sorulara cevap verme sürecinde, gereken yerde, bilimsel teknik ve yöntemleri kullanarak, veri, bilgi ve seçenek üretebilmesi,

- Bilgi üretiminde gelişmiş teknolojilerden üst düzeyde yararlanması yani diğer teknolojilerle bütünleşmiş olması gerekir (Kara ve diğerleri, 1989).

Yönetim teknolojileri, Yönetim Bilimi, Yöneylem Araştırması, Endüstri Mühendisliği, Bilişim Mühendisliği ve benzeri bilimsel disiplinlerle, Makina, Elektrik, Fizik, Kimya vb. mühendislik disiplinlerinin teknik ve yöntemlerini, bilgisayar ortamlarında (bilişim teknolojisiyle) bütünleştirilerek, bunların işletmenin yapısı ve yönetimin politikalarına göre kullanımını sağlar.

Yönetim, temel ögesi insan olan sistemlerle ilgili olup yöneticinin, işletmenin yapı ve özelliğine göre tercihleri, beklentileri ve riske katlanma düzeyi yönetim teknolojilerine yansır. Bu anlamda, her yönetim teknolojisi,

bir bakış ve yaklaşımı esas alır yani bir felsefi temele dayanır.

Doğrudan üretim işletmeleri için geliştirilmiş olan günümüz yönetim teknolojilerini "tasarım-yapım yoğun" ve planlama-kontrol yoğun" teknolojiler olarak sınıflamak mümkündür (Kara ve diğerleri, 1989).

Tasarım-yapım yoğun teknolojileri;

- Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design-CAD),
- Bilgisayar Destekli İmalat (Computer Aided Manufacturing-CAM),
- Esnek Üretim Sistemleri (Flexible Manufacturing Systems-FMS),
- Bilgisayar Grafikleri (Computers Graphics),
- Robotlar (Robotics),
- Diğerleri.

Planlama-kontrol yoğun yönetim teknolojiler ise;

- Malzeme Gereksinim Planlaması (Material Requirement Planning-MRP),
- Kapasite Gereksinim Planlaması (Capacity Requirement Planning-CRP),
- Dağıtım Gereksinim Planlaması (Distribution Requirement Planning-DRP),
- Üretim Kaynakları Planlaması (Manufacturing Resources Planning-MRP II),
- Eniyilenmiş Üretim Teknolojisi (Optimized Production Technology-OPT)
- Tam Zamanlı Üretim (Just_In_Time-JIT),
- Diğerleri başlıklarında toplanabilir.

İzleyen bölümde, son 20-30 yıl içinde bilgisayara dayalı olarak geliştirilen ve ÜPK alt sistemlerine işlerlik kazandıran dört yeni yaklaşıma değinilerek bunlardan JIT üretim teknolojisi tartışılacaktır.

2.4 Günümüz Üretim Yönetim Yaklaşımları

2.4.1 Malzeme Gereksinim Planlaması-MRP

Doğru parçayı, doğru zamanda ve doğru kalitede temin etmek üzere geliştirilen MRP sistemi özellikle likit yatırımları enküçükleyen, üretim ve etkenliği arttıran, müşteriye yapılan hizmeti geliştiren bir yönetim çizelgeleme ve kontrol sistemidir.

MRP, gerek imal edilen gerekse satın alınan parça ve alt montajların, üretimde kullanılacakları aşamadan hemen önce hazır olmalarını sağlayan bir yaklaşımdır. Bu sistem yöneticilerin, siparişleri tüm üretim süreci boyunca takip edebilmeleriyle Satın Alma ve Üretim Kontrol Bölümlerinin, üretim aşamalarına istenilen malzemeyi, gereken miktar ve zamanda dağıtabilmelerini sağlar. Bu yaklaşım, talebin değişken olduğunu varsayarak stok olayını ortadan kaldırmayı amaçlar ve öncelik sistemi oluşturulması üzerinde yoğunlaşır. Sistemin işleyebilmesi için her ürün ve alt montajın parça listelerinin (ürün ağaçlarının) hazırlanması gerekir.

MRP sisteminde kullanılan ana kural malzeme, parça ve yarı mamullere olan talebin son ürüne bağlı olduğudur.

Bağımlı talep kavramı ilk kez 1965 yılında Orlicky tarafından önerilmiştir. Son ürün için talep bir kere belirlendiğinde üretim sırasında gereken alt montaj ve bileşen parçaları ile bunların miktarları tam olarak hesaplanabilir. Hammaddeler, alt montaj parçaları ve bileşen parçaları, bağımlı talep öğelerine örnek olarak verilebilir. Son ürüne olan talep ise imalatta kullanılan parça, malzeme ve yarı mamullere olan talepten tamamen bağımsızdır.

MRP'nin en önemli öğelerinden birisi ana üretim programıdır. Bir planlama süreci olan MRP'de bağımlı parçaların talebi, talebi bağımsız olan parçalardan hareketle hesaplanır. Ana üretim programı da bağımsız parçalar için

gelecek talebin durumunu yansıtır.

MRP, ana üretimin programlanmasına bitmiş parçalarla başlar. Ana üretim programıyla parça listesi-BOM (Bill of Materials) ve stok durum kayıtlarıyla belirli zaman periyotlarında net gereksinimleri belirler. Hazırlık süreleri ve sipariş bilgilerini birleştirerek iş emri olarak atelyeye indirilir. Detaylı üretim çizelgelemesine göre parçalar hammadde halinden bitmiş ürüne kadar itilir. Yani, MRP itme sisteminin karakteristiklerini içerir.

Üretim sürecinin sabit veya kararlı olmadığı durumlarda ya da çizelgelemeyle özdeşleşmediği durumlarda MRP başarılı ya da etkin olamaz. Bu gibi problemlerin olduğu durumlarda artıklar ya da israflar meydana gelmeye başlar. Bunun çözümü ise gereksiz stoklara, artan hazırlık sürelerine, kaynakların zamansız tüketimine yol açar. Dahası, MRP, malzeme listesindeki ürün sıralama ve/veya gruplaşmalarına aldırılmaz.

Bu nedenle, itme sistemi temelli MRP yaklaşımının kullanıldığı sistemde planlama dönemleri kısa, üretim kitle tipi ise çekme sistemine sahip JIT sistemi ile MRP birlikte başarıyla kullanılabilir (Schonberger, 1983).

2.4.2 Üretim Kaynakları Planlaması-MRP II

MRP II, malzeme gereksinimiyle beraber MRP'nin sahip olmadığı kapasite gerekleri ile finansal planlamayı da ele alan bir yaklaşım biçimidir.

MRP II yaklaşımı büyük ölçüde işletme içindeki tüm çalışmaların bütünleştirilmesiyle ilgilidir. Bu bütünleştirmeyle işletme içindeki bütün malzeme hareketleri eş zamanlı ve düzenli bir şekilde ve yerinde bilgisayar kaydına alınarak hem muhasebe hem de planlama ve kontrol çalışmalarını yürütenlerin ortaklaşa kullandıkları tek bir veri tabanında yaşatılmaktadır. Böylece, işletme yönetimine geleceği daha etkin bir şekilde planlayabilme ayrıntı

düzeyinde dahi olsa alınan kararların mali sonuçlarını süratle irdeleyebilme gücü kazandırmış olmaktadır.

MRP II yazılımları, bir çekirdek program yardımıyla bütünleştirilip ayrıştırılabilen, kullanıcı şirketin gereksinimlerine bağlı olarak kolaylıkla değiştirilip, işletme bünyesine uyarlanabilen program modüllerinden oluşan yazılım sistemleridir. Bu tür paketlerin içinde yer alan başlıca modüller verilmiştir (Atabarut, 1988):

- Mühendislik Bilgileri Yönetim Modülü,
- Üretim Planlama Modülü,
- Malzeme Gereksinim Planlama Modülü,
- Kapasite Gereksinimleri Planlaması Modülü,
- Stok Yönetimi Modülü,
- Üretim Kontrol Modülü,
- Satın Alma Yönetimi Modülü,
- Sipariş Kabul ve Faturalama Modülü.

MRP II paketlerinin en önemli özelliği işletme içindeki görevlileri ortak bir veri tabanından yararlandırmasıdır. Diğer özelliği de, çeşitli üretim alanlarına ya da pazar koşullarına göre geliştirilmiş birçok malzeme yönetimi ve muhasebe yöntemleriyle analiz tekniklerini birlikte içermesidir. Bunlardan belirli bir işletme ortamı için uygun olanlar kullanıcı tarafından kolaylıkla seçilebilmekte ve program yazmaya gerek olmaksızın paket şirket bünyesine uyarlanabilmektedir.

2.4.3 Eniyilenmiş Üretim Teknolojisi - OPT

OPT, ÜPK yaklaşımının atölye kontrol sistemi olup bir işletmedeki tüm iş merkezleri için öncelik ve kapasite kısıtlarını göz önüne alarak eniyiye yakın iş çizelgelerini hazırlar. Bu sistemde amaç, kritik (darboğaz) tezgahların kullanımını enbüyükleyerek üretim miktarını arttırmak buna karşılık süreç-içi stok düzeyleri ile tezgah hazırlık zamanlarını en aza indirmektir.

(OPT sisteminin uygulanabilmesi için öncelikle üretim planı ve ana üretim çizelgesi hazırlanmalı ve malzeme gereksinimleri belirlenmelidir.) Bu amaçla MRP yaklaşımını kullanarak malzeme gereksinimlerini belirlemek daha sonra OPT sistemini devreye sokmak mümkündür.) OPT sistemi, toplam üretim miktarını darboğaz tezgahlar tarafından kısıtlandığı görüşü üzerine geliştirilmiştir. Bu nedenle OPT sistemi atölyedeki tezgahları darboğaz tezgahlar ve darboğaz olmayan tezgahlar olarak ikiye ayırır ve bu iki grupta işlerin çizelgelenmesi için farklı yaklaşımlar kullanılır.)

OPT yaklaşımında parti büyüklüklerinin hesaplanması, bugüne kadar kullanılan klasik yöntemlerden farklıdır. OPT sistemi bugüne kadar üretimde istenilen artışın elde edilememesi de bu klasik yöntemlerdeki varsayımlara bağlıdır. (OPT sisteminde partiler, transfer partisi (bir operasyondan diğerine taşınan miktar) ve süreç partisi (atölyeye çıkarılan toplam miktar) olarak tanımlanır. Ayrıca bu parti büyüklükleri değişkendir. Bir operasyondan diğerine farklı değerler alabilirler.)

OPT sistemi bu farklı parti miktarlarını kendi hesaplar ve darboğaz tezgahlar için zaman içinde ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımını kullanarak üretim miktarını enbüyükler.

OPT sistemi genelde her işletmede bulunan üretim verilerini kullanır. Başka bir deyişle, sistemin kullanılabilmesi için özel veri tabanlarının oluşturulması gerekli değildir. Sistem ayrıca her ürün için ekonomik parti büyüklüklerini de belirler.

Bugün dünyada 100 kadar firmada OPT sistemi kullanılmaktadır. M & M/Mars şekerleme firması ilk OPT kullanıcıları arasındadır. Firma OPT sayesinde bazı iş merkezlerinin çıktığı miktarlarında % 15'lik, tüm üretim miktarında ise % 5'lik bir artış olduğunu bildirmiştir (Acar, 1989).

{OPT yaklaşımının uygulanmasında yöneticilerin ve personelin tutumlarını değiştirmeleri beklenmez} MRP sisteminin uygulanmasında bir ön koşul olan örgütsel destek bu sistem için gerekli değildir. {Ancak yine de sistem uygulayıcılarının yaratıcı olmaları ve işletme içinde parça ve malzeme hareketini yavaşlatan uygulamaları belirleyebilmeleri gereklidir.} OPT sisteminin tam bir değerlendirmesini yapabilmek için henüz çok erkendir. Sonuçların tam olarak alınabilmesi için daha bir kaç yıllık süreye ihtiyaç vardır.

2.4.4 Esnek İmalat Sistemleri - FMS

{Makina operasyonlarının planlama ve kontrolünü, bilgisayara dayalı bütünleşik kontrol sistemleri ile birleştirmeyi amaçlayan esnek imalat sistemleri (FMS), Japonya, ABD ve Avrupa'da makina sanayi firmalarının bazılarında uygulanmaya başlanmış ve birkaç yıllık maziye sahiptirler; John Deere Traktör Fabrikası, Cummins Motor Fabrikası, Chrysler Massay Ferguson, Xerox, Hitachi, Toyoto, Nippon Yamazaki, Fuji, Renault, Citroen, Peugeot, Fiat, İsveç, Rusya, Doğu Almanya ve Çekoslavakya'da FMS uygulamasını yapan kuruluşlardan bazılarıdır (Acar, 1989).

Birleşik kontrol veri sistemlerinin içinde üretim programlama modülleri, parça, alet ve aparatlar için malzeme aktarım program modülleri ve stok kontrolü program modülleri yer almaktadır. Parça program modüllerinde ise üretim partileri için alternatif çizelgeleme, istatistiksel kalite izleme ve kontrol, montaj operasyonlarının dengelenmesi gibi alt programlar bulunmaktadır. Bu veri sistemleri imalat süreçlerine ilişkin yükleme, boşaltma, stoklama, takım ve aparat değiştirilmesi, besleme ve veri işleme fonksiyonlarını birbiriyle koordineli üretim merkezleri düzeyinde birleştirirler. Temelde bu sistemler, küçük veya orta boy tam otomatik üretim hatları olarak da düşünülebilir. {FMS sistemleri, tezgah verimliliğinin yükseltilmesine iliş-

kin önlemleri içerir. Endüstri düzeyinde genel amaçlı tezgahlardan yararlanma oranı % 6 ile % 30 arasında değişir. Bu sistemler ise tezgah kullanım oranlarını % 80-90 düzeyine çıkarmayı amaçlarlar (Acar, 1989).

FMS'in büyük ölçüde bilgisayara dayalı olmasına karşılık sistemin kurulmasında yöneticilerin işletme amaçlarını tam ve doğru olarak tanımlamaları büyük önem taşır. Yöneticiler performans kriterlerini, kısıtlarını ve çalışma kurallarını belirledikten sonra sistem kendi içinde öncelikleri belirleyerek siparişleri (üretim partilerini) eniyeye yakın bir şekilde çizelgeler. Böylece sistem, tezgahların çalışma zamanlarını belirlemeden, parçaların tezgahlar arasındaki hareketini düzenlemiş olur.

FMS daha başka planlama ve kontrol sistemine gerek bırakmaz. Kavramsal olarak bu sistemler, otomatik fabrika tanımına en yakın olan sistemlerdir. Sistemin sağladığı yararlar arasında müşteri servis düzeyinde önemli artışlar, birim maliyetlerde azalma, üretim hazırlık zamanlarında düşüş, daha esnek bir yapı ve ürün çeşitliliği sayılabilir. FMS gerek kuramsal, gerekse uygulama açısından henüz gelişme dönemini tamamlamamıştır. Bu sistemlere bağlı olarak şu anda geliştirilmekte olan elemanlardan bazıları şunlardır: Hassas otomatik ölçü aletleri, bilgisayarlı sistemler, laserle talaş kaldırma, mikrobilgisayarlarla donatılmış yük arabaları, radyo dalgalarıyla yönetilen araçlar, parçaların akışına ilişkin gerçek zaman tahminlerine dayandırılmış algoritmik kontroller.

İşgücüne ihtiyaç duymadan çalışacak, ürün bileşimi açısından son derece esnek, düşük maliyetli, yüksek kaliteli bir üretimin gerçekleştirildiği FMS'nin yaratılması için halen çalışmalar sürdürülmektedir.

2.4.5 Tam Zamanlı Üretim Sistemi - JIT

Yukarıda da değinilen tüm üretim yöntemlerinin temel amacı en düşük maliyette, belirlenen kalitede, yeterli miktardaki üretimi zamanında yapmaktır. Bunun içinde başta üretim planlama ve kontrolüne ihtiyaç vardır.

Üretim kontrolünün yapılabilmesi için öncelikle üretim programlarının hazırlanması gereklidir. Ayrıca, üretim kontrolü ile stok kontrolü arasındaki ilişki de unutulmamalıdır. Bu ilişki gözardı edildiğinde üretim aksaksız yürürken yüksek düzeyde stok maliyetlerinden dolayı kârlılık düşebilir veya stok eksikliklerinden dolayı üretim aksayabilir. İmalatın, üretim programına uygun olarak gerçekleşmesi için gereken hammadde ve malzemelerin iş istasyonlarına önceden saptanan başlama zamanında girmesi gerekmektedir.

İmalatın, üretim programına uygun olarak aksamadan gerçekleşmesi ve üretim stoklarının azaltılması için kullanılacak iki farklı sistem vardır. Birincisi, MRP ve daha geliştirilmiş haliyle MRP II sistemi, ikincisi Japonların geliştirmiş oldukları JIT sistemidir. Ancak günümüz teknolojilerinde MRP-MRP II-JIT sistemleri birlikte kullanılmaya başlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Rao & Scheraga, 1988). Bu çalışmada da MRP II'ye geçiş çalışmalarının sürdürüldüğü mevcut sistemde MRP-MRP II sisteminin varolduğu varsayımı ile JIT sistemi tanımlanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmanın temel konusu olan JIT üretim sistemi felsefesinin temel amacı en düşük maliyette, belirlenen kalitede, yeterli miktardaki üretimi zamanında yapmak olarak tanımlanabilir.

JIT gibi temel ilkelerinden biri sifıra yakın stok düzeyi ile çalışmak olan MRP'nin sık model değiştiren ve sipariş büyüklüğünün farklı olduğu sistemlerde uygulanması

tercih edilir. Üretim içi mamul ve yarı mamul stoklarına karşıdır. JIT'te belirli bir stok seviyesi ile çalışılır, en azından stok seviyesi bir birim parti büyüklüğüdür. JIT sisteminin en önemli özelliği, yarının gereksinimleri, bugünün gereksinimlerine aynı zamanda dönüşüm kullanımına eşit ve tekrarlı çalışan bir imalatın olmasına dayanır.

Çalışmanın amacı eldeki mevcut olanaklarla üretim kontrol sisteminin nasıl daha iyi bir duruma getirilebileceğini, buna bağlı olarak süreç-içi stokların azaltıldığı, etkin ve kolay bir çizelgelemenin yapılabildiği bir sistemi tasarlamaktır. Bu da JIT sistemi ile gerçekleştirilebilmektedir.

Mevcut üretim kontrol sisteminin karmaşıklığının çeşitli kaynakları olabilir. Çok fazla sayıda parçanın varlığı, üretimin, çok sayıda montaj ve test aşamalarından oluşması, malzeme tedarikinin uzun süre gerektirmesi v.b.

MRP ile JIT arasındaki en büyük farklardan birisi parti büyüklüğünün belirlenmesidir. MRP, sipariş büyüklüğünün herhangi bir değerine göre çalışırken JIT, parti büyüklüğünün bir birime indirgenmesi amacını taşır. İkinci bir farkta MRP'nin itme (push), JIT'in çekme (pull) sistemine göre çalışmasıdır.

JIT'in bir başka önemli bir özelliği de kullandığı Kanban sistemi ile üretim kontrolünün yanında verimliliği geliştirici olmasıdır. Bu sayede ana üretim programları kesinlik kazanır, üretim süreci basitleşir, parçaların akışı düzgünleşir, kalitede artışlar olur ve hazırlık süreleri düşer. Dahası, diğer üretim teknolojilerine göre daha basit bir sistem olmasıyla dikkat çeker.

JIT'in MRP'li ortamlarda daha başarılı olacağı ve bu iki sistemin birbirlerini bütünleyici oldukları unutulmamalıdır (Schorr & Wallace, 1986). Özellikle, JIT sisteminde ihtiyaç duyulan mühendislik verileri, kapasite planlaması,

atölye çizelgelemesi ve çeşitli raporların istendiği anda elde edilmesinde MRP II'ye gereksinim duyulmaktadır.

Sonuç olarak, malzeme, yarı-mamul ve mamul gibi üretim içi stokları çok fazla olan ele aldığımız üretim sisteminde, JIT sisteminin uygulamaya konması bu stokların minimum düzeye indirilmesi sonucunu ortaya çıkarırken üretim kontrolü ve planlamasını etkinleştirecek, verimliliği artıracaktır.

3. JIT (TAM ZAMANLI) ÜRETİM SİSTEMİ

3.1 JIT Üretim Sisteminin Gelişimi

(II. Dünya savaşından sonra Japonya'da büyük bir kıtlık dönemi başlamıştı. Zaten, arazi ve doğal kaynaklar bakımından yetersiz olan Japonya, savaşın bir sonucu olarak insangücü ve parasal yönlerden de zayıf bir duruma düşmüştü.

(Japon firmaları kendilerini kurtarmayı ve tesislerini yeniden kurmayı amaçlamışlardı. Bu arada Toyota Motor Co. bir Amerikan endüstrisinden ve değişik yerlerden çeşitli araçların yapımı için lisans almıştı. Ancak içinde bulunan ekonomik durumda Toyota'nın dünya pazarında Amerikan ve Batılı firmalarla rekabet edebilmesi mümkün değildi. Bu yüzden Toyota'da üretim sistemine yönelik çeşitli çalışmalar başlatıldı. Bunun sonucunda T. Ohno tarafından Toyota Üretim Sistemi ortaya kondu.

Sistemin geliştirilme amacı toplam verimliliği bir bütün olarak arttırmanın yanısıra koşulların elverdiğince bütün maliyetleri azaltabilmektir. Yatırılan kapitalin dönüşüm hızının artışı da bunun bir uzantısı olacaktır.

Toyota firması stoklardaki ve işgücündeki birikimleri yoketmek ile ilk aşamada amacına ulaştı. Herşeyden önce üretim yönetiminde bir devrim gerekiyordu. Bu devrim, Taylor sisteminin diğer bir deyişle yönetim sisteminin ve Ford sisteminin (mass-assembly line; kitle-montaj hattı) Toyota'ya uyarlanmasıyla gerçekleşti (Monden, 1983).

Maliyetleri enazlamak için başlatılan çalışmalarda ana tema üretimde gereksiz olan herşeyin yok edilmesiydi. Bu amacı güden bir sistemdeki üretim felsefesi ise gereken parçaların, gerekli miktarda ve gerekli zamanda üretilmesi şeklinde olabilirdi. Doğaldır ki, amaç bu kadarla kalmıyordu. Kalite kontrolü, güvenilirlik, insana duyulacak saygı ve bunların sürekliliği de çok önemliydi.

(Toyota'da fazla olan herşey israf olarak görülüyordu. Bu amaçla, gerek hammadde, yarı-mamul ve mamul stoklarının gerekse süreç-içi stokların azaltımı yoluna gidildi.) Azaltılan stoklar, üretimin küçük partiler halinde yapılma zorunluluğunu getiriyordu. (Parti büyüklüğü azalırken, parti sayısı artıyordu.) Bunlara paralel olarak hazırlık sürelerinde de azalmalar olmuştu. (Hazırlık ve üretim sürelerinde meydana gelen azalmalar, üretimin kısa sürede yapılıp, kapitalin geri dönüşünü hızlandırıyor.) Belli, bir devrede elde bulundurulmuş hammadde ya da yarı-mamuller ancak o devrenin üretimine yettiğinden (stoklama olayı yok denecek kadar azaldı. Böylece büyük miktarlarda stoklara yatırım yapılmıyor, kârsız stok yatırımlarından uzaklaşıyor.)

İşgücü ve mevcut makina donanımından eniyi bir şekilde yararlanmak için öncelikle tesis yerleşimi, grup teknolojisine uygun bir şekilde gerçekleştirildikten sonra tek düze bir iş yüklemesi yapıldı. Böylece, düzgün iş akışı sağlanıyor, düşük ve monoton işgücü ortadan kaldırılıyor, çalışanlara verdiği sorumluluk ve kontrol yetkisi ile kontrol atelye bazına indirgenebiliyordu.

(Tüm bunlar gözönüne alınarak bir üretim sistemi geliştirildi. Herşeyden önce bu sistemde sürekli bir iş akışı sağlanıyor ve talep değişikliklerine kısa sürede cevap verilebiliyordu.)

1977'de Toyota Motor Co.'dan Sugimori ve bir grup arkadaşları tarafından Toyota Üretim Sistemini açıklayan bir rapor hazırlandı. (Üretim felsefesinin gerekli parçadan, gerekli miktarda ve gereken zamanda üretimin yapılması şeklinde olduğu bu sistemin malzeme yönetim sistemi Just-In-Time kavramı ile isimlendirilmişti (Tae-Moon, 1985).)

(Görülüyor ki, JIT üretim sisteminin çıkış noktası Toyota üretim sistemidir. Bu yüzden JIT üretim sistemine aynı zamanda Toyota Üretim Sistemi de denilebilmektedir.)

Endüstride üretim stok sistemleri malzeme akışına göre çekme ve itme sistemi olarak ikiye ayrılmaktadır. Toyota üretim sisteminde ya da yeni adıyla JIT sisteminde malzeme akışı çekme sistemine göre olmaktadır. Yani, malzemeler ya da parçalar bir safhadan diğer bir safhaya bir önceki safhada malzeme tüketimi yapıldığında iletilebilmektedir. Fiziksel olarak bu tip bir malzeme akışı uygulanabilirken 1981'de Kimura ve Terada tarafından Toyota Motor Co.'da çekme sistemi tanımlandı. Ayrıca stok ve üretim hareketlerini izleyebilmek üzere bir benzetim modeli geliştirilerek sistemin davranışları gözlemlendi (Tae-Moon).

Çekme sistemi, JIT üretim sisteminin mekanizmasını oluştururken, çekme sisteminin bilişim sistemi olarak da yeni bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem Kanban sistemidir ve Japonca Kanban kart anlamına gelmektedir. Kanban gerçekten de ürünle ilgili bilgileri kapsayan bir çeşit karttır ve üretim safhaları arasında gidip gelerek üretimi başlatma ve safhalar arası talepleri düzenlemekte kullanılır.

Bilişim sistemini daha etkin bir hale getirmek ve sistemin işleyişi hakkında anında, sürekli ve eşzamanlı bilgi edinmek üzere bilgisayarlı üretim ortamları düzenlenerek JIT üretim sisteminin etkinliği arttırılmıştır.

1987'de Bitran ve Chang, deterministik ve çok aşamalı montaj sistemleri için JIT üretim sisteminin matematiksel programlama formülasyonunu geliştirmişlerdir.

Yine 1987'de, JIT üretim sistemi için tasarım işlemleri Trevino tarafından, benzetim tekniği kullanılarak Kanban sayısı ayarlama yöntemi Rees tarafından ortaya atılmıştır (Kimura & Terada, 1981).

Ayrıca, Davis ve Stubitiz sistemlerinin kontrolunda JIT üretim sistemi geliştirmek üzere incelemeler yapmışlardır.

(Günümüzde Japonya'dan ayrı olarak diğer ülkelerde de kullanılan JIT üretim sistemi tekniği, 1980 yılından itibaren Amerika'da önemli endüstri dallarında yaygınlaşırken, Batı Almanya'da son yıllarda büyük gelişmeler göstermiştir.)

Japonya dışında JIT üretim sistemini uygulamaya koyan ilk firma ABD'de General Electric (GE)'dir. 1980 yılında iki tesisinde JIT'i uygulamaya koyan GE, 1981'de 10 tesisinde, 1982'de 20 tesisinde, 1983'de 40 tesisinde JIT üretim sistemini uygulamaya koymuştur. Lokomotif, jet motoru, jeneratörler, lambalar, büyük hacimli devre kesiciler, kahve makinası gibi çeşitli imalatların yapıldığı GE'in büyük ya da küçük hacimli, ebatlı, kesikli ya da sürekli, sipariş ya da stoğa üretim yapan sistemlerinde JIT üretim sistemi uygulanmıştır (Schonberger, 1984).

3.2 JIT Üretim Sisteminin Amaçları

(Her türlü israfı önlemek üzere gerekli parçalardan, gerekli miktarlarda ve gereken zamanlarda üretimin yapılması şeklinde bir üretim felsefesine sahip olan JIT üretim sisteminden beklenenler aşağıdaki gibi özetlenebilir:)

(JIT'in en önemli hedefi israf olarak gördüğü herşeyi ortadan kaldırmaktır.) İsrاف, ürüne değer katan malzeme, makina ve işgücü gereklerini azaltmaktan öteye bir kavramdır. Değer, bir ürün üzerine gerçek birşeyin yapılmasıyla eklenir. Tezgahta işleme, montaj, boyama ve paketleme bir ürüne değer katar. (Taşıma, depolama, sayma, sıralama, çizelgeleme gibi faaliyetler) ise değer değil, maliyet eklerler. Değer kazandırmayan maliyetler israftır. Bir ürüne doğrudan bir değer kazandırmayan hiçbirşey yokedilemezse bile enaza indirgenmelidir.)

Çizelgeleme, (+/-) sıfır performans ile gerekli zamanda, gerekli miktarda üretimin programlanmasıdır. Bunun anlamı, eksik üretilen bir parça kadar fazla üretilen

bir parça da istenmez. Gerekli miktar üzerinde herşey israf olarak nitelendirilir, çünkü şu anda kullanılmayacak şeyler için çaba ve malzeme tüketmek israftır. Sonraki gerekler, sonra ele alınmalıdır.

(JIT, stok değerini red eder. Onu problemleri örten ürün kalitesini engelleyici, değeri olmayan olumsuz bir moda olarak görür.) Japon yöneticileri stokları kayalarla dolu bir göldeki suya benzetmektedirler. Stoklar, sistemli olarak azaldığında, esas problemler su yüzüne çıkmaya başlar ve problemlerin çözümlenmesini mümkün kılar.

JIT sisteminde hammadde, süreç-içi ve bitmiş mamul stokları olabildiğince azaltılmaktadır. (Stokların azaltılması, üretim tedarik süreleri ile üretim sürelerinin azaltılmasına bağlıdır. Sürelerde azaltım yapıldığında sistemde geri besleme hızı artmakta, hızlanan geri besleme, süreçte problemleri daha çabuk ve sık ortaya çıkararak küçük partileri içeren üretim hattını tamamıyla durdurarak problemin kaynağında ve derhal çözülmesini sağlamaktadır. Bu da kalite düzeyini arttırmaktadır. İmalat aşında kalitenin önemli ağırlığı vardır, onarımı ve bakımı önleyicidir.)

(Stok seviyesi düşürüldüğünde stoklama alanlarına olan gereksinim ile stoklama maliyetleri de düşmektedir) Gerek-siz olan şeyler değerli kaynakları tüketerek yer işgal etmektedirler. Stoklar yer işgal ettiğinden bunlar da israf olarak nitelendirilebilirler.

(Süreç-içi stoklarda yapılan azaltım atelye akış kontrolünü kolaylaştırmakta, istenmeyen yığılmalar ortadan kalkarak bunların durum bilgilerini öğrenmek için harcanan zaman, bilişim, maliyet harcamaları ortadan kaldırılmaktadır.)

(JIT üretim sisteminin amaçlarından bir diğeri de değişik talep koşullarına anında ve düşük üretim değişim maliyetleri ile cevap verebilmektir.) Parti büyüklüğünün ve

stokların küçük olduğu bu sistem talep değişimine hemen uyulanabilmektedir. (Talep değişimi sözkonusu olduğunda elde stok bulundurulmadığından ya da az bulundurulduğundan hareketsiz stoklar çok az olmakta, üretim değişim geçişi için uzun süreli bekleyişler gerekmemektedir. Ancak, bahsedilen amaçlara ulaşılabilmesi için JIT sisteminin bulunduğu sistemde olması gereken bazı özelliklerin bulunması gerekmektedir. Bu gerekler, izleyen bölümde ele alınmıştır.)

3.3 JIT Üretim Sisteminin Gerekleri

Japonlar tarafından geliştirilen JIT kavramı öncelikle tekrarlı imalat süreçlerine uygulanır. Ancak, JIT yaklaşımının başarılı olması için tekrarlı imalat şart değildir. JIT sisteminin pekçok yönü atelye tipi ya da kitle tipi imalat ortamlarına da uygulanabilir. Tekrarlı imalatlarda başarılı olmasının nedeni tekdüze bir üretim yüklemesinin yapılabilmesidir. Diğer imalat ortamlarında kurulacak böyle bir sistem aynı başarıyı sağlayabilecektir. (Heard (1984), süreç endüstrilerinde JIT tanımlaması için bir strateji sunmuştur. Kelleher (1984), Westinghouse Electric Co.'da atelye tip ortamlarda JIT kavramını tartışmış, Rewa (1984), Hawort Inc.'da atelye tipi ortamda JIT kavramının yerleştirilmesini tanımlamıştır. Tekrarlı imalatlarda, JIT kavramının tanımlanmasının başarıları diğer imalatları etkilemiş görülmektedir.

JIT uygulaması için büyük hacimlerin olması gerekmekte, üretilenlerin tekrarlı olacak şekilde üretilmesi yeterli olmaktadır. Örneğin; Byron Finch ve James Cox tarafından küçük bir şişeleme tesisinde JIT sisteminin tanımlanması yapılmıştır. Bu çalışma her durum için JIT'in tüm öğelerinin uygun olup olmadığını, ancak her bir öğenin tekrarlı, atelye tipi ya da süreç endüstrilerine, küçük ya da büyük imalat işletmelerine uyulanabileceğini göstermiştir.

JIT'in uygun olması için önceden birtakım ortamlar hazırlanır. JIT görünüşte birbirine bağlı olmayan kavram ve teknikleri içermekte ve çeşitli yollarla bunları birleştirmektedir. Fakat bunlar aynı anda genel bir amaca doğru sürülmezler, bunlar çoğaltılarak birbirlerinin sonuçlarını etkileyerek oluştururlar. Bunlardan birisi grup teknolojisidir:

Grup teknolojisi, yeni bir üretim felsefesi olup, benzer parçaların gruplandırılarak tasarlama ve üretimde bu gruptan yararlanma ilkesine dayanır. Herbir gruptaki parçaların üretim işlemleri benzer olacağı için üretimde yüksek randıman sağlanır. Bu yüksek randıman üretim makinelerinin gruplar veya hücreler halinde yerleştirilerek iş akışının kolaylaştırılması ile sağlanır. Yüksek hacimde üretim elde edilirken, hazırlık sürelerindeki düşüş kapasitede artış yaratır. Bu tip sistemlerde donanımların hepsini kullanabilen eğitimli işçiler bulunmaktadır.

JIT üretim sistemi felsefesi amacına uygun düşen grup teknolojisi, JIT üretim sistemleri tesis düzenlemesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Ancak, grup teknolojisinin oluşturulmadığı ya da henüz geçişin yapılamadığı sistemlerde tesis yerleşimi ya da üretim hattı düzgün iş akışını sağlayacak biçimde olmalıdır. Ayrıca, gerekli olan teknoloji uyarlamaları ve organizasyon değişimleri yapılmalıdır.

Yukarıdaki bilgiler ışığında şu ana başlıklar altında JIT üretim sisteminin gerekleri sıralanabilir:

- Kararlı ve tekrarlı üretim çevrimi. Bu gereksinim hazırlık sürelerinin azaltılması, kaynağında kalite kontrolünün yapılması ve makina arızalarının en azlanması ile karşılanabilir.

- Malzeme taşıma ve stoklama elverdiğince en düşük düşük düzeyde tutulmalıdır. Bu gereksinim mevcut donanımın

iş akışına göre düzenlenmesi ile gerçekleştirilebilir. Özellikle, günümüz üretim sistemi tekniklerinden grup teknolojisi ya da Esnek İmalat Sistemleri tekniklerine göre düzenlenmiş bir sistemde taşımacılık ve stoklama sıfır düzeyine indirgenebilmektedir.

Stoklama noktalarının ve izleyen operasyona teslim yoğunluğunun azaltılması amaca ulaşmada yardımcı olacaktır. Bu da parça listesi-ürün ağacı (BOM) seviyelerini düşürecektir.

- Eş zamanlı bir imalat yapılmalıdır. Bunun için çok fonksiyonlu işçilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, düzgün bir üretim yüklemesi yapılmalı, üretim çizelgeleri ile imalat uyuşmalı, ne isteniyorsa istenenin çizelgelemesi yapılmalıdır. Yığılmalara ve kuyruklara izin verilmemelidir.

- Çekme sistemi yerleştirilmelidir. Bunun için tüketilen oranda üretimin yapılması gereklidir. Bu sistemin işleyişini kolaylaştırmak ve pratikleştirmek üzere Kanban sistemi kullanılabileceği gibi bilgisayarlı kontrol sistemlerinden de yararlanılabilir. JIT üretim sisteminin açıklanan gereklerinin yanında, sistemde bazı varsayımlarda bulunmaktadır. Bu varsayımlar şu şekilde sıralanabilir:

- Üretim kanbanı olmadan hiçbir aşamada üretim başlatılamaz. Benzer şekilde malzeme kanbanı olmadan da hiçbir safha malzeme çekemez.

- Her dönemin çizelgelemesi hemen hemen birbirinin aynıdır.

- Gerçekleşen üretim ile çizelgelemedeki üretim birbirine eşit ya da çok yakındır.

- Safhalar arasında taşınan miktarlar mümkün olduğunca küçüktür.

Yukarıda sayılan özelliklere sahip olan bir sistem

JIT üretim sistemi için idealdir.

3.4 JIT Üretim Sistemi Tasarımı

JIT üretim felsefesinin uygulanacağı bir sistemde önce üretim akışının düzgün ve kesiksiz olacağı grup teknolojisine ve esnek imalat sistemi tekniğine uygun bir yerleştirme yapılmakta ve operasyon-donanım ve ürün özelliğine göre süreçteki iş istasyonları belirlenmektedir. Bu istasyonlardan herbiri safha olarak tanımlanmaktadır.

Bir üretim sitemininde N safha bulunduğu düşünülürse, ilk safha bitmiş ürünün bulunduğu istasyonu ya da montaj hattını ifade etmektedir. Buna göre, N.safha, hammalzemenin çekildiği ilk üretim istasyonuna karşı gelmektedir. Herhangi bir (i) safhasında iken (i-1) safhası izleyen yani bir sonraki safhayı, (i+1) safhası izlenen safhayı yani bir önceki safhayı göstermektedir.

Herbir safhanın üretim kapasitesi, üretim yoğunluğu ve birim yük büyüklüğü farklıdır. Ancak, bir safhadan diğer safhaya parça akışı olduğunda safhalar arası parça yığılmaları ve kuyrukları ile bir önceki safhadan parça bekleyerek boş duran üretim istasyonlarıyla karşılaşılmaktadır. Kısaca, üretim safhaları üretim miktarları ve malzeme akışı dengeli olmalıdır. Bu amaçla, bazı istasyonlarda düşük seviyeli tampon stoklarına göz yumulabilir.

Üretimin dengeli olabilmesi için gerekli olan birim yük büyüklüğünün ve tampon stoklarının belirlenmesi izleyen bölümlerde ele alınacaktır. Üretim dengelenmesinde:

- Herbir aşamada belirli düzeyde stok bulundurulabilir,
- Mevcut süreç bir evvelki süreçte tüketilen miktarlar kadar sipariş verir ve malzeme bu şekilde yenilenir.

Ancak bunun sağlanması için:

- Yeniden sipariş verme noktasının ve miktarının be-

lirlenmesi,

- Her durum için stok seviyesinin ve siparişin geri dönüş hız ve süresinin bilinmesi,

- Yeniden sipariş verme noktasının altındaki parçaların kontrolunda sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir.

Tasarlanacak sistem, yukarıda sözü edilen tüm gereksinimleri karşılayabilmelidir. Buna karşın, karmaşık ve çok safhalı üretim süreçlerinde yukarıdaki tüm şartları sağlayan sistemi tasarlamak çok güçtür. Zira, 2. koşulu sağlayabilmek için maliyet ve performans çatışmaktadır (Kimura & Terada, 1981).

Birim yük büyüklüğü miktarı belirlendikten sonra bu miktarları safhalar arasında taşıyacak taşıyıcılar (konteynerler) tasarlanır.

JIT üretim sisteminde çalışan işçiler çok fonksiyonlu olmalıdır. Bu sayede, iş istasyonlarından alınacak verim yüksek olacaktır.

Sistemin bu şekilde tasarımı yapıldıktan sonra atölye bilgi akışını ve safhalararası üretim kontrolünü sağlamak üzere Kanban sistemi geliştirilir.

Kanban ile üretim kontrol sistemi, çizelgeleme ve atölye akış kontrolü için basit, kendi kendine hareket eden ve kağıtlı bir sistemdir. Kanban, son montaj sırasından gelen talep ve üretimin olduğu sistemlerde sipariş çekme tipidir. Aynı zamanda malzeme akış kontrol sistemi olup fonksiyonları aşağıda sıralanmıştır:

- Üretim kontrolü son montaja son üretim sıralamasını verir;

- Son montaj kendisini besleyen iş merkezlerinden gerektiği zaman küçük miktarlarda parça çeker;

- İş merkezleri son montaja parça verdikten sonra

son montajın çektiği miktar kadar parça üretirler;

- Son montaja parça yollayan iş merkezleri kendilerinden önce gelen (upstream) ve kendilerini besleyen iş merkezlerinden küçük miktarlarda parça çekerler;

- Bunlar olurken her bir iş merkezi gereken zamanda ve gereken miktarda kendilerini besleyen iş merkezlerinden parça çeker. Böylece bütün şebekede son montajdan, malzeme kadar aynı gidişli üretim yapılır.

Parçalar için iş emirleri kullanılmaksızın üretimin sağlandığı JIT sistemi Kanban mekanizması izleyen bölümde ele alınmıştır.

3.5 JIT Üretim Sisteminde Kanban Kavramı

3.5.1 Kanban Sistemi

JIT üretim felsefesi gerekli parçaların, gerekli miktarda, gerekli yerde, gerekli zamanda ve gereken kalitede üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. (Monden, 1983). Bu üretim sisteminin ana mekanizmasını çekme sistemi oluştururken çekme sisteminde, üretim safhaları arasında parça, malzeme transferi ile her bir üretim safhası için üretim miktarının bu safhalara iletilmesinde bir bilgi akış sisteminin bulunmasının gerekliliği açıktır. Bu amaçla, JIT üretim bilişim sistemi olarak, 1977'de Sugimori tarafından yine Toyota Motor Co.'da Kanban sistemi geliştirilmiştir.

Kanban sistemi bir çekme sistemi aracı ve üretim sisteminin bir bilişim sistemi dolayısıyla bir atölye kontrol sistemi olarak kullanıldığında fiziksel olarak malzeme akışının ters yönünde hareket etmektedir.

Kanbanın amacı, üretim safhaları arasında izleyen safha için izlenen safhadan parça çekilmesini, çekilen ve bir önceki safhada üretilen miktara göre üretimin yapılmasını sağlamaktır. Bu amaca hizmet ederken süreç-içi stok-

ları kontrol altına alarak, stok hesaplamalarını kolaylaştırmaktadır.

Japonca kelime karşılığı 'kart' olan kanban gerçekten de ürün bilgilerini içeren bir çeşit karttır. Bu kart üretim aşamaları arasında gidip gelerek üretimi başlatma ve safhalar arası talepleri düzenlemekte kullanılan bir araç durumundadır.

Çeşitli safhalardan oluşan bir üretim sürecinde bir önceki safhaya izlenen safha adı verilir ve herbir safhanın önünde bu safhada işlenmiş parça ara stokları bulunurken, gerisinde bir önceki safhadan işlenmek üzere çekilmiş malzeme, yarı-mamul ara stokları taşıyıcılar içinde olmak üzere yer almaktadır. Herbir safhanın ön tarafında bulunan dolu taşıyıcılarda üretim kanbanı, gerisinde bulunan taşıyıcılarda ise çekim kanbanı adı verilen kartlar bulunmaktadır.

Anlaşılacağı üzere bir kanban sisteminde genel olarak üretim ve çekim kanbanlarının bulunma zorunluluğu vardır. Bu iki tip kanbanın birbirinden farklı amaçlarının bulunmasına karşılık genelde her ikisinin taşıdığı bilgiler şu şekildedir (Crosby, 1984) :

- Parça no'su ve adı,
- Önceden belirlenmiş taşıyıcı kapasitesi. Kapasiteyi belirleyen sayı bir tamsayı ile çarpıldığında sipariş miktarını verebilmelidir.
- İzleyen safha -imalat atelyesi, montaj hattı, depo alanı v.b. olabilir.
- İzlenen safha -imalat atelyesi, montaj hattı, depo alanı v.b. olabilir.

Şekil 3.1'de bu bilgileri içeren genel bir kanban tasarımını gösterilmiştir.

Üretim Hat No: _____	izleyen safha
Parça No: _____	
Parça Adı: _____	
Taşıyıcı Tipi: _____	izlenen safha
Taşıyıcı Kapasitesi: _____	

Şekil 3.1 : Genel Bir Kanban Yapısı

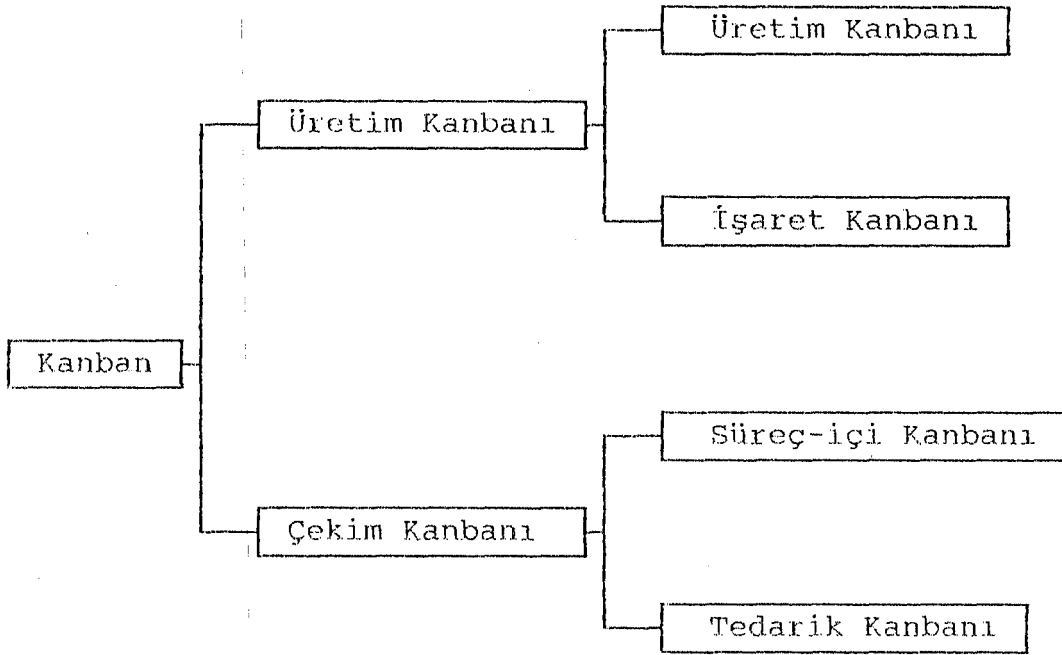
Safhalar arasında malzeme çekiminde ve üretim emrinde kullanılan kanbanlarda belirtilen miktardan az ya da çok parça çekilemez veya az ya da çok üretim yapılamaz.

İş merkezleri arasında hareket eden kanbanların farklı alanlarda ve farklı isteklere cevap verebilmesi amacıyla farklı tiplerde tasarlanmışlardır. Aşağıda önemli bazı kanban tipleri ele alınmıştır.

3.5.2 Kanban Tipleri

Safhalar arası parça çekimi, üretim emri verilmesi, malzeme siparişi gibi farklı alanlarda ve değişik üretim şartlarında kullanılmasından dolayı farklı özelliklere sahip çeşitli kanban tasarımlarının yapılma zorunluluğu ortaya çıkmış ve bu doğrultuda çeşitli kanbanlar tasarlanmıştır. Üretim kanbanı ve çekim kanbanı en çok kullanılan ana tiplerdir. Ana tip kanbanlardan hareketle türetilen başka çeşit kanbanlara örnek olarak tedarikçi (supplier) kanbanı, ekspres (express) kanbanı, genel (common) kanbanı, aciliyet kanbanı, iş-emri (job-order) kanbanı gösterilebilir.

Ana tip kanbanların sınıflaması Şekil 3.2'de gösterildiği gibi yapılabilir.



Şekil 3.2 : Ana Tip Kanbanlar

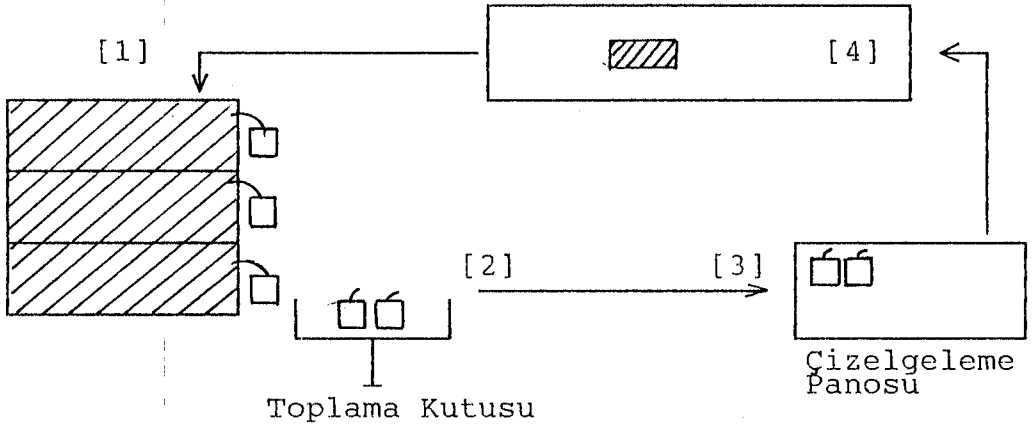
3.5.3 Ana Tip Kanbanlar

3.5.3.1 Üretim -Sipariş (Üretim) Kanbanı

Üretim-sipariş (production-ordering) kanbanı ya da kısaca üretim kanbanı bir önceki üretim aşamasının hangi çeşit ve miktarda üretim yapması gerektiğini belirler (Kimura & Terada, 1981). Şekil 3.3' de gösterilen süreç ile üretim kanbanı akışı şu şekilde açıklanabilir.

[1] Belirli bir iş merkezinde üretilen parçalar, taşıyılara konularak ve herbir taşıyıcıya kanban iliştilmiş durumda ilgili safhanın ara stok alanına alınır.

[2] Söz konusu safhayı izleyen safha bu safhanın ara stoğundan taşıyıcı ile parça çektiğinde, çektiği taşıyıcının kanbanını, kanban kutusuna bırakır. Bu şekilde kanban birikimi oluşur.



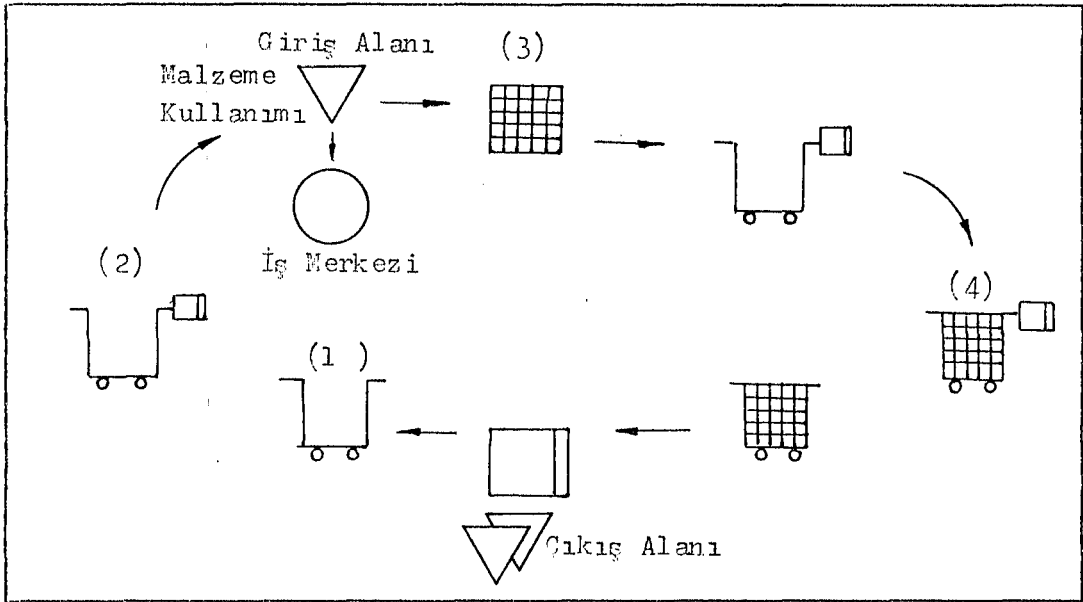
Şekil 3.3 : Üretim Kanbanı Süreci

[3] ilgili safhanın elemanı belirli aralıklarla kanban kutusundan kanbanları toplayarak çizelgeleme tablosu üzerine geliş sırasına göre dizer. Bu tablo aynı zamanda bu safhada yapılacak işlerin iş sıralarını yani iş çizelgelemesini vermektedir.

[4] Çizelgeleme tablosundan sırayla alınan kanban üzerinde yer alan bilgilere göre hangi çeşit ürünün ne miktarda yapılacağı belirlenerek üretim safhasına geçilir.

[1] Üretilen her bir kanbanda gösterilen tipteki taşıyıcıya, belirlenen taşıyıcı kapasitesine göre konur. Bir taşıyıcı dolduğunda çizelgeleme panosundan alınan üretim kanbanı iliştilerilerek ara stok sahasına gönderilir.

Yukarıda açıklanan dört adımlık süreç dahilinde üretim kanbanı sürekli bir çevrim izlemektedir. Taşıyıcı ile üretim kanbanı hareket alanı ise Şekil 3.4'de gösterilen bir çevrede yer almaktadır.



Şekil 3.4 : Üretim Kanbanı Hareket Alanı

Şekil 3.5'de ise Toyota Motor Co.'da kullanılan bir üretim kanbanı örneği gösterilmiştir (Monden, 1983).

Depo / Raf No: F26 - 18	Süreç ----- Makinada İşleme SB - 8
Parça No: 56790 - 321	
Parça Adı: Krank Mili	
Araç Tipi : SX50 BC.150	
Taşıyıcı Kapasitesi: -----	

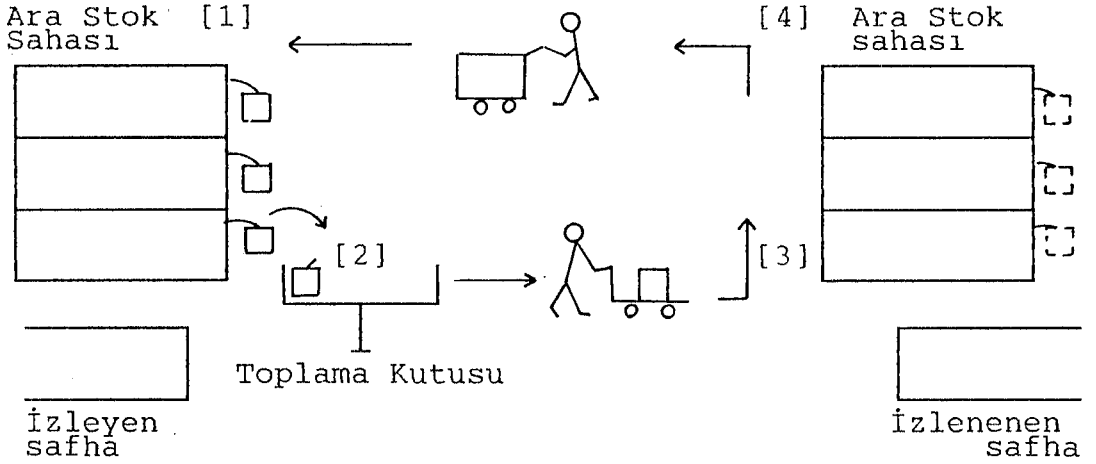
Şekil 3.5 Üretim Kanbanı Örneği

Örneği verilen kanbana göre SX50 BC.150 no'lu araç tipinde kullanılmak üzere parça no'su 56790-321 olan krank mili SB - 8 no'lu makinada işlenecek ve işlemten sonra F26-18 no'lu stok ya da depo alanına konulacaktır. İşlenecek parça tek olduğundan taşıyıcı tip ve kapasite bilgileri bu karta ilave edilmemiştir. Söz konusu kart doğrudan parça ü-

zerine iliştirilecektir.

3.5.3.2 Çekim Kanbanı

Çekim kanbanı (withdrawal), bir safhanın kendisinden önceki safhadan çekeceği ürünün miktarını ve türünü belirten bir karttır (Kimura-Terada, 1981). Çekim kanbanlarının izlediği süreç Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



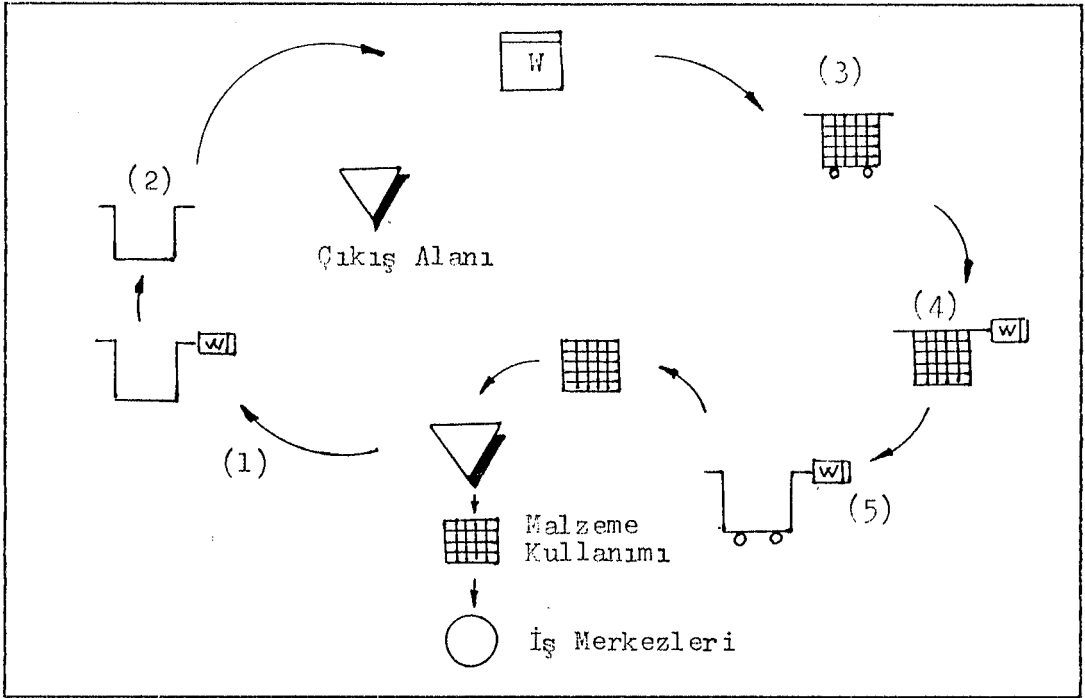
Şekil 3.6 Çekim Kanbanı Süreci

Buna göre, çekim kanbanı akışı şu şekilde olmaktadır. İzleyen safha üretim yapmak üzere kendi ara stoğundan üretim kanbanı ile parça çektiğinde [1], elindeki üretim kanbanını çektiği parçalara ya da taşıyıcıya iliştirirken, parçalar ya da taşıyıcı üzerinde bulunan çekim kanbanını, kanban toplama kutusuna bırakır [2]. Belirli periyotlarla, kanbanlar toplanarak izlenen safha ön stoğuna, bu stoktan izleyen safha için parça çekmek üzere götürülür [3].

İzlenen safha ara stoğundan eldeki kanban miktarı kadar parça çekilirken, çekim kanbanları, çekilen parçalara ya da taşıyıcılara iliştirilir. Parçalar ya da taşıyıcılar üzerindeki üretim kanbanları izlenen safhada üretim için iş emri olarak izlenen safha kanban kutusuna bırakılır [4].

Çekilen parçalar, izleyen safha ön stoğuna götürülerek işlenmek üzere izleyen safha ara stoğuna depolanır [1].

Yukarıda açıklanan çekim kanbanı sürecinde, çekim kanbanı ile taşıyıcı süreç alanı Şekil 3.7 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Çekim Kanbanı Hareket Alanı

Görüldüğü üzere çekim kanbanı sadece iş merkezlerindeki ara stok sahaları arasında gidip gelmektedir. Bu yüzden çekim kanbanına süreç-arası (inter-process) adı da verilmektedir. Bir çekim kanbanının faaliyet gösterebilmesi için izleyen safhanın üretim yapması gerekmektedir. Yani, çekim kanbanı ile parça çekimi, üretimin yapıлып yapılmamasına bağlıdır (Kimura & Terada, 1981).

Çekim kanbanı, şekilsel olarak üretim kanbanı gibi çeşitli tiplerde tasarlanabilir. Ancak, ne şekilde tasarlanırsa tasarlanırsa üzerinde şu bilgilerin bulunması gerekmektedir:

- Parça no'su, parça adı,
- Parçaların konacağı taşıyıcı kapasitesi ve tipi,
- Parçaların konacağı ara stok alanlarının kod ya da adları.

Bu bilgilerin yanısıra üretim tip ve özelliklerine göre gerekli görülen başka bilgilerde kanban üzerine ilave edilebilir.

Şekil 3.8'de Toyota Motor Co.'da kullanılan bir çekim kanbanı örneği verilmiştir (Monden, 1983).

Depo / Raf No: 5E215 -----	İzlenen safha
Parça No : 35670507 -----	Döküm B - 2
Parça Adı: Sürücü Pinyon -----	
Araç Tipi : SX50 BC.150 -----	İzleyen safha
Taşıyıcı Tipi : -----	Tezgah İşl. M - 6
Taşıyıcı Kapasitesi : 20 -----	

Şekil 3.8 : Çekim Kanbanı Örneği

Bu çekim kanbanına göre 35670507 no'lu sürücü pinyon parçası, B-2 no'lu izlenen döküm safhasından malzeme olarak M-6 no'lu makina parkının ara stoğuna malzemeyi çekecektir. Çekim, kapasitesi 20 birim-parça olan B tipi taşıyıcılar ile yapılacaktır. Yani bir taşıyıcı çekildiğinde 20 parça çekilmiş olacaktır. Parça M-6 no'lu makinada işlendikten sonra 5E215 no'lu izlenen safha ön stoğuna ya da depo alanına konacaktır. Burada, parçanın kullanıldığı araç no'su ve parça örnek no'su ekstra bilgi olarak verilmiştir.

3.5.4 Diğer Tip Kanbanlar

3.5.4.1 Ekspres Kanbanı

Ekspres (express) kanbanı, üretim ve çekim kanbanlarının kullanımının yanısıra, herhangi bir parçanın yokluğunun bulunduğu acil durumlar için kullanılır. Böylece bulunmayan parçaların derhal temini sağlanabilir.

3.5.4.2 Aciliyet Kanbanı

Aciliyet (emergency) kanbanı, hatalı parçalar, makinalarda meydana gelebilecek arızalar gibi olağan dışı durumlarda geçici bir süre için kullanılmaktadır. Çekim kanbanı ya da üretim kanbanı yerine kullanılabilen aciliyet kanbanı arızeli durumun ortadan kaldırılmasıyla derhal süreçten kaldırılır.

3.5.4.3 Tedarikçi Kanbanı

Tedarikçi (supplier) kanbanı, piyasadan temin edilecek malzeme, yarı-mamul, mamul ve parçaların satıcılardan temin edilmesi aşamasında başka bir deyişle piyasadan malzeme çekiminde kullanılan bir kanban çeşididir.

3.5.4.4 İşaret Kanbanı

İşletmelerin çoğunda kalıp döküm, presleme ya da metal döküm gibi küçük partiler halinde üretimin yapılması gibi ekonomik olmayan bu nedenle de büyük partiler halinde üretimi gereken bazı parçalar mevcuttur. Büyük partiler halinde üretilecek bu tür parçalar için işaret kanbanı adı verilen kanban tipi kullanılmaktadır.

3.5.4.5 İş-Emri Kanbanı

Daha önce anlatılan kanbanlar sürekli üretimi yapılan parçalar için kullanılırken, bir defalık ya da belirli bir iş için yapılan siparişlerde iş emri (job-order) kanbanı kullanılmaktadır.

3.5.4.6 Tünel Kanbanı

Bir parçanın üretimi esnasında kullanılan süreçler birbirine çok yakın ise bu süreçler arasında ayrı ayrı kanban kullanımı yerine tek kanban kullanımı yoluna gidilir ki burada kullanılan kanbana tünel (tunnel-trough) kanbanı adı verilmektedir. Bu kanban üzerine süreç safhaları kaydedilebilir.

3.5.4.7 Genel Kanban

İki iş istasyonu arası oldukça kısa ve bu iki iş istasyonuna tek bir işgören bakıyor ise çekim kanban ve üretim kanbanı yerine tek bir kanban kullanılabilir. Bu tür kullanımlarda yer alan kanbana genel (common) kanban adı verilir.

3.5.5 Kanbanların Süreç İçi Kullanımları

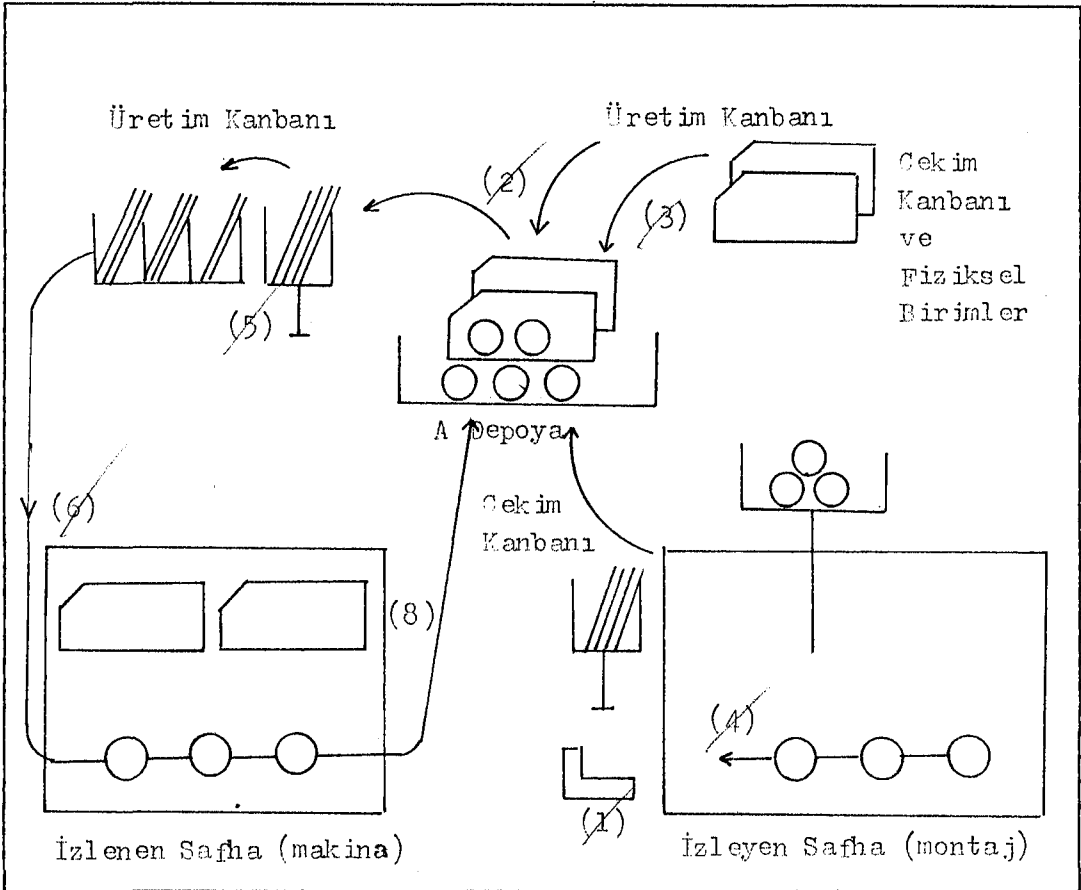
Kanban sisteminin en çok kullanılan çekim ve üretim kanbanlarının süreç içi kullanımları Şekil 3.9 yardımı ile şu şekilde açıklanabilir.

Başlangıç noktası olarak izleyen safha malzeme çekim noktası alınmıştır.

[1] İzleyen safhadan alınan boş taşıyıcı ile ilgili safhanın kutusunda birikmiş çekim kanbanları alınarak, izlenen safhanın ara stok safhasına götürülür. Söz konusu çekim kanbanları izleyen safhada bulunan ve örnekte, montajda kullanılan parçaların alınmasıyla biriktirilmiştir. Biriktirilen bu kanbanlar belli bir sayıya ulaştığında ya da belirli zaman periyotlarında çekim yapılmak üzere alınır.

[2] Çekim kanbanları ile izlenen safhanın ara stoğuna (depo A'ya) gelindiğinde, biriktirilen çekim kanbanı kadar taşıyıcı alınır. A stoğunda bulunan her bir taşıyıcı üzerinde izlenen safha tarafından üretim kanbanı iliştilmiştir. Çekimi yapan işçi, bu üretim kanbanlarını bir kutu

ya da panoya koyarken elindeki çekim kanbanlarını her bir taşıyıcıya birebir gelecek şekilde iliş­tirir.



Şekil 3.9 Kanbanın Süreç İçi Kullanımı

[3] Çekim kanbanı iliş­tirilen taşıyıcılar, izleyen süreçte kullanılmak üzere bu safhaya getirilirler. Bir taşıyıcıdaki parçalar kullanıldığında iliş­tirilen çekim kanbanı kutusunda biriktirmeye başlanır.

[4] Üretimin başlamasıyla çekim kanbanı iliş­tirili taşıyıcılar alınarak üretimde kullanılırlar. Taşıyıcılara iliş­tirilen çekim kanbanları, taşıyıcıların kullanılmasıyla taşıyıcıdan alınarak boş çekim kanbanı kutusunda biriktirmeye başlanır.

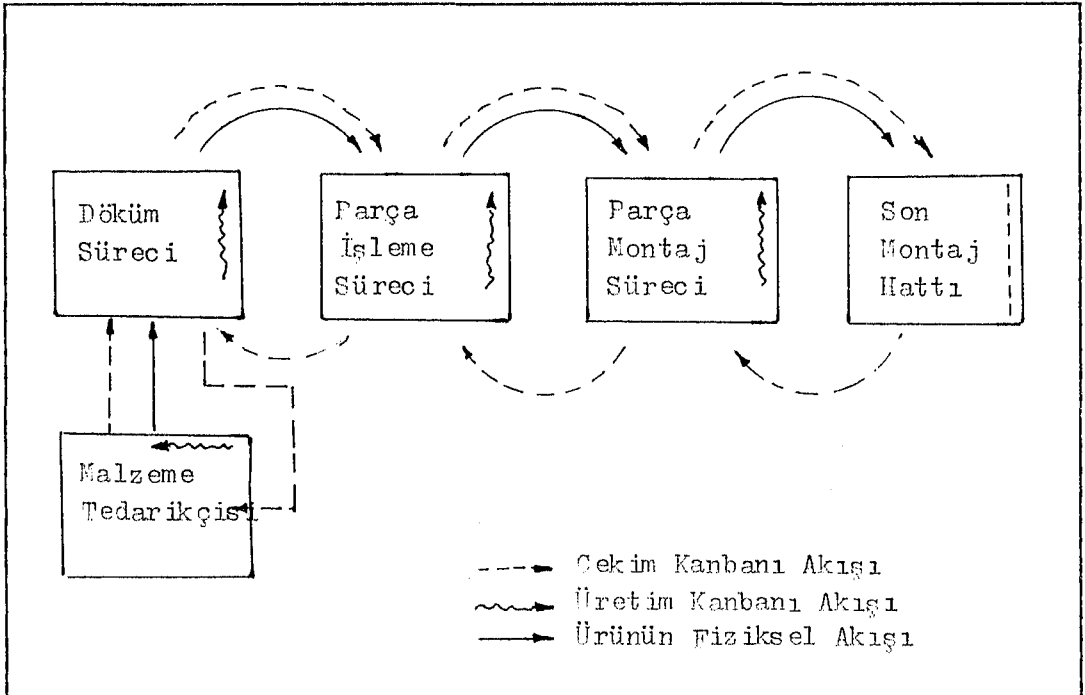
[5] İzlenen safha, izleyen safha tarafından parça çekimi esnasında bırakılan üretim kanbanlarını, kanban alım kutusundan alır. İzlenen safhaya birden fazla yerden, birden fazla çeşitte üretim kanbanı gelebilir.

[6] İzlenen safhada, üretim kanbanlarının geliş sırasına ve miktarına göre üretim yapılır.

[7] Üretimi yapılarak aktarılan herbir taşıyıcı üzerine üretim kanbanı iliştilir.

[8] Üretim kanbanı iliştilirilen taşıyıcılar, izlenen safhanın ara stok sahasına gönderilirler.

Anlaşılacağı üzere iki tip kanban birbirleriyle zincirleme olarak süreçte yer almaktadır. Bunun sonucu olarak herbir süreç gerekli zamanda ve miktarda gerekli parçaları kullanır ya da üretirler. Kanban zinciri, süreçler arasında üretimin dengeli olmasını sağlarlar. Aşağıdaki, Şekil 3.10'da, kanban zinciri gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Kanban Zinciri

3.6 JIT Sisteminin Modellenmesi

JIT üretim sisteminin felsefesi gereği imalat dışında her türlü harcamanın israf kabul edildiği bir sistemde kapital, işgücü ve donanım kaynaklarının talebi karşılamak üzere eniyi bir biçimde kullanılması zorunludur.

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere safhalar arasında ara stoklar, bir başka deyişle buffer ya da tampon stoklar bulunmaktadır. Bu stok miktarları öyle saptanmalıdır ki;

- izleyen safha, izlenen safhadan parça çekimi yaptığında bu çekim talebi karşılamalı,

- kendi safhasından gelecek üretimi yapılmış parçaların eklenmesiyle yığılmalar olmamalı ve maliyet açısından uygun olmalı,

- üretim istasyonlarına kanban tarafından verilen sipariş miktar büyüklükleri öncelikle bu istasyonun kapasitesine uygun olmalı,

- diğer taraftan kendisinden sonra gelen iş istasyonunun taleplerine karşılık verebilecek şekilde belirlenmeli,

- ayrıca, iş istasyonları üretim akışı esnasında belli iş istasyonlarında yığılmalara ya da boş veya az kapasiteli çalışmalara izin verilmeyecek bir iş yüklemesi, iş akışı ve sipariş büyüklükleri belirlenmelidir.

Tüm yukarıda sözü edilenleri değişik çevre ve talep koşullarında en az maliyetle gerçekleştirecek sistemin kurulması bilgisayar kullanmaksızın zaman alıcı ve güçtür. En azından bu şekilde kurulacak bir sistemin eniyi olup olmayacağı da şüphelidir.

Bu amaçla JIT sisteminin tasarımına yönelik olarak matematiksel modellerden ya da benzetim yaklaşımlarından yararlanılmaktadır. Bu bölümde önce matematiksel modeli daha sonra benzetim yaklaşımı ele alınacaktır.

3.6.1 Matematiksel Model Yaklaşımı

JIT kavramı için geliştirilen model öncelikle doğrusal olmayan bir yapıya sahip olan çok-safhalı, çok devreli, tek-hatlı, tek-parça üretim sistemleri için uygulanabilir özelliğe sahiptir (Kimura & Terada, 1981; Oğuz, 1988).

• Modelin varsayımları:

- . Stok kapasitesi taleple sınırlı olacak,
- . Kanban yığılmalarına izin verilmeyecek,
- . İstasyonlar arasında hareket eden taşıyıcılar ya tamamen boş ya da tamamen dolu olacaktır.

• Modelin tanımlanması:

Sistem N adet üretim safhasından oluşmaktadır. Her bir safhaya ait işlem zamanı, üretim kapasitesi, ara stok kapasitesi, hazırlık süresi, değişken üretim maliyeti, stok bulundurma maliyeti, yoksatma maliyeti, taşıyıcı maliyeti ve yıllık sabit makina maliyeti bilinmektedir.

Modelde T devrelik bir dönem alınmakta, her dönem için son ürün talebi bulunmaktadır.

Yukarıdaki veriler ışığında toplam maliyeti enküçüleyecek biçimde birim yük büyüklüğü, üretim miktarı, üretim kapasitesi, stok seviyesi, yoksatma miktarı ve stok kapasitesi modelin çözümüyle elde edilmeye çalışılır.

Tanımlamalar :

İndisler :

n : üretim safha sayısı (n=1,...N)

t : devreler (t=1,...T)

Parametreler:

H^n : n safhasında stok bulundurma maliyeti (TL/parça-devre)

S^n : n safhasında yoksatma maliyeti (TL/parça-devre)

K^n : taşıyıcı maliyeti (TL/taşıyıcı)

CC^n : n safhasında taşıyıcı kapasitesi (parça/taşıyıcı)

p : çekme hızı (taşıyıcı/devre)

D_t : t devresindeki ürün talebi (parça)

L^n : n safhasında üretim önsüresi

U_t^n : t devresinde ve n safhasındaki değişken birim üretim maliyeti (TL/parça-devre)

AFC^n : n safhasında yıllık sabit makina maliyeti (TL/devre)

a^n : n safhasında değişken işleme süresi (zaman birimi/parça)

Karar Değişkenleri :

O_t^n : n safhasında ve t devresindeki net birikmiş boş taşıyıcı sayısı (üretim emri miktarı)

P_t^n : n safhasında ve t devresindeki üretim miktarı (dolu taşıyıcı sayısı)

M^n : n safhasında birim yük büyüklüğü

C^n : n safhasında üretim kapasitesi

- W_t^n : n safhasında ve t devresi sonunda tam dolmamış taşıyıcıda kalan parça sayısı
- I_t^n : n safhasında ve t devresindeki ara stokta bulunan dolu taşıyıcı sayısı (taşınan stok miktarı)
- B_t^n : n safhasında ve t devresinde ara stokta bulunan boş taşıyıcı sayısı (yoksatma miktarı)
- X_t^n : n safhasındaki ara stok kapasitesi

Kurulacak modelde amaç üretim, stoklama, yoksatma ve taşıyıcı maliyetinden oluşan toplam maliyeti enküçükleme şeklindedir. Bu amaç sağlanırken sistemde üretim ve stok dengelerinin sağlanmasıyla talebin karşılanması gerekmektedir. Modelde sağlanması gereken koşullar aşağıda verilmiştir.

- Üretim miktarı için : N dönemi hariç tüm dönem ve safhalarında üretim miktarı;
 - . üretim emri miktarı (birikmiş bulunan boş taşıyıcı sayısı),
 - . üretim kapasitesi,
 - . (bulunulan devreden bir sonraki devreye aktarılan miktarlar bu devredeki üretim miktarına eşit olmalıdır. Üretim yanında bir önceki devreden kalan stoklarında işleneceği de göz önüne alınmalıdır. Aksi halde, izleyen safhada kuyruklar oluşur) bir sonraki safhaya ait olmak üzere o safhanın üretimi ile bir önceki dönemden kalan stok miktarı toplamı,
- değerlerinden enküçük olanı kadar olmalıdır.

N safhası ise üretime başlangıç aşaması olduğundan bundan önce bir üretim (P^{N+1}) safhası olmayacak sadece başlangıç stoğu bulunabilecektir.

Yukarıdaki özellikleri içeren, [3] ve [4] no'lu denk-

ri üretim miktarını belirlemede kullanılır.

- Safhalar arasındaki stoklar için:

Bir safhadaki stok miktarı, bu safhaya ait olan ve bir önceki dönemden devredilen stok miktarından üretim miktarının farkı kadar olmalıdır. Buna göre tutulacak stok miktarı üretim miktarı ile sınırlanmış olur. Başlangıç stoğu ise ara stok kapasite ile özdeştir. Ara stok değerleri de üretim miktarı ile üretim emri miktarı farkı kadar olabilir. Yoksatma miktarı ise bunun tam tersidir. Üretim emri miktarına karşılık üretim miktarı az ise fark kadar yoksatma olacaktır.

[5], [6], [15] ve [16] no'lu denklemler sistemde stok dengesini belirlemektedirler.

Safhalar arası, ara stok kapasitesinin alt ve üst değerleri talep ile sınırlandırılır. Devrelere ilişkin taleplerin enküçük değeri ara stok kapasitesinin alt değerini, enbüyük değeri ara stok kapasitesinin üst sınırını verir. Ayrıca herhangi bir devredeki ara stok kapasitesi üretim miktarından fazla olmalıdır.

[17], [18] ve [19] no'lu ifadeler yukarıda sözü edilenleri sağlamaktadırlar.

- Yarı dolu taşıyıcılar için parça denklemi:

n safhasında ve t dönemi sonunda üretim merkezlerinde tam dolmamış taşıyıcılar bulunabilir. Eğer bu koşullar sağlanmaz ya da modelde yer almaz ise talep karşılanmayabilir. Bu taşıyıcılardaki miktarlar,

. ilk dönem son safhada iken üretim emri miktarı ile talep arasındaki fark kadar olmalıdır,

. herhangi bir safhada iken yarı dolu taşıyıcıdaki parça sayısı, bir önceki safhadan devredilen parça sayısı ile üretim emri miktarından izleyen safhanın üretim emrinin çıkartılmasıyla elde edilir. Buna göre, devredilen parça

sayısı ile üretim emri izleyen safha üretiminden büyük ise taşıyıcıyı doldurulmaksızın belirlenen kadar parça üretimi yapılır. Üretim miktarı büyük ise fazladan üretim yapmaya gerek yoktur.

[7], [8], [9] ve [20] no'lu ifadeler yarı dolu taşıyıcılar için parça sayısını belirlemede kullanılırlar.

- Üretim emri miktarı (bir devrede belirli bir safha için boş taşıyıcı sayısı),

İlk devrede, son safha için üretim emri miktarı, talep miktarı kadar olmalıdır. İlk devrenin diğer safhalarındaki üretim emri miktarı bir önceki safhanın üretim emri miktarına eşit olmalıdır. Her safha izlenen safhanın üretebileceği kadar üretim yapmalıdır. Model son safhadan başlanarak düzenlendiği için bu hedefe ulaşabilmektedir. Diğer dönemlerin son safhaları için üretim emri miktarı, bir önceki dönemden devredilen üretim miktarı ile bu dönemin talep miktarına bağlıdır. Diğer safhalar için üretim emri miktarı devreden üretim miktarları ile bir önceki safhanın üretim miktarına bağlı olmalıdır.

Bunları, [10], [11], [12], [13] ve [14] no'lu denklemler ifade eder.

- Üretim kapasitesi, bir safhadan çekilecek parça miktarı çekim hızından büyük ya da eşit olmalıdır.

MODEL :

$$\text{Enk TM} = \sum_{n,t} (P_t^n M_t^n + W_t^n) U_t^n + \sum_{n,t} M_t^n H_t^n I_t^n +$$

$$\sum_{n,t} M_t^n S_t^n B_t^n + \sum_{n,t} \text{AFC}^n a_t^n M_t^n P_t^n - \sum_n K^n X^n$$

$$M^n \geq 1 \quad \forall n \dots \dots \dots [1]$$

$$M^n \leq CC^n \quad \forall n \dots \dots \dots [2]$$

$$P_t^n = \text{enk} (O_t^n , C^n , I_{t-1}^{n+1} + P_t^{n+1}) \quad \forall t , \quad \forall n=1, \dots, N-1 [3]$$

$$P_t^N = \text{enk} (O_t^N , C^N , I_{t-1}^{N+1}) \quad \forall t \dots \dots [4]$$

$$I_t^1 = I_{t-1}^1 + P_{t-L}^1 - \frac{D_t^1}{M^1} \quad \forall t \dots \dots [5]$$

$$I_t^n = I_{t-1}^n + P_{t-L}^n - \frac{P_t^{n-1}}{M^n} \quad \forall t, n=2, \dots, N [6]$$

$$W_1^1 = M^1 O_1^1 - D_1 \quad [7]$$

$$W_t^1 = W_{t-1}^1 + M^1 O_t^1 - D_t \quad \forall t=2, \dots, T [8]$$

$$W_t^n = W_{t-1}^n + M^n O_t^n - M^{n-1} P_t^{n-1} \quad \forall t, n=2, \dots, N [9]$$

$$O_1^1 = \left[\frac{D_1^1}{M^1} \right] + \quad [10]$$

$$O_t^1 = O_{t-1}^1 - P_{t-1}^1 + \left[\frac{D_t^1 - W_{t-1}^1}{M^1} \right] \quad \forall t=2, \dots, T [11]$$

$$O_1^n = \left[\frac{P_1^{n-1} M^{n-1}}{M^n} \right] \quad \forall n=2, \dots, N \quad [12]$$

$$O_t^n = O_{t-1}^n - P_{t-1}^n + \left[\frac{P_t^{n-1} M^{n-1} - W_{t-1}^n}{M^n} \right] \quad \forall t=2, \dots, T, \quad \forall n=2, \dots, N \quad [13]$$

$$I_0^n = X^n \quad \forall n \dots [14]$$

$$I_t^n = \text{enb} (0, P_t^n - O_t^n) \quad \forall t, n \dots [15]$$

$$B_t^n = \text{enb} (0, O_t^n - P_t^n) \quad \forall t, n \dots [16]$$

$$X^n \leq \frac{\text{enb} (D_t : t=1, \dots, T)}{M^n} \quad \forall n \dots [17]$$

$$X^n \geq \frac{\text{enk} (D_t : t=1, \dots, T)}{M^n} \quad \forall n \dots [18]$$

$$X^n \geq P_t^n \quad \forall t, n \dots [19]$$

$$W_t^n \leq M^{n-1} \quad \forall t, n \dots [20]$$

$$C^n > p \quad \forall n \dots [21]$$

$$C < \frac{1}{a^n M^n} \quad \forall n \dots [22]$$

$$O_t^n, W_t^n \geq 0 \quad \forall t, n \dots [23]$$

Geliştirilen bu modelin doğrusal olmamasına neden olan birim yük büyüklüğü değişkenidir. Eğer bu değişken modelde parametre olarak tanımlanabilirse model doğrusal bir yapıya dönüştürülmüş olunur. Ayrıca birtakım değişkenlerin tamsayı olma zorunluluğu modelin çözümünü güçleştirmektedir.

Birim yük büyüklüğü değişkeni parametre olarak alınır ve tamsayı kısıtı kaldırılır ise modelin çözümü kolaylaşacaktır. Çözüm sonucunda tamsayı olmayan değişkenler tamsayıya dönüştürülerek amaç fonksiyonu değeri ve değişimi gözlenebilir.

Yukarıdaki tanımlamalardan hareketle model geliştirilerek denklemler halinde sunulabilir. Bu denklemlerin çözümü de değişken değerlerini amaç fonksiyonunu eniyi yapacak bir şekilde verir.

Geliştirilmiş Model :

=====

= Amaç fonksiyonu toplam maliyetin enaz olması şeklindedir.

$$\text{Enk TM} = \sum_{n,t} (U_t^n + \text{AFC}^n a^n) M^n P_t^n + \sum_{n,t} U_t^n W_t^n +$$

$$\sum_{n,t} H^n M^n I_t^n + \sum_{n,t} S^n M^n B_t^n - \sum_n K^n X^n$$

- Kısıtlar

[1] Elverişli olan en fazla üretim miktarı;

[a] Toplam üretim kapasitesini (parça cinsinden) aşmamalıdır.

$$M_t^n P_t^n + W_t^n - M_t^n C_t^n \leq 0 \quad \forall t, n \quad [24]$$

[b] Toplam üretim bir önceki safhadaki stok miktarını (parça cinsinden) aşmamalıdır.

$$M_1^n P_1^n + W_1^n - M_1^{n+1} P_1^{n+1} \leq M_0^{n+1} I_0^{n+1} \quad \forall n=1, \dots, N-1 \quad [25]$$

$$M_t^n P_t^n + W_t^n - M_{t-1}^{n+1} I_{t-1}^{n+1} + M_{t-1}^{n+1} B_{t-1}^{n+1} - M_{t-1}^{n+1} P_{t-1}^{n+1} \leq 0 \quad \forall t=2, \dots, T, \quad \forall n=1, \dots, N-1 \quad [26]$$

$$M_1^N P_1^N + W_1^N \leq X^{N+1} \quad [27]$$

$$M_t^N P_t^N + W_t^N \leq I_{t-1}^{N+1} \quad \forall t=2, \dots, T \quad [28]$$

[c] Üretim miktarı boş ara stok miktarını (boş ara stok kapasitesi-eldeki stok miktarı; taşıyıcı cinsinden) aşmamalıdır.

$$P_1^n - X^n \leq -I_0^n \quad \forall n \quad [29]$$

$$P_t^n - X^n + I_{t-1}^n \leq 0 \quad \forall t=2, \dots, T, \quad \forall n \quad [30]$$

[2] Kısmen dolmuş taşıyıcıda kalan parçalar için denge denklemi,

$$W_1^1 = M_1^1 O_1^1 - D_1 \quad [31]$$

$$W_t^1 = W_{t-1}^1 + M_t^1 O_t^1 - D_t \quad \forall t=2, \dots, T \quad [32]$$

$$W_t^n = W_{t-1}^n + M_t^n O_t^n - M_t^{n-1} P_t^{n-1} \quad \forall t, \forall n=2, \dots, N \quad [33]$$

şeklinde olmalıdır.

[3] Net stok denge denklemi (parça cinsinden);

$$M_1^1 B_1^1 - M_1^1 I_1^1 + M_1^1 P_{1-L}^1 = D_1 - M_1^1 I_0^1 \quad [34]$$

$$M_t^1 B_t^1 - M_{t-1}^1 B_{t-1}^1 - M_t^1 I_t^1 + M_{t-1}^1 I_{t-1}^1 + M_{t-L}^1 P_{t-L}^1 = D_t \quad \forall t=2, \dots, T \quad [35]$$

$$M_1^n B_1^n - M_1^n I_1^n + M_1^n P_{1-L}^n - M_1^{n-1} P_1^{n-1} - W_1^{n-1} = -M_1^n I_0^n \quad \forall n=2, \dots, N \quad [36]$$

$$M_t^n B_t^n - M_{t-1}^n B_{t-1}^n - M_t^n I_t^n + M_{t-1}^n I_{t-1}^n - M_{t-L}^n P_{t-L}^n -$$

$$M_t^{n-1} P_t^{n-1} - W_t^{n-1} = 0 \quad \forall t=2, \dots, T, \forall n=2, \dots, N \quad [37]$$

[4] Üretim emri miktarı için denge denklemi (parça cinsinden; üretim emri miktarı = talep (veya bir sonraki safhanın toplam üretim miktarı)+ önceki dönemin yoksatma miktarı - önceki dönemin eldeki stok miktarı - önceki dönemde kısmen doldurulmuş taşıyıcıdaki parça sayısı)

$$M_{11}^1 O_1^1 = D_1^1 - M_{10}^1 I_0^1 \quad [38]$$

$$M_{t1}^1 O_t^1 - M_{t-11}^1 B_{t-1}^1 + M_{t-11}^1 I_{t-1}^1 + W_{t-1}^1 = D_t^1 \quad \forall t=2, \dots, T \quad [39]$$

$$M_{1n}^n O_1^n - M_{1n-1}^{n-1} P_{1n-1}^{n-1} - W_{1n-1}^{n-1} = M_{10}^n I_0^n \quad \forall n=2, \dots, N \quad [40]$$

$$M_{t1}^n O_t^n - M_{t-11}^n B_{t-1}^n + M_{t-11}^n I_{t-1}^n - M_{t1}^{n-1} P_{t1}^{n-1} + W_{t-1}^n - W_t^{n-1} = 0 \quad \forall t=2, \dots, T, \forall n=2, \dots, N \quad [41]$$

[5] Ara stok kapasitesi için sınırlar

$$X^n \leq \frac{\text{enb} (D_t^1 : t=1, \dots, T)}{M^n} \quad \forall n \quad [42]$$

$$X^n \geq \frac{\text{enk} (D_t^1 : t=1, \dots, T)}{M^n} \quad \forall n \quad [43]$$

[6] Kısmen doldurulmuş taşıyıcıdaki parçalar için üst sınır,

$$w_t^n \leq M^n - 1 \quad \forall t, n \quad [44]$$

[7] Kapasite için alt ve üst sınırlar

$$C^n > p \quad \forall n \quad [45]$$

$$C^n < \frac{1}{a^n M^n} \quad \forall n \quad [46]$$

[8] Negatif olmama kısıtları

$$O_t^n, w_t^n > 0 \quad \forall t, n \quad [47]$$

Yukarıda tanımlanan modelin çözümünde, birim yük büyüklüğü (M^n değişkeni) her bir model için parametre olarak alınmaktadır. Farklı birim yük büyüklüklerine göre çözülecek modeller sonucunda optimum çözümü veren model seçilmekte, bunu takiben uygun birim yük büyüklüğünü veren bu model üzerinde analizler yapılmaktadır.

Modelin temel yapısından görülebileceği gibi modelde çeşitli kısıt ve değişkenler mevcuttur. Orijinal bir modelde $N*(11T+6)$ kadar fonksiyonel kısıt ile $N*(5T+2)$ kadar değişken bulunmaktadır. Başlangıç stoğu, birim yük büyüklüğü gibi değişkenlerin sistemlerin durumlarına göre parametre olarak alınmalarına karşın bunların modelde getirecekleri değişimler çözümü kolaylaştırıcı olmamaktadır. Özellikle, gerçek imalat sistemlerinde oluşturulacak bu tip modeller oldukça çok sayıda değişkene ve bağlı olarak kısıtlayıcıya sahip olmaktadır.

Bu şekilde oluşturulacak modellerin el ile çözümleri olanaksızdır. Bu yüzden bilgisayar yardımıyla çözüm yoluna gidilmiştir. Bu amaçla geliştirilmiş olan paket programlar ise büyük boyutlu modellerin çözümünde sınırlı kalmaktadır. Geliştirilen daha geniş çaplı programların kullanımında ise uzun ön çalışmalar ile buna paralel uzun bilgisayar çalışma sürelerine ve kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Model büyüdükçe kontrol güçleşmektedir. Modelin boyutunu küçük tutmak amacıyla imalat sisteminin üretim periyot sayısı küçük tutulmaktadır. Kısa dönemde ele alınıp geliştirilen modeller ise uzun dönemli sistem değişimlerini, talep değişim etkilerini ortaya koyamamaktadır.

Bu modellerden elde edilen önemli sonuçlar birim yük büyüklüğünün saptanması, buna bağlı olarak maliyet değişimlerinin belirlenmesidir. Ayrıca, matematiksel model çözümünde mevcut şartlar altında eniyi çözüm söz konusudur.

Uzun dönemde sistemin davranışını görmek, ana üretim çizelgelemesini gözlemek, atelye akış faaliyetlerini planlamak amacıyla benzetim yaklaşımından yararlanılmaktadır.

Aynı zamanda sistemin davranışları, benzetim modeli ile farklı talep ve maliyet değerlerinde analiz edilebilmektedir.

3.6.2 Benzetim Yaklaşımı

JIT üretim sisteminin uzun dönemde davranışlarını görebilmek amacıyla benzetim yaklaşımından yararlanılmaktadır. Özellikle Kimura ve Terada (1981) tarafından, üretim ve stok seviyelerindeki dalgalanmaları analiz etmek üzere benzetim modelleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada da uzun dönemde sistemin davranışlarını görebilmek amacıyla benzetim tekniği kullanılmıştır. Söz konusu benzetim modeli iki aşamada gerçekleştirilmektedir (Oğuz, 1988). İlk aşama benzetimin kullanacağı verileri üreten "veri üretici" programıdır. Bu programda, gerçek

sisteme uygun değişken değerlerini mevcut çalışma kısıtlarını göz önünde bulundurarak veri üretimi yapılmaktadır.

Üretilen veriler safha sayısı ve üretim maliyeti, stok bulundurma maliyeti, yoksatma maliyeti ve taşıyıcı maliyetlerinden oluşmaktadır.

ikinci aşama benzetim aşamasıdır. Benzetimde kullanılan veriler ilk program olan "veri üretici" programından alınmaktadır.

Benzetimde üç tip durum (olay) söz konusudur:

- Talep gelişleri,
- Benzetimin sonu, raporlanması,
- Sistemin değerlendirilmesi.

Benzetim başlatıldığında önce talep dağılımını belirlenmektedir. Aslında ilk iki olay eş zamanlı olmaktadır. Olayların akışında devresel gözden geçirme durumu söz konusudur.

Sistemde üretime başlama ve bitiş noktaları önemli olmadığından üretim faaliyetleri bir durum olarak ele alınmamaktadır. Fakat, talep geliş durumlarına göre ne kadarlık stok yığıldığını görmek önemlidir. Biriken stoklar ise bir önceki devreden şimdiki devreye geçen üretim miktarını gösterdiğinden önemli bir nokta olarak ele alınmaktadır.

Üretim miktarı, buffer kapasitenin mümkün olan en kk değeri için belirlenmektedir. Buffer kapasite ile beraber önceki safhadan gelen stok miktarı ile bulunulan safhanın üretim kapasitesine göre belirlenmektedir.

Ana benzetim programı, aşağıda açıklanan alt programlardan oluşmuştur.

• DEMAND : Farklı büyüklüklerde talep değişimlerini geliştiren programdır.

- EVALU : Farklı talep büyüklüklerine göre sistemin değerlendirmesini yapan programdır.

- PRODN : Herbir safha için üretim faaliyetlerini değerlendiren programdır.

- UPDATE : Stok seviyesinin değiştiği en son duruma göre zamanı günleyen programdır.

- UPDT : Benzetim sonunda ve stok seviye değişimi olduğunda stok dalgalanmalarının etkilendiği bölümleri günleyen programdır.

- TIMING : Zaman rotasyonu yapan programdır.

- INIT : Benzetimi başlatıp ilk değerlerin tanımlandığı programdır.

- REPORT : Benzetim sonuçlarını veren programdır.

FORTRAN dilinde yazılmış olan bu programlar ayrıca verilmemiştir. Programlar ve programların daha ayrıntılı bilgileri "Law & Kelton, 'Simulation of Inventory Systems', Simulation Modeling and Analysis, page 28-42" den elde edilebilir.

4. JİT SİSTEMİNİN UYGULANMASI

4.1 Uygulamanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtımı

4.1.1 Genel İşletme Yapısı

TÜLOMSAŞ, 1894 yılında Buharlı Lokomotif ve vagon yapmak amacıyla küçük bir atölye olarak kurulmuş, 1924 yılında TCDD Genel Müdürlüğüne intikal etmiştir. 1924 yılından itibaren geçirdiği yapısal ve hukuki değişikliklerle birlikte süratle gelişme kaydederek Türkiye'nin en büyük sanayi kuruluşları arasına girmiştir.

Son olarak TCDD Genel Müdürlüğüne bağlı bir müessese olarak faaliyet göstermekte iken Bakanlar Kurulunun 28.3.1986 tarih ve 86/10527 sayılı kararı ile TCDD Genel Müdürlüğünün bağlı ortaklığı haline dönüştürülmüş ve Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii A.Ş. (TÜLOMSAŞ) olarak yeni bir statüye kavuşturulmuştur. Böylelikle, Şirketin yeni statüsü içinde çağdaş yönetim ilkeleri doğrultusunda daha verimli çalışması sağlanabilecektir.

Şirket, bir Başkan ve dört üyeden oluşan Yönetim Kurulu tarafından yönetilmektedir. Genel Müdür Yönetim Kurulu Başkanıdır.

Şirket Motor, Elektrik Makinaları, Lokomotif, Vagon ve Yol Gereçleri Fabrikalarından müteşekkil 4 ana üretim birimi, Döküm ve Kimyasal İşlemler, Dişli Takım ve Kalıp, Bakım ve Yardımcı Üretim Fabrikalarından müteşekkil 3 yardımcı üretim birimi ile 16 adet çeşitli Daire Başkanlıkları ve Uzmanlık birimlerinden oluşan bir örgüte sahiptir.

1962 yılında bojili yük vagonlarının, 1968 yılında diesel manevra lokomotiflerinin ve 1971 yılında da diesel elektrikli anahat lokomotiflerinin sürekli olarak imalatına başlanmıştır. Bugün bojili yük vagonu ve diesel elektrikli lokomotif imalatının yanında demiryolu makasları, muhtelif tonajda mekanik ve elektronik kantar ve her türlü vincin imalatı ile köprü ve çelik konstrüksiyon imalatı da yapıl-

maktadır.

Şirket, Batı Alman KRAUSS_MAFFEI firması ile lokomotif, MTU firması ile diesel motor lisans anlaşması yapmış olup 1100 BG'de diesel manevra lokomotifleri, Amerikan EMD General Motors firmasıyla yapılan lisans anlaşmasıyla 2000 BG'de diesel elektrikli anahat lokomotifinin imalatını yapmaktadır. Ayrıca, Şirket Japon NISSHO IWAI_TOSHIBA firmasıyla yapılan lisans anlaşmasıyla 3180 KW gücünde elektrikli anahat lokomotif imalatına da devam etmektedir.

Bu imalatların yanısıra lokomotifler için gerekli yedek parçaların üretimi ile revizyon ve onarımlarda yine TÜLOMSAŞ'da yapılmaktadır.

4.1.2 TÜLOMSAŞ Vagon Fabrikası

TÜLOMSAŞ'ın 5 ana üretim biriminden biri olan ve 22.000 M² 'lik bir alanda kurulu vagon fabrikası;

- Mekanik İşleme (441 no'lu masraf yeri),
- Sac Hazırlama (442 no'lu masraf yeri),
- Şasi (443 no'lu masraf yeri),
- Çelik Konstrüksiyon (444 no'lu masraf yeri),
- Makas (445 no'lu masraf yeri),
- İnce Sac (446 no'lu masraf yeri),
- Boji ve Tampon (447 no'lu masraf yeri),
- Vagon Montaj (448 no'lu masraf yeri),

olmak üzere 8 ayrı atölyeden teşekkül etmiştir.

Sözkonusu atölyelerde yapılan üretim çeşitleri ise şu şekilde sıralanabilir:

- Çeşitli tipte vagon (FC4 Vagonu, Rt4 Vagonu, Rh6 Vagonu, Sabit Semerli Vagon v.b.),
- Demiryolu Makasları,
- Çeşitli Çelik İnşaat.

Çeşitli tipte vagon üretimi TÛLOMSAŞ'ın -lokomotif üretimi yanında- en önemli imalat kalemlerinden birisidir.

Vagon fabrikasında üretimin gerçekleştirildiği atölyelerin yanında üretim için gerekli planlama, sipariş, malzeme takip ve koordinasyonun sağlandığı bir teknik büro mevcuttur. Ancak tam anlamıyla kadrolaşmanın oluşturulamadığı teknik büro beklenenlere cevap verememektedir.

4.1.3 Vagon İmalatı İle İlgili Bilgiler

Demiryolu çekilen araçlar grubuna dahil olan vagon, sürekli üretimi olan bir imalat çeşididir.

Geçmiş yıllara göre vagon üretimi ve buna bağlı olarak talep projeksiyonu Şekil 4.1 ve 4.2'den görülebilir.

Vagon imalatı iki aşamalı olarak düşünülebilir:

1. Aşama, vagon imalatına karar verilmesinden imalatın başlangıcına kadar geçen süredir.
2. Aşama, vagon imalat sürecidir.

1. Aşama : Bu aşama Şekil 4.3'de gösterilen akış ile şu şekilde açıklanabilir:

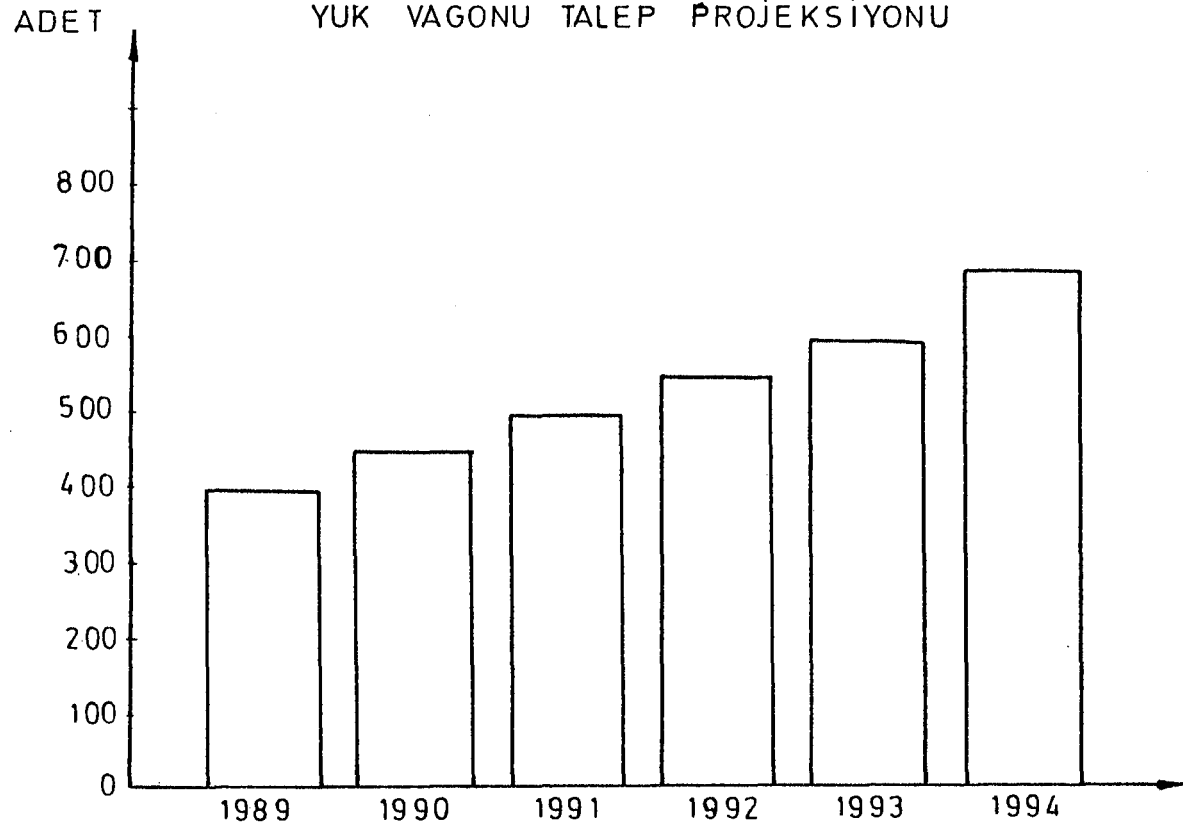
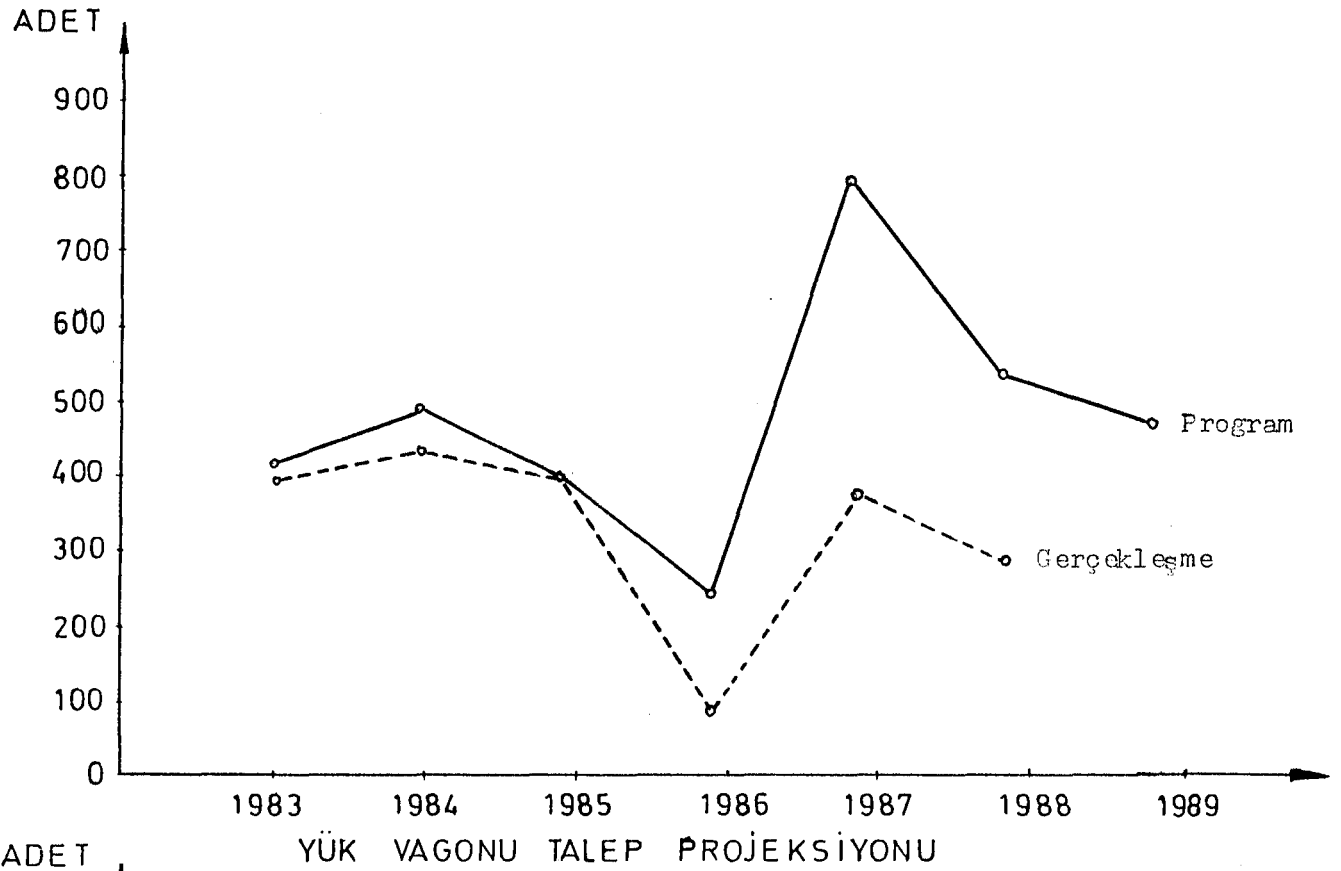
(1) bu aşamanın ilk işlemi imal edilecek vagon çeşit ve miktarının belirlenmesidir. Bu, halihazırda vagon talepçisi olan TCDD Genel Müdürlüğünün isteği doğrultusunda çeşit ve miktar konusundaki anlaşmaya göre belirlenir,

(2) varılan anlaşma doğrultusunda Araştırma Planlama ve Koordinasyon (APK) Dairesi Başkanlığında diğer üretim cinsleri de ele alınarak yıllık ana üretim planları hazırlanır,

(3) planlar, Teknik Hizmetler Dairesi Başkanlığına, Malzeme Dairesi Başkanlığına ve Fabrikalara bildirilir,

(4) üretim için kalıp, kolaylık, üretim projeleri yoksa ya da tadilatlar var ise Teknik Hizmetler Dai.Bşk.'nda gereken projeler hazırlanır,

VAGON ÜRETİMİ



Şekil 4.1 - 4.2 Vagon Üretimi ve Talep Projeksiyonu

(5) vagon imalatına ait olanlar Vagon Fabrikası Müdürlüğü Teknik Bürosuna intikal ettirilir,

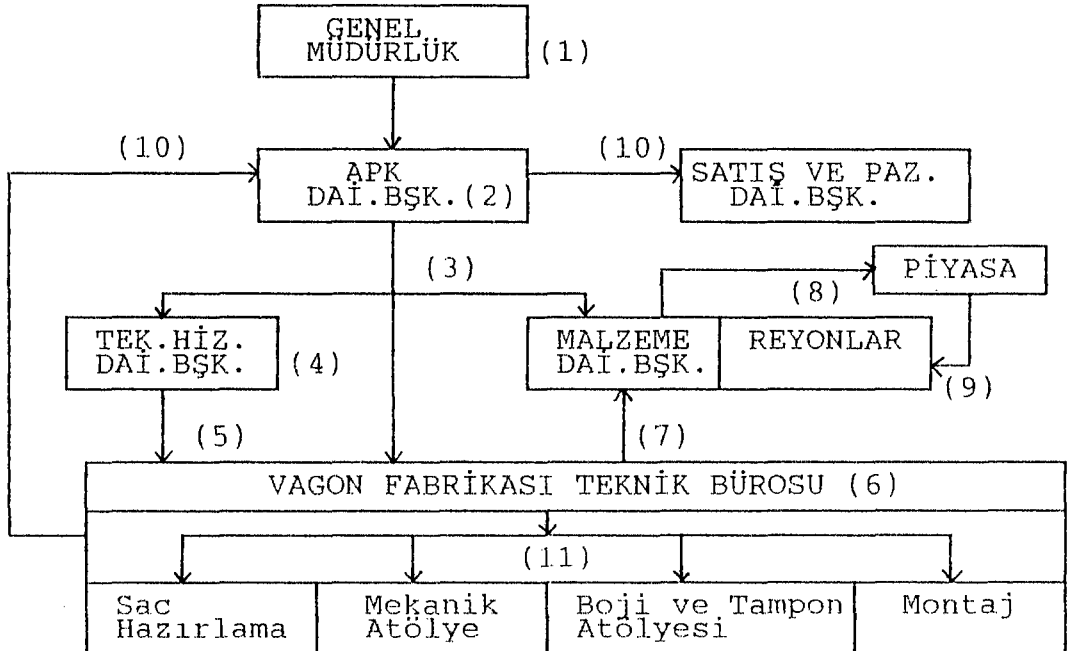
(6) Teknik Büro, İş Etüdü biriminde, vagon çeşit ve miktarına göre üretim bilgilerini (ürüne ilişkin bilgiler, malzeme, işçilik bilgileri, sipariş miktarı v.b.) taşıyan iş emirleri, en alt parçadan, ana komplelere ve montaja kadar tüm kademeler için hazırlanır ve imalat için gerekli malzeme listeleri belirlenerek,

(7) malzeme listeleri Malzeme Dai.Bşk.'na gönderilir,

(8) Malzeme Dai.Bşk.'nda, APK'dan gelen talep miktarı ile Teknik Bürodan gelen malzeme talepleri ele alınarak, toplam malzeme miktarları eldeki stoklar ile karşılanıp karşılanamayacağı kontrol edilerek gerekli malzeme için piyasaya sipariş verilir,

(9) piyasadan tedarik edilen malzemeler reyonlara alınır,

(10) vagon fabrikasında, hazırlanan iş emirleri önce APK Dai.Bşk.'na oradan Satış ve Pazarlama Dai.Bşk.lığı bünyesindeki Sipariş Bürosuna intikal ettirilir,



Şekil 4.3 : Vagon İmalatına Geçiş

(11) sipariş bürosunda, vagon ana kompleler temelinde ilgili maliyetleri, ilgili siparişe aktarmak amacıyla sipariş numarası verilerek iş emirleri, fabrikanın ilgili masraf yerlerine işin yapılması için indirilir.

II. Aşama: Vagon üretimi partiler halinde yapılmakta ve 10, 50, 100 vagon'luk partiler kullanılmaktadır. Parti büyüklüğü üst yönetim tarafından belirlenmektedir. Bu konuda herhangi bir bilimsel çalışma yapılmamaktadır. İş emirlerinde bulunan malzeme, işçilik saatleri bilgileri de belirlenen parti büyüklüğüne göre olmakta ve iş emirleri kompleler halinde atölyeye indirilmektedir. İş emirlerinin atölyeye akışı ayrıntılı bir çalışma yapılmaksızın ve öncelikler gözetilmeksizin sezgisel ve tecrübeye dayanan yöntemlere göredir. Atölye içindeki iş akışı ise iş emirlerindeki operasyon sıralarına göre olmaktadır. Malzeme gereksinimi ve buna bağlı taleplere göre malzemeler Malzeme Dai.Bşk.'ndan parti büyüklüğüne bağlı olarak topluca çekilmektedir. Çekilen malzemeler atölye stok alanlarına, işlenen malzemeler ara mamul stoğuna alınmaktadır. Ara mamuller, yerli piyasadan sağlananlar ve ithal edilen mamuller kullanılarak montaj işlemi başlatılmaktadır. İş bitiminde sipariş kapatılarak Sipariş Bürosuna oradan Mali İşler Dai. Bşk.'na aktarılarak işin maliyet boyutuna geçilmektedir. Vagon üretim kontrolü, vagon ana kompleleri temelinde hergün mesai bitiminde miktar kontrolü biçiminde yapılmaktadır. Bunun dışında malzeme, ara mamul üretim kontrolü söz konusu değildir.

Vagon İmalatının Gerçekleştiği Tesis Yerleşimi:

Vagon imalatı;

- Mekanik İşleme,
- Sac Hazırlama,
- Şasi,
- Montaj,
- Tampon,

atölyelerinde gerçekleştirilmektedir. Tesis yerleşimi, Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

M E K A N I K A T Ö L Y E	SAC HAZIRLAMA ATÖLYESİ
	BOJİ VE TAMPON ATÖLYESİ
	VAGON MONTAJ ATÖLYESİ
A M B A R	ÇELİK İNŞAAT ATÖLYESİ

Şekil 4.4 : Vagon Fabrikası Tesis Yerleşimi

Vagon imalatı, vagon fabrikası atölyelerinin dışında diğer fabrikaların masraf yerlerinde de işlem görmektedir. İlgili masraf yerleri ise aşağıda sıralanmıştır:

- Dökümhane,
- Takım Fabrikası,
- Frenevi,
- Boyahane,
- Lokomotif Donanım,
- Isıl İşlem,
- Tekerlek Tornahanesi

gibi diğer üretim birimleridir.

4.2 Mevcut Sistemin Değerlendirilmesi

Üretim planlama ve kontrol biriminin bulunmadığı vagon fabrikasında üretim planlaması yapılmadığı gibi mevcut olanaklarla yapılan üretim kontrol sisteminin etkin olduğunu söylemek de güçtür. Aşağıda böyle bir sistemde karşılaşılan bazı özellikler ile problemler açıklanmaya çalışılmıştır:

- Mevcut siparişleri, gelecek talepleri ve eldeki mevcut kaynakları değerlendirerek, ürünlerin istenilen tarihte hazır olması için parçaların ne zaman yapılması ve bitmesi gerektiğini gösteren planlamalar, çizelgelemeler yapılamamaktadır. Binlerce parçadan oluşan bir üretimi, tek merkezden ve atölye üzerinden yönetmek ve yürütmek mümkün değildir. O halde, sorumluluk, karar ve yürütme işlemlerinin atölye tabanına indirildiği bir sistemin kurulması gerekmektedir.

- Etkin bir üretim kontrol sisteminin ana elemanı malzeme ihtiyaç planlamasına bağlıdır ve bu sistem hangi malzemedен, ne zaman ve ne miktarda alınacağını saptamaya ve bunu eldeki mevcutları değerlendirerek yapmaya dayanır. Buna bağlı olarak malzeme envanterinin sürekli kontrol altında tutulması gerekir. Mevcut sistemde malzemeler parti büyüklüğüne göre topluca çekilmektedir. Ardarda gelen herbir sipariş için malzeme çekilmekte, bir tarafta hammalzeme stokları yığılırken diğer taraftan plansız olarak yapılan işlerden kaynaklanan imalat ara stokları yükselmektedir. Montaja hazır ana kompleler hariç malzeme envanterleri için kontrol sağlanamamaktadır. Zira, eldeki ara stok miktarları dahi bilinmemekte, kaybolan malzeme ve parça olaylarıyla karşılaşmaktadır. Elde mevcut herhangi bir imalat ara stoğu bilgisine sahip olunamadığından aynı parçadan başka siparişler açılmakta, bu da malzeme israflarına, ölü stoklara neden olmaktadır. O halde, malzeme takibi için son derece pratik bir sistem geliştirmeli, kontrol ile stok yığışmaları önlenmelidir.

- Ana üretim programlarının ardından işler dağıtıldıktan sonra atölye içinde çok fazla ve karmaşık bir malzeme trafiği olmaktadır. Üretim partilerinin büyük olması üretim içi stoğu daha da arttırmakta, dolayısıyla akışın izlenmesi zorlaşmaktadır. Parti büyüklükleri genelde 10, 50 ve 100 vagon'luk gibi büyük miktarlarda olmaktadır. O halde, parti büyüklüğünün en alt düzeye indirilebileceği

sistem geliştirilmelidir.

- Parti büyüklüğünün büyük olduğu sistemlerde hazırlık süreleri ve süreç zamanı da uzun olmakta, bunlar stoklama maliyetlerini arttırırken, kapitalin dönüş hızını da düşürmektedir. Ayrıca, yukarıda değinildiği üzere malzeme akış kontrolü de güçleşmektedir. Parti büyüklüğünü mümkün en düşük seviyede tutacak, bağılı olarak malzeme, parça süreç-içi stoklarını en azından atölye içinde azaltacak, akışı kolaylaştırıp kapitalin dönüşünü hızlandıracak bir sisteme gerek vardır.

- Ürünü oluşturan parçaların farklı yerlerde işlem görmesi ve bilgi iletiminin zorluğundan dolayı dengeli bir akış söz konusu değildir. Ayrıca, bu dengesizlikten dolayı üretim istasyonları arasında ara stok birikimleri oluşmakta ya da bazı iş istasyonlarından malzeme ve/veya yarı mamul gelmediği için bazı istasyonlar boş olarak bekleyebilmektedir. Tezgah, işgücü, iş istasyonları dengelemesini sağlayacak bir sistemin gerektiği açıktır.

- Mevcut sistemde imalat akışında duraksama olduğunda akışı engelleyen nedenin kaynağına erişilememektedir. Bir tarafta gereğinden fazla miktarda ara mamul birikimleri oluşurken diğer yandan bazı parçaların yokluğu ile karşılaşılmaktadır. Kıt olan parçaların malzemeleri, elde yeteri kadar mevcudu olduğu halde plansızlıktan ya da stok durum bilgilerine erişilemediğinden, hâlâ imalatı devam eden parçalar için kullanılabilen ya da hangi parçadan, ne zaman, ne kadar gerektiği belirlenemediğinden tezgahlarda rastgele parçalar işlenmekte, öncelikli işler geriye bırakılarak imalatın gecikmeli gerçekleşmesine neden olmaktadır.

Görüldüğü üzere imalatta aksama olduğunda problemin gerekli parçanın temin edilememesinden mi, parça için malzeme yetersizliğinden mi, parçanın tezgahların dolu olma-

sından mı işlenemediği ya da hepsinin karmasından mı oluşan bir problemden mi kaynaklandığı belirlenememektedir. Kontrol etkin olmadığından sorumluluk olgusu da zamanla kaybolmakta, bununla beraber işin zamanında bitirilip, teslimi, kalite gibi önemli üretim karakteristiklerinden de uzaklaşmaktadır.

■ TÜLOMSAŞ'da yıllık üretim planları hazırlandıktan sonra planlar doğrultusunda malzeme talepleri yapılarak stoklara alınmaktadır. Ancak, üretim programları yılda 2-3 kez revize edilmektedir. Miktarlardaki revizelerin yanı sıra üretim çeşitlerinde de değişimler olmaktadır. Örneğin; FC4 vagonu, 500'den 300 birime düşürülürken, programda yer almayan Rt4 tipi vagon üretimi için 50 adet'lik miktar revize iş programına dahil edilebilmektedir. Böyle bir durumda Fc4 vagon tipine dahil malzeme ya da yarı mamul parçalardan 200 adet'ten fazlası elde kalmaktadır. Bu da, malzeme israfına, ölü stoklara, kapasitenin boşu boşuna kullanılmasına neden olmaktadır. Reyonlarda bulunan ve alınış fiyatlarıyla hesaplanan 25 milyar -bugünkü fiyatlarıyla tahmini olarak 300 milyar- tutarındaki malzemeler ile Temmuz'89 tarihi itibariyle yapılan 3 milyar TL'lik hareketsiz malzeme ve hurda satışı bunun kanıtıdır.

Üretim esnasında kullanılabilen kadar parçanın üretilmesi ve buna göre malzeme kullanımını sağlayacak bir sisteme ihtiyaç vardır. Kısacası değişen talebe anında cevap verebilecek bir sistem geliştirilmelidir.

TÜLOMSAŞ'ın önemli üretim çeşitlerinden biri olan vagon üretimi nispeten seri üretim özelliği göstermekte ve miktar olarak büyük önem arz etmektedir. Toplam yıllık adam-saat kapasitesinin en büyük bölümü vagon imalatı kapsamaktadır. Üretimde önemli bir yeri olan vagon imalatında ise mevcut sistemde tam anlamıyla kaos yaşanmaktadır. Malzeme ve süreç-içi stok kontrolü yapılamamakta, mevcut tezgah ve işgücünden yüksek kapasitede yararlanılamamaktadır.

Yapısal üretim kontrol sisteminin karmaşık olması, vagon imalatının çok sayıda parçadan meydana gelmesine, üretim tipinin, montaj ve test aşamalarından oluşmasına, bazı malzemelerin tedarikinin güç ve tedarik süresinin uzun olmasına bağlanabilir.

Bu yüzden etkin bir üretim sistemine gerek duyulan vagon fabrikası vagon üretimi bu çalışmada pilot bölge olarak ele alınmıştır. Benzer sistemin diğer fabrikalarda ve diğer üretim çeşitlerine de uygulanabilme olanağı mümkündür.

Vagon fabrikasında imali devam etmekte olan üretim cinslerinden Fc4 vagon üretimi bu çalışmada ele alınmış ancak, bir vagonun tüm parçaları çalışmaya dahil edilmemiş, sadece bazı kompleler ile alt parçalar ele alınarak sistem bu parçalar çerçevesinde tanıtılmaya çalışılmıştır.

4.3 Önerilen Üretim Yönetim Sistemi

Bu çalışmanın amacı mevcut sistemde eldeki olanaklarla fazla maliyet külfeti getirmeksizin atölye içinde üretim kontrolünü buna bağlı olarak malzeme, süreç-içi stoklarını, işgücü ve tezgah kullanımını kontrol altına alarak daha verimli ve düzenli bir üretim sistemi geliştirmektir. Özetle, hedefin üretim-stok sistemi geliştirmek olduğu söylenebilir. Malzeme stoklarının, süreç-içi stoklarının aşağıya çekilmesi de amaçlar arasındadır. Geliştirilecek yeni üretim sistemi ön bölümde açıklanan problemleri ya da aksaklıkları içermeyecek bir yapıya sahip olacaktır.

Vagon üretimi için gereken parçaların ve işlemlerin çokluğu nedeniyle oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan vagon fabrikasında enaz maliyetle, belirli bir kalitede, yeterli miktarda ve zamanda üretim yapılmasını sağlayacak bir sistemi kurma zorunluluğu vardır. Bunun, JUST-IN-TIME (JIT) üretim sistemi ile başarılabilceği çalışmada önerilmiştir.

Üretim planlama ve kontrolü ile stok kontrolünün sağlıklı yapılabilmesi üretim bilgilerini en kısa sürede, doğru bir şekilde elde etmeye bağlıdır. Ancak mevcut sistemde üretim bilgilerine erişmek çok güçtür. Bu amaçla üretim bilişim sisteminin geliştirilmesi ön koşuldur. Bu da JIT ile son derece basit ve pratik bir biçimde gerçekleştirilebilecektir.

4.3.1 JIT Sisteminin Tasarımı Hakkında

JIT üretim sisteminin tasarımı aşağıdaki süreç içerisinde gerçekleştirilmiştir.

İlk aşama, JIT sisteminin uygulanabilmesi için gerekli ön koşullar ile ilgili olarak gerekli değişikliklerin tanımlandığı aşamadır.

Bu aşamayı, ele alınan ürünler için gerekli analizlerin yapılmasıyla JIT sisteminde önemli olan parti büyüklüğünün belirlendiği ve buna bağlı değerlendirmelerin yapıldığı aşama izler.

Son aşama, ikinci aşamada belirlenen parti büyüklüğüne göre JIT sisteminin bilişim sistemi olan Kanban sisteminin tasarımını ve çalıştırılmasını içerir.

JIT sisteminin başarıyla uygulanabilmesi için bir takım koşulların yerine getirilmesinin gerektiği ancak bu koşulların tümünün yerine getirilemediği durumlarda bazı esnetmelerle JIT sisteminin uygulanabileceği önceki bölümlerde ifade edilmişti.

JIT sisteminin başarıya ulaşmasında grup teknolojisi üretim felsefesi, hazırlık süreleri ile parti büyüklüklerinin düşüşüne ve iş akışının düzenli olmasına neden olduğundan önemli bir yer tutmaktadır. Bu amaçla, JIT sistemine geçişten önce grup teknolojisine veya esnek imalat hücresine uygun yapılandırmanın oluşması gerekmektedir.

Mevcut sistemde, yukarıda değinilen sistemlerden herhangi birini görmek mümkün değildir. İş istasyonları adı verilen birtakım bölümlerin bulunmasına karşılık iş istasyonları, tanım ve fonksiyonel açıdan gerçek anlamından uzaktır.

Sistemde JIT tasarımı yapıldıktan sonra istasyonlar arasındaki malzeme/parça akışları ile bunların hareket emirlerini taşıyan kanbanlarda istasyon numaraları bulunmaktadır. Bu yüzden her parçaya ilişkin üretim ve kullanım istasyonları belirlenip, tanımlanmalıdır. Belirlenen her istasyonun önünde ve arkasında malzeme/parça stokları için alanların bulundurulması gereklidir.

Bu amaçla öncelikle atölyede düzgün iş akışını sağlayacak, mevcut kaynakların (işçi, aparat, malzeme) en iyi kullanımını verecek ve dengeli bir yapıda iş istasyonlarının geliştirilmesi düşünülmüştür.

Grup teknolojisine uygun bir şekilde geliştirilen sistemlerde (Welke & Overbeeke, 1988),

- Süreç-içi stoklar ve alanlar azaltılır ya da tamamıyla yok edilir,
- Parti büyüklüğü azalır,
- Süreç zamanı azalır,
- Çizelgeleme, gerçekleşen ile özdeşleşir,
- Malzeme israfı azalır ya da tamamıyla yok edilir,
- Malzeme taşımacılığı azalır,
- Esneklik artar,
- Motivasyon arttırılır.

Mevcut sistemde işlerin belirli istasyonlarda tanımlanmamasından dolayı neyin nerede yapıldığı bilinmemekte, imalatta parça tedariki yüzünden pekçok sorunla karşılaşmaktadır. İş istasyonları tanımlanmış bir sistemde, montaja herhangi parça gelmediğinde parçanın imal edildiği iş is-

tasyonu bilineceğinden duruma müdahale de edilebilecektir.

Başarılı imalat hücresi çalışmaları, donanımda az ya da hiç yatırım gerektirmez (Welke & Overbeeke, 1988). Kısa sürede proje ve yer değişim maliyetleri de sistemin kuruluşundan kısa süre sonra amorte edilir. Bu çalışmada, JIT sistemi için gerekli olan tesis yerleşim yapı ve tasarımına girilmemiş, sistemde grup teknolojisine uygun iş istasyonlarının varsayımıyla hareket edilmiştir.

JIT sisteminden yüksek düzeyde başarı sağlanabilmesi için çok fonksiyonlu işçilere gerek duyulacağına daha önceki bölümlerde de değinilmişti. Mevcut sistemde 16' sı vasıfsız, 560'ı vasıflı olmak üzere toplam 576 işçi çalışmaktadır. Sözkonusu elemanlar çok fonksiyonlu işgörenler olduğundan JIT sisteminin uygulanmasında bir avantaj olacaktır.

4.3.2 Vagon Üretim Program ve Parça Bilgilerinin Derlenmesi

Vagon siparişi yıllık olarak alınmaktadır. Ortalama sipariş 400 vagon/yıl olarak ele alınmıştır. İlk etapta belirlenecek olan ana üretim programıdır. Aşağıda çalışma saati ve kapasitesine göre hazırlanmış vagon üretim programı gösterilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 : Vagon Ana Üretim Programı

TALEP	Yıllık												
	Talep	1	2	3	A	Y	L	A	R	9	10	11	12
VAGON	400	30	40	46	40	40	44	--	40	40	40	40	--

Buna göre aylık vagon üretim miktarı ortalama 40 adet olmaktadır. Bu üretim programına bağlı olarak alt komple ve parçalar içinde dönemlik üretim programlarının hazırlanması gerekmektedir. Bunun için ise vagon parça ve malzeme ihtiyaç bilgilerine gereksinim olacaktır. MRP II'

li sistemlerde ürün ağacı-parça listesi (BOM) sistem modülünden bu bilgiler doğrudan sağlanabilir. Çalışmanın bu kesiminde önce ürün ağaçları hazırlanmış ve oluşturulan yapıdan kademe parça bilgileri alınarak kullanılmıştır. Çizelge 4.2'de vagon için hazırlanan birinci kademe parça listesi verilmiştir. Çalışmada vagon şasi kompleksi daha detaylı bir şekilde ele alındığından şasi için hazırlanan ürün ağacı Ek-1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Vagon 1. Kademe Parça Listesi

Üst Parça	Alt Parça	Miktar
Vagon	Boji	2
	Şasi	1
	Cer Tertibatı	1
	Tampon	4
	Orta Tampon Tertibatı	1
	Yan Duvar	2
	Hava Fren Tertibatı	1
	Sahanlık, Tutamak, Basamak	4
	Taban	2
	Kilitleme Tertibatı	1
	Orta Bölme	1
	Alın Duvar	2

Ürün ağaçlarının ve yıllık programların belirlenmesinin ardından şasi ve şasi alt parçaları için de ana üretim programına bağlı programlar hazırlanmalıdır. Hazırlanan bu programlar Ek.2'de verilmiştir. Ancak bu programlar JIT sistemine uygun parti büyüklüğünün belirlenmesinin ardından değişecek ve yeni çizelgelenmeler oluşturulacaktır.

MRP II'li sistemlerde sadece ana üretim programlarının hazırlanması yeterli olacaktır. Buna bağlı olarak MRP'nin çizelgeleme modülü tüm detay parçaların kullanım miktarlarına göre çizelgeleri hazırlar.

Vagon imalatında çeşitli parçaların üretim, montaj işlemlerinden oluşan sürecin genel yapısı ise;



şeklindedir.

JIT sistemine göre üretim emri geldiğinde ilk hareket vagon montajında olacak daha sonra montajdan hammalzemeye uzanan süreç boyunca geriye doğru hareket devam edecektir. Bu yüzden ilk adım vagon montajından başlamalı ve burada sistem tasarlandıktan sonra montaj safhasının çıktıları alt montajlar için veri olarak kabul edilip herbir montaj için sistem tasarlanmalı, alt montaj safhalarının çıktıları üretim safhaları için girdi oluştururken hammalzeme ya da piyasa malzemeleri üretim safhaları çıktılarına bağlı olarak geriye doğru tasarlanmalıdır. Bu sayede sistemin dengeli çalışması da sağlanmış olur.

Vagon montajı yukarıda parça listesi yapısında gösterildiği biçimde 12 iş istasyonu ya da montaj istasyonundan oluştuğu düşünülebilir. Ancak, bu çalışmada aynı işlem biriminde montajı yapılabilecek kompleler birleştirilerek safha sayısının azaltımı yoluna gidilerek kullanılan modelin çözümü kolaylaştırılmaya çalışılmıştır. Sonuçta, vagon 6 ana kompleinin birleşiminden oluşan bir yapı içinde düşünülmüştür (Çizelge 4.3).

Montaj safhasına yönelik olarak yapılan çalışmalar ileriki bölümde ele alınacaktır.

Daha sonra, montaj aşaması 6. safhası olan Şasi montaj aşaması ele alınmıştır. Şasi 1. kademe parça listesi Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Vagon İndirgenmiş Parça Listesi

Üst Parça	Alt Parça	Miktar
Vagon	Şasi	1
	Orta Bölme	1
	Taban	2
	Alın Duvar	2
	Yan Duvar	2
	Boji	2

Çizelge 4.4 : Şasi 1. Kademe Parça Listesi

Üst Parça	Alt Parça	Miktar
Şasi	Göbek Takviyesi	2
	Şasi Orta	1
	Tampon Travers	2
	Takviye ve Üst Dolgu Sacı	2
	Otomatik Kavrama Taşıyıcı	2
	Yastık Takviyesi	2
	Makara Suportları	1
	Boji Göbeği Komple	2
	Regülatör Koruma Sacı	1

Yukarıdaki son vagon montaj aşamasına ilişkin yapı-
pılan çalışmaların aynısı bu ana komple aşaması içinde ya-
pılacaktır. Fakat çalışmada bu komple montajı için analiz
yapılmamıştır.

Üçüncü olarak, şasi'yi meydana getiren alt komple-
lerden yastık takviyesi ele alınmıştır. Yastık takviyesi,
parça listesi Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Yastık Takviyesi 1. Kademe Parça Listesi

Üst Parça	Alt Parça	Miktar
Yastık takviyesi	Kayma Plakası	4
	Takviye Kompleksi	4

Yine burada, vagon ve şasi montajı için yapılacak çalışmaların aynısı yapılacağından bu alt komple içinde ayrı bir analize gidilmemiştir.

Dördüncü olarak, takviye kompleksi ele alınmış ve bunun üzerinde durulmuştur. Takviye Kompleksi, parça listesi Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 : Takviye Kompleksi Parça Listesi

Üst Parça	Alt Parça	Miktar
Takviye Kompleksi	Sac Alt	4
	Alın Sacı	4
	Takviye	12

Görüleceği üzere JIT sisteminin tasarım başlangıcında ürüne ilişkin öncelik sıralarını belirten ürün yapı ağları ile ürün ağacına gereksinim duyulmaktadır. MRP/MRP II'li sistemlerde ürün ağacı-BOM modülünün kullanılması ile son montajdan hammalzemeye kadar uzanan süreç için parça, malzeme kullanım bilgileri kolay bir biçimde elde edilmektedir.

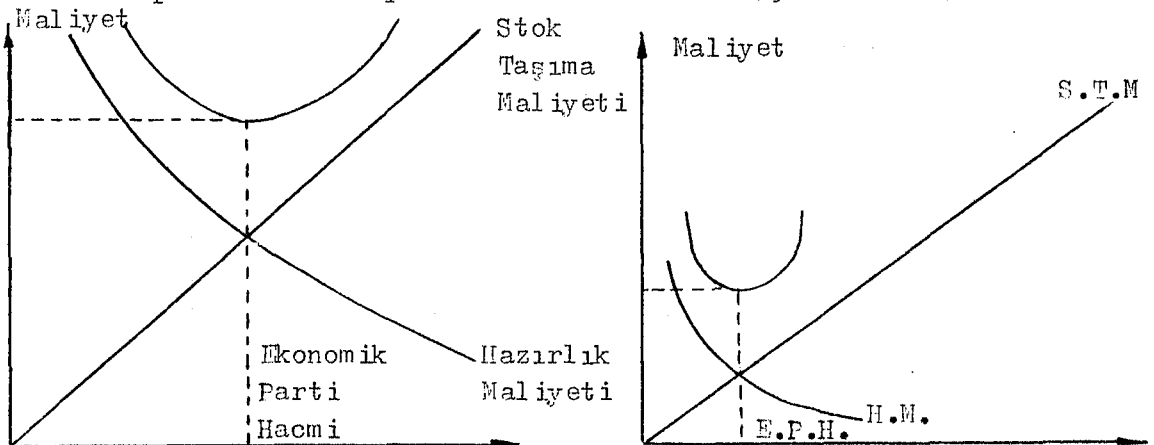
Üretim-stok sistemlerinin en önemli fonksiyonlarından birisi üretim kontrollerinin, malzeme tedariklerinin buna bağlı yapıldığı ana üretim planlarının uzantısı üretim programlarıdır.

JIT, üretim sistemlerinin tasarımı ve işletim aşamalarında ana üretim plan ve programları kullanılmaktadır.

Mevcut sistemde, üretim programları aylık bazda yapılmaktadır. Daha detaylı -haftalık, günlük hatta saatlik bazda- üretim programlarının hazırlanması ise gerekli malzemenin, yarı mamulün tedarik, üretim ve montaj sürelerine, devir hızlarına dayalı olarak yapılacaktır. Bir parçanın üretim programı günlük yapılırken, bir diğerinin 3'er günlük, bir başkasının ki bir haftalık olabilir. Bu çalışmada bu süreler, daha sonra parti büyüklüğünün belirlenmesinin ardından parti büyüklüğüne ve devir hızına bağlı olarak saptanacaktır.

Ancak binlerce parçadan oluşan bir üretim sisteminde birdenbire JIT'e geçilmesi ya da her bir malzeme için minimum parti büyüklüğünün alınması ilk aşamada uygun olmayacaktır. Zira, tüm parçalar için parti büyüklüğü minimum düzeyde (1 ünitelik) alınır ise kapasite, çizelgeleme problemleri ortaya çıkacaktır.

Tüm parçalar için JIT'in hedefi birim minimum yük büyüklüğü kullanılır ise ne olur? Tam anlamıyla grup teknolojisine veya esnek imalat hücresine uygun bir yapılandırma olmadığından her bir parçanın da kısa periyotlarda -hemen hemen hergün- üretimi gerekeceğinden hazırlık süreleri ve buna paralel maliyetleri artacaktır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Maliyet Grafikleri

Parti
Hacmi

Tezgaah ayarlama, malzeme taşıma gibi nedenler yüzünden büyüyen hazırlık süreleri kapasitenin verimsiz kullanımına yol açarak, gerekli parçaların, gerekli zamanda, gereken yerleri besleyememesi problemleri doğal olarak ortaya çıkacaktır.

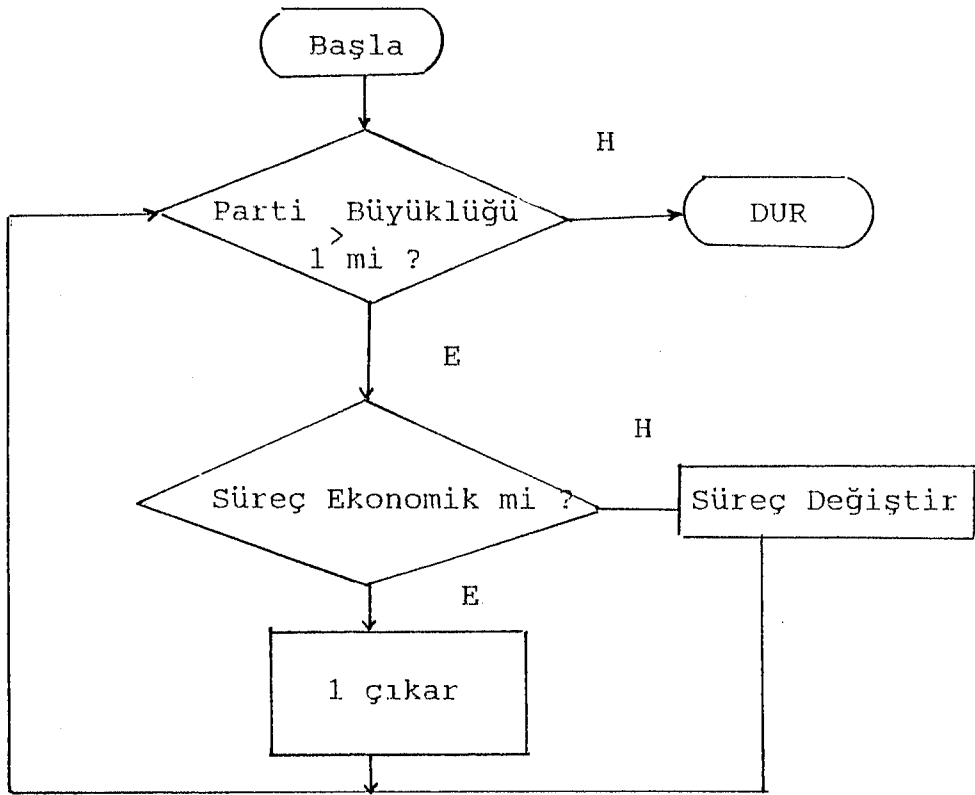
Bu amaçla, ilk etapta maliyet açısından önemli olan parçalar ele alınmalı, bunlar için minimum parti büyüklüğü belirlenirken, diğer kalemler için hazırlık süresinin, stok seviyesinin ve en önemlisi kapasitenin eniyilenebileceği miktarlar belirlenmelidir.

Bu yüzden şasi kompleksini meydana getiren parça/malzemeler için ABC analizi yapılmış ve ilk etapta A grubuna giren parçalar üzerinde çalışmalar sürdürülmüştür. Yapılan ABC analizi dahili parçalar ile analiz sonucu gruplaşmalar Ek-3 'de verilmiştir.

Ele aldığımız vagon şasi kompleksi dahili parçalar için yapılan ABC analizi sonucunda yukarıda sözü edilen takviye kompleksi parçaları (A) grubuna dahil parçalardır. O halde, bu parçalar için belirlenecek parti büyüklüğüne önem verilmelidir.

4.3.3 Montaj Aşaması İçin Parti Büyüklüğünün Belirlenmesi

JIT sisteminde amaç parti büyüklüğünün 1'e yaklaştırılmasıdır. JIT'i kullanmak üzere çalışmalarını başlatan sistemlerin çoğu dengeli olarak 1 birimlik parti büyüklüğüne ulaşmak üzere kullandıkları büyüklüklerden kademeli olarak indirimler yaparak mümkün olduğunca parti büyüklüğünü düşürmeyi yeğlemişler. Böylece her aşamada ortaya çıkan darboğazlar, problemler çözümlenerek sistem dengelenmektedir. Böyle bir yaklaşımda ekonomik büyüklüğü saptamak amacıyla kullanılan algoritmanın akış şeması Şekil 4.6 ile görülebilir (Ling & Goddard, 1986).



Şekil 4.6 : Parti Büyüklüğünün Belirlenmesi Akış Algoritması

Ancak günümüzde parti büyüklüğünün saptanmasında yöneylem araştırması yöntem teknikleri kullanılmakta ve tekniklerin çözümü sonucunda eniyi değerlere ulaşılmaktadır.

Kullanılan tekniklerden birisi de sistemin matematiksel modellenmesi suretiyle çözümdür. Bölüm 3'de ele alınan genel model yapısı ile gerçek sistemlerin de analizi sağlanmaktadır. Ancak, modelin doğrusal olmaması ve hacimsel olarak büyük olması gerek modelin kurulması esnasında gerek çözümü esnasında güçlükler yaratabilmektedir.

Modelleme yolu ile parti büyüklüğünün saptanması için montaj hattı ile parça üretiminin yapıldığı iki ayrı üretim tipi ele alınarak örneklenmiştir. Bunlar vagon son montaj aşaması (Çizelge 4.3) ve Şasi alt komple parçalarından Takviye Komplexidir (Çizelge 4.6).

Montaj hattında, 6 ana kompleenin montajı yapılmaktadır. Parça üretiminde ise 3 ayrı parçanın üretimi yapıldıktan sonra montajı söz konusudur. Her ikisinde de model yaklaşımı aynıdır. Ancak, birincisinde talebe bağımlılık göz önüne alınırken, ikincisinde söz konusu parçaların bağımlı bulunduğu şasi kompleksine olan bağımlılığı daha sonra dolayısıyla talebe olan bağımlılığı düşünülmüştür. Burada amaç son montajdan ve hammalzeme çeken safhadan örnek verebilmektir.

Modelde 6 safhalı montaj süreci, 3 devrelik (ay) bir dönem içinde ele alınmıştır.

Amaç fonksiyonunda yer alan;

- Birim değişken üretim maliyeti
- Stok Bulundurma Maliyeti
- Yoksatma Maliyeti
- Yıllık Sabit Makina Maliyeti
- Taşıyıcı Maliyetinden

oluşan maliyet kalemleri hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda söz konusu maliyetler için değer aralıkları verilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 : Maliyet Değer Aralıkları

Birim Değişken Üretim Maliyeti (BİN TL)	Stok Bulundurma Maliyeti (BİN TL)	Yoksatma Maliyeti (BİN TL)	Yıllık Sabit Makina Maliyeti (BİN TL)	Taşıyıcı Maliyeti (BİN TL)
750-6500	16-260	700-5000	150-2250	150-250

Amaç, son montaj kompleleri için parti büyüklüğünü belirleyerek, günde enaz iki vagon çıkışını verecek şekilde üretimi dengelemektir. Üretim akışı esnasında safhalar arasında bulundurulmuş ana komple stoklarının enaz olması

istenmekte, hatta imal edilen komple stokta bekletilmeksizin montajda kullanılmalıdır. Süreç zamanı büyük olan komplekslerde ise imalatın aksamaması için küçük miktarlarda buffer stokların bulundurulmasına izin verilmeli ve bu büyüklükler belirlenmelidir.

Kısacası, öncelikle, üretimin dengeli akışını sağlayacak ve enaz maliyeti verecek birim yük büyüklüğünün her safha için eniyi sonuçları verecek biçimde saptanması gerekmektedir.

Bu amaçla, birim yük büyüklüğüne uygun değişken değerlerinin atanmasıyla sözkonusu değişkenin farklı olduğu çeşitli modeller düzenlenmiştir. Herbir model 116 değişken ile 120 kısıttan oluşan bir denklem sistemine sahiptir. Modelin genel yapısı 3. bölüm, kısım 3.6.1'de verilmiştir. Tanımlanmış modeller çalışmada ayrıca verilmemiştir. Bu modeller, MPSX matematiksel paket programında çözülmüştür. Modellerin çözümü sonucunda 'Optimal' çözüm veren ve sistemin işleyişine uygun olanlar alınmış ve bunlar üzerinde durulmuştur. Aşağıdaki Çizelge 4.8'de örnek olarak seçilen alternatiflere ilişkin parti büyüklükleri ile bu büyüklüklerin getirisi toplam maliyet bilgileri verilmiştir.

Çözüm sırasında, önce, tamsayı çözümler aranmış ancak mevcut çözüm paketinin yetersiz kalmasından dolayı tamsayı olmayan çözümlere ulaşılmıştır. Ancak çözüm sonucunda değişkenlerin sadece % 1-2'nin tamsayı değerler almadığı görülmüştür. Bu değerler de sonucu fazla etkilememektedir.

Buna göre, montaj hattında kullanılmak üzere çekilen montaj komple parti büyüklükleri ile bir devirde hazırlanacak miktarlar;

- | | | |
|-----------------------|---|--------|
| 1. Safha (Boji) | : | 4 adet |
| 2. Safha (Yan Duvar) | : | 4 adet |
| 3. Safha (Alın Duvar) | : | 4 adet |
| 4. Safha (Taban) | : | 4 adet |

5. Safha (Orta Bölme) : 2 adet

6. Safha (Şasi) : 2 adet

Çizelge 4.8 : Alternatif Büyüklüklere İlişkin Maliyetler

Safha Sayısı						Maliyet	Karşılaştırma
1	2	3	4	5	6		
4	4	4	4	2	2	4.307.000	En Düşük Maliyet
4	4	4	4	4	4	4.599.900	Maliyet 1'e göre yüksek
6	6	6	6	4	4	4.690.700	Stok taşıma mal.yüksek
6	6	6	6	6	6	4.610.000	Yoksatma Maliyeti yüksek
8	8	8	8	6	6	4.642.000	Maliyet 1'e göre yüksek
8	8	8	8	8	8	4.688.770	Maliyet 1'e göre yüksek
10	10	10	10	8	8	4.773.700	Maliyet 1'e göre yüksek
10	10	10	10	10	10	4.810.700	Maliyet 1'e göre yüksek
50	50	50	50	50	50	5.785.000	Maliyet yüksek

3 döneme ait talep miktarları ile modelin çözümünden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 : Talep-Üretim Karşılaştırması

		Baş.Stok	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem
Talep			42	38	40
Ü R E T İ M	1.safha	-	42	42	36
	2.safha	-	42	48	30
	3.safha	-	48	40	32
	4.safha	2	40	40	38
	5.safha	-	42	40	36
	6.safha	-	42	40	36

Çözümü uygun tüm seçeneklerde üretim miktarı talebi karşılayacak biçimde olduğu görülmüştür. İzleyen döneme küçük miktarlarda stok devirleri olmaktadır. Parti

büyüklikleri 4 birimden 6, 8, 10 ve 50 birime yükseldikçe ilk iki dönemde üretim yoğunluğu artmakta ve 3. döneme, 3. dönem talebi miktarı kadarlık bir stok deviriyle girilmektedir. Bu da stok bulundurma maliyetini getirdiğinden toplam maliyet yükselmektedir.

Tüm alternatiflerde 4. safha için başlangıç stoğu ile üretime başlangıç olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise bu safhaya ait yoksatma maliyetinin stok bulundurma maliyetine olan oranın diğer safha parçalarına göre yüksek olması ile parçaya ait üretim, taşıma maliyetlerinin diğer safha parça maliyetlerine göre büyük olması, bu parçayı kritik hale getirmektedir ve üretimi aksatmaması için stok ile üretime girilmektedir.

Buffer (ara) stoklara modelde izin verildiğinde ilk dönemde ilk 5 safhada buffer stok ile karşılaşılmamakta sadece 6.safhada buffer görülmektedir. 2. Dönemde 2 ile 4. safhalarda buffer stoklar görülmekte, son dönemde tüm safhalarda buffer stoklar ile karşılaşılmamaktadır. Bunun nedeni de ilk iki dönemde talep üretim ile karşılanmakta ayrıca izleyen dönemler içinde üretim yapmaktadır. Bu dönemde olabilecek buffer stoklar izleyen dönemlere devredilebilirken, son dönemlerdeki buffer'ların devri söz konusu olamayacağından buffer'a izin verilemez.

Gerçek üretim sistemlerinde üretim programlarına uygun olarak zamanında ve gereken miktarda üretimi gerçekleştirmek kolay değildir. Özellikle, malzeme, tezgah ve işgücü planlaması yapılmıyor veya yapılamıyor ise üretimin programların altında kalması beklenir. Zira, malzemeler zamanında temin edilemez, tezgahlarda arıza ve bozulmalardan dolayı üretim aksayarak darboğazlar meydana getirir, işçilerin izin, hastalık v.b. gibi nedenlerle işe gelmeme durumlarında da bazı üretim merkezleri boş kalabilir. Böyle bir sistemde belirlenmiş olan parti büyüklüğüne göre üretim devam ederken herhangi bir üretim kesilmesinde bu merkezden

önceki ve sonraki iş istasyonlarında da üretim duracaktır. Böyle bir durumda problem derhal çözüleceğinden üretim kaldığı yerden ve atölye içinde hiçbir karmaşıklık olmaksızın devam edecektir. Siparişlerde gecikme olup olmayacağı görüleceğinden fazla mesai, vardiya gibi ek üretim süreleri ile sipariş karşılanabilecektir.

4.3.4 Montaj Hattı Parti Büyüklüklerinin İrdelenmesi

Montaj aşaması için elde edilen parti büyüklüklerine göre imalatın ilgili iş istasyonlarında, montaj çevrimi süresinde, zamanında ve gerekli miktarda yapılıp, ihtiyacın karşılanması gerekmektedir. Bu amaçla ikinci bir analize ihtiyaç vardır. Bu analiz kapasite karşılaştırmasının yapılması ve çizelgelerin hazırlanmasına ilişkindir:

Önceki bölümlerde yapılan ana üretim programlarına ve sistemin kapasitesine göre ortalama olarak ayda 40 adet'lik vagon siparişi olmaktadır. Aylık çalışma günü de 20 olarak alınmıştır.

Şasi kompleksi için:

$$\begin{aligned} \text{Günlük Üretim Miktarı} &= \frac{\text{Aylık Üretim}}{\text{Aylık Çalışma Günü}} \\ &= \frac{\text{Aylık Sip.Miktarı} * \text{Br.Üründe Kullanılan Miktar}}{\text{Aylık Çalışma Günü}} \\ &= \frac{40 * 1}{20} = 2 \text{ adet/gün} \end{aligned}$$

Günlük çalışma süresi 9 saat'tir. Ancak, işgörenlerin ihtiyaçları ile üretim ihtiyaçları için çalışma saati 8 olarak alınır;

$$\text{Devir Süresi} = \frac{\text{Günlük Çalışma Süresi}}{\text{Günlük Üretim}} = \frac{8}{2}$$

$$= 4 \text{ saat} = 240 \text{ dak. dır.}$$

Şasi montaj süresi ; 8 saat olup bunun 4 saat'i yerde hazırlanıp montaj yapılan süredir, 4 saat'i ise kolaylık üzerinde geçirilen süredir.

Bu değerler ile parti büyüklüğü göz önünde bulundurulurken şasi için çizelgeleme yapıldığında Şekil 4.7'deki durumla karşılaştırılır. Görüleceği üzere belirlenen parti büyüklüğüne göre çizelgelemeye uygun olarak üretim yapıldığında dengeli bir şekilde üretim akışı elde edilebilecektir. O halde, kapasitede ve yüklemde problem yoktur denebilir. Üretimin bu şekilde akışını sağlamak ve şasi kompleksi için montaja çekim yapabilmek için bu aşamada kullanılacak kanban miktarı önemlidir. Bu yüzden Kanban sayısı belirlenmelidir.

Şasi kompleksi için kanban sayısının belirlenmesi

Çizelgeden de görüleceği üzere Şasi montaj ve çekim süreleri sabit olacağından sabit çekim sistemlerinde kullanılacak kanban miktarını saptama formülü kullanılmalıdır. Geliştirilen bu formül aşağıda verilmiştir (Monden, 1983).

$$\text{Toplam Kanban Sayısı} = \frac{\text{Günlük Talep} * \text{Kanban Süreci} + \text{Üretim Süreci} + \text{Güvenlik Periyodu}}{\text{Taşıyıcı Kapasitesi}}$$

	[1	[2	[3	[4	[5	[6	[1	[2	[3	[4	[5	[6	[1	[2	[3	[4	[5	(***)	
	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	(**)
1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	(*)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11							Gün	

[6	[1	[2	[3	[4	[5	[6	[1	[2	[3	[4	[5	[6	[1	[2	[3	[4	[5	[6	[1	[2	[3	[4	(***)
5]	6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]						(**)
6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]	5]	6]	1]	2]	3]	4]							(*)
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23											Gün

- (*) 1 vagonun 1/2 günlük üretimi (üretim devam edecek)
- (**) 1 vagonun 1/2 günlük üretimi (üretim bitti)
- (***) 2 gün önce teslim edilen vagonun alınan kanban ile üretime başlama

Bu ifadede;

- Kanban Süreci : Sistemde üretim ya da çekim için kullanılan kanbanların kullanım aralığı,

- Üretim Süreci : (Montaj süreci de olabilir) Üretim siparişinin verilmesinden sonra üretimin tamamlanmasına kadar geçen süre,

- Güvenlik Periyodu : Bulundurulmuş ara stoğun elde bulundurma süresini göstermektedir.

Şasi kompleksi için :

Günlük Talep	: 2 adet/gün
Kanban Süreci	: 1 gün
Üretim Süreci	: 1 gün
Güvenlik Periyodu	: 1 gün
Taşıyıcı kapasitesi	: 2 adet

$$2 * (1 + 1 + 1)$$

$$\text{Toplam Kanban Sayısı} = \frac{2 * (1 + 1 + 1)}{2} = 3 \text{ adet}$$

3 adet üretim ve çekim kanbanı ile başka olaylar etken olamaz ise üretim aksamadan düzenli bir şekilde yürüyebilecektir.

Vagon montajı için 6 çeşit parça çekim kanbanı olacaktır. Bunlardan, şasi kompleksi için 3 adet parça çekim ve üretim kanbanının yeterli olduğu yukarıdaki hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir. Diğerleri için de benzer çalışmalar yapıldığında elde edilen sonuçlar şu şekildedir (Çizelge 4.10):

Çizelge 4.10 : Montaj Safhası Kanban Miktarı

MONTAJ PARÇASI	ÇEKİM KANBANI	ÜRETİM KANBANI
ŞASI	3 adet	3 adet
ORTA BÖLME	3 adet	3 adet
TABAN	3 adet	3 adet
ALIN DUVAR	3 adet	3 adet
YAN DUVAR	3 adet	3 adet
BOJİ	3 adet	3 adet

Ancak, sözkonusu kanban sayıları enaz miktarlardır. Emniyet stoğu arttırılmak istenirse bu miktarların da arttırılması gerekmektedir.

Yukarıda yapılan modelleme çalışması bir üretim hattındaki montaj sürecine ilişkindir. Bu montaj hattında kullanılan 6 çeşit komple parçanın herbiri belirli bir sırada ve herbiri bir istasyon şeklindeki bölümde monte edilirken montaj için çekilecek miktarlar belirlenmiştir.

Daha önce sözü edilen şasi alt ana kompleleri için de kaç farklı kart kullanılacağı hesaplanmış ve Çizelge 4.11' de gösterilmiştir.

4.3.5 Malzeme Çeken Safha İçin Parti Büyüklüğünün Belirlenmesi

Üretimin yapıldığı ve hammalzemenin çekildiği bir üretim aşamasında JIT sisteminin işleyişini görebilmek üzere üretim ve hammalzeme çeken şasi kompleksi dahili yastık takviyesi alt kompleksi takviye komple parçası ele alınmıştır. Yastık takviye süreç şeması Ek 10'da verilmiştir. Bu kompleksin takviye alt komple kısmı alınarak, bu parça 3 dönemlik periyotta üç parçanın üretiminin yapıldığı 3 safhalık bir süreçte JIT sistemi tasarlanmıştır.

Çizelge 4.11 Şasi Kompleksi İmalatında Kullanılacak Kanban Miktarı

Şasi Grubu	Malzeme Çekim Kanbanı	Parça Çekim Kanbanı	Üretim Talep Kanbanı	Toplam Kart Sayısı
Göbek Takviyesi	5	7	7	19
Şasi Orta	14	21	21	56
Tampon Trv. (Elfrenli T.)	13	23	23	59
Tampon Trv. (Elfrensiz T)	2	4	4	10
Takviye ve üst dolgu sacı	8	9	9	26
Takviye ve üst dolgu sacı	5	7	7	19
Otomatik Kavrama Taşıyıcı Mon.	18	26	26	70
Yastık Takviyesi	5	6	6	17
Makara Suportları	7	11	11	29
Boji Göbeği	11	15	15	41
Regülatör Koruma Sacı	1	1	1	3
TOPLAM	89	130	130	349

Modellemede kullanılan talep büyüklükleri ana üretim programlarına bağlı olarak belirlenen programlardan alınmış ve gerekli maliyetler hesaplanmıştır. Belirlenen maliyetler aşağıdaki Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Maliyet Değer Aralıkları

Birim Değ. Üretim Mal. (BİN TL)	Stok Bulun. Maliyet (BİN TL)	Yoksatma Maliyeti (BİN TL)	Yıllık Sabit Makina Mal. (BİN TL)	Taşıyıcı Maliyeti (BİN TL)
18 - 200	2.8 - 58	5.5 - 300	26 - 248	8 - 10

3.Bölüm, kısım 3.1.2 'de geliştirilmiş olan model ele alınarak takviye kompleksi parçaları parti büyüklükleri belirlenmiştir. Bu modeldeki M, taşıyıcı büyüklüğü (parti büyüklüğü)'ne, üretim sistemine uygun olarak bir dizi değerler atanmıştır. Değerler, minimum kullanım miktarından (1 vagon'luk), 50 vagon'luk miktara kadar ki değerlerdir. Herbir model 59 değişken ve 60 kısıttan oluşan bir denklem sistemine sahiptir. Herbir değer atamasından sonra kurulan model, MPSX paket programında çözülmüştür. Çözüm sonucunda "Optimal" sonucu veren ve sisteme uygun olan alternatifler seçilmiştir. Seçilmiş olan alternatiflere ilişkin parti büyüklükleri ile maliyetler Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Takviye Kompleksi;

1. safhası : Takviye parçası,
2. safhası : Alın sacı parçası,
3. safhası : Sac alt parçası,

safhalarından oluşmaktadır.

Çizelge 4.13 : Alternatiflere İlişkin Maliyetler

Safha Sayısı			Maliyet	Safha Sayısı			Maliyet
1	2	3		1	2	3	
Parti Büyük.				Parti Büyük.			
12	4	4	45.353.420	12	8	8	47.218.220
24	8	8	45.898.830	12	8	4	49.330.220
36	12	12	46.032.500	12	4	8	46.241.420
48	16	16	46.098.330	24	4	4	44.034.030
60	20	20	46.138.632	36	4	4	43.594.100
72	24	24	46.165.420	48	4	4	43.337.030
84	28	28	46.184.505	60	4	4	43.242.072
96	32	32	46.198.820	72	4	4	43.153.420
108	36	36	46.209.953	96	4	4	43.043.420
120	40	40	46.218.860	120	4	4	44.766.220
600	200	200	47.218.220				

Alternatifler içinde en düşük maliyete sahip olan alternatif seçilmiştir. Bu alternatif;

1. safhanın : 96 adet
2. safhanın : 4 adet
3. safhanın : 4 adet

olduğu alternatiftir.

3 dönemlik talep sırasıyla 44, 40, 40 vagon şeklinde olduğunda üretim miktarları;

$$P_{1,1} = 528$$

$$P_{2,1} = 576$$

$$P_{3,1} = 384$$

$$P_{1,2} = 480$$

$$P_{2,2} = 16$$

$$P_{3,2} = 0$$

$$P_{1,3} = 480$$

$$P_{2,3} = 16$$

$$P_{3,3} = 0$$

şeklindedir.

Sonuçlar çözümlendiğinde tüm alternatiflerde sistemin aynı davranışları gösterdiği görülmüştür. Buna göre;

- 1. ve 2. dönemlerde üretim yapılırken 3. dönemde üretim ya hiç yapılmamakta ya da çok az miktarlarda olmaktadır.

- Sadece 2. safha için başlangıç stoğuna ihtiyaç duyulmaktadır.

- Buffer stoklara sadece 2. dönemde ihtiyaç duyulmaktadır.

- Maliyetler parti büyüklüğüne göre yoksatma ve stoklama maliyetlerinden yüksek derecede etkilenmektedir.

Maliyet değerlerinden de görüleceği üzere maliyet fonksiyonu dışbükey bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. $f(x)$ dışbükey bir fonksiyon ise yerel enküçük olan noktada fonksiyon bütünsel enküçük değerlere erişiyor demektir (Kara, 1986). O halde, enküçük maliyeti veren alternatif değerleri maliyet fonksiyonunu enküçük yapan değerlerdir.

Sözkonusu parti büyüklüklerine göre sistemde parça çekimleri yapılacak ve çekimlere göre üretim emirleri verilmiş olacaktır.

4.3.6 Malzeme Çeken Safhanın Parti Büyüklüğünün İrdelenmesi

Üretim emrinin verilmesiyle montaja çekilmesi gereken süreç arasında parçaların belirlenen parti büyüklüğü miktarına göre üretimi yapılmalıdır. Bunun için üretim süresi ve kullanım noktaları için bir analiz gerekmektedir.

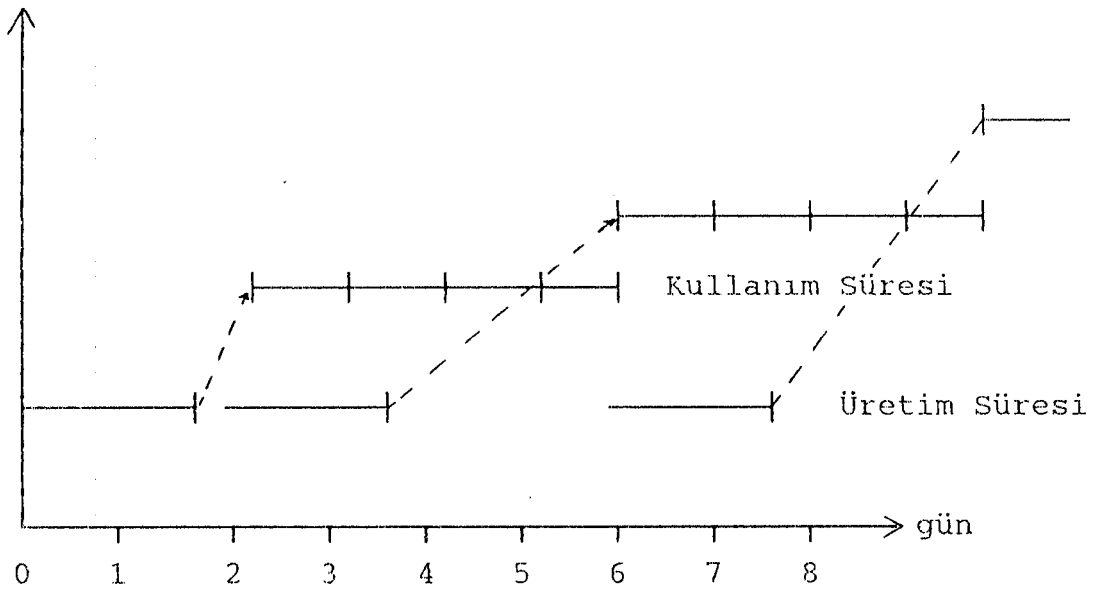
İlk parça olan takviye parçası için bu çözümleme yapıldığında;

1 adet'lik takviye parçası üretim süresi : 10.4 dak.

96 adet'lik takviye parçası üretim süresi :998.4 dak.

998.4 dak. = 16.64 saat = 1.85 gün'dür.

96 adet'lik takviye parçası, 8 vagonluktur ve günlük 2 vagon çıkışına göre hesaplandığında 4 günlük ihtiyaç bir defada hazırlanmaktadır. Gün bazında üretim ve kullanım miktarları çizelgelendiğinde üretim süresinin kullanım süresinden kısa olduğu görülür (Şekil 4.8). Bu da üretimde, üretim süresinden kaynaklanan bir problemin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.8 : Takviye Parçasının Çizelgelenmesi

Alın sacı ve sac alt parçalarının çekiminde ve üretimde de hiçbir problemin olmadığı aynı çözümleme ile görülmüştür. 4'er birimlik partiler halinde çekilen parçaların üretimi 40-41 dak.'lık bir süreç içinde olmaktadır. Ancak bu parçaların her gün üretimi gerektiğinden, sipariş edildiği sürede teslimi yapılabilirliktir.

Her 3 parçada farklı tezgahlarda işlendikten sonra montaja alınmaktadır. Bu yüzden tezgahlar açısından bir kapasite problemi yoktur. Ancak, binlerce parçadan oluşan

bir vagonda bir tezgahda birden fazla miktarda ve çeşitte parça işlenmek üzere gelebileceğinden darboğazlar ortaya çıkabilecektir.

Çalışmanın bu aşamasında şasi kompleksi ele alınarak birim yük büyüklüğündeki (1 vagon'luk, günde 2 vagon çıkışına göre -JIT'in temel hedefi-) parçaların üretimi sözkonusu olduğunda süreçte tezgahlar açısından darboğaz olup olmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışma kısaca şu şekilde özetlenebilir:

Önce, şasi kompleksinde kullanılan ve tezgahlarda işlem gören tüm parçaların dökümü ile kullanılan tezgahlar çıkartılmış, daha sonra herbir parçanın en küçük parti büyüklüğüne göre tezgahlarda işleme süreleri belirlenerek ilgili tezgahlara atamalar yapılmıştır. Aşağıda en yüklü üç tezgah için kapasite karşılaştırması yapılmıştır.

Şasi kompleksi parçalarının işlenmesinde kullanılan tezgahlardan birisi delme işleminin yapıldığı matkap tezgahıdır. Şasi komple parçalarından sadece 5'i, matkap'ta işlenmekte ve günde iki vagon çıkışına göre matkap'ta işlenen süre toplam 4.8 saat olmaktadır. Günlük tezgah çalışma süresi 9 saat olduğuna göre tek bir matkap ile bir günde günlük talep çok rahat bir şekilde karşılanmaktadır. Ayrıca, elde 9 adet matkap olduğuna göre matkap tezgahları açısından hiçbir darboğazın çıkmayacağı açıktır.

Otojen kesme tezgahı ele alındığında durum şöyledir: Yukarıda ele alınan takviye kompleksi parçalarından alın sacı da bu tezgahta işlenmektedir. Şasi kompleksinde 6 parça bu tezgahta işlenmekte, günlük 2 vagon çıkışına ve birim yük büyüklüğüne göre toplam süre 5.6 saat olmaktadır. İki- si iki kafalı, biri dört kafalı olmak üzere toplam 9 otojen tezgahı olduğuna göre bu tezgahta da hiçbir darboğaz çıkm-

yacağı açıktır.

Pres tezgahı ele alındığında ise takviye kompleksi parçalarından sac alt parçasının da işlem gördüğü pres tezgahında şasi kompleksinin 5 parçası işlenmekte ve toplam işleme süresi 1.1 saat olmaktadır. Bu, pres tezgahında da darboğaz olmadığını göstermektedir.

Diğer tezgahlardaki iş yükleri incelendiğinde çalışma kapasitesi açısından bir kısıt olmadığı görülmüştür.

Ancak, bir parça birden fazla tezgahta çeşitli işlem görmektedir. Bu yüzden her tezgah ve parça için tezgah yüklemeleri ile iş akış çizelgelerinin hazırlanması gerekmektedir. Buradaki durumu göstermek amacıyla takviye kompleksi parçalarından sac alt parçası ele alınmıştır.

Sac alt, önce giyotin'de (23 dak./4 adet) sonra merdane'de (11 dak/4 adet) ve en son pres makas'ta (7.2 dak/4 adet) işlem görmektedir.

Tezgah yükleme ve çizelgelemesine giyotin tezgahtan başlanmıştır ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelgelemede;

Giyotin tezgahta 24 adet parçanın,

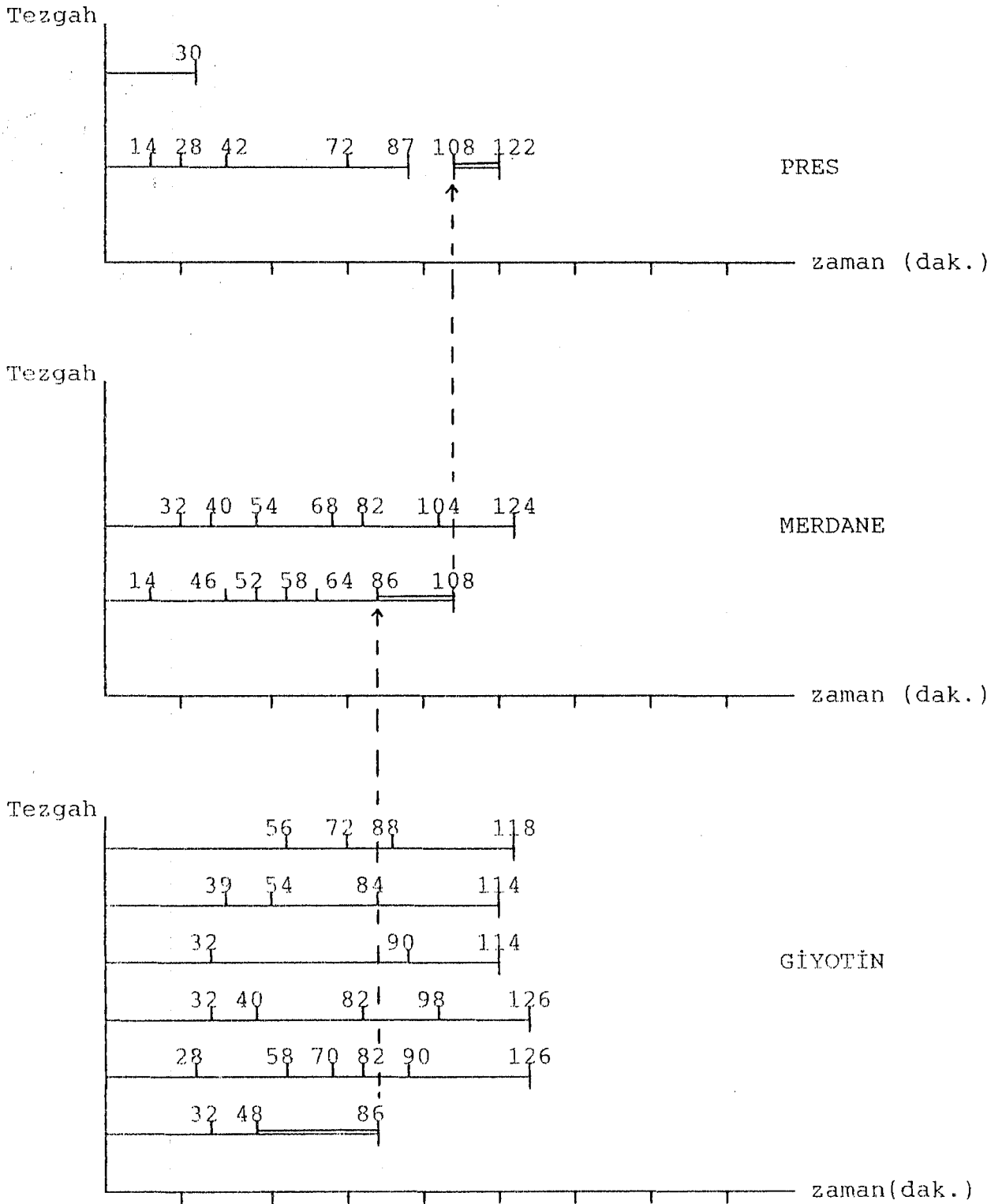
Merdanede 19 adet parçanın,

Pres makasta 7 adet parçanın,

çizelgelemesi yapılmıştır.

Çizelgelemede esas tutulan çalışma saatleri içine hazırlık süreleri de dahil edilmiş ancak, taşıma süreleri göz önünde bulundurulmamıştır.

Grup teknolojisi ya da esnek imalat hücresi tekniğine göre tasarlanan bir sistemde taşıma süreleri çok küçük olacaktır.



Şekil 4.9 : Tezgah Yükleme ve Çizelgelemesi

Çizelgeleme için yapılan tezgah-iş dağılımına baktığımızda benzer parçaların aynı tezgah iş akışından geçtiğini görürüz. Örneğin, şasi kompleksinde ele alınan 85 parçanın;

19 'u Giyotin → Merdane
 13 'ü Otojen → Testere → El Taşı
 3 'ü Otojen → Taşlama
 3 'ü Otojen → Taşlama → Testere
 4 'ü Giyotin → Merdane → Matkap
 5 'i Saf Fotosel Kesme → Matkap
 2 'si Matkap → Testere
 4 'ü Torna → Matkap

şeklinde işlenirken diğerleri ya tek bir tezgahta işlenmekte ya da yukarıdaki tezgahların iki ya da fazlasında işlem görmektedir.

Ancak binlerce parça ve tezgahtan oluşan bir sistemde tezgah yüklemesi ve çizelgelemesini elle yapmak çok güç, hatta imkansızdır. Ayrıca çizelgeleme, malzeme gereksinim planlaması ve kapasite gereksinim planlamasıyla ilişkili olmalıdır. Bu amaçla, sıralama-çizelgeleme ve kontrolde;

- operasyonlar çizelgelenebilmeli,
- üretim sürecinde nerede, neyin yapıldığı bilgisine sahip olunabilmeli,
- iş emirleri izlenebilmeli,
- tezgahlar izlenebilmeli,
- performans analizleri yapılabilirdir.

Bu da ancak MRP II'li sistemlerde etkin olarak yapılabilir. MRP II'nin üretim planlama ve kontrol modülü, siparişleri mevcut malzeme seviyelerini, zaman ekseninde mühendislik bilgileri yönetim modülünden yararlanarak kaynak kullanımı ile karşılaştırarak plan ve program-

lar hazırlar. Sipariş izleme modülü ile iş merkezlerini, iş merkezleri arasındaki akışları, işlem sürelerini, iş kuyruklarını belirleyerek çeşitli karar kurallarına göre iş öncelik çizelgelerini hazırlar. Buradan, başarılı ve daha etkin çalışan bir JIT için MRP II' nin gerekliliği açıkça görülmektedir.

Düzgün iş akışını sağlayacak bir şekilde tesis düzeni ve tezgah yerleşimi yapılarak safhalar arasında taşınacak ve işlem görecektir parçalar için parti büyüklükleri belirlendikten sonra sistemin işletimi esnasında üretim emirleri ile parça/malzeme çekimleri için gerekli olan bilişim sisteminin oluşturulması aşamasına geçilir.

4.3.7 Benzetim Yaklaşımının Uygulanması

Matematiksel model yaklaşımında:

- ele alınan dönemler kısadır,
- deterministik bir durum sözkonusudur,
- buffer kapasite bir değişken olarak ele alınmakla beraber sistem, kapasite sınırı yokmuş gibi davranabilmektedir.

Model yaklaşımında talep değişimlerinin etkileri ile buffer kapasitenin büyüklük değişimlerinin etkisi görülememektedir.

Benzetim modelinde ise:

- ele alınan dönemler uzundur,
- stokastik bir durum sözkonusudur,
- buffer kapasite parametre olarak verilebilir.

Bu çalışmada sadece takviye kompleksi için benzetim yaklaşımı kullanılmıştır. JIT sisteminde safhalar için parti büyüklüğünün 1 birimlik olması istenir. Ancak mevcut sistemde 8 birimlik (96 adet) partiler matematiksel model

yaklaşımında en düşük maliyeti vermiştir. Benzetim yaklaşımı ile en uzun dönemde sistemin farklı parti büyüklüklerine göre davranışı ve ortalama maliyeti görülmek istenmiştir.

Modelde;

- buffer kapasite < ortalama talep
- buffer kapasite = ortalama talep
- buffer kapasite > ortalama talep

koşulları ile talep değerinin yüksek, orta ve düşük olduğu durumlar için mevcut sistem analiz edilmiş ve Şekil 4.10 - 4.12 ile gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

$D(10,50)$, $B(10,30)$: Talep değişimi yüksek ve buffer kapasite ortalama talepten düşük olduğunda birim yük büyüklükleri için ortalama toplam maliyet:



Şekil 4.10 : Talep değişimi yüksek, buffer kapasite ortalama talepten düşük olduğu durumda sistemin davranışı.

$D(20,40)$, $B(10,30)$: Talep değişimi orta ve buffer kapasite ortalama talepten düşük olduğunda birim yük büyüklükleri için ortalama toplam maliyet:



Şekil 4.11 : Talep değişimi orta, buffer kapasite ortalama talepten düşük olduğu durumda sistemin davranışı

$D(25,35)$, $B(10,30)$: Talep değişimi düşük ve buffer kapasite ortalama talepten düşük olduğunda sistem Şekil 4.11 ile aynı davranışı gösterir.

$D(10,50)$, $B(30,30)$: Talep değişimi yüksek ve buffer kapasite ortalama talebe denk olduğunda sistem Şekil 4.11 ile aynı davranışı gösterir.

$D(20,40)$, $B(30,30)$: Talep değişimi orta ve buffer kapasite ortalama talebe denk olduğunda sistem Şekil 4.11 ile aynı davranışı gösterir.

$D(25,35)$, $B(30,30)$: Talep değişimi düşük ve buffer kapasite ortalama talebe denk olduğunda sistem Şekil 4.11 ile aynı davranışı gösterir.



Şekil 4.12 : Talep değişimi yüksek, buffer kapasite ortalama talepten denk olduğu durumda sistemin davranışı

En düşük değerlerin arandığı bir fonksiyonda en küçük değerler dışbükey fonksiyonların en küçük noktalarıdır ve yerel en küçük değerler mevcuttur. Benzetim sonucunda maliyet fonksiyonunun dışbükey olduğu aralıklarda yerel en küçük değerler matematiksel modelinde en küçük maliyeti verdiği değerlerdir. Sistemin genelde dışbükey olduğu elde edilen sonuçlardan söylenebilir.

Orta ve düşük talep değişiminde buffer kapasite değişimi sistem üzerine farklı etki yapmamakta ve sistem tüm alternatifler için aynı davranışı göstermektedir.

4.4 Kanbanların Tasarlanması

Önceki bölümlerde değinildiği üzere JIT üretim sisteminin bilişim sistemi olarak Kanban sistemi uygulanmaktadır. Bu çalışmada da kanbanlı bir JIT önerilmektedir.

Kanban adı ile anılacak olan kartlar her malzeme, parça, üretim safhası için tasarlanacaktır. Bu kartlar, safhalar arasında gidip gelerek üretimi başlatma ve safhalar arası talebi düzenlemede, parça/malzeme çekiminde kullanılacaktır. Pekçok kanban çeşidi olmasına karşılık ençok kullanılanları üretim ve parça/malzeme çekim kanbanlarıdır ve çalışmada da ikisi için tasarım yapılmıştır.

4.4.1 Malzeme Çekim Kanbanının Tasarımı:

Malzeme çekim kanbanı, bir işlemde girdi olarak kullanılacak ve malzeme deposundan çekilecek olan malzemenin cinsini ve miktarını belirtir. Parça çekim kartı, parçanın geldiği ve gideceği atölyelerle birlikte adını ve miktarını da içerir. Ayrıca malzemeye ilişkin bilgiler ile malzemenin bulunduğu taşıyıcı tip ve kapasiteleri de kartlar üzerinde bulunabilir. Şekil 4.13'de bir malzeme çekim kanbanı örneği verilmiştir.

4.4.2 Parça Çekim Kanbanın Tasarımı:

Parça çekim kanbanı, belirtilen parçaların montaj atelyesinde belirli bir işlemde çıkan elemanlar için ayrılan sahadan alınıp işlem göreceği safhaya alınmasını sağlamada kullanılır. Atölyeler arasındaki bilgi akışı da bu kartlar ile sağlanabilir. Parça çekim kanbanında parça bilgileri, parçanın geldiği yer ile gideceği yer bilgileri, işlenecek miktar, taşıyıcı tip ve kapasitesi bilgileri de kart üzerinde bulunur. Şekil 4.14'de bir parça çekim kanbanı örneği verilmiştir.

4.4.3 Üretim Kanbanının Tasarımı :

Üretim kanbanı bir çeşit iş emri olup atölyeden çıktı olarak istenen parçanın yine çeşit ve miktarını belirtir. Bu karta göre iş merkezinde işlem yapılır. Üretim kanbanı üzerinde parça bilgileri ile alt ve üst parça bil-

PARÇA NO : FV.03.03.00.01		
PARÇA ADI : ŞASİ KOMPLE		
STOK NO :		KART NO :
GELDİĞİ YER :		GİDECEĞİ YER :
Şasi Montaj SM - 00		Vagon Montaj VM - 06
Miktar :	Kutu Tipi	Kutu Kapasitesi
İŞLEM : Şasinin Vagona Montaja		

Şekil 4.13 : Malzeme Çekim Kanbanı

MALZEME NO :		
MALZEME ADI :		
STOK NO :		
GELDİĞİ YER :		GİDECEĞİ YER :
Reyon No :		Sac Hazırlama Giyotin 30.11.02
MALZEME BİLGİLERİ		MİKTAR :
	Kutu Tipi	Kutu Kapasitesi

Şekil 4.15 : Parça Çekim Kanbanı

Kutu kapasitesi ve tipi küçük boyutlu parçalarda kullanılacaktır.

4.4.4 Kanbanların Miktar ve Çeşitlerinin Belirlenmesi

Kaç çeşit malzeme/parça çekim ve üretim kanbanının kullanılacağıının belirlenmesi için her parçaya ait temel süreç şemasının çıkarılması gerekmektedir. Ana ve alt montaj atölyelerince her parçadan istenen miktarda (mümkün olduğunca az) çekim kanbanları belirlenen atölyelere ve tezgahlara gönderileceğine göre bu atölyeler, tezgahlar, üretim talep kartlarının kullanılacağı kısımlar şemadan tesbit edilir. Çizelge 4.11'de şasi kompleksi için gerekli parçalara ait olmak üzere kaç farklı kanban gerektiğini, Ek-4'den Ek-11'e kadar olan şekiller ise bu elemanlara ait temel süreç şemalarını ve örnek olarak seçilen parçaların kanban akışını göstermektedir. Temel süreç şemalarında taşımalar ve akış yönleri gösterilmemiş, yalnızca işlemler ve işlem sıraları yeterli bulunmuştur. Çizelge 4.11'de verilen değerler her bir parçanın imalatındaki kanban sayısı ile değil, kaç farklı kanban kullanılması gerektiği ile ilgilidir. Kanban miktarı ise 3. bölümde gösterilen yöntem ile ya da direkt çevrim sürelerine göre belirlenir. Kanban çeşit ve miktarlarının belirlenmesinin ardından üretim içi stok miktarları kanban miktarlarına göre belirlenmiş olur. Malzeme çekim kanbanlarından elde edilen malzeme çeşit ve miktarları da üretime girecek stok miktarlarını kontrol etmede kullanılabilir.

Kanbanlı sistemin zamanla yerleşmesiyle kanbanlar üzerindeki tezgah adı, işlem merkezi gibi bilgiler kaldırılarak sadece kodlamalar ile çalışılabilir. Ancak, ilk etapta bu bilgilerin bulunmasında yarar vardır.

Kanbanlarda Barcode Uygulaması:

Barcode uygulamasının amacı tamamıyla atölye içinde parça malzeme durum bilgilerine kısa devrelerde ve çabuk

bir şekilde erişmektir. Buna göre, her kartın bir no'su vardır. Bu kart okutulmadan önce kartın nerede bulunduğunu gösteren yer kartı okutulmalıdır. Yer kartı, Kanbanın stokta parça ile, üretimde ya da toplama kutusunda olup olmadığını belirler. Kanbanların okutulmasından sonra elde edilecek bilgiler şu şekildedir.

- Ara stoklarda bulunan parça, malzeme çeşit ve miktarı,
- Üretimi yapılacak, çizelgeleme panosu veya toplama kutusundaki kartlara ilişkin parça bilgileri,
- Üretimi devam eden parça çeşit ve miktarı,
- Son iki özelliğe göre gerekli olan tezgah yükleme ve çizelgelemesi MRP II'nin çizelgeleme modülünde değerlendirilerek yapılabilir,
- İkinci özelliğe göre gerekli malzeme gereksinim planlaması MRP modülü ile etkileşimli olarak çalışır,
- Okunan kartlar ile bilgisayardaki kartlar karşılaştırılarak parça/malzeme kaybolmaları önlenir.

Bu bilgilere ulaşmak için belirli devrelerle kartların okutulması gerekmektedir. Stok bilgileri, haftalık, aylık gibi devrelerle elde edilmek istenirken, tezgah bilgilerine çizelgeleme, tezgah yükleme yapmak üzere günlük olarak barcode'lu sistemde ulaşılır.

İlk etapta, barcode'lu kartların kullanılması bir fantazi olarak görülebileceğinden sistemin yerleştirmesinden sonraki aşamalarda geçilmesi daha uygun olabilir.

4.5 JIT Satınalma Boyutu

Dünyada JIT kullanıcılarının büyük bir bölümü atölye içinde olduğu kadar piyasadan tedarik edilen malzemelerin satınalma boyutunda da JIT felsefesine dayanmaktadırlar. Buna göre, üretimden gelen malzeme talep miktarları kadar

malzeme çok kısa periyotlarla gereksinim olduğu zamanda ve gereken miktarda tedarik edilmektedir. Ancak böyle bir satınalma fonksiyonunun etkin ve JIT'in tam anlamıyla işleyebilmesi için:

- Tedarikçilerin sisteme yakın olması böylece taşıma süresinin kısa olması,
- Tedarikçilerin istenilen zamanda, istenilen miktar ve çeşitte malzeme sağlayabilmeleri ve bunu taahhüt etmeleri,
- Üretim sistemine ait özel taşıma filosunun ve güzergahının olması, gerekmektedir.

Ancak, günümüz ekonomi ve endüstri ortamında yukarıdaki özellikleri sağlamak çok güç hatta imkansızdır. Özellikle ilk koşulu sağlamak mümkün değildir.

Buna karşın satınalma işlemini daha etkin bir hale getirmek üzere belirlenen parti büyüklüklerine bağlı olarak şu şekilde bir işlem yapılabilir:

- Vagonun tüm parçaları için parti büyüklüğü belirlenir. Bunlara bağlı olarak malzeme gereksinim miktarları belirlenmiş olur. Bu miktarlara göre üretim çizelgeleri hazırlandıktan sonra aylık -başka bir birim de olabilir-, her bir malzemedeki ne kadar kullanılacağı ortaya çıkarılmış olur. Satıcı firmalar ile anlaşarak aylık, 3 aylık gibi daha uzun veya daha kısa dönemlerde, üretim çizelgelerinin belirli noktalarında satınalma anlaşmaları yapılır.

Belirli devrelerle malzeme çekim kartları değerlendirilerek eldeki malzeme mevcutları çıkartılır. Üretimdeki malzemeler parça çekim kartlarından elde edilir. Bu miktarlar ile talepler karşılaştırılarak malzeme siparişlerinin arttırımı ya da iptali yoluna gidilir.

Bunun için üretim sisteminin malzeme depo alanına her giren malzemenin önceden belirlenmiş parti büyüklüğüne göre tasniflenip, taşıyıcılara konarak stok durum kartlarının takılması sistemin bütünlüğü açısından gereklidir.

Gerek atelye içinde gerekse stoklardan malzeme ve parça çekimleri sırasında özel taşıyıcıların kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli tipte ve özellikle kutuların tasarımı yapılmalıdır. Kanban miktarları kadar parçalar bu kutulara konmalıdır. Ancak, sipariş miktarının değişmesine göre miktarlar değişeceğinden tasarlanacak kutuların çeşitli ebatlarda olması sisteme esneklik katacaktır. Kutular üzerine kartların konacağı özel bölmelerin yapılması kolaylık getireceğinden tasarımda unutulmamalıdır.

4.6 Sistemin İşleyişi

Sistemin işleyişinin açık bir biçimde anlatılabilmesi için işleyen bir süreçten bir kesinti alınmış gibi düşünülecektir. Süreç, Ek-12 yardımı ile şu şekilde açıklanabilir.

- Sistemde ilk hareket vagon montaj hattında olacaktır. Bu hat 6 safhadan oluşmakta ve 6 safhanın arkasında malzeme çekim kanbanları ile beraber karttaki miktarlar kadar yarı mamul (ara komple) parçalar bulunmaktadır.

- Çalışma saati başlangıcında son montaj hattında yer alan 2 üretim kanbanı (bitmiş mamulun olması şart değildir), son montaj safhasına üretim emri olarak verilir. Bu montaj hattında kullanılacak olan alt parçalar üretim kanbanı üzerinde belirlenmiştir. Çalışanlar bu alt parçaların son montaj hattı arka stoğunda bulunan parçalardan üretim kartındaki miktarlar kadar çekerler. (Üretim kartındaki miktarlar ile parça çekim kartındaki miktarlar eşit olacağından üretim kartı sayısı kadar parça çekim kartı

iliştirili bulunan parçalar çekilir). Örneğin; 2 vagon/gün (1 üretim kanbanı) için 4 adet'lik boji (1 parça çekim kanbanı) çekilir. Ancak tüm safhalar için durum böyle olmayabilir. Parti büyüklükleri 1'e eşitlendiğinde ise tüm kartlardaki miktarlar oransal olarak eşit olacaktır.

- Parçalar çekildikten sonra parça çekim kanbanları parça çekim kutusuna bırakılır. Parçalar da, son montaj aşamasına alınır, montaj tamamlandıktan sonra eldeki üretim kanbanlar asılarak bitmiş mamul olarak sevk edilir.

- Yukarıda 6 safhadan çekilen parçalardan 6. safha şasi kompleksini ele alınırsa: Ana montaj aşaması için ilgili ara stoğundan şasi kompleksi çekildikten sonra bu parçanın üzerinde bulunan parça kanbanı toplama kutusuna bırakılır. Bu kutudan ya belirli devrelerle kartlar toplanır ya da uyarıcı bir takım ışık, ses gibi sinyaller verilerek kartların toplatılması sağlanır. Şasi kompleksi için toplama kutusundan parça çekim kanbanını alan işçi, şasi montaj safhasına giderek bu safhanın ön stoğunda üretim kanbanları ile duran bitmiş şasilerden parça çekim kartı miktarı kadarını alır ve parça çekim kanbanları ile ana montaj safhasının arka stoğuna bırakır. Şasi montaj ön stoğundan alınan şasiler üzerinden bırakılmış olan üretim kanbanları da çizelgeleme tablosuna asılır. Bu tablodan alınan kanbanlar şasi montaj istasyonuna, kanbandaki miktar kadar şasi kompleksi iş emri olarak verilir. Üretim kanbanında, şasi kompleksi alt detay parçaları bilgisine göre şasi montaj sürecinde şasi montaj safhası arka stoğundan parçalar çekilir. Montaj işlemi tamamlandıktan sonra üretim kanbanları iliştirilerek şasi montajı ön stoğuna alınır. Parçalar, arka stok alanında parça çekim kanbanları ile birlikte bulunur. Parçanın çekilmesiyle üzerinde bulunan parça çekim kanbanı bu safhaya ait toplama kutusuna bırakılır. Toplama kutusundan alınan çekim kanbanlarına göre

ilgili safhalara gidilerek kanban miktarları kadar parça çekilir.

- Şasi montajı için çekilen 9 parçadan, şasi montajı 6.safhasında kullanılan yastık takviyesi kompleksini alınır;

- Yastık takviyesi, şasi montajı arka stoğunda, parça çekim kanbanı ile beraber bulunmaktadır. Yastık takviyesi montaja alınırken, parça çekim kanbanı, çekim kutusuna bırakılır. Montaj tamamlandıktan sonra parçalar, üretim kanbanı ile beraber bu safhanın ön stoğuna bırakılır.

- Bu kutudan toplanan kartlar yastık takviyesi montaj alanı ön stoğuna götürülür. Bu alanda hazırlanmış yastık takviyeleri üretim kanbanları ile beraber bulunmaktadır. Parça çekim kanban miktarları kadar parça bu stoktan çekilip şasi montajı arka stoğuna alınırken, parçalar üzerindeki üretim kanbanları bu safhanın çizelgeleme panosuna konur.

- Çizelgeleme panosundan alınan üretim kanbanları yastık takviyesi montaj alanına üretim emri olarak verilir. Bu safhanın arka stoğunda alt detay parçalar parça çekim kanbanları ile birlikte bulunmaktadır. Üretim kanbanı üzerinde alt detay parça bilgileri olduğundan arka stoğundan parçalar çekilir. Çekilen parçalar monte edildikten sonra üretim kanbanı takılarak ön stoğa konur.

- Yastık takviye kompleksi için bu safhanın arka stoğundan çekilen takviye kompleksini ele alınırsa: Takviye kompleksinin çekilmesiyle parça çekim kanbanı kutusuna konan takviye kompleksine ait parça çekim kanbanı alınarak takviye kompleksi montaj alanı ön stoğuna götürülür.

- Takviye kompleksi ön stoğunda parçalar üretim kanbanları ile birlikte bulunmaktadır. Buradan parça çekilmesiyle, parçaların üzerinden alınan üretim kanbanları çizelgeleme panosuna asılır. Daha sonra buradan alınarak

takviye kompleksi montaj alanına üretim emri olarak verilir. Montaj tamamlanınca parçalar üretim kanbanları ile ön stoğa alınır.

- Üretim kanbanının bu safhaya üretim emri olarak verilmesiyle kanban üzerinde belirtilmiş olan alt detay parçalar arka stoktan çekilir. Arka stokta, alt parçalar, parça çekim kanbanı ile beklerler.

- Takviye kompleksine çekilen parçalardan kalan parça çekim kanbanları, kanban kutusunda toplanarak ilgili parçaların stok alanlarına götürülerek kanban miktarı kadar parça alınır bunlara parça çekim kanbanları iliştirilerek takviye kompleksi arka stoğuna iletilir.

- Parçaların çekilmesiyle kalan üretim kanbanlarında parçanın işlenmesi için üretim emri olarak verilir. Bu kartta, hammalzeme ile operasyon bilgileri vardır.

- Burada iki türlü işlem yapılabilir:

Parça tek bir masraf yerinde birden fazla tezgahta işlem görüyordur. Buna göre; malzeme çekilir ve tezgahlarda tek üretim kartı ile işlem görür ve bu kart ile stoğa alınır.

İkinci seçenek ise; parça farklı masraf yerlerinde işlem görür ve yukarıdaki süreç biçiminde her masraf yerinde ön ve arka stoklardan kart değişimi ve farklı kartların kullanımı ile çekim yapılır.

- Takviye kompleksi önce 442 no'lu masraf yerinde otojen tezgahında işlendikten sonra yine 442 no'lu masraf yerinde saf fotosel tezgahında işlem görür.

- Takviye kompleksi için takviye parçası alındığında geriye bu parçaya ait çekim kanbanı kalır. Bu kanban ile de genel stok alanından takviye parçası stok alanında parça çekim kanbanı ile bulunacağından parçanın çekilmesiyle parça çekim kanbanı kalır. Bu üretim kanbanında operasyon bilgileri ile malzeme bilgisi vardır. Önce malzeme stok sahasından alınır. Malzemeler stok alanında ile malzeme

çekim kanbanları ile bulunurlar ve malzemenin alınmasıyla malzeme çekim kanbanları toplama kutusunda biriktirilir. Toplama kutusundan alınan kanbanı miktarları kadar ana stok alanından malzemeler, malzeme ara stoğuna getirilir. Depoda stok kartları ile bulunan malzemelerin ara stok alanlarına iletilmesi ile stok kartları bir kutuda toplanır ve üzerinde yazılı miktarlar kadar sipariş verilir.

- Malzeme alındıktan sonra üretim kartındaki operasyon sırasına göre işlem gördürülür ve işlemler tamamlandıncaya kadar mamul stok alanına üretim kanbanları ile konur. Üretim kanbanı operasyonlarda parçalar ile birlikte hareket ettirilir ve her bir operasyon tamamlandıncaya silinebilir kalemle kart üzerinde işaretlenir.

- Safhalar arasında ve özellikle tezgahlarda bulunan çizelgeleme panoları, iş merkezlerinde işlenecek parçaların sıralamalarını ve bir tür çizelgelemeyi sağlamada oldukça yararlı olmaktadır.

Grup teknolojisine veya esnek imalat hücrelerine göre gruplaşma yapıldığında tezgahlar arasında ayrı kartların bulunmasına gerek kalmayacaktır.

4.7 Sistemin Getirileri

TÜLOMSAŞ üretim sistemi, mevcut üretimin çok sayıda ve çeşitte parçadan oluşması, üretim alanının geniş olması gibi nedenlerle oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Uzun bir geçmişe sahip olan Şirketin zaman içinde büyüyüp genişletilmesine karşılık üretim yönetimindeki gelişmeler aynı paralelde yapılamamıştır. Üretimin işleyişine bakıldığında sürecin başından sonuna kadar pek çok problemle karşılaşmaktadır. Bu problemlerin bazıları dördüncü bölümün başında da sunulmuştur. Bu nedenle sistemin yeni üretim yönetimi teknolojilerine gereksinim duyduğu açıktır. Bu çalışmada da JIT üretim teknolojisi mevcut sistem için ön görülmüş ve tasarım üzerine bazı analizler yapılarak JIT'in uygulanabilirliği tartışılmıştır. Analizler sonucu, JIT sisteminin uygulanması halinde elde edilecekler aşağıda sıralanmıştır:

- Sistem çeşitli safha ve aşamalara göre bölümlenecek ve her bir işin yapılacağı iş merkezi tanımlanacaktır. Böylece mevcut sistemde ne, nerede yapılıyor bilinemezken yeni sistemde belli olacaktır. Böylece her işçi de kendi işine sahip çıkabilecektir.

- Sistemde bir problem ortaya çıktığında örneğin malzeme/parça gecikmesi, tezgah arızası, işgücü eksikliği olduğunda nereden kaynaklandığı çabuk ve kolay bir şekilde saptanabilecektir.

- Her safhanın önünde ve arkasında ara stok alanları bulunacağından ara stok alanları düzenlenmiş olacak böylece atölye içindeki karmaşıklık önlenebilecektir.

- Mevcut sistemde karar mekanizmasının tek bir yerden ve atölye üzerinde oluşması üretim sisteminin aleyhinde bir durumdur. Atölye üzerinden sadece belirli dönemlik taleplere ilişkin ana üretim programları gelmeli, atölye kendi kendine bu talebi karşılayacak biçimde üretimini, malze-

me/parça çekimini yapmalıdır. Bu, kanbanlı bir JIT sistemi ile çok basit bir şekilde yapılabilecektir. Örneğin, günlük 2 vagon çıkışına göre sistem son montajdan, hammalzeme çekim safhasına kadar kanbanlar ile üretim verecek, beraberinde gerekli parçaların çekilmesini sağlayacaktır.

- Bu sayede sadece gerekenin üretimi yapılacaktır. Böylece istenmeyen parçaların imali yapılmayarak, gereksiz kaynak (işgücü, tezgah, malzeme) harcaması olmayacak, gereksiz ara stoklar oluşmayacaktır. Sermayenin de gereksiz bir zamanda bağlanması önlenmiş olacaktır.

- Gereken parçalardan, gereken miktarlarda, küçük partiler halinde üretimi yapılacağından bunlara ilişkin ara stoklar da düşük seviyeli olacak ya da hiç olmayacaktır. Özetle ara stoklar mümkün olan en düşük seviyede gerçekleşecektir. Bu da stok maliyetlerini düşürecektir.

- Safhalar arasında üretim emri akışı kanbanlar ile pratik bir biçimde sağlanabilecektir. Aynı durum safhalar arası malzeme ve parça akışı için de söylenebilir.

- JIT sistemi tasarlandığında her bir iş merkezinin (tezgah, montaj v.s.) hangi işi yapacağı ve ne kadarlık sürelerde yapılacağı belirlenip, bilindiğinden işçiler sorumluluk altına gireceklerdir. Ayrıca, tanımlanan sürelerde iş tamamlanmadığında, tüm üretim akışı duracağı bilincine sahip olduğundan iş zamanında ve eksiksiz olarak yapılacaktır. JIT'te bir safhada üretimin durmasının zincirleme olarak önündeki ve arkasındaki safhaları da durduracağı unutulmamalıdır.

JIT sistemi, üretim sisteminde bir çizelgeleme olayı yaratmaktadır. Buna göre, işlerin, iş merkezlerine dağılımı zaman boyutunda tanımlanmaktadır. Bu durumda özellikle, MRP II'nin çizelgeleme modülünde sağlandığında ve tezgah yüklemeleri ile boş kapasite kolaylıkla görülebilecektir.

- Atölyeye ilişkin olarak durum bilgilerine sadece kanbanlar ile pratik bir şekilde ulaşılabilecektir. Üretimdeki kanbanlar üretimi devam edenleri, parça üzerinde bulunan kanbanlar stok bilgilerini, toplama kutularında ya da panolarda bulunanlar da yapılacak işleri veya gereken malzeme miktarını verecektir. Belirli dönemlerle sayılacak kartlar ile bu bilgiler elde edilirken, parça kaybolmaları da söz konusu olmayacaktır.

- Satınalma sisteminde daha düzenli bir politika benimsenecektir. Aşırı stoklamalar önleneyeceği gibi sadece gereken malzemenin satın alınması da sağlanmış olacaktır.

- Üretim dengeli ve istikrarlı bir yapıya kavuşacağından talepler zamanında ve istenen miktarda karşılanabilecektir. Dördüncü bölümdeki vagon üretimine bakıldığında talebin karşılanamadığı görülmektedir.

- Mevcut sistemde üretimin dengeli olarak yapılmasından ve iş önceliklerinin belirlenip bu şekilde hareket edilmemesinden dolayı üretim gecikmeli gerçekleşmektedir. JIT'te ise böyle bir duruma rastlanılmaz. Ayrıca üretimi yetiştirmek üzere yapılan fazla mesai, JIT'te olağanüstü durumlar haricinde görülmez.

JIT'in sisteme sağlayacağı belli başlı bu faydalarının yanında önceki bölümlerde sözü edilen diğer problemlerin de ortadan kalkacağını ilave etmek gerekir.

Ayrıca, mevcut sistem ve önerilen sistemin maliyetlerinin karşılaştırılması ile de JIT gerekliliği ortaya konabilir:

Mevcut sistemde vagon alt kompleleri sürekli olarak imal edilerek ara stok alanlarında biriktirilmekte ve bunlar vagon montajı için gerekli olduğu zamanlarda çekilmektedir. Ancak vagon montajının olabilmesi için tüm montaj parçalarının hazır bulunması gerekmektedir. Fakat kimin, ne yaptığı belli olmadığı için montaj parçalarından bazıları

imal edilmemekte ya da edildiği halde bunların stok bilgilerine sahip olunmadığından uzun süreli, montaj çalışmaları yapılamamaktadır. Bu durumda da ara stoklarda parçalar aylarca boşu boşuna beklemektedir. Sistemde sadece son montaj komple parçaları için stok bilgileri tutulmaktadır. Bunların alt detay parçaları için de durum bilgileri yoktur. Bu yüzden elde edilen maliyet değerlerinin herbiri yüzlerce parça için düşünülüp değerlendirilmeli ve kayıplar görülmeye çalışılmalıdır.

Stoğa alınan bir alt kompleenin sisteme maliyet getirisi sermayenin kârsız bağlanması ile stoklama maliyetidir. Ayrıca, sadece bazı parçaların sürekli üretiminin yapılıp stoklanması, montaja geçildiğinde de elde pek çok parçadan pek çok miktarda parça olduğu halde bazı parçaların bulunmaması ve üretimi fazla mesai ile karşılanması ek maliyetleri getirmektedir.

Şekil 5.1 ve 5.2'de verilen vagon çıkışı ile vagon alt montaj komplelerinin üretim durumu gösterilmiştir. Görüleceği üzere alt kompleler vagon çıkış miktarından sürekli olarak fazla olmakta ve en az 1-2 ay stokta beklemektedir. Ortalama olarak 1.5 ay stokta bekledikleri varsayılır ve ortalama aylık % 5 faiz uygulanır ise:

C : Devre sonu kapitali

c : Başlangıç kapitali

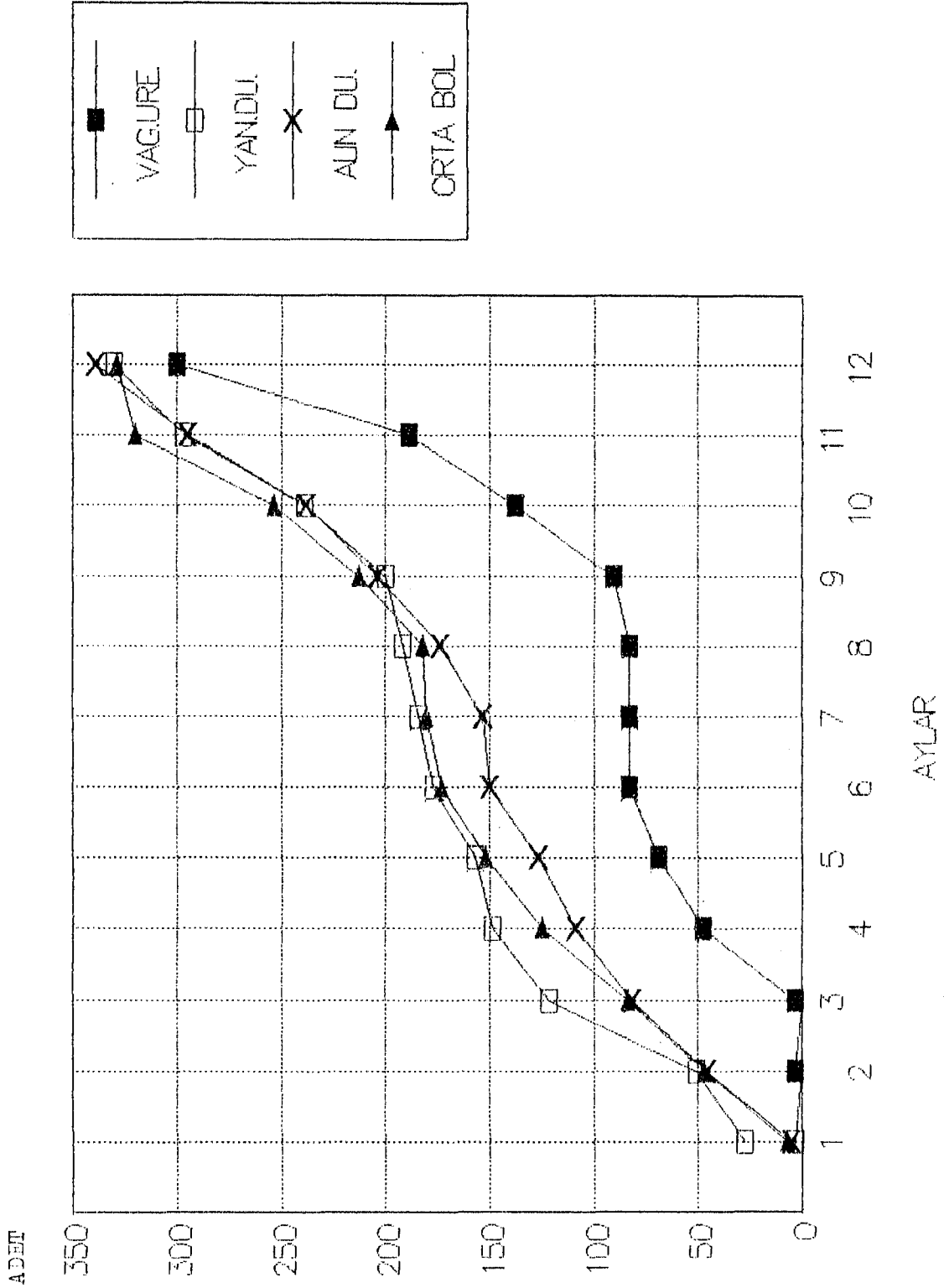
t : Faiz fiyatı

n : Devre sayısı

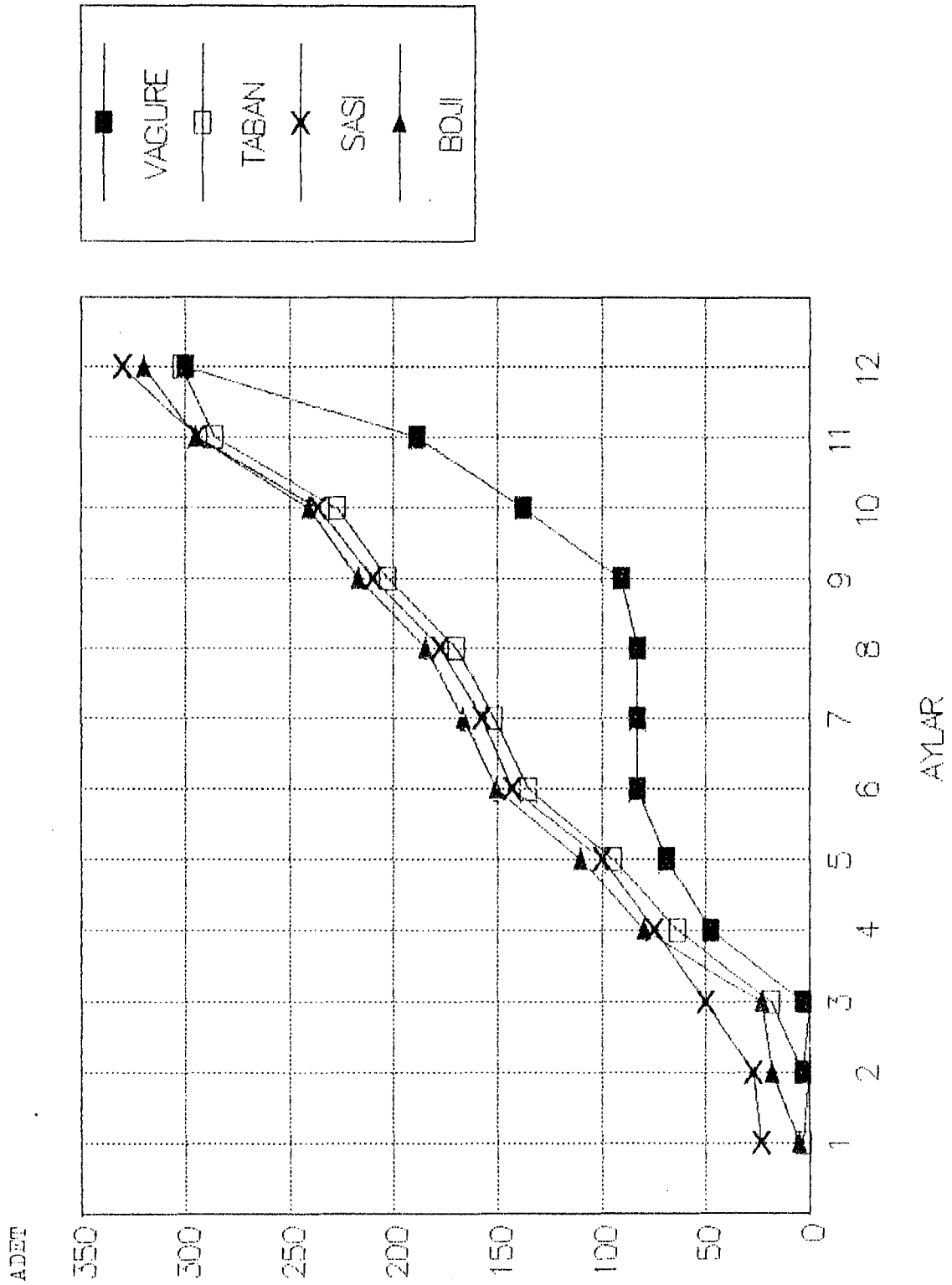
iken;

Bileşik Faiz Formülü : $C = c (1+t)^n$

şeklinde gösterilir.



Şekil 5.1 : Vagon ve Vagon Alt Kompleleri Üretim Grafiği



Şekil 5.2 : Vagon ve Vagon Alt Kompleleri Üretim Grafiği

- Yan Duvar : $1,700,000 * (1.05)^{1.5} = 1,829,080$ TL
Ortalama yan duvarların % 75'nin 1.5 ay beklediği kabul edilip $300 * \% 75 = 225$ adet üzerinden,
Stokta bulunan para:
 $1,829,000 * 225 = 411,543,000$ TL
Para değer kaybı :
 $411,543,000 - (1,700,000 * 225) = 29,043,000$ TL
- Alın Duvar : $1,300,000 * (1.05)^{1.5} = 1,398,700$ TL
Ortalama alın duvarlarının % 75'nin 1.5 ay beklediği kabul edilip $300 * \% 75 = 225$ adet üzerinden,
Stokta bulunan para:
 $1,398,700 * 225 = 314,707,500$ TL
Para değer kaybı :
 $314,707,500 - (1,300,000 * 225) = 22,207,500$ TL
- Taban : $2,400,000 * (1.05)^{1.5} = 2,582,230$ TL
Ortalama tabanların % 75'nin 1.5 ay beklediği kabul edilip $300 * \% 75 = 225$ adet üzerinden,
Stokta bulunan para:
 $2,582,230 * 225 = 581,001,750$ TL
Para değer kaybı :
 $581,001,750 - (2,400,000 * 225) = 41,001,750$ TL
- Orta Bölme : $980,000 * (1.05)^{1.5} = 1,054,410$ TL
Ortalama orta bölmelerin % 75'nin 1.5 ay beklediği kabul edilip $300 * \% 75 = 225$ adet üzerinden,
Stokta bulunan para:
 $1,054,410 * 225 = 237,242,250$ TL
Para değer kaybı :
 $237,242,250 - (980,000 * 225) = 16,742,250$ TL
- Şasi : $3,150,000 * (1.05)^{1.5} = 3,389,170$ TL

Ortalama şasilerin % 75'nin 1.5 ay beklediği kabul edilip $300 * \% 75 = 225$ adet üzerinden,

Stokta bulunan para:

$$3,389,170 * 225 = 762,563,260 \text{ TL}$$

Para değer kaybı :

$$762,565,260 - (3,150,000 * 225) = 53,813,250 \text{ TL}$$

$$- \text{Boji : } 8,500,000 * (1.05)^{1.5} = 9,145,400 \text{ TL}$$

Ortalama bojinin % 75'nin 1.5 ay beklediği kabul edilip $300 * \% 75 = 225$ adet üzerinden,

Stokta bulunan para:

$$9,145,400 * 225 = 2,057,715,000 \text{ TL}$$

Para değer kaybı :

$$2,057,715,800 - (8,500,000 * 225) = 145,215,000 \text{ TL}$$

şeklinde olacaktır.

Toplam = 308,022,750 TL sadece alt ana komplelerin ara stokta beklemelerinden kaybetmiş oldukları değerdir. Bir vagon 64 milyon TL'ye satılırken bu değer yaklaşık 5 vagona karşılık gelmektedir.

4.3.4 no'lu bölümde, montaj aşamasında parti büyüklüğü için yapılan çalışmada ana kompleler için mevcut sistemde uygulanan 50 vagonluk parti büyüklüğü politikasına göre 5,785,000 TL'lik maliyet (Çizelde 4.8) oluşurken sadece parti büyüklüğünün düşürülmesiyle maliyet 4,307,000 TL'ye düşmektedir. (Bu değerler sadece ana kompleler içindir).

Yukarıdaki maliyetler ve çözümlenecek problemler gözönüne alındığında JIT sistemin gerekliliği ve avantajları görülmektedir. Ancak tekrar belirtmek gerekir ise JIT için önce ayrıntılı bir proje çalışmasının yapılması gereklidir. Reorganizasyon tamamlanmalı ve JIT'e öyle geçilmelidir. Aksi halde başarıya ulaşmak güç olacaktır. JIT sistemi geliştirildikçe verimlilik, performans ve kalite kontrolünde artışlar da beraberinde gelecektir.

5. SONUÇ :

II. Dünya savaşından sonra endüstrilerde, yapısal ve teknolojik değişimlerin meydana geldiği ve özellikle üretim yönetiminde büyük değişim ve gelişmeler olduğu çalışmanın başlangıcında vurgulanmıştır. Bu gelişmelerin getirilerinden biri olan JIT üretim sistemi de bu çalışmanın ana konusu olmuştur.

Çalışmanın ilk aşamasında JIT sistemi üzerine araştırma yaparak, JIT sistemi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Araştırmalardan elde edilen sonuçta ise JIT sisteminin malzeme-stok kontrolundan, üretim çizelgeleme ve kontroluna, atölye bilişim sisteminden işçi kontroluna, satınalmadan kalite kontroluna kadar üretim yönetiminin pekçok boyutunda kullanılabileceği görülmüştür.

Ülkemiz sanayi kuruluşları için oldukça yeni bir yaklaşım olan JIT'in hangi boyutta ve nasıl kullanılabileceğinin belirlenmesi ise çalışmanın hedefini oluşturmaktadır.

Herşeyden önce gerçek ve problemlili bir üretim sistemi alınmış, mümkün olduğunca gerçek verilerle ve olaylarla çalışma sürdürülmüştür. Ele alınan sistemde pekçok problem vardır ve bunların başlıcalarına 3.bölümde değinilmiştir. Ancak özellikle malzeme ve stok yönlü problemlerin gerek maliyet açısından önem arzemesi gerekse diğer problemlere taban hazırlamasından dolayı malzeme yönetimi açısından sistem ele alınmış ve malzeme yönetim sisteminin iyileştirilmesinde JIT sistemi yaklaşımının bir çare olabileceği öne sürülmüştür.

Mevcut sisteme JIT sisteminin uygulanması adım adım gerçekleştirilmiştir. Gerekli olan yerlerde, özellikle kapasite problemlerinin ortaya çıkıp çıkmadığını görmek üzere kapasite analizleri yapılmıştır. Bu analizler JIT sisteminin mevcut sistemde kapasite yönlü darboğazlar meydana getirmediğini göstermiştir. Öne sürülen JIT siste-

minin uygulanması ile beklenen değeri ölçülebilir veya ölçülemez faydaları 'Sistemin Getirileri' başlıklı kısımda sunulmuştur.

Öncelikle, Japonya'da olmak üzere dünyada özellikle büyük sanayi kuruluşlarında uygulanmakta olan JIT sisteminin malzeme yönetim sistemi olarak kullanılabileceği yapılan çalışma ve çalışmanın değerlendirilmesi ile ortaya konulmuş bulunmaktadır. JIT sisteminin yerleştirilmesinin basit ve kısa süreli olmadığı açıktır, ancak yoğun ve kararlı bir çalışmadan sonra kurulabilecek sistemin işleyişi ise oldukça basit ve pratik olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- ACAR, N., (1989); Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, MPM Yayınları, Yayın No:280, Ankara.
- ANSARI, A. & MODARRESS, B., (1987); "JIT purchasing a quality and productivity center", INT.J.PROD.RES., Vol:26, No:1, page 19-26.
- BARRETT, J., (1988); "IEs at CalComp are integrating JIT, TQC and employee involvement for World class Manufacturing", Ind.Eng., September, Vol:18, No:9.
- BARUTÇUGİL, İ., (1983); Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, .Uludağ Üniv., Bursa.
- BITTRAN, G. & CHANG, L., (1987); "A mathematical programming approach to a deterministic Kanban system", Management Science, Vol:33, No:4, page 427-442.
- BOCKERSTETTE, J., (1988); "Mincopceptions abound concerning JIT operating philosophy", Ind.Eng., September, page 54-58.
- CONAN, R., (1988); "JIT in a mail order operation reduces processing time from four days to four hours", Ind.Eng. September, page 34-37.
- CONWAY, R. MAXWELL, W., McCLAIN J. & THOMAS, J., (1988); "The role of work-in-process inventory in serial production lines", J. of Operations Research Society of America., March-April.
- DAVIS, W. & STUBITZ, S., (1987); "Configuring a Kanban system using a discrete optimization a multiple stochastic responses", INT.J.PROD.RES., Vol:25, No:5, page 721-740.
- ERRHAHİMPOUR, M. & SCHONBERGER, R., (1983); "The Japanese jit/total quality control production system:potential for developing countries", INT.J.PROD.RES., Vol:22, No:3, page 421-430.

- FEATHER, J. & CROSS, K., (1988); "Workflow analysis, JIT techniques simplify administrative process in paperwork operations", Ind.Eng., January.
- FINCH, B. & COX, C., (1986); "An examination of just-in-time management for the small manufacturer:with an illustration", INT.J.PROD.RES., Vol:24, No:2, page 329-342.
- GODDARD, W., (1982); "Kanban versus MRP II- which is best for you?", Modern Materials Handling, November.
- GODDARD, W., (1984); "Just-in-time needs shop floor control" Modern Materials Handling, September.
- GODDARD, W., (1988); "JIT/MRP II report", Modern Materials Handling, June.
- HOHNER, G., (1988); "JIT/TQC:Integrating product design with shop floor effectiveness", Ind.Eng., September.
- JOHNSON, L.A. & MONTGOMERY, D.C., (1974); Operations research in production planning, scheduling and inventory control.
- KARA, İ., (1986); Yöneylem Araştırması:Doğrusal olmayan modeller, Eskişehir.
- KARA, İ. ve diğerleri, (1988); TÜLOMSAŞ Stok İzleme ve Analizi (Malzeme Yönetimi, Araştırma ve Eğitim Konuları Belirleme (Proje Raporu), Anadolu Üniv., End.Müh.Böl., Eskişehir.
- KARA, İ. ve diğerleri, (1989); TÜLOMSAŞ Üretim Kaynakları Planlaması (MRP II) Olurluluk Raporu, Eskişehir.
- KIM, T., (1985); "Just-in-time manufacturing system:a periodic pull system", INT.J.PROD.RES., Vol:23, No:3, page 533-562.
- KIMURA, O. & TERADA, H., (1981); "Design and analysis of pull systems a method of multi-stage production control", INT.J.PROD.RES., Vol:19, No:3, page 241-253.
- KREPCHIN, I., (1988); "Here, JIT and MRP II work in harmony", Modern Materials Handling, August, page 66-68.

- KREPCHIN, I., (1988); "Here's how companies practice JIT", Modern Materials Handling, August, page 69-70.
- KREPCHIN, I., (1988); "How MRP II and JIT work together at DuPont", Modern Materials Handling, December, page 73-76.
- KUEHN, D., (1988), "Achieving levels of excellence", MSA UPDATE, Third Quarter.
- LAW, A.V. & KELTON, (1986); "Simulation Modelling and Analysis, page 28-42.
- LING, R. & GODDARD, W., (1986); "The Mechanics of JIT", Orchestrating Success, Oliver Wight, page 153-162.
- MACBETH, D., BAXTER, L., FERGUSON, N. & NEIL, G., (1988); "Buyer-vendor relationship with JIT:Lessons from U.S. multinationals", Ind.Eng., September, page 38-41.
- MONDEN, Y., (1983); Toyota Production System, Ind.Eng. & Man. Press.
- OĞUZ, C., (1988); "Design and analysis of Just-In-Time Production Systems", Bilkent Üniv.,Yüksek Lisans Tezi.
- PEGELS, C., (1984), "The Toyota production system lesson for American management", Int.J.Op. & Prod.Man.,No:1.
- PHILIPOOM, P., REES, L., TAYLOR, B. & HUANG, P., (1987), "An investigation of the factors influencing the number of Kanbans required in the implementation of the JIT technique with Kanbans", Int.J.Prod.Res., Vol:25, No:3, page 457-472.
- SARKER, B. & HARRIS. R., (1988); "The effect of imbalance in a JIT production system:a simulation study", Int. J.Prod.Res., Vol:26, No:1, page 1-18.
- SAVAGE-MOORE, W., (1988); "The evaluation of a JIT environment at Northern Telecom Inc's customer service centre", Ind.Eng., September, page 60-63.
- SEPHERI, M., (1985); "How Kanban system is used in an American motor facility", Ind.Eng., February.
- SCOHNBERGER, R., (1982); "Some observations on the advantages and implementaion issues of JIT production system", Journal of Operations Management.

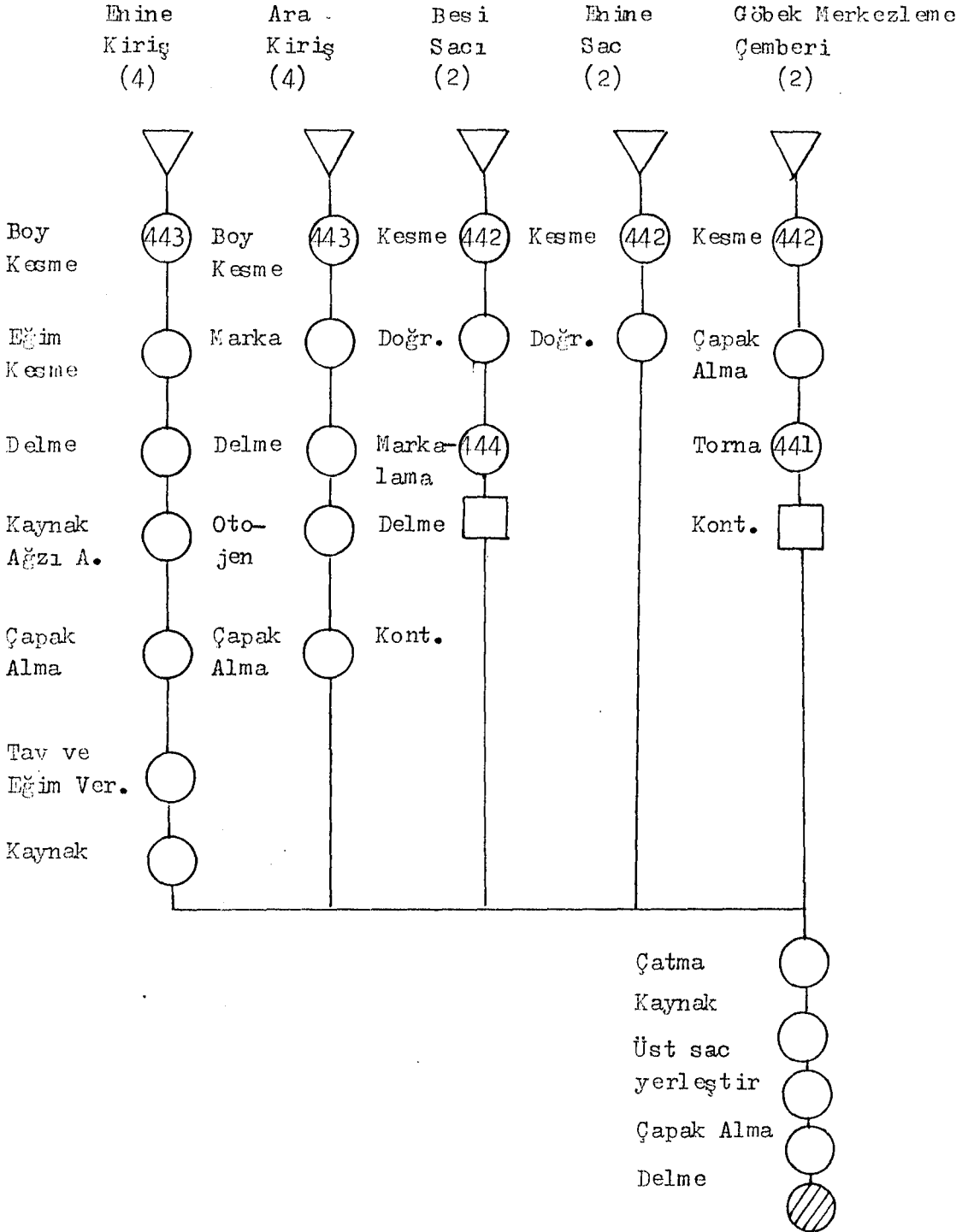
- SCOHONBERGER, R., (1984); "JIT production system:replacing complexity with simplicity in manufacturing management", Ind.Eng., October.
- SCHORR, J. & WALLACE, T., (1986); "JIT in production", High Performance Purchasing Manufacturing Resource Planning For The Purchasing Professional, Oliver Wight, page 114-123.
- SIPPER, D. & SHAPIRA , R., (1989); "JIT us WIP, a trade off analysis", Int.J.Prod., Vol:27, No:6, page 903-914.
- SOYSAL, A. ve diğ erleri, (1987); TÜLOMSAŞ Üretim Malzeme Takip Projesi, (Araştırma Projesi), İstanbul.
- TERSINE, R., (1985); Production/Operations Management: Concepts Structure & Analysis, Second Edition.
- WELKE, A. & OVERBEEKE, J., (1988); "Cellular manufacturing a good technique for implementing JIT & TQC",Ind.Eng. Vol:20, No:11, page 36-41.
- WILDEMANN, H., (1988); "Just-In-Time production in West Germany", Int.J.Prod.Res., Vol:26, No:3, page 521-538.
- VOLLMANN W.L. & Whybark, D.C., (1984); Manufacturing Planning and Control System, page 705.

SEVİYE 1	SEVİYE 2	SEVİYE 3	SEVİYE 4	SEVİYE 5	SEVİYE 6
FV03030000 ŞAŞI	FV03030100 GÖBEK TAKVİYE	FV03030101 ENİNE KİRİŞ			
		FV03030102 ARA KİRİŞ			
		FV03030103 BESİ SACI			
		FV03030100 4 ENİNE SAC			
		SV01030611 GÖBEK MER.ÇEM.			
	FV03030200 ŞAŞI ORTA	FV03030201 BOY KİRİŞİ			
		FV03030202 EN KİRİŞİ			
		FV03030203 BOY KİRİŞİ,K	FV03030203 1 BOY KİRİŞİ İÇ		
			FV03030204 BOY KİRİŞİ İÇ	FV03030204 1 BOY KİRİŞİ İÇ	
				FV03030204 2 BOY KİRİŞİ TAK.	
				FV03030205 EN KİRİŞİ	
				FV03030206 EN KİRİŞİ	
				FV03030207 EN KİRİŞİ	
				FV03030208 BOY KİRİŞİ DIŞ	
				FV03030209 BOY KİRİŞİ İÇ	
				FV03030210 EN KİRİŞİ	
				FV03030211 BOY KİRİŞİ İÇ	
				FV03030212 EN KİRİŞİ	
	FV03030300 TAMPON TRAVERS	FV03030301 TAMPON TRAVERS			
		FV03030302 BOYUNA KİRİŞ			
		FV03030303 TAMPON TRAVERS			
		FV03030304 TAMPON TAKVİYE			
		FV03030305 TAKVİYE ÜST			
		FV03030306 TAKVİYE ALT			
		FV03030307 TAMPON TRAVERS			
		FV03030308 BOYUNA KİRİŞ			
		FV03030309 BOYUNA KİRİŞ			
		FV03030310 TAMPON TRAVERS			
		FV03030311 BOYUNA KİRİŞ			
		FV03030312 TAMPON TAKVİYE			
		FV03030313 TAMPON TAKVİYE			
	FV03030400	FV03030401			

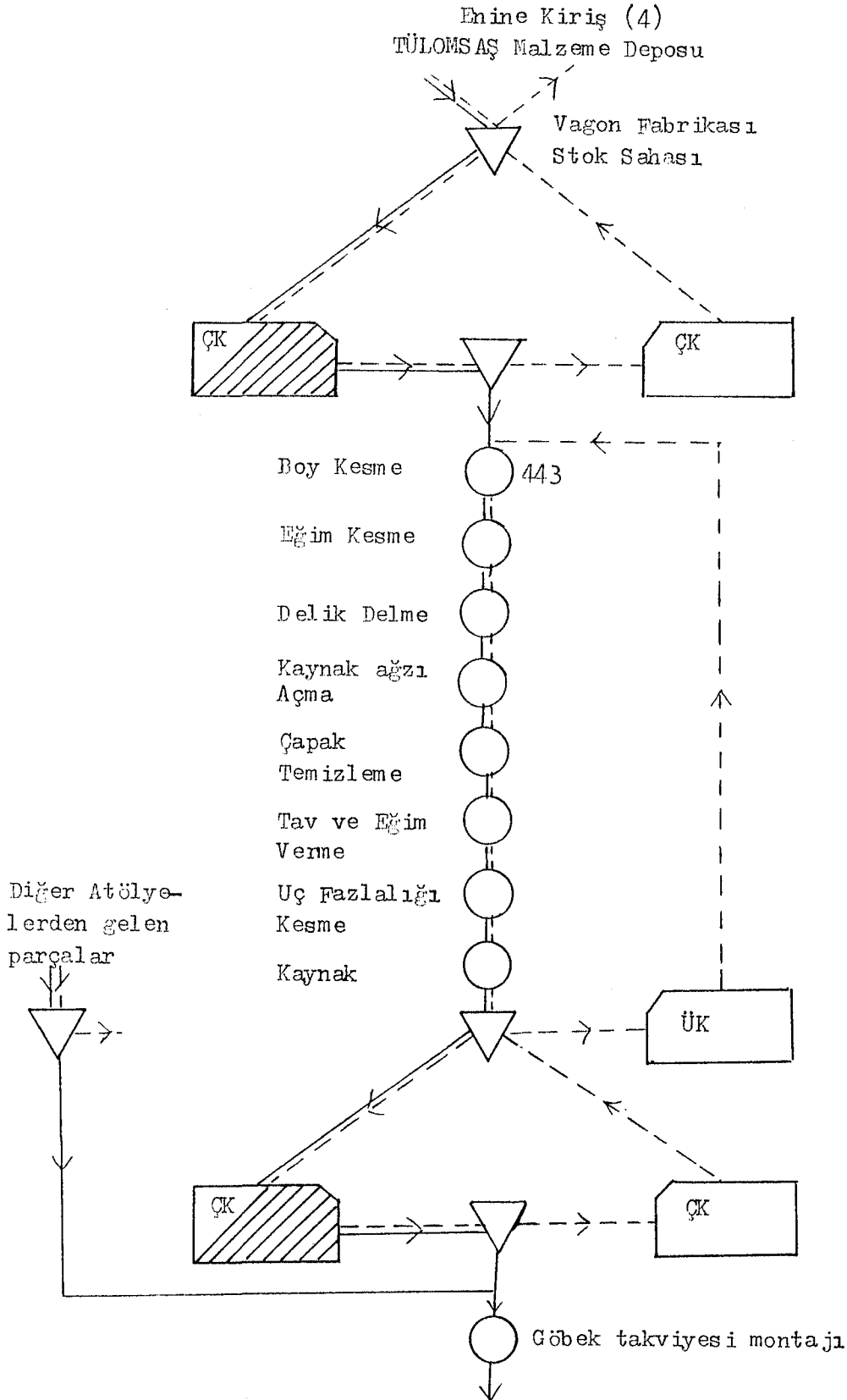
	TAMPON TRAVERS	TAMPON TRAV.				
		FV03030402				
		TAMPON TRAV.				
	FV03030500	FV03030501				
	TAMPON TRAVERS	TRAVERS TAK.				
		FV03030502				
		TAKVİYE				
		FV03030503				
		TAKVİYE				
		FV03030504				
		TAKVİYE				
		FV03030505				
		TRAVERS TAK.				
		FV03030506				
		TAKVİYE ÜST				
		FV03030500 7				
		DOLGU SACI ÜST				
		FV03030500 8				
		DOLGU PARÇASI				
	FV03030600	FV03030601				
	TAK. ÜST DOL.S.	TRAVERS TAK.				
		FV03030602				
		TAKVİYE				
		FV03030604				
		TRAVERS TAK.				
		FV03030605				
		TRAVERS TAK.				
		FV03030606				
		TAKVİYE ÜST				
	FV03030700	KTO1010000	KTO1010100	KTO1010101		
	OTO.KAVRAMA	KAVRAMA TAŞ.	TAŞIYICI KOMP	BOYUNA KİRİŞ		
				KTO1010102		
				BOYUNA KİRİŞ		
				KTO1010103	KTO1010103 1	
				DAYAMA PARÇ.	DAYAMA PARÇ.	
					KTO1010103 2	
					TAKVİYE	
				KTO1010104		
				ÖRTÜ SACI ÜST		
				KTO1010105		
				TAŞIYICI ÖN S.		
				KTO1010106		
				TAŞIYICI ÖN S.		
				KTO1010100 7		
				KÖŞE SACI		
				KTO1010108		
				BAĞLANTI SACI		
				KTO1010109		
				BAĞLAMA SACI		
				KTO1010100 10		
				ÖRTÜ SACI		
				KTO1010111		
				BAĞLAMA PARÇ.		
				KTO1010112		
				ARA PARÇASI		
				KTO1010113		
				DAYANMA PARÇASI		
		FV03030702				
		ENİNE KİRİŞ				
		FV03030700 3				
		ENİNE SAC				
		FV03030803				
		DOLGU SACI				
	FV03030900	FV03030901	FV03030901 1			

	FV03030902				
	KAYMA PLAKASI				
FV03031000	FV03031001				
MAK.SUPORTU K.	MAK.SUPORTU				
	FV03031002				
	TAKOZ				
	FV03031000 3				
	TAKOZ				
	FV03031000 4				
	TAKOZ				
	FV03031000 5				
	TAKOZ				
FV03031100	V375041800	V375041605			
BOJİ GÖBEĞİ K.	BOJİ GÖBEĞİ	GÖBEK YATAĞI			
		V375041606			
		KEÇE			
		V375041607			
		AMORTİSÖR PLK.			
		V375041801			
		PERNO			
		V375041802			
		TAHDİT ÇEMBERİ			
		V000415			
		ÇATAL RONDELA			
		V375041803			
		ÇATAL RONDELA			
		V375041804			
		KİLİTLEME MİLİ			
		V375041806			
		KİLİT.MİLİ UÇ			
		V375041800 11			
		PERÇİN			
FV03030000 12					
REG.KORUMA S.					
FV03031300					
ARA TAKVİYE					

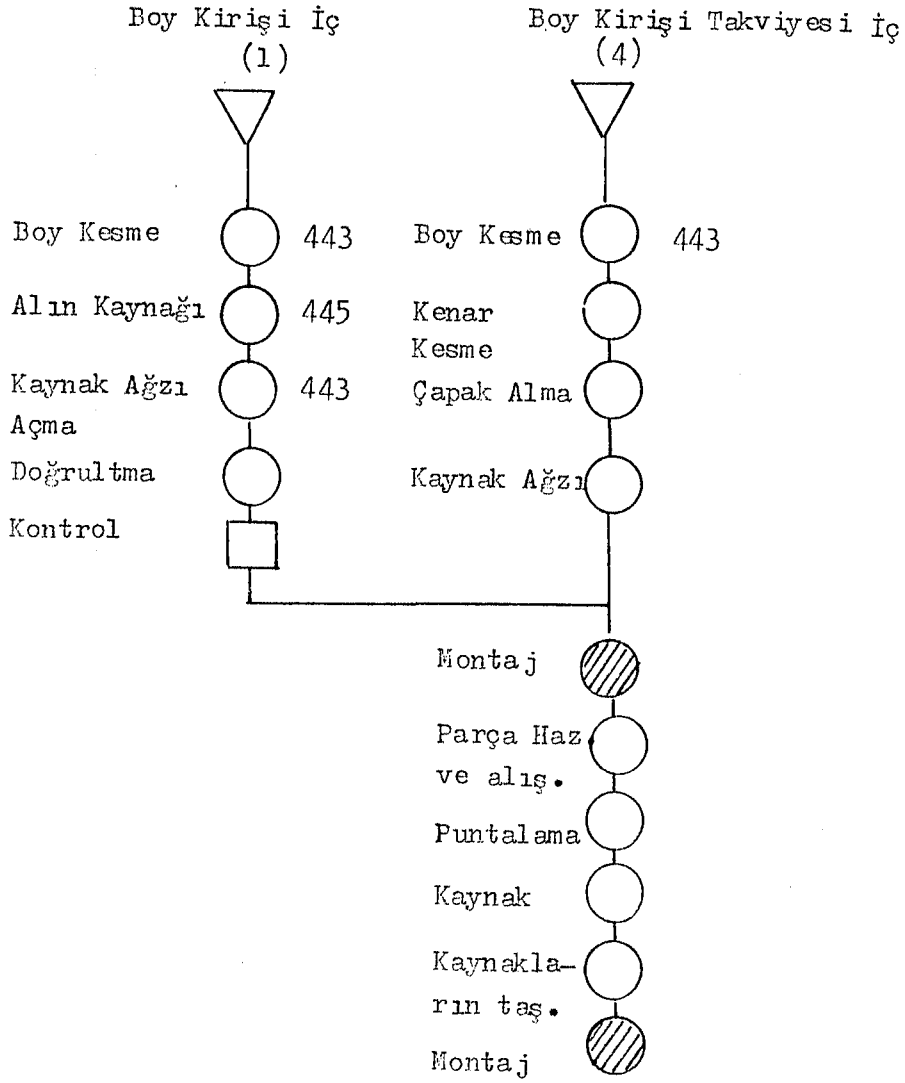
Record#	MALZEME_AD	MALZ_MAL	ISCI_MAL	TOPLAM_MAL
45	TAKVİYE	1560	700	2260
67	MAKARA YATAĞI	1900	1400	3300
11	EN KİRİŞİ	1275	2100	3375
24	TAMPON TRAVERS	1625	1750	3375
77	KİLİT.MİLİ UÇ PARÇ.	140	3500	3640
34	TAKVİYE	2600	1400	4000
35	TAKVİYE	2600	1400	4000
61	DOLGU SACI	3250	770	4020
23	TAKVİYE	2275	1750	4025
74	TAHDİT ÇEMBERİ	325	4200	4525
38	TAKVİYE ÜST	1625	3500	5125
72	AMORTİSÖR PARÇASI	1950	4200	6150
42	TAKVİYE	4810	1400	6210
58	ARA PARÇA	4550	2100	6650
36	TRV. TAKVİYE ALT	5850	1400	7250
37	TRV. TAKVİYE ALT	5850	1400	7250
57	BAĞLAMA PARÇASI	5360	3750	9110
76	KİLİTLEME PARÇASI	2800	7000	9800
43	TRAV.TAKVİYE	5850	4200	10050
44	TRAV.TAKVİYE	5850	4200	10050
22	TAMPON TRAVERS	9750	375	10125
56	ÖRTÜ SACI	9100	1400	10500
40	DOLGU PARÇASI	7150	3500	10650
68	TAKOZ	6500	4200	10700
29	TAMPON TRAVERS	7800	4200	12000
70	TAKOZ	6500	5600	12100
75	ÇATAL RONDELA	3900	8400	12300
30	TAMPON TRAVERS	7800	4900	12700
54	BAĞLANTI SACI	9100	4200	13300
55	BAĞLANTI SACI	9750	4200	13950
78	REG.KORUMA SACI	13000	1400	14400
60	ENİNE SAC	13000	2100	15100
12	EN KİRİŞİ	10500	5600	16100
53	KÖŞE SACI	11700	4900	16600
13	EN KİRİŞİ	11250	5600	16850
5	GÖBEK MER. ÇEMBERİ	3575	13300	16875
71	TAKOZ	14950	4200	19150
26	BOYUNA KİRİŞ	15000	4200	19200
79	ARA TAKVİYE	14300	5600	19900
20	BOYUNA KİRİŞ	15000	5600	20600
28	BOYUNA KİRİŞ	15000	5600	20600
51	TAŞIYICI ÖN	10400	11900	22300
52	TAŞIYICI ÖN	10400	11900	22300
73	PERNO	11900	10500	22400
3	BESİ SACI	16900	6300	23200
25	BOYUNA KİRİŞ	19125	5600	24725
41	TRAVERS T.	20800	4200	25000
19	TAMPON TRAVERS	19500	6300	25800
33	TRAVERS TAKVİYE	20800	5600	26400
59	ENİNE KİRİŞ	22100	4900	27000
10	BOY KİRİŞİ	18000	11200	29200
31	TAMPON TRAVERS	20150	9100	29250
32	TAMPON TRAVERS	20150	9100	29250
48	DAYANMA PARÇASI	24000	5600	29600
65	KAYMA PLAKASI	15600	14000	29600
21	TAMPON TRAVERS	19500	10500	30000
27	TAMPON TRAVERS	19500	10500	30000
39	DOLGU SACI ÜST	28380	1750	30130
50	ÖRTÜ SACI	24700	5600	30300
17	BOY KİRİŞİ	24750	5600	30350
49	TAKVİYE	19500	12600	32100
69	TAKOZ	31200	10500	41700
18	EN KİRİŞİ	33000	10500	43500
4	ENİNE SAC	44200	4200	48400
63	ALIN SACI	50050	4900	54950
15	BOY KİRİŞİ	59250	5600	64850
7	EN KİRİŞİ	54000	11200	65200
62	SAC ALT	65000	4900	69900
2	ARA KİRİŞ	50250	23100	73350
16	EN KİRİŞİ	65250	10500	75750
64	TAKVİYE	93600	14000	107600
46	BOYUNA KİRİŞ	97500	14000	111500
47	BOYUNA KİRİŞ	97500	14000	111500
9	BOY KİRİŞİ	163500	5600	169100
1	ENİNE KİRİŞ	130500	39200	169700
8	BOY KİRİŞİ İÇ R.	166500	5600	172100
66	MAKARA SUPORTLARI	188700	12600	201300
6	BOY KİRİŞİ	367500	9100	376600
14	BOY KİRİŞİ	367500	9100	376600



EK-4 : Göbek Takviyesi Süreç Şeması



EK-5 : Enine Kiriş Kanban Akışı

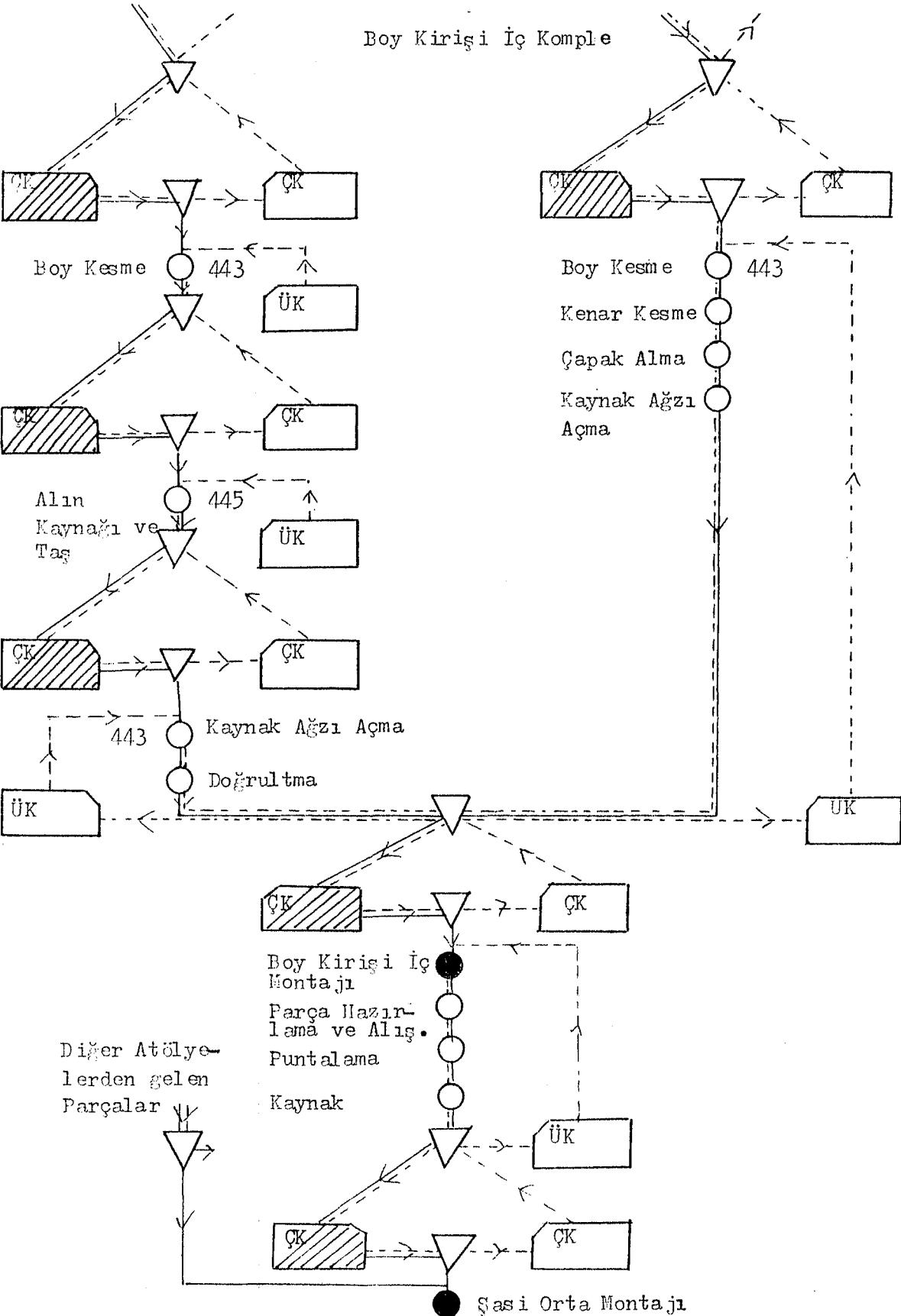


EK-6 : Boy Kiriş i İç Komple Süreç Şeması

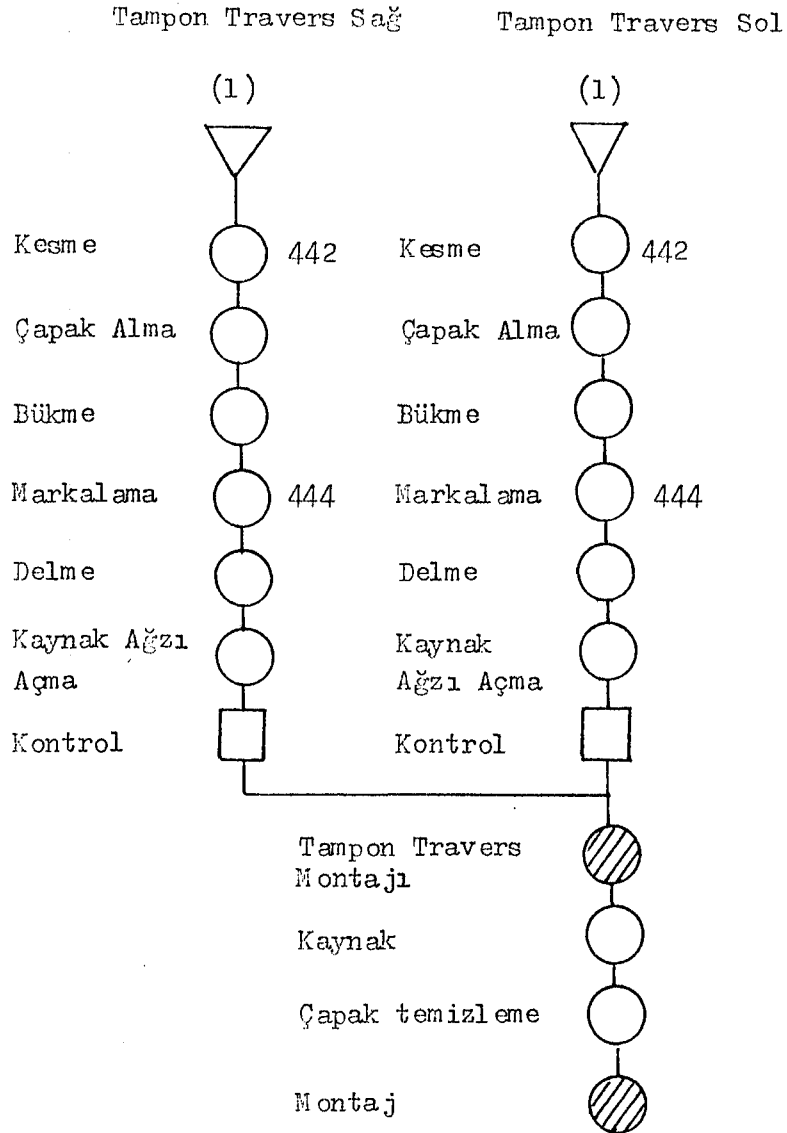
Boy Kiriş i (1)
Malzeme Deposu

Boy Kiriş i Takviyesi İç (4)140
Malzeme Deposu

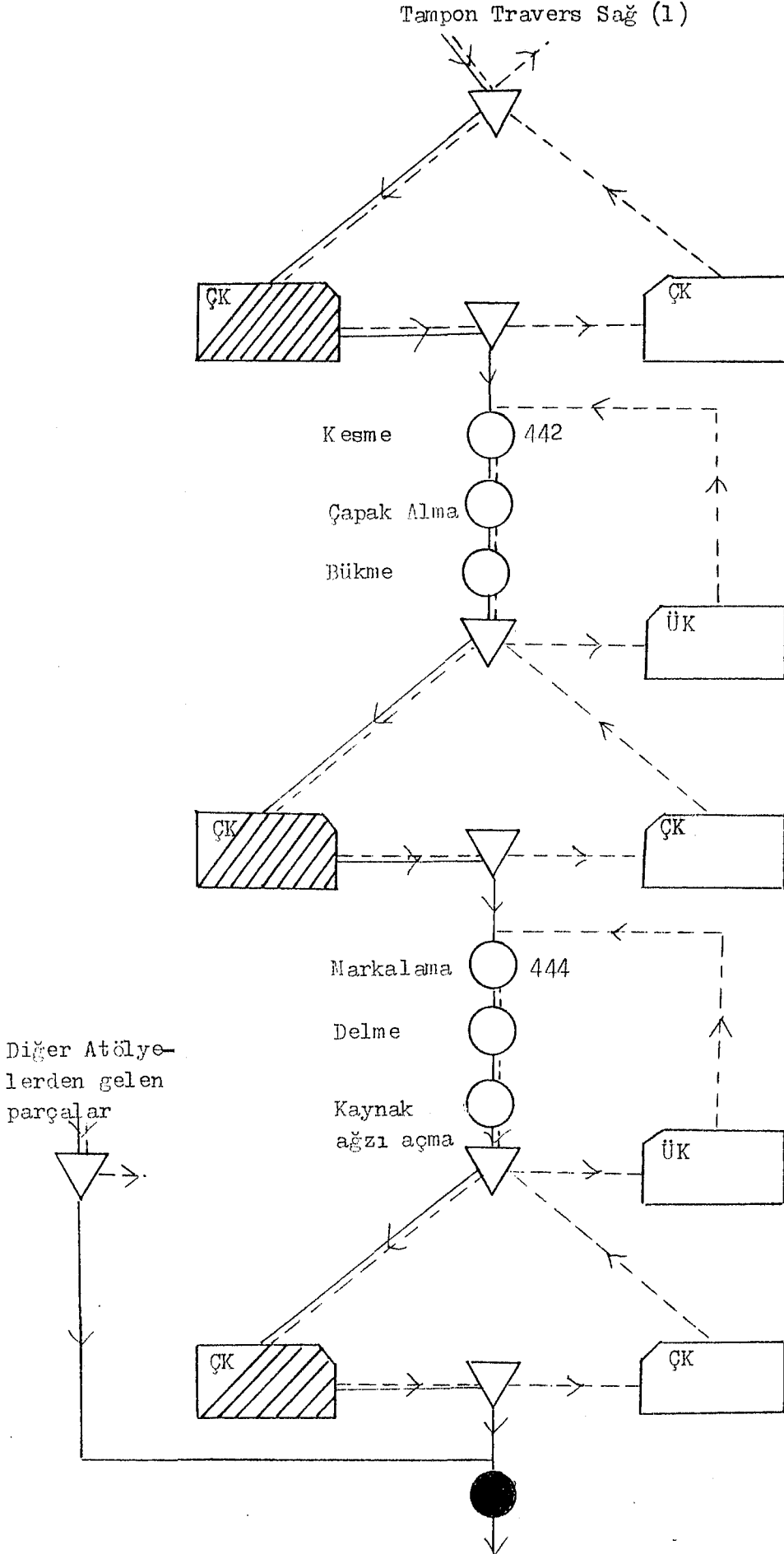
Boy Kiriş i İç Komple



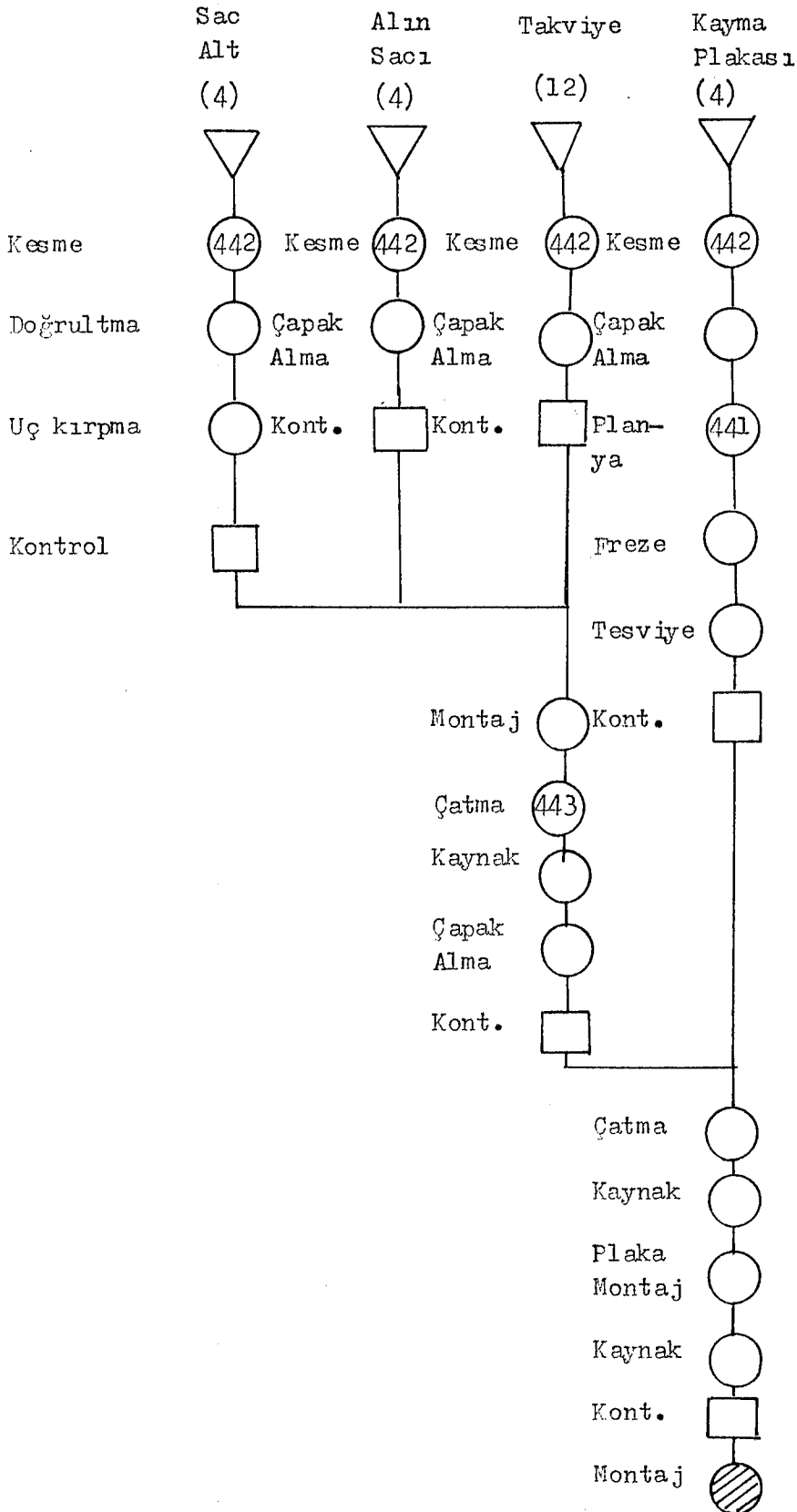
EK-7 : Boy Kiriş i İç Komple Kanban Akışı



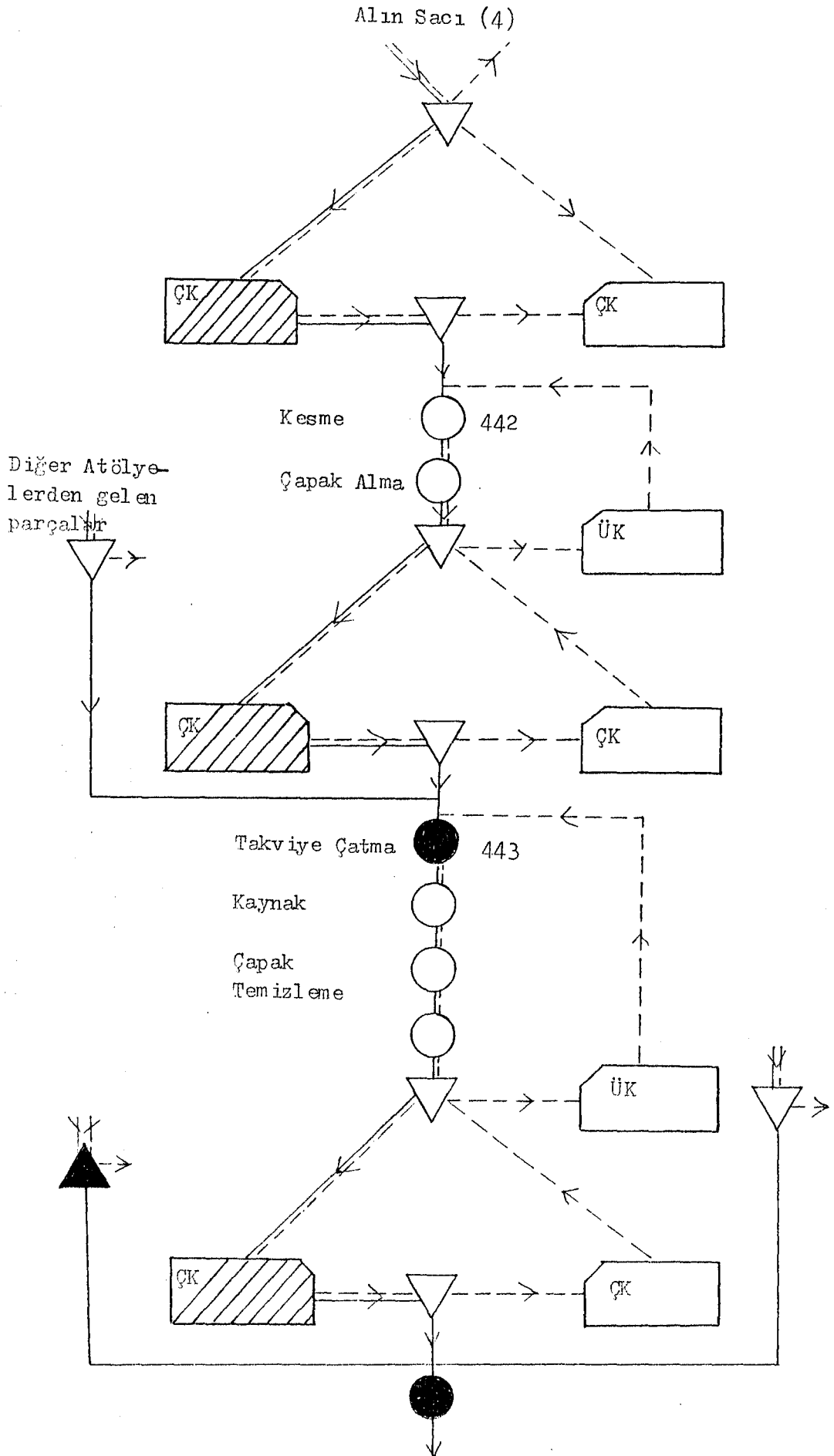
EK-8 : Tampon Travers Süreç Şeması



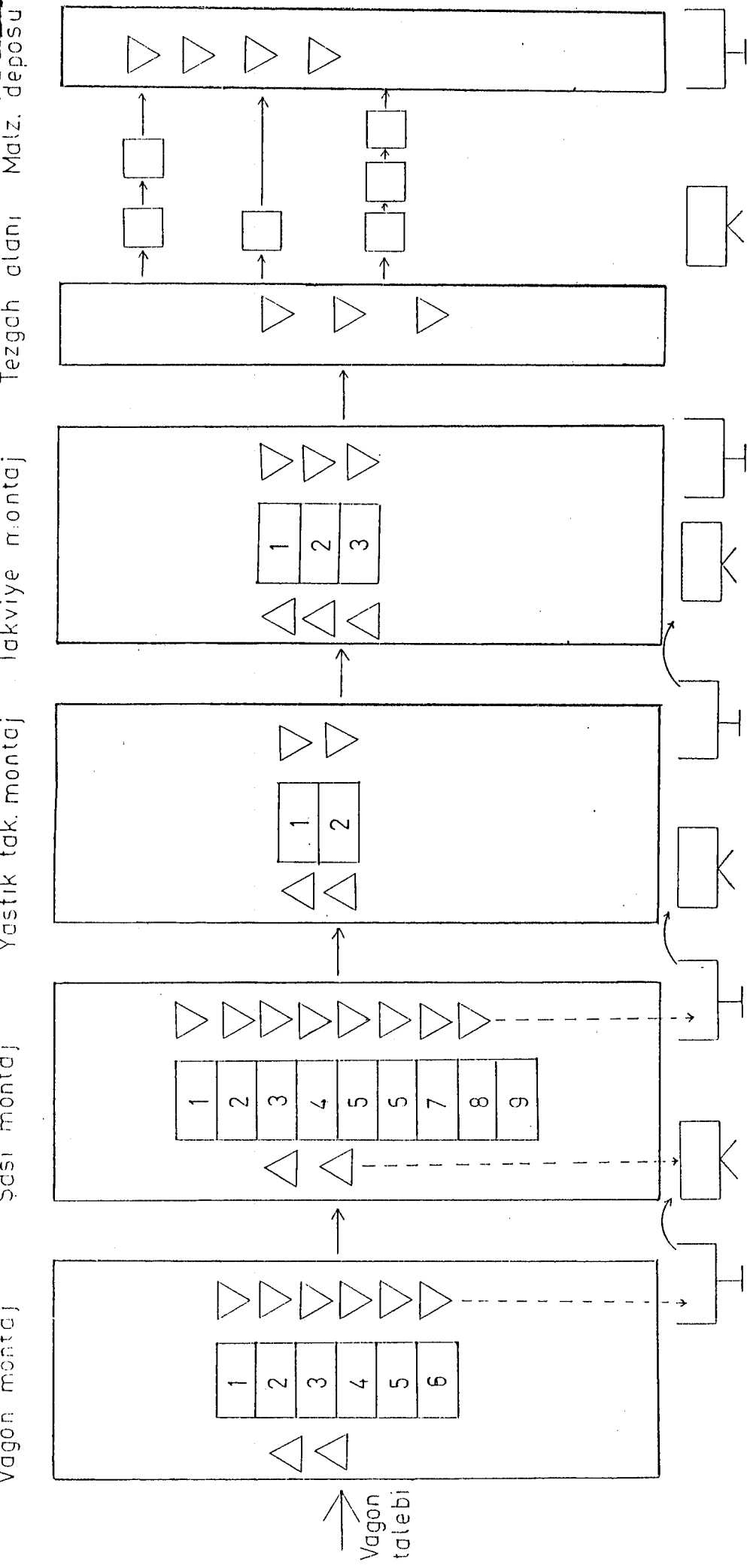
EK-9 : Tampon Travers Kanban Akışı



EK-10 : Yastık Takviyesi Süreç Şeması



EK-11 : Alın Sacı Kanban Akışı



- Çekim kanbanı toplama kutusu
- Ön stok alanı (Üretim kanbanlı)
- Üretim kanbanı çizelgeleme panosu
- Arka stok alanı (Çekim kanbanlı)

PIYASA 45

EK-12 Sistem İşleyiş Şeması