

79135

**ÜRETİM HÜCRELERİNDE İTME VE ÇEKME TİPİ
ÜRETİM KONTROL SİSTEMLERİNİN ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ VE BİR UYGULAMA**

End.Yük.Müh. Bahadır GÜLSÜN

**F.B.E. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 22 Aralık 1998

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

: Doç. Dr. Mesut ÖZGÜRLER (YTÜ) 28.12.1998

: Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU (İTÜ) 28.12.1998

: Doç. Dr. Mehmet TANYAŞ (İTÜ) 28.12.1998

[Handwritten signatures and dates]

79135

İSTANBUL, 1998

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. GÜNÜMÜZ ÜRETİM YÖNETİMİ YAKLAŞIMLARI	4
2.1 Çekme ve İtme Sistemleri	5
2.2 Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP)	8
2.2.1 Kapasite ihtiyaç planlaması (KİP)	10
2.2.2 Üretim kaynakları planlaması (ÜKP)	12
2.3 Optimum Üretim Tekniği (OÜT)	16
2.4 Tam Zamanında Üretim Sistemi (TZÜ)	18
2.5. MİP, TZÜ ve OÜT Sistemlerinin Genel karşılaştırılması	21
2.5.1 MİP ve TZÜ sisteminin bir birine tercih edilme sebebi	32
2.5.2 Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) ve Tam Zamanında Üretim Sistemi (TZÜ) arasında bir köprü olarak Optimum Üretim Tekniği (OÜT)	37
2.5.3 OÜT' ne göre atölye sınıflandırma	42
2.5.4 OÜT' de genel kavramlar	43
3. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ	46
3.1 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Gelişimi ve Felsefesi	46
3.2 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Temel Kavramları	49
3.3 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Temel Elemanları	51
3.3.1 Odaklanmış fabrika	52
3.3.2 Temin süreleri ve hazırlık zamanlarının azaltılması	52
3.3.2.1 Tek birimlilik üretim ve iletim	56
3.3.2.2 Çok fonksiyonlu işgücü	57
3.3.2.3 Kafale üretiminde, üretim zamanının kısaltılması	59
3.3.2.4 Bekleme zamanlarının kısaltılması	60
3.3.2.5 Tezgah hazırlık zamanlarının azaltılması	62
3.3.2.6 Tezgah hazırlama kavramı	63
3.3.2.7 Kavramların uygulanması	64
3.3.3 Grup teknolojisi (Hücreli Üretim)	66
3.3.4 Talep dalgalanmalarına uyum sağlamak ve envanterleri azaltmak için üretim dengeleme yöntemleri	69
3.3.4.1 Aylık üretim planlama	72
3.3.4.2 Günlük üretim yük planlarının hazırlanması	75
3.3.4.3 Siparişler ve dizi çizelgesi arasındaki ilişkinin kurulması	81
3.3.5 Periyodik bakım	83
3.3.6 Çok yönlü işçiler	85
3.3.7 Tam zamanında satın alma	85

3.3.7.1	TZÜ satın alma sisteminin faydaları	87
3.3.8	Kanban sistemi	87
3.3.9	Tam zamanında üretim sisteminde kalite	89
3.4	Tam Zamanında Üretim Sistemi Ne Değildir?	90
3.5	Tam Zamanında Üretim Sisteminin Endüstride Uygulanma Düzeyi	94
3.6	Tam Zamanında Üretim Sisteminin Amaçları	97
3.7	Tam Zamanında Üretim Sistemi Uygulanmasının Sağlayacağı Faydalar	97
3.7.1	TZÜ sistemi uygulamasından elde edilen sonuçlara örnekler	100
3.8	Tam Zamanında Üretim Sisteminin Uygulanmasına Engeller	103
4.	KANBAN SİSTEMİ	105
4.1	Kanban Sisteminin İşleyişi	105
4.2	Tekrarlı Üretim ve Kanban	107
4.3	Kanbanlı Üretim Kontrolü	107
4.4	Kanban Kart Sistemi	108
4.4.1	Çift kart sistemi	108
4.4.2	Tek kart sistemi	109
4.5	Diğer Kanban Çeşitleri	111
4.6	Modern Kanban Tipleri	113
4.6.1	Otomatik kanban	113
4.6.2	Elektronik ve telsiz kanban	114
4.7	Kanban Kullanımındaki Kurallar	118
4.8	Çekme Sistemlerinde Toplam Kanban Sayısının (TKS) Belirlenmesi	123
4.9	Üretkenlik Artışı Sağlayan Bir Teknik Olarak Kanban	127
4.10	Kanban Sisteminin İşlemesi İçin Gerekli Varsayımlar	128
4.11	Kanban sisteminin Avantaj ve Dezavantajları	129
5.	TZÜ, MİP, ÜKP VE OÜT SİSTEMLERİNİN TÜRK SANAYİNDE UYGULANMASI	131
5.1	TZÜ Sistemine Geçişte Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Yolları	132
5.2	Tam Zamanında Üretim Sistemine Geçişte Yaklaşım	134
5.3	Malzeme İhtiyaç Planlama ve Üretim Kaynakları Planlama Sisteminin Türk Sanayinde Uygulanması	136
5.4	Bir İşletmede MİP Sisteminin Kurulması Çalışmaları	137
5.5	Türk Sanayinde MİP Sisteminin Uygulanmasında Karşılaşılan Zorluklar	149
5.6	Optimum Üretim Tekniği Sisteminin Türk Sanayinde Uygulanması	153
6.	TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİNDE BENZETİM ÇALIŞMALARI	154
6.1	Tam Zamanında Üretim Sisteminde Benzetimin Amacı ve Benzetim Modelleri	154
6.2	Benzetim Modellerinde Kullanılan Dağılım ve Rastsal Değişkenler	155
6.3	Benzetim Programının Tasarlanması	155
6.4	Performans Ölçüleri, Koşum Sayısı, Koşum Uzunluğu ve Sabit Durum Şartı	157
6.5	Tam Zamanında Üretim Sisteminde Benzetim Konusunda Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi	158

7.	ENDÜSTRİYEL UYGULAMA.....	160
7.1.	Giriş.....	161
7.2.	Sistemin Tanımı	165
7.2.1	Elemanlar	165
7.2.2	Değişkenler.....	165
7.2.3	İlişkiler	165
7.3.4	Varsayımlar	165
7.3.5	İşlem Süreleri Dağılımlarının Belirlenmesi	167
7.4	Benzetim Uygulamasının Tasarımı	167
7.4.1	Sistemde kullanılan değişkenler.....	167
7.4.2	Algoritma I (İtme sistemi).....	168
7.4.3	Algoritma II (Çekme sistemi)	172
7.5	Satış Tahminlerinin Hesaplanmasında Zaman Serileri Analizi	177
7.6	Deneylerin Dizaynı	181
8.	UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	184
9.	SONUÇ VE ÖNERİLER	197
	KAYNAKLAR.....	201
	EKLER.....	210
	EK-1 <i>STATGRAPHICS (Statistical Graphics Corp. Version: 2.1)</i> Paket Programı Kullanılarak Verilen Uygunluk Test Sonuçları (10 ve 20. Operasyonlar İçin)	210
	EK-2 Çekme Sistemi Benzetim Sonuçları (Mevcut Durum)	212
	ÖZGEÇMİŞ	218

SİMGE LİSTESİ

$A(I)$	Benzetim sisteminin hareketli gezen biriminin I. özelliği,
EM	Ürününün elde bulunan miktarı,
KSM	Elde olmayan stok maliyeti,
NI	Ürününün net ihtiyacı,
N_j	Tüm A_i ($i = 1, \dots, \alpha$; $j = 1, \dots, \beta$) ürünlerinin üretimi için tüketilecek a_j alt parçalarının toplam gerekli miktarı,
N_j/Q	Bir ürünün üretimi başına a_j alt parçasının gerekli miktarı,
Q	Tüm A_i ($i = 1, \dots, \alpha$) ürünlerinin toplam üretim miktarı,
s	Montaj istasyonlarının sayısı,
$S(I)$	Benzetim sisteminin I. durum değişkenleri,
SBM	Elde bulunan stok maliyeti,
SSM	Süreç içi stok maliyeti,
T	Tüm istasyonlarda tüm parçaların montajı için gerekli zaman,
TI	Ürününün tahmini bürüt ihtiyacı,
t_{il}	I istasyonunun i modeli tarafından gerek duyulan montaj zamanı,
T_1	I istasyonunda tüm parçaların montajı için gerekli toplam zaman,
$X(I)$	Benzetim sisteminin I. genel değişkenleri,
X_{jk}	1 den k' ya belirli sıradaki ürünlerin üretimi için kullanılacak a_j alt parçasının toplam gerekli miktarı,
$XT_{l(k-1)}$	Sıradaki ilk k-1 biriminin montajı için I istasyonunda gerek duyulan gerçek zaman,
$(k.N_j)/Q$	Ürünlerin k birimini üretmek için a_j alt parçasının ortalama gerekli miktarı,
μ	Ortalama işlem süresi,
σ	İşlem süresinin standart sapması,

KISALTMA LİSTESİ

BBÜ	Bilgisayar Bütünleşik Üretim
BDD	Bilgisayar Destekli Dizayn
BDM	Bilgisayar Destekli Mühendislik
CNC	Bilgisayar Kontrollü Takım Tezgahı (Computer Numerical Control)
EÜS	Esnek Üretim Sistemi
EVA	Elektronik Veri Aktarımı
GC1	Goal - Chasing I (Amaç takip I)
GC2	Goal - Chasing II (Amaç takipII)
GKK	Giriş Kalite Kontrolü
GT	Grup Teknolojisi
KGGA	Küçük Grup Geliştirme Aktiviteleri
KİP	Kapasite İhtiyaç Planlaması
KK	Kalite Kontrol
KKÇ	Kalite Kontrol Çemberleri
MİP	Malzeme İhtiyaç Planlaması
OÜT	Optimum Üretim Teknolojisi
TKK	Toplam Kalite Kontrol
TKS	Toplam :Kanban Sayısı
TS	Time Spread (Zaman Dağılımı)
TSM	Toplam Stok Maliyeti
TZÜ	Tam Zamanında Üretim
ÜKP	Üretim Kaynak Planlaması
ÜPK	Üretim Planlama ve Kontrol
YED	Yardımcı Ekipman Değişim Zamanı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Malzeme ihtiyaç planlaması sistemi	11
Şekil 2.2 Üretim kaynakları planlaması faaliyet şeması	14
Şekil 2.3 MİP (itme) ve TZÜ (çekme) sistemleri ile üretim sürecinin kontrolü	31
Şekil 2.4 OÜT sisteminin genel yapısı	38
Şekil 3.1 Üretim ön sürelerinin kısaltılması	57
Şekil 3.2 Toyoya üretim süreçleri; Kafile üretimi ve tek birimlik üretim akışlarının ayırımı	59
Şekil 3.3 U şekilli üretim hücresi	66
Şekil 3.4 Toyota üretim dengeleme sisteminin temel çerçevesi	70
Şekil 3.5 X_{jk} ve $k.N_j/Q$ arasındaki ilişki	77
Şekil 3.6 Geleneksel üretim ile TZÜ sisteminin karşılaştırılması	101
Şekil 4.1 Çekme ve üretim kanbanı	109
Şekil 4.2 Tek kart kanban sistemi	110
Şekil 4.3 Dolu iş sistemi	113
Şekil 7.1 Son üç yıla ait aylık traktör satışları	161
Şekil 7.2 Köşeli çamurluk iş akış şeması	162
Şekil 7.3 Köşeli çamurluk üretim hücresi yerleşim planı	164
Şekil 7.4 İtme sistemi akış diyagramı	169
Şekil 7.5 Çekme sistemi akış diyagramı	173
Şekil 7.6 Son üç yıla ait aylık gerçekleşen ve tahmini traktör satışları	180
Şekil 8.1 İtme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talep durumunda performans (TSM) değerleri	186
Şekil 8.2 İtme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 arttırılması durumunda performans (TSM) değerleri	186
Şekil 8.3 İtme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 azaltılması durumunda performans (TSM) değerleri	187
Şekil 8.4 Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talep durumunda performans (TSM) değerleri	189
Şekil 8.5 Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 arttırılması durumunda performans (TSM) değerleri	189
Şekil 8.6 Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 azaltılması durumunda performans (TSM) değerleri	190

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Üretim Çekme (Kanban/ TZÜ) ve İtme (MİP/ Kütle üretim) sistemlerinin karşılaştırılması	27
Çizelge 2.3	Geleneksel ve TZÜ sisteminde satın alma faaliyetlerinin karşılaştırılması	42
Çizelge 2.4	Üretim ve yeni ürün geliştirmede Batı ve Japon uygulamalarının karşılaştırılması	35
Çizelge 3.1	Her üründüğü için dengelenmiş günlük üretim miktarları	73
Çizelge 3.2	İşletmelerde TZÜ sisteminin uygulanma düzeyi	73
Çizelge 3.3	Çalışan işçi sayısına göre TZÜ sisteminin uygulanma düzeyi	92
Çizelge 3.4	Üretim şekline göre TZÜ sisteminin uygulama düzeyi	92
Çizelge 3.5	TZÜ sisteminin sağladığı faydalar	100
Çizelge 3.6	Geleneksel üretim ile TZÜ işlemi arasındaki farkların özeti	102
Çizelge 4.1	Telsiz kanbanın avantajları	117
Çizelge 6.1	Kullanılan benzetim modellerinin özeti	155
Çizelge 6.2	Kullanılan rastsal değişkenlerin özeti	155
Çizelge 6.3	Deneysel faktörlerin özeti	156
Çizelge 6.4	Performans ölçülerinin özeti	157
Çizelge 6.5	Benzetim programı koşumlarının sayısı ve koşumlarının uzunluğu	158
Çizelge 7.1	Son üç yıla ait aylık traktör satışları	161
Çizelge 7.2	Köşeli çamurluk işlem sırası	163
Çizelge 7.3	Köşeli çamurluk üretim hücresi işlem planı	164
Çizelge 7.4	Taşıma dışındaki işlem süreleri ile ilgili belirlenen parametreler	166
Çizelge 7.5	Taşıma süresi ile ilgili parametreler	167
Çizelge 7.6	Son üç yıla ait aylık gerçekleşen ve tahmini traktör satışları	180
Çizelge 8.1	İtme sistemini kullanan üretim sisteminin farklı faktör seviyelerindeki performans değerleri.	185
Çizelge 8.2	Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin farklı faktör seviyelerindeki performans değerleri.	188
Çizelge 8.3	İtme sisteminde dönemler itibariyle talebe bağlı çevrim ve temin süresi değişimi	192
Çizelge 8.4	İtme sisteminde çalışma günü dağılımı	193
Çizelge 8.5	Çekme sisteminde dönemler itibariyle talebe bağlı çevrim ve temin süresi değişimi	194
Çizelge 8.6	Çekme sisteminde çalışma günü dağılımı	194
Çizelge 8.7	Dönemler itibariyle, işlemlerin işçiler arasında dağılımı	195

ÖNSÖZ

Tam Zamanında Üretim (TZÜ) sisteminin incelendiği bu tezde, TZÜ ortamı çeşitli yönleriyle ele alınmış ve özellikle mevcut üretim yöntemlerine göre avantajları ve dezavantajları göz önüne serilmeye gayret edilmiştir. TZÜ işletmelere, kendine özgü kurallarının uygulanması durumunda çok iyi sonuçlar sağlamaktadır. Ancak bu sistemin kurulması bir felsefe değişikliği gerektirdiğinden bu tekniğin doğduğu yer olan Japonya'daki kadar başarılı sonuçlar pek elde edilememektedir. Çoğu işletme ya bu tekniği, adım adım uygularken bir noktada bu kadarı bana yeter deyip bırakmakta ya da yanlış saptamalarla uygulamaya başladığından uzun süre iyi sonuçlar elde edilememektedir.

TZÜ bir takım oyunu gerektirir. Bu takımı kurup yönetecek olan işletmenin üst yönetimidir. Dolayısıyla TZÜ bu kişilerce doğru algılanmadıkça başarıya ulaşması biraz güçtür.

Son yıllarda gittikçe artan rekabet koşullarında ayakta kalmayı amaçlayan işletmeler için TZÜ bu amaca ulaşmak için en iyi çarelerden biridir. Özellikle Türk Sanayinde yeni yeni tanınmaya başlayan bu teknik, kısa sürede gerçekleştirilmesi gereken önemli bir projedir. Japonların dünyaya armağan ettiği bu tekniğin altında yatan temelleri, felsefesini tam anlamadan uygulamaya geçiş iyi sonuç vermeyecek, bu da TZÜ hakkında olumsuz düşüncelerin ortaya çıkmasına neden olacaktır.

TZÜ sisteminin tanıtıldığı ve üretim sürecindeki etkilerinin incelendiği bu tezi hazırlarken çalışmalarımı yöneten ve akademik çalışmalarında beni teşvik eden sayın hocam Doç.Dr. Mesut ÖZGÜRLER'e ve tezimi hazırlarken yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU' na ve Doç .Dr. Mehmet TANYAŞ' a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatta başarılı olmam için beni teşvik eden ve destek olan anne ve babama minnet ve saygılarımı, tezimi tamamlarken bana zor anlarımda sabreden ve yardımını esirgemeyen eşime teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi beni bugünlere getiren aileme ve beni yetiştiren değerli insanlara armağan ediyorum.

Ekim, 1998

Bahadır GÜLSÜN

ÖZET

İşletmeler, zorlu piyasa ortamında başarılı olabilmek için çeşitli arayışlara girmişler, yeni üretim yönetim teknikleri geliştirmeye başlamışlardır. Aynı şekilde üretim teknolojisinde de bir takım değişiklikler olmuş, bilgisayarlı tezgahlar ve esnek üretim sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu üretim teknikleri ve yöntemleri farklı organizasyonel yapılarda ve üretim tiplerinde başarı ile kullanılmaktadır. Bazı üretim yapılarında bu teknik ve yöntemlerin ortak kullanımına da rastlanmaktadır. İşletmeler bu durum karşısında bu yeni tekniklerden hangisi kendilerine daha uygundur sorusu ile karşılaşmaktadırlar.

Bir üretim yönetim tekniğinin uygulanmasıyla ortaya çıkan maliyet bir tekniği başka bir teknikle değiştirmeyi ve uygulamayı engellemektedir.

Diğer birçok çalışmada olduğu gibi bir tekniğin diğerinden daha iyi olduğunu belirlemeye çalışan bu çalışmada farklı üretim yönetim teknikleri Tam Zamanında Üretim (Çekme sistemi) ve Malzeme İhtiyaç Planlaması (İtme sistemi) belirlenen faktörler altında ekonomik çalışma alanlarının tespit edilerek, hangi şartlar için bir tekniğin diğerine tercih edileceğinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Gerçek bir üretim ortamı ve verileriyle yapılan bu çalışmanın sonuçları hazırlık zamanları düşük seviyede tutulabildiği veya bu seviyeye düşürülebildiği sürece çekme sisteminin en ekonomik üretim yönetim tekniği olduğunu gösterir.

İtme sisteminde ise temin süreleri ve toplam stok maliyetinin emniyet stoğundaki ve talepte ki artışla beraber hemen hemen sabit bir şekilde arttığını gösterir.

Talep dalgalanması bir dışsal faktör olduğundan kontrol altında tutulamaz. Bununla birlikte, veriler talep dalgalanması yüksek olduğunda eğer küçük emniyet stok miktarları seçilirse, itme tipi üretim sistemin daha iyi sonuç verdiğini gösterir.

Yardımcı ekipman değişim zamanı çekme sistemi (TZÜ) için en önemli faktör olduğu, itme (MİP) sisteminde emniyet stoğu ve talep dalgalanmasının performans üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler : Tam Zamanında Üretim, Kanban, Üretim Yönetimi, Üretim Planlama ve Kontrol, Sıfır Stok.

ABSTRACT

Companies were in search of various approaches to succeed in tough marketing conditions and they have started to develop new manufacturing techniques. In the same manner, some changes were made in manufacturing technology and computerised machines and flexible manufacturing systems have developed. These manufacturing methods and techniques are still successfully being used in different organisational structure and manufacturing types. Mixed use for these techniques and methods can be seen in some manufacturing structure. Companies encountered the question of which one of these techniques are suitable to their own structure.

The cost arraised in applying a manufacturing management method have obstructed replacing the method with the other one and implementing it.

Like in many studies, this study is aimed to determine which method is better than the other. In this study, economical working conditions under Just-In-Time (JIT) with Kanban (Pull System) and Material Requirement Planning (Push System) are set and it is also determined which method will be used in what conditions.

The outcomes of this study related to actual manufacturing environment and its data showed that pull system was the most economical manufacturing management method as long as setup times could be held at lower level and these times could be lowered.

In push system, safety stock and demand increase constantly while lead times and total stock cost increase.

Demand fluctuation cannot be controlled since it is an external factor. However, push-type manufacturing system gives better solution when demand fluctuation is high if a short volume of safety stock is selected.

It is stated here that setup time is a crucial factor for pull system (JIT with Kanban) and safety stock and demand fluctuation have an important effect on push system (MRP).

Keywords: Just-in-Time, Kanban, Manufacturing Management, Manufacturing Planning and Control, Zero Stock.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, her alanda olduğu gibi üretim teknolojisindeki gelişmelerin baş döndürücü bir hızla artmasına bağlı olarak tüketim de aynı oranda artmaktadır. Bu tüketimi arttıran üretime bağlı nedenler arasında şunları sayabiliriz:

- Teslim sürelerinin çok kısılması. Özellikle esnek üretim sistemlerinde kullanılan bilgisayar kontrollü sistemler nedeniyle teslim sürelerini arttıran en büyük etken olan hazırlık süreleri ihmal edilebilir düzeye düşmüştür.
- Ürün çeşidinin çok artması. Rekabet ortamının gereği olarak her tip ürünün, toplumun her kesimine sunulabilmesi amacıyla mamul çeşitlendirme yoluna gidilmektedir.
- Ürünlerdeki donanımların çok yüksek teknolojiye sahip olmaları ve bu teknolojinin de kısa sürede demode olması ürün ömrünün kısılmasına sebep olmuştur. İnsanların yaşam standartlarındaki artış ve buna bağlı olarak modanın da göz önünde tutulması, ürün yaşamı eğrisinin çok kısa sürede tamamlanmasına neden olmaktadır.
- Teknolojik gelişmeye ve talep çeşitliliğine bağlı olarak daha önceki yıllarda çalışılmamış üretim konularına da girilmiştir.

Bu hızlı değişimler sonucunda, dünya piyasa ekonomisine doğru yönelmektedir. Bu ekonominin gereği olan ve artan rekabet koşulları karşısında üretici firmalar bir yandan kârlılıklarını arttırmaya çalışırken, bir yandan da pazardan pay elde etmeye veya mevcut pay oranlarını korumaya çalışmaktadırlar. Pazardan pay sahibi olmak, ancak müşteri taleplerini karşılayabilmekle mümkündür. Pazar payını arttırmak için her müşterinin talebini karşılamaya çalışmak gerekir. Bu ise ancak esnek bir üretim yapısı ile mümkün olabilir. Esneklikten kastedilen firmanın bulunduğu pazardaki yeni taleplere hızlı bir şekilde cevap verebilmek, kârlı olabilmek ise kıt kaynaklardan en iyi şekilde yararlanabilmekle, yani verimlilikle mümkün olabilir. Hem esnekliği hem de kârlılığı sağlayabilen firmalar rekabet ortamında başarılı olabilir.

Firmalar, bu zorlu piyasa ortamında başarılı olabilmek için yeni arayışlara girmişlerdir. Yöneylem araştırması, sistem bilimleri ve bilgisayar teknolojisinde yapılan atılımlarla yeni üretim planlama ve kontrol yöntemleri geliştirmeye başlamışlardır. Bu doğrultuda üretim-stok

sistemlerinde Malzeme İhtiyaç Planlaması, Üretim Kaynakları Planlaması, Kapasite İhtiyaç Planlaması, Optimum Üretim Teknolojisi ve Tam Zamanında Üretim sistemi şeklinde yeni üretim yönetimi yaklaşımları ortaya konmuştur.

Bu günümüz üretim yaklaşımlarının genelde amacı şöyle özetlenebilir; Bir işletmenin elinde bulunan malzeme, makine ve insan kaynaklarının belirli miktarlardaki ürünün istenilen niteliklerde (kalitede), istenilen zamanda ve mümkünse en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir.

Firmalar bu yaklaşımlar sayesinde taleplerden dolayı büyüyen pazardaki payını arttırabilecek, en azından eski payını koruyabilecektir. Aksi halde firmalar pazardaki paylarını kaybedebilirler.

2000’li yıllara yaklaştığımız sıralarda Dünyada süregelen pazar payı elde etme mücadelesi ve Türkiye’nin Avrupa Topluluğu’na girebilmek için endüstriyel sektörlerde rekabet edebilme mücadelesi, firmalarımızın verimlilik artırıcı ve maliyet indirimleri sağlayıcı modern üretim yönetimi yaklaşımlarını uygulamalarını zorunlu hale getirmektedir.

Son yıllara kadar yeni üretim teknolojilerini uygulamakta gelişmiş ülkelerden geride kalınmasına rağmen rekabet koşullarının zorlayıcılığı ve özellikle 80’li yılların sonlarında Türkiye’de kendisini hissettiren ekonomik değişim ile modern üretim teknolojileri ülkemizde uygulanmaya başlamıştır.

Bugün yaptıkları üretim için modern üretim yöntemlerinden birini seçme durumunda olan yöneticiler, başka bir sorunla karşılaşmaktadırlar. Bu yeni yöntemlerden hangisi kendi üretim sistemleri için daha uygundur. Bu sistemleri tek tek deneme imkanı olmadığına göre son yıllarda kullanımı iyice yaygınlaşan benzetim tekniği, analiz için en iyi tekniklerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu teknikle kurmak istediğimiz sistemi ve kendi sistemimizi ve diğer sistemlerin başarılarını karşılaştırmak, sistemin uygulamadaki başarısını engelleyecek etkenleri bulmak ve yeni senaryolar denemek mümkündür.

Bu çalışmada incelenecek olan TZÜ sisteminin felsefesi, Monden (1983) tarafından gereken miktarda, gereken zamanda, gereken yerde ve istenen kalitede üretim yapılması olarak ortaya konmuştur. Tam zamanında üretim sistemi çekme esaslı olup, üretim hattında son ürüne olan talep, son montajdan hammaddeye kadar olan iş istasyonlarının ürettiği alt montaj ürünlerine

olan talebi oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle bir sonraki iş istasyonu, bir önceki iş istasyonundan çekilecek parça miktarını belirlemektedir. Çekme sisteminde, iş istasyonlardan çekilecek miktarların büyüklüğü önemlidir. Bu miktar, aşamalar arasında stok yığılmalarına, tezgahlarda dar boğazlara, iş istasyonlarında boş kalmalara ve son ürün stoklarının artışına yol açmayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Tam zamanında üretim sisteminin ülkemiz koşullarında uygulanamayacağı şeklinde olan ilk tepkilere rağmen, günümüzde otomotiv ve elektronik endüstrisinde söz sahibi olan bazı firmalarımızda uygulanmaya başlanmıştır.

Amerika ve Avrupa'nın gelişmiş sanayi ülkelerinde de, Japonya'da uygulandığında elde edilen sonuçlar alınamamasına rağmen; ülke koşullarına ve insanlarına göre bazı değişikliklerle adaptasyon sağlanabilmektedir. Türkiye'de özellikle sanayi bölgelerinin ülke çapında dağınık halde olması ve pazar koşullarının oldukça değişken olması, tam zamanında üretim sisteminin satın alma yönetimi açısından uygulanmasının zor olacağını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte atölye üretimi, malzeme planlama ve kontrol, toplam kalite kontrol bazında son derece etkin kullanılabileceği de kolaylıkla söylenebilir.

Bu tez kapsamında, TZÜ sistemini başarılı bir şekilde uygulayabilmek için, gerekli ortamın oluşturulması ve bu ortamın sürdürülmesi için uygulanması gereken adımlar tanıtılmış ve konu ayrıntısıyla incelenmiştir. Uygulama kısmında ise üretim planlama ve kontrol yöntemlerinden olan Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) ve Tam Zamanında Üretim (TZÜ) sisteminin üretim tekniği ve yöntemlerini içeren benzetim modelleri kurulmuş ve bir atölyedeki verilerden hareketle, değişik şartlar altında modellerin performansları incelenmiştir. Sonuç olarak hangi sistemin diğerinden üstün olduğu ve hangi şartlar altında bir sistemin diğerine tercih edileceğinin bulunması amaçlanmıştır.

2. GÜNÜMÜZ ÜRETİM YÖNETİMİ YAKLAŞIMLARI

Üretim yönetimi, bir işletmenin elinde bulunan malzeme, makine ve insan kaynaklarının belirli miktarlardaki mamulün istenilen niteliklerde (kalitede), istenilen zamanda ve mümkünse en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir (Kobu, 1996).

Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP), Kanban ve Optimum Üretim Teknolojisi (OÜT) üretim sektöründe sıkça kullanılan üç temel üretim yönetim tekniğidir. Kanban, Tam Zamanında Üretim sisteminde kullanılan, stokları azaltan, kontrolü ve planlamayı basitleştiren stok kontrol sistemidir (Golhar ve Stamm, 1991). Kanban bir sistemde Tam Zamanında Üretim (TZÜ) sistemiyle beraber kullanılır. MİP bu üç tekniğin en eskisidir ve ilk defa 1960 senesinde kullanılmıştır. MİP işlem esnasında ve bitmiş ürün seviyelerini azaltmak amacıyla kullanılan bir tekniktir. OÜT, MİP' in yöntemlerinden çoğunu kullanır fakat MİP' deki üretim kapasitesine karşılık OÜT üretim akışını dengeler.

Ana ürün talebine bağlı alt bileşenlerin yönetim ve kontrolü genel olarak Malzeme İhtiyaç Planlaması diye adlandırılan malzeme yönetimi programı tarafından kontrol edilir. Bu fikir 1960 senesinde Joseph Orlicky tarafından tanıtılmıştır (Schonberger, 1984; Swan, 1984; Kamenetzsky, 1985). Taiichi Ohno tarafından geliştirilen Tam Zamanında Üretim (TZÜ), üretim süreci içindeki kayıpları sistematik olarak tanımlayıp yok etmek için bir yaklaşımdır. Maliyetleri ve temin zamanlarını azaltmak ve kaliteyi iyileştirmeyi amaçlar (Flapper vd., 1991). TZÜ sisteminde kullanılan stok kontrol sistemine Japonca'da kart anlamına gelen kanban adı verilir. Bilgisayar kapasitesinin azlığı Japonları bilgisayara ihtiyaç duymayan bir sistemi geliştirmeye zorlamıştır. Kanban stok yönetiminin basit bir yöntemidir. Bu basitliğine rağmen başarıyla uygulanmaktadır.

Dünya çapındaki yoğun rekabet baskısı altında, çoğu şirket üretim esnekliği, ürün kalitesi ve üretim maliyetini daha iyi hale getirmek için yenilikçi düşünceleri ve teknikleri kullanmaya başladı. Ürün ömür çevrimi kısaldığı, müşteri ihtiyaçları değiştiği ve üretim teknolojisi hızla geliştiği için bugün üretim performansını geliştirmek için yeni yöntemler bulmak önem taşımaktadır. Bu teknikler arasında Japon üretim yönetim tekniği oldukça önemli bir yere sahiptir (Chu ve Shih, 1992). Japonların dünya pazarındaki bu başarısı batının dikkatini çekmiştir. Japon ürünlerinin yüksek kalitesi ve uygun fiyatları daha etkin bir üretim ve ürün

yönetim sisteminin sonucu olarak düşünülmektedir ve bugün bir çok üretim planlamacısı TZÜ'ü geniş olarak desteklemektedir (Schroer vd., 1984).

OÜT İsrailli fizikçi Dr. E.M. Goldratt tarafından MİP' da ortaya çıkan problemleri ortadan kaldırmak için geliştirildi (Jacobs, 1984; Ramsey vd., 1990). Geleneksel üretim yönetim teknikleri üretim sisteminin kapasitesini dengelerken, OÜT kapasiteden çok üretim sisteminin akışını dengeler. Üretim sisteminin kritik kaynaklarının veya darboğazlarının kullanımına büyük önem verir (Browne vd., 1988).

2.1 Çekme ve İtme Sistemi

Üretim kontrol sistemleri, çekme sistemleri (pull systems) ve itme sistemleri (push systems) olmak üzere iki temel grupta sınıflandırılabilir.

İtiş sistemleri olarak adlandırılan geleneksel üretim sistemlerinde her aşamada süreç içerisinde stoklanan parçaların ve malzemelerin ne kadar talep edilebileceği, son aşamaya kadar geçecek akış zamanı dikkate alınarak tahmin edilir (Kimura ve Terada, 1981). Bu değerlere göre üretim çizelgesi saptanır; zaman içinde bu çizelge dikkate alınarak üretim yapıldığı için, itme sistemleri, çoğu kez, çizelgeye dayalı sistemler yada çizelgenin ittiği sistemler olarak da isimlendirilebilir. Bu ortamda, üretim süreçleri daima bir sonraki sürecin ihtiyacını karşılayacak şekilde üretim yaparlar. Ancak bu durumda, üretim süreçlerinden birinde oluşan bir sorundan yada talepteki dalgalanmalardan kaynaklanan değişikliklere hızla uyum sağlamak kolay değildir. Üretim hızının değişiklikler doğrultusunda uyarlanabilmesi, çizelgelerin revize edilerek ilgili birimlere yeniden gönderilmesini gerektirir. Bu tür düzenlemelerin oldukça zaman alıcı olmalarından dolayı itme (klasik) sistemlerinde süreçler arasında stok bulundurmamak yoluyla değişikliklere uyum sağlanır. Bu nedenle klasik sistemlerde üretimin sürdürülebilmesi için yüksek ara stoklarda çalışmak kaçınılmaz olmaktadır (Villeda vd., 1988; Maskell, 1989).

Çekme sistemleri, sonraki süreçlerin önceki süreçlerden, sadece tükettikleri miktarda ve zamanda parça talep ettikleri ve çektikleri sistemlerdir ve bu nedenle talebin çektiği sistemler olarak da tanımlanırlar. Çekme sistemlerinde, üretim çizelgesi sadece son üretim sürecine gönderilir. Hangi ürünün ne zaman ve ne miktarda üretilceğinin sadece son süreç tarafından bilinmesi, bu sürecin önceki süreçlerden sadece kendine gereken parçaları çekmesini

sağlayacaktır. Diğer taraftan, bir sonraki aşamanın parça çekimi olmadan, bir önceki aşamada üretim yapılmayacak, her aşama kendinden sonra gelen aşamaların taleplerini karşılamak üzere tam zamanında üretim yapacaktır (Kimura ve Terada, 1981; Maskell, 1989).

Geleneksel itiş tipi üretim sistemlerinin yapısında var olan ve sistem genişledikçe artan sorunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir. Çekme sistemi bu tarz sorunları çözmede bir ölçü olarak tasarlanmıştır (Kimura ve Terada, 1981).

1. Talepte önemli değişiklikler veya üretimde engeller meydana geldiğinde her süreç için üretim planını yenilemek imkansızdır. Bu nedenle bu tür zorluklar aşırı stoka yada ölü stoklara neden olmaktadır.
2. Üretim hızı ve stok düzeyini tüm durumlar için incelemek ve takip etmek zor olduğundan, süreçler arasında aşırı emniyet stoku tutulmakta ve üretim çizelgesi bu stokları da içerecek şekilde hazırlanmaktadır (Villeda vd., 1988).
3. İtme sistemlerinde üretim kontrolü bir merkezden yönetilmekte ve her iş merkezine üretim planlama ve kontrol (ÜPK) kısmından iş emirleri dağıtılmakta; böylece birbirinden bağımsız olarak çalışan her iş merkezinin üretimi yine ÜPK kısmı tarafından sürekli olarak planlanan üretim ile karşılaştırılmaktadır. Bu sistemlerde ÜPK kısmı ile her süreç arasında ayrı bir bilgi akışı vardır.
4. Bir itme sisteminde, karışıklık, yokluk, gecikmeler ve israfla sonuçlanan malzeme kaybı ve montaj parçalarının başka bir yerden ödünç alınması vardır. Ek olarak, uzun tamir süresi, üretim süreci süresince sık sık karmaşık mühendislik değişiklikleri gerektirilebilir. Bu uygulama, kaynaklar ve malzemeler için kayıptır ve karmaşaya neden olur.

Çekme tipi üretim sisteminin amaçları ise şöyle sıralanabilir (Maskell, 1989).

1. Bir hücre veya iş merkezi, bir talep olduğunda, bir ürün, alt montaj parçası veya bir parça üretir. Üretim içi stoklara gerek yoktur ve ihtiyaç duyulmayan hiçbir ürün veya alt montaj parçası üretilmez.

2. Çekme sisteminde atölyeye sadece ürünleri üretmek için gerekli malzeme getirilir. Aşırı veya ihtiyaç duyulmayan stok yoktur, israf yoktur. Malzeme çekimi, bir alt montajın ne zaman üretileceğini veya bir parçanın ne zaman alınıp yapılacağını temel sorularına cevap verir. Çekme, tahminlere, işletme zamanlarına veya yığın miktarına güvenmez.
3. Bir çekme sistemi, kısa temin süresi ve önceden hesaplanan talebe ek olarak, üretim programında bir öncelik mücadelesinin olmamasını gerektirir. Bu öncelik mücadelesine bir çözüm insan ve tezgahların esnekliğidir.
4. Çok yönlü eğitilmiş üretim personeli, ihtiyaçlar değiştikçe kaynakların bir hücreden diğerine hareketini temin eder. Özel tezgahlardan çok esnek tezgahlar kullanmak, alt montaj ve parçaların üretimine talep değiştikçe bunları bir hücreden diğerine hareket ettirmek suretiyle imkan verir.
5. Bir çekme sisteminde her hücre, sadece o günün üretimi için ne gerekiyorsa onu yapar. Bir hücrede az talep olduğunda veya hiç olmadığında, çok yönlü eğitim, problem çözme, sonraki ayar değişikliği veya bakım faaliyetleri için çalışanlara zaman sağlayabilir.

Çekme sisteminin hedefleri Kimura ve Terada (1981), tarafından şöyle özetlenmiştir.

1. Süreç içi çalışma stoklarını en aza indirmek,
2. Stok kontrolünü basitleştirmek için süreç içi çalışma stokundaki dalgalanmaları en aza indirmek,
3. Bir sonraki sürecin talebindeki ve üretim hacmindeki yükseltilmiş dalgalanmaların bir önceki sürece iletimini önlemek ve bu şekilde üretimdeki düzensizliği en aza indirmek,
4. Merkeziyetçilikten uzaklaşarak atölye kontrolünün düzeyini yükseltmek, atölye denetçilerine stok kontrolü kadar üretim kontrolü görevi de vermek,

Bu sistemi uygulamaya geçirmek için şu şartlara gereksinim vardır:

1. Standart bir yeniden sipariş noktası ve standart bir parti hacmi saptanır,
2. Her zaman stok seviyesi ve gerekli sipariş miktarı bilinmelidir,

3. Yeniden sipariş noktasının altına düşen parçaların düzeyleri ve yenilenen siparişler üzerinde sürekli kontrol sağlanmalıdır (Kimura ve Terada, 1981).
4. Çekme sistemi, kısa temin süreleri ve hızlı hazırlık gerektiren küçük ürün yığınları gerektirir.
5. Teorik olarak, her çeşit atölye yerleşiminde kullanılabilir ama hücreyel yerleşimle birleştirildiğinde çok etkilidir,
6. Bir çekme sistemi değişiklik ihtiyaçlarına çabuk uyum sağlayabilmek için insan ve kullanılan tezgah ve araçların esnek olmasını gerektirir,
7. Çekme sistemi toplam kalite güvencesi gerektirir. Çünkü bir hücredeki bir kalite düşüşü, bütün üretim sürecini durdurabilir (Maskell, 1989).

Birçok yazar (Fox, 1984; Schroer vd., 1984; Bose ve Rao, 1988), Malzeme İhtiyaç Planlamasını (MİP) veya daha gelişmiş olan Üretim Kaynakları Planlaması (ÜKP) sistemini bir itme sistemi olarak, Tam Zamanında Üretim (TZÜ) sistemini de (Monden, 1983; Rao, 1989; Occenña ve Yokato, 1991; Sumichrast vd., 1992) bir çekme sistemi olarak tanımlamışlardır.

2.2 Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP)

Malzeme İhtiyaç Planlaması, stokları en aza indirmeyi amaçlayan bir malzeme yönetim sistemidir. Ana üretim şemasını tüm alt montaj ve parçalar için detaylı malzeme planlarına dönüştürür (Harrison, 1992).

Malzeme ihtiyaç planlaması, ana üretim planını, zaman boyutunda net ihtiyaçlara dönüştüren ve planın gerçekleşmesi için gereken tüm stok bazında bu ihtiyaçların karşılanmasını planlayan karar kuralı setlerini ve yöntemini içerir. Ana üretim planının gerçekleşmesi için gerekli tüm parça ve malzeme ihtiyaçları ile bu ihtiyaçların karşılanması ile ilgili bilgiyi içeren ve malzeme ihtiyaç planlama sistemi tarafından geliştirilen ana plan “Malzeme İhtiyaç Planı” olarak tanımlanır.

Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin en önemli özelliği ve ana kuralı şudur; Malzeme, parça ve yarı mamullere olan talep, son ürüne olan talebe bağlıdır. Böylece ortaya bağımlı talep kavramı

çıkmaktadır. Malzeme ihtiyaç planlama yaklaşımı, bağımlı talep koşulunun söz konusu olduğu stokların yönetimi için uygun bir planlama sistemidir (Ptak, 1991). Bilindiği gibi, belli bir ürüne olan talep, bağımlı veya bağımsız olarak tanımlanabilir (Krajewski vd., 1987).

Joseph Orlicky bir ürüne olan talebin bağımlı ve bağımsız talep olmak üzere iki sınıfa ayrıldığını bulmuştur (Swann, 1984). Bağımsız talep devamlıdır ve rastsal değişikliklerden dolayı farklılıklar gösterir. Bağımlı talep ise doğrudan bir üst seviyedeki ürünün talebine bağlıdır ve bağımsız talep gibi devamlı değildir (Krajewski vd., 1987). MİP' in bağımlı talep için brüt ihtiyaçları belirleyen bir mantıksal planlama sistemidir. Kısaca MİP ihtiyaç duyduğumuz şeyi ihtiyaç duyduğumuz zamanda üretmek veya satın almak için gerekli planlama mantığını sağlayan, basit bir malzeme ve öncelik planlama tekniğidir (Ptak, 1991).

Malzeme ihtiyaç planlamasının üç ana amacı vardır:

1. Müşteri servis seviyesini geliştirmek,
2. Stoklara bağlanan sermaye miktarını en aza indirmek,
3. İşletmenin işlem verimliliğini geliştirmek.

Müşteri servis seviyesinin geliştirilmesi, müşteri siparişleri alındığında elde biraz daha fazla ürün bulundurulması anlamındadır. Müşteri taleplerini karşılamak, teslim tarihlerine uyulması ve teslim sürelerinin kısaltılması ile mümkün olur.

Teslim tarihleri, işletme tarafından varılması gereken bir hedef olmakta ve teslim tarihlerinin gerçekleşme olasılığı işletme tarafından arttırılmaktadır. Sabit sipariş miktarı, sipariş noktası sistemleri hammadde siparişlerini planlamak için kullanıldığında, sipariş miktarı ile birlikte emniyet stoku, hammaddenin son parçası ana üretim çizelgesinde görüne kadar stokta kalmaktadır. MİP' de ise hammadde siparişleri, ana üretim çizelgesinde hammaddelerin son parçasının görüneceği vakte yaklaşık olarak gelecek şekilde planlanır. Böylece hammadde stok seviyeleri üzerindeki MİP etkisi ile ortalama stok seviyeleri azalır.

MİP hammaddelerin, parçaların, yarı mamullerin üretime veriliş miktar ve zamanlarını daha iyi kontrol ettiği için istenen malzemeler, istenen zamanda üretime gönderilir. Üretim çizelgelerindeki değişikliklere göre akış yavaşlatılabilir veya hızlandırılabilir.

Malzeme ihtiyaç planlamasının felsefesi, “her hammadde, parça ve montaj ürünü, ana üretim çizelgesindeki son parçayı üretmek için üretime istenen zamanda ulaşmalıdır” şeklindedir (Gaither, 1992).

Malzeme ihtiyaç planlaması, öncelikle malzeme ihtiyaç duyulduğu zamanı belirleyerek yokluğunu ortadan kaldırmaya yönelik bir tekniktir. Malzeme ihtiyaç planlaması, ana üretim çizelgesi, malzeme listesi ve stok kaydı dosyasından veri kullanır (Sandras, 1989).

Ana üretim çizelgesi, MİP sisteminin tamamını yönetmektedir. Bu çizelge verildiği şekilde kabul edilmektedir. Stok kayıtları ve malzeme listesi dosyası, ana üretim çizelgesinde bulunan ürünler hakkında ilave bilgiler sağlar. Bu girdiler, MİP sisteminin çıktılarını üreten MİP bilgisayar programını destekler. MİP faaliyetlerinden elde edilen stok kayıtları, geçerli stok kayıtlarının elde edilmesi amacı ile stok kaydı dosyasına geri gönderilir.

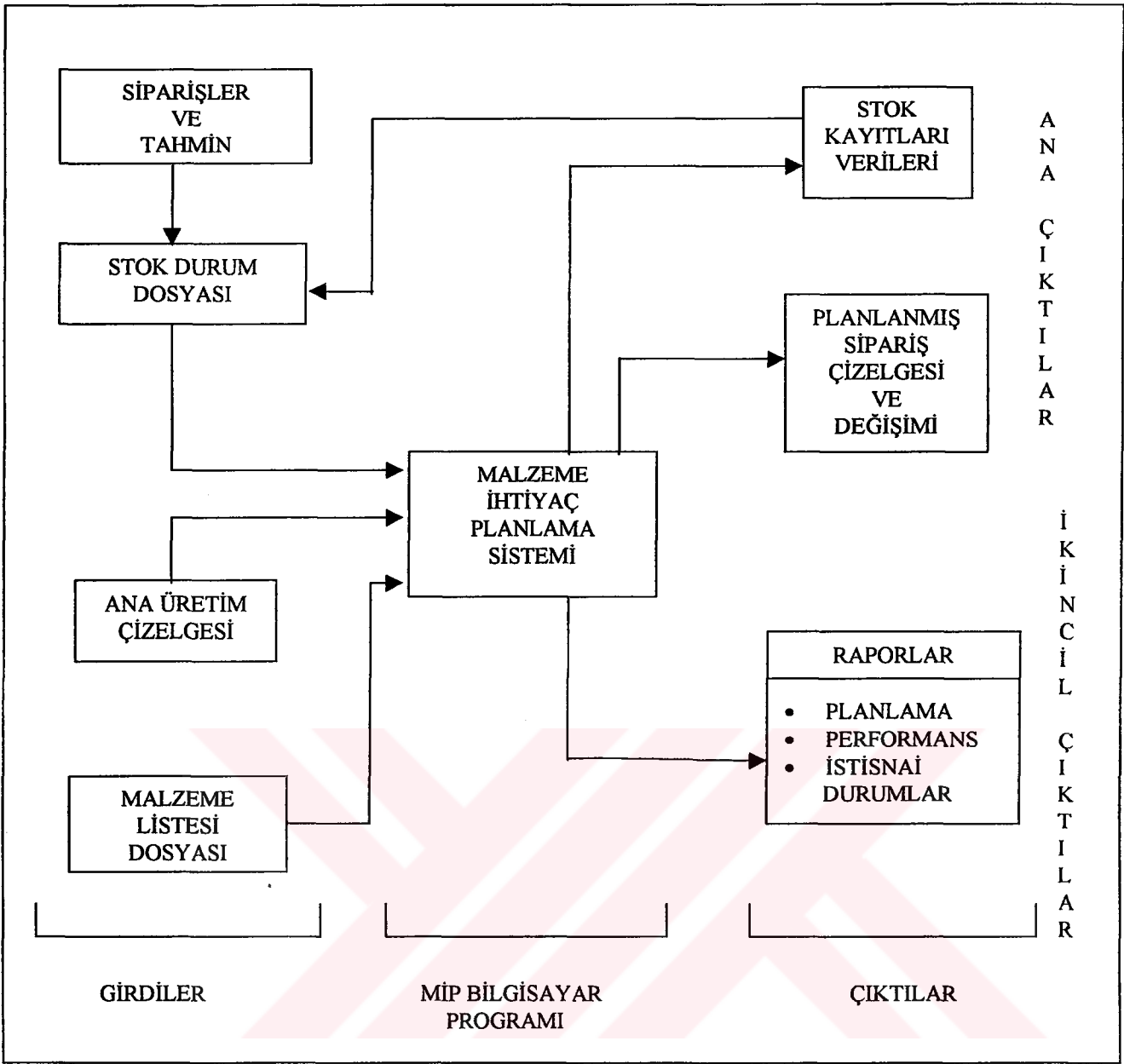
Planlanmış sipariş çizelgesi ve planlanmış sipariş değişimleri, MİP’ in esas çıktılarıdır. Özel durum, performans ve planlama raporları, yönetimin kullanması için elde edilmektedir (Şekil 2.1).

MİP bilgisayar programı, ana üretim çizelgesi, stok kayıt dosyası ve malzeme listesi dosyasından girdileri alır. Planlanmış sipariş çizelgesini, planlanmış sipariş çıkışlarını ve planlanmış sipariş değişimlerini verir (Gaither, 1992).

2.2.1 Kapasite ihtiyaç planlaması (KİP)

Kapasite ihtiyaç planlaması, ana üretim çizelgesini kapasite elverişliliği yönünden test eden kaynak ihtiyaç planlaması sisteminin bir bölümünü oluşturur.

Test işleminde, iş emirlerinin (siparişlerin) iş merkezlerine atanması için bir plan geliştirilmektedir. Fazla mesai, ilave takım (ekipman) ve fason üretim kullanımları da bu plana dahil edilmektedir.



Şekil 2.1 Malzeme ihtiyaç planlaması sistemi

Kapasite ihtiyaç planlaması, MİP çizelgelerinden planlanan sipariş çıkışlarını alır ve rotalama planlarına bakarak iş merkezlerine siparişlerin atanmasını gerçekleştirir. Planların rotalanması, her sipariş için gerek duyulan üretim süreçlerinin sıralamasını gösterir. Malzeme partileri, işgücü ve tezgah standartlarının kullanımı ile kapasite yükü verilerine dönüştürür ve her bir iş merkezi için tüm siparişleri içeren haftalık yükleme çizelgelerini hazırlar.

Tüm haftalar için iş merkezlerindeki kapasite elverişli ise ana üretim çizelgesi kesinleşir. Elverişli değil ise, kapasitenin ekonomik olarak değiştirilip değiştirilemeyeceği belirlenmelidir.

Kapasiteyi arttırmak için fazla mesai, fason üretim, ilave takım (ekipman) ve diğer araçlar kullanılabilir. Eğer ana üretim çizelgesi kesinleşebilir.

Kapasite ekonomik olarak değiştirilemiyorsa; ya siparişlerin rotalanması veya iş merkezlerine, atanması kapasiteyi arttırmak için değiştirilmeli ya da ana üretim çizelgesi, daha iyi kapasite seviyesi için siparişler yeniden çizelgelenerek değiştirilmelidir. Ana üretim çizelgesinin uygunluk testinin ana aracı, iş merkezi yükleme çizelgeleridir.

Kapasite ihtiyaç planlaması işleminin ana girdileri şunlardır:

- Planlanan siparişler ve MİP sisteminden çıkmış siparişler,
- İş merkezi durum dosyasından yükleme bilgileri,
- Atölye rotalama dosyasından rotalama bilgileri,
- Kapasiteyi düzenleyen değişimlerin ve alternatif rotalamaların verilmesi veya planlanan siparişlerin değişimi.

Bunların hepsi zamanında olursa sistem faaliyetini etkin bir biçimde yerine getirir.

Kapasite ihtiyaç planlaması sisteminden elde edileceklerin başında MİP sistemi için planlanan siparişlerin doğrulanması ve yükleme raporlarıdır. İyi bir yükleme raporu aşağıda sıralanan üç özelliğe sahip olmalıdır:

1. Planlanan ve çıkarılan siparişleri içermelidir,
2. Geçerli öncelikleri esas almalıdır,
3. Gelecek için planları kolaylaştırmalıdır (Gaither, 1992).

2.2.2 Üretim kaynak planlaması (ÜKP)

Üretim; talep tahmini, üretim teknolojisi ile ilgili bilgiler, ürün ağaçları, üretim ve işlem sıralarını belirleyen rotaların tespiti, malzeme ihtiyaç planlaması, kapasite ihtiyaç planlaması, personel planlaması, atölyeler arası iş takibi konuları, maliyet analizleri, bütçe analizleri ve muhasebe faaliyetleri gibi faaliyetlerden oluşur. Önceleri bilgisayar yardımı ile bu faaliyetlerin her biri için ayrı ayrı planlama ve takip işlemleri yapılmasına yönelik çalışmalar yapılmış, daha sonra bilgisayarlardaki teknolojik gelişmelere bağlı olarak olaya bir bütünlük getirilmiş, üretim programlama ve kontrole dönük paket programlar hazırlanmıştır. Bir bilgi bankası (database)

ile bütün birimlerin tam bağlantısını sağlanmaya yönelik çalışmalar ortaya konmuş ve üretim kaynak planlaması kavramına gelinmiştir (Soysal, 1989).

Üretim Kaynakları Planlaması (Kapalı çevrimli MİP) malzeme ihtiyaç planlamasının (MİP) üzerine kurulan ve işletmenin tüm faaliyetlerini uyumlu olarak gerçekleştiren bir bütünleşik bilgi sistemidir.

ÜKP sistemi satış, satın alma, finans ve mühendislik alt sistemlerini, odaklaşmış üretim planlarına uyumlu hale getirerek ve birleştirilmiş bir veri tabanını, tüm sistemdeki faaliyetleri güncelleştirmek ve planlamak için kullanarak koordine eder.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, işletme planından her üretim hattına ait aylık üretim seviyelerini bir sonraki bir ila beş yıl için belirleyen bir üretim planı geliştirilmektedir.

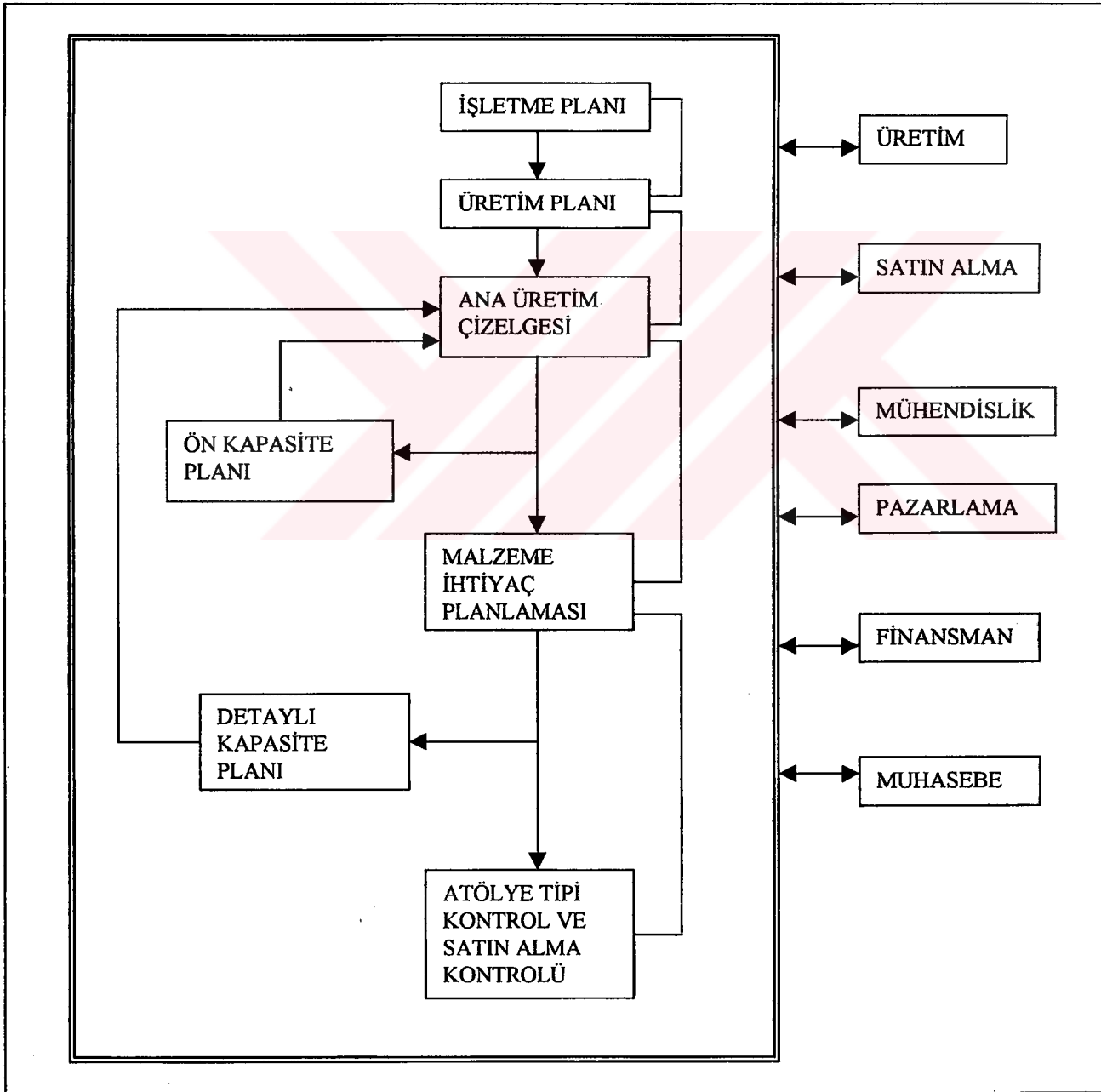
Üretim planı, tüm fonksiyonel bölümleri etkilediğinden, yöneticilerin ortak fikir birliği ile geliştirilmektedir. Üretim bölümünün, söz verilen seviyelerde üretim yapması beklenmektedir. Satış bölümünün ise üretilen ürün seviyesinde satış yapması ve finans bölümünün bu üretim seviyeleri için yeterli finansal kaynakları sağlaması gerekmektedir.

Üretim planı rehber alınarak, üretilecek belirli ürünlerin haftalık miktarlarını ana üretim çizelgesi belirlemektedir. Bu noktada, esas alınan ana çizelgenin, kapasite elverişliliğini kabaca değerlendirecek bir kontrol yapısı. Elverişlilik söz konusu değil ise kapasite veya ana üretim çizelgesi değiştirilmelidir. Bunlar gerçekleştirildikten sonra, önceden tanımlanan MİP mantığı kullanılarak malzeme ihtiyaçları ve üretim için öncelik çizelgeleri hazırlanır.

Detaylı kapasite ihtiyaçları analizi, çizelgelenen zaman periyodunda, her bir iş merkezinde belirli parçaların üretimi için kapasitenin yeterli olup olmadığını belirlemektedir. Eğer kapasite yeterli değil ise, ana çizelge elverişli olan sınırlı kapasite için yeniden belirlenir. Gerçek duruma ve kapasiteye uygun çizelge geliştirilir ve planı uygulamak için satın alma ve atölye çizelgeleri çıkarılır. Bu çizelgelerden iş merkezi yüklemeleri, atölye tipi kontrol ve satıcı takibi faaliyetlerinin ana çizelgeyi karşılayacak şekilde gerçekleştirilmesi sağlanır.

ÜKP yazılımları, bir çekirdek program yardımı ile bütünleştirilip ayrıştırılabilen, kullanıcı şirketin gereksinimlerine bağlı olarak kolaylıkla değiştirilip, işletme bünyesine uyarlanabilen program modüllerinden oluşan yazılım sistemleridir. ÜKP paketlerinin en önemli özelliği,

işletme içindeki bölümleri ortak bir veri tabanından yararlandırmasıdır (Adam ve Ebert, 1992). Ortak veri tabanı ÜKP uygulamasının temel direğini teşkil eder. Bu uygulama neticesi işletmede sadece bir tek dosya vardır; işletmenin değişik bölümleri bir veriye erişmek istedikleri zaman aynı dosyaya giderler. İşletmenin değişik bölümleri hesaplamalarını aynı verilere dayandırır, böylece bu hesaplamaların sonuçları arasında bir tutarlılık sağlanmış olur. ÜKP' nın başarısı ortak veri tabanındaki verilerin güncel ve doğru olmasına bağlıdır. Bunun sağlanabilmesi için veri girişlerinde ve güncelleştirilmesinde yetki ve sorumlulukların açık olarak ifade edilmesi ve resmi bir yapıya oturtulması gereklidir. Bir birimin kendi sorumluluğundaki verileri zamanında ortak veri tabanına girmemesi veya yanlış girmesi, sistemin tümünü aksatır.



Şekil 2.2 Üretim kaynakları planlaması faaliyet şeması

sadece bir tek dosya vardır; işletmenin değişik bölümleri bir veriye erişmek istedikleri zaman aynı dosyaya giderler. İşletmenin değişik bölümleri hesaplamalarını aynı verilere dayandırır, böylece bu hesaplamaların sonuçları arasında bir tutarlılık sağlanmış olur. ÜKP' nın başarısı ortak veri tabanındaki verilerin güncel ve doğru olmasına bağlıdır. Bunun sağlanabilmesi için veri girişlerinde ve güncelleştirilmesinde yetki ve sorumlulukların açık olarak ifade edilmesi ve resmi bir yapıya oturtulması gereklidir. Bir birimin kendi sorumluluğundaki verileri zamanında ortak veri tabanına girmemesi veya yanlış girmesi, sistemin tümünü aksatır.

ÜKP yukarıdan aşağıya doğru bir yaklaşım getirmektedir. Başlangıç noktası üst yönetimin geliştirdiği iş planıdır. Bu noktadan hareketle organizasyonun daha alt kademelerine doğru işlem ve faaliyetler dağılır.

ÜKP' nın temel bir özelliği geri besleme özelliğidir. Çeşitli modüller arasında değişik şartlar denenerek geri beslemeler sonucunda en uygun çözüm bulunmaya çalışılır. Burada kullanıcıya en büyük destek, ÜKP' nın sağladığı “eğer ... ne olur?” şeklinde analize olanak veren benzetim yeteneğidir.

ÜKP' nın çok temel bir özelliği, firmanın bölümleri arasında işbirliği ve iş bölümü esasları üzerine kurulmuş olmasıdır. Bölümlerin birbirlerinden şikayet yerine birbirlerine destek olmaları başarının temel şartlarından biridir. Bölümlerin birbirleri ile olan temasları özellikle ortak veri tabanı çerçevesinde resmi bir yapıya oturtulmalı ve günlük çalışma düzeninin bir parçası olmalıdır. ÜKP' nın birden fazla bölümü ilgilendiren modüllerinde müşterek karar alma ve sorumluluk söz konusudur. Örneğin, pazarlama ile üretim arasındaki ilişki bunun tipik bir örneğidir. Bu iki bölüm arasındaki iletişim eksikliğinin firma için bedeli ağırdır.

ÜKP kullanıcılar tarafından anlaşılabilir mantık düzenine ve basitliğe sahiptir. Sistem, yapısı ve verileri ile saydamdır. Bölümler, sistemin saydamlığı neticesi birbirlerini daha yakından tanıma olanağına sahiptirler. Bu nedenle sorunların teşhisi, yorumlanması ve çözüm getirilmesi daha objektif esaslara dayandırılabilir. Böyle bir ortamda başarının anahtarı işbirliğidir.

Uzun dönem açısından değerlendirildiğinde, ÜKP tam otomasyona geçişte yazılım açısından önemli bir kilometre taşıdır. Firmanın hemen tüm unsurlarının bütünleştikleri bir platformu

oluşturur. Yeniden vurgulamak gerekirse, bu platformun temel taşı ortak veri tabanıdır. Ortak veri tabanı, ÜKP veri tabanı ve programlarının ÜKP dışındaki unsurlarla bağlantısını sağlar. Örneğin, üretimin çeşitli aşamalarında mevcut otomasyon adacıkları ortak veri tabanı kanalı ile firmanın diğer unsurlarıyla bağlantı kurar ve bir adacık olmaktan kurtulup, sistemin entegre bir parçası olurlar. Böylece kullanımlarındaki etkinlik de arttırılmış olur (Ulusoy, 1991).

2.3 Optimum Üretim Tekniği (OÜT)

OÜT, gerçekçi ve optimum bir programla çıktıyı çoğaltmak, stok ve işletim giderlerini azaltmak amacıyla dizayn edilmiş analitik bir tekniktir. OÜT bu amaca ulaşmak için, işletme bazındaki faaliyetleri önemli saymaktadır. Bu yüzden, darboğaz, kuruluş düzeni, parti miktarı, öncelikler, performans ölçümleri gibi işletme bazındaki konular büyük bir dikkatle ele alınmaktadır (Browne vd., 1988).

OÜT sisteminin uygulanabilmesi için öncelikle üretim planı ve ana üretim çizelgesi hazırlanmalı ve malzeme gereksinimleri belirlenmelidir. Bu amaçla MİP yaklaşımını kullanarak malzeme gereksinimlerini belirledikten sonra OÜT sistemini devreye sokmak mümkündür. OÜT sistemi, toplam üretim miktarının darboğaz tezgahlar tarafından kısıtlandığı görüşü üzerine geliştirilmiştir. Bu nedenle OÜT sistemi atölyedeki tezgahları darboğaz tezgahlar ve darboğaz olmayan tezgahlar olmak üzere ikiye ayırır ve bu iki grupta işlerin çizelgelenmesi için farklı yaklaşımlar kullanılır (Gaither, 1992).

Üretim programlaması darboğaza göre yapılır. Önce üretim alanındaki darboğazı olan iş merkezlerinin en üst seviyede çalışması ve darboğaz olmayan diğer bölümlerin tüm üretim zamanı boyunca darboğaz merkezlerini destekleyecek şekilde çalışmalarına göre yapılır.

Optimum üretim tekniğinde üretim programlarının hazırlanması fazla zaman almaz. Çünkü fazla veriye ihtiyaç yoktur ve veri hassasiyeti azdır. Üstelik gereken bilgisayar işlem kabiliyeti de oldukça azdır. Üretim programlarının hızlı hazırlanması, programlardaki değişikliklerin hızlı olmasını sağlayarak esneklik getirir. Program değişiklikleri gün biriminde değil, saat biriminde gerçekleşir. Hızlı program değişiklikleri, benzetimin kullanılmasını mümkün kılar (Plenert vd., 1986).

OÜT 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 (Gaither, 1992).

Sistemin kullanımı kolaydır ve kullanıcı bilgisine fazla ihtiyaç duyulmaz. İşletmedeki darboğazlar tanımlanabilir. Böylece darboğazlarda iyileştirme yapılabilir. Kapasite değişimleri için benzetim tekniği kullanılabilir. Ancak işletmenin yeniden organizasyonunda veri işleme sistemleri değiştirilir. Yeni raporlama sistemlerine ihtiyaç vardır. Verimlilik açısından ekipman değişiklikleri ve yer değiştirmeler gerekebilir.

Gerçek üretim kaynakları hesaba katıldığından çıktının artırılması ve üretim içi stokların azaltılması matematik tekniklerdeki optimizasyon temel alınarak gerçekleştirilir. Üretimin %10 fazlası mevcut kaynakları kullanarak üretilebilir. Üretim içi stokların %20 azaltılması mümkündür (Plenert vd., 1986).

Jacobs (1984), bu tekniğin kurallarını şöyle belirlemiştir:

1. Darboğaz olmayan kaynağın kullanım düzeyi kendi kapasitesi tarafından değil, sistemdeki diğer bazı zorlamalar ile belirlenmiştir. Darboğaz olmayan kaynaklar kapasitelerinin %100'ü ile kullanılmamalıdır. Bunun yerine, planlanmalı ve sistemdeki diğer zorlamalara dayandırılarak kullanılmalıdır. Eğer bu yapılırsa, darboğaz olmayan kaynaklar darboğaz olan kaynakların yapabileceğinden daha fazla üretmezler, böylece stoklar ve işletim giderlerindeki artış da engellenmiş olur.
2. Bir kaynağın etkinliği ve kullanımı eş anlamlı değildir. OÜT düşüncesinde, gereken işi yapmak (yapmamız gerekli olan-etkinlik) ile belirli bir zamanda ihtiyaç olmayan işi yapmak (yapabilecek durumda olduğumuz-kullanım) arasında önemli bir fark bulunmaktadır.
3. Darboğaz olan bir kaynakta kaybedilen bir saat, bütün sistem için kaybedilen bir saattir.
4. Darboğaz olmayan bir kaynaktan bir saatlik bir kazanç, önemsiz bir kazançtır. Darboğaz olmayan bir kaynakta kazanılan zaman, sistem kapasitesi darboğaz kaynaklarca sınırlandırıldığı için, sistem kapasitesini etkilemez.

5. Darboğaz, sistemdeki hem çıktıyı hem de stoku yönetir.
6. İş istasyonları arasında aktarılan parti miktarı, fiilen işlenen partiye eşit olamaz, çoğunlukla olmamalıdır.
7. İşlem yığın boyutu sabit olmamalı, değişken olmalıdır. Bazı darboğaz işlemleri geniş işleme yığınlarına ihtiyaç duyabilirken, darboğaz olmayanlar son stoku ve temin zamanını azaltmak için küçük işleme yığınlarına gereksinim duyabilirler.
8. Kapasite ve öncelikler art arda değil, aynı zamanda incelenmelidir.
9. Kapasite değil, akış dengelenmelidir. Bir işletme yalnız müşterilerin siparişlerini üretmelidir. Her iş merkezi yalnız kendinden sonraki iş merkezinin istediğini üretmeli ve bu, müşterilerin genel olarak gereksinim duyduklarını üretime kadar sürmelidir. Bu stok masraflarını düşürür, işletim giderlerini azaltır ve maksimum çıktı elde edilmesini kolaylaştırır. Bu yüzden, işletme kapasitesi yerine işletme içinde parça akışını dengelemek gerektiği ileri sürülmüştür.
10. Kaynakların verimliliği toplamı, bütün sistemin verimliliğine eşit değildir.

OÜT tarafından ihtiyaç duyulan bilgisayar programlarının bilgileri bir kaç firmanın elindedir. Bu bilgiler de kullanıcılar ile paylaşılmadığı için, zaten yeni bir felsefe olan bu teknik geniş bir kullanım alanına sahip değildir.

2.4 Tam Zamanında Üretim Sistemi

Günümüzde kullanılan tüm üretim sistemlerinin temel amacı en düşük maliyette, belirlenen en iyi kalitede ve yeterli miktarda üretimi zamanında gerçekleştirmektir.

Tam zamanında üretim sistemi, son yıllarda oldukça önem kazanan bir üretim tekniği olmuştur. İlk TZÜ tanımları, ideal üretim sistemlerinin tanımlarından çıkarılmıştır. Monden (1983), şöyle bir tanım yapmıştır; “TZÜ kısa dönemde, gerekli zamanda, gerekli miktarda, gerekli ürünleri üretmektir”.

Hall, bir üretim sistemi ve felsefesi olarak TZÜ'nün tanımını şöyle yapmıştır; “Dar anlamda TZÜ; gerekli zamanda, gerekli yerde, yalnızca gerekli malzemeyi bulundurmaya amaç edinen malzeme hareketi ve iletimidir. Geniş anlamıyla TZÜ; gerekli malzeme hareketini tam zamanında yapan bütün üretim faaliyetlerini kapsar”.

Felsefenin hedefleri; israfı ortadan kaldırmak, kaliteyi geliştirmek, verimliliği arttırmak, ürünlerde ve üretim sürecinde sürekli gelişmeyi sağlamaktır. 1983'den beri TZÜ felsefesinin tanımı değişmedi. Wallace, bu tanımlar altında TZÜ felsefesi tanımını biraz değiştirerek; israfı sürekli olarak ortadan kaldırmaya dayalı, mükemmelliğe ulaşmaya yönelik bir yaklaşım olarak tanımladı.

Bu tanım, malzeme hareketlerinin tam zamanında yapılmasına engel olan tüm problemlerin tanınması ve ortadan kaldırılmasına dikkatleri yoğunlaştırmıştır. Bu farklı bir tanım değildir, fakat gerçekte TZÜ ve onun ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılmasını sağlar (Crowford ve Cox, 1991).

Tam zamanında üretim felsefesi; çalışanların yeteneklerinin tanınması, israfların önlenmesi ve üretim maliyetlerini azaltılması prensiplerine önem vermektedir. Tam zamanında üretim sistemi, yalnızca gerekli parçaların üretilmesiyle süreç içindeki işleri ve stokları azaltmıştır. Bu ise, bir çizelge itme sisteminden ziyade bir talep çekme sistemi olarak tanımlanmaktadır (Finch ve Cox, 1986).

Tam zamanında üretim sistemi, kaynakların her türlü boşa harcanmasını azaltmaktadır. Kullanılmayan her şeyi israf olarak tanımlayan bu amaç sonucunda israfı önleme kavramı geliştirilmiştir. Bu kavrama göre üretim sistemini durmaktan koruyan stoklar en önemli israf kaynaklarıdır. Üretim sürecinin kesilmesine neden olan hatalı parçalar, beklemler ve tezgah arızalanmaları da bu yolda en büyük engellerdir (Bockerstette, 1988).

Tam zamanında üretimin temel hedefi en az kayıp ve mükemmel kaliteyle anında üretimdir. Bu hedef ancak idealde başarılabilir. Bundan amaç, pazarın ürünü talep ettiği anda ürünün hazır olmasıdır. Son anda üretim, firma eğer oldukça düzgün bir talebe sahipse, kârlı ve kayıpsız bir yoldur. Aksi takdirde talebi ya firma düzgün yapmalı, ya da mümkün olduğu kadar esnek olmalıdır. Anlık üretim teslim süresine dolayısıyla darboğaz işlemlerine bağlıdır. Kayıp ise taşıma, depolama, gecikme hatta kontrol gibi ürüne bir değer katmayan faaliyetlerle ilgilidir.

Sonuçta, hammadde üreticisinden satıcıya kadar olan organizasyonda zaman ve kaynak israfı olmamasıyla, son amaç olan en az maliyet en fazla kârlılık ve rekabet seviyesi sağlanır (Voss ve Clutterbuck, 1989).

Tam zamanında üretim felsefesi, iki temel üzerinde kuruludur. Bu iki temel, sürekli gelişme ve kayıpların ortadan kaldırılmasıdır. Kayıplara örnek olarak stok, yeniden işleme, kontrol, malzeme taşıma ve ıskarta gösterilebilir. Bu kayıpların en aza indirilmesi yüksek kalite ve sürekli gelişme ile birlikte üretim içi stokların azaltılmasını ve günlük talebe bağlı günlük üretimin sürekliliğini sağlar (Gottesman, 1991).

TZÜ hem bir felsefe, hem de üretim için yöntemler zinciridir. TZÜ kayıpları azaltmayı, kalite kontrolü ve müşteriye hizmeti ön planda tutar.

Bu felsefe çok miktarda organizasyonel disiplin gerektirir. İşletmede sadece üretim yöntemlerinde değil, aynı zamanda onun kültürel yapısında da değişiklikler gerektirir. TZÜ bir işletmenin sadece çalışmalarıyla değil, bütün faaliyetleriyle ilgilenir ve şöyle bir tanım yapılabilir. TZÜ kayıpları sürekli azaltarak en iyi işlem ve işlem sıralarını amaçlayan bir üretim sistemidir (Adam, 1992).

Tam Zamanında Üretim, kısaca, istenen malzemeyi, istenen parça ve ürünleri, istenen yerde ve tam zamanında bulundurmak şeklinde özetlenebilir. Üretim sırasında, bu işlem tamamlandıktan sonra diğer işlemler için başka birime giden ara ürünün ikinci işlemin zamanında başlayabilmesi için tam zamanında orada olması gerekir ki, bu her aşama için geçerlidir. Böylece bekleme zamanı en aza indirilir.

Üretim programları, belirlenmiş zamanlar için yeterli üretim şeklinde gerçekleştirilir. Bu da işletmenin gereğinden fazla ürün stoklamasına neden olur. Bu eski metodlardan artık vazgeçilmelidir. Bu tip yaklaşım stokları arttırmaktadır, oysa sadece müşteriye satılmış olan ürün para kazanmaktadır. O halde üretim programları müşteri taleplerine göre yapılmalıdır. Bu da müşterilerin siparişlerinin doğru olarak tahmin edilebilmesiyle mümkündür. Müşterilerin siparişleri kadar ürün üretilip satışa sürülebilir. Böylece fazladan ürün stoklaşmaz, ayrıca gereksiz hareketler de engellenir. Daha sık fakat daha küçük sevkıyatlarla çevrim hızı artırılır.

Düşük stok, maliyet tasarrufu demektir. Ayrıca düşük parti miktarları kalite artışını da getirir. Küçük miktarlar üretilirken problemler çabuk fark edilir ve önlenir. Kusur miktarları azalır. Yani düşük stokla çalışmak sadece parasal tasarrufu değil, aynı zamanda kalite artışı ve pazarda lider olmayı sağlar.

Çalışanların düşünce biçimini değiştirmek elbette kolay değildir. Hatta yenilmesi en zor problem budur. İşçiler tezgahların önünde yığılmış malzeme ve ürünle çalışmaya alışmış olduklarından, bunun aksine bir durum başlangıçta rahatsızlık oluşturur. Yönetim bu sorunu uygun bir eğitim programı ile aşmalıdır.

Çalışanlar, TZÜ sisteminin getireceği yararlar, işletmenin tasarruftan kaynaklanan kazancının onlara olumlu bir biçimde geri yansıtacağı (ücret artışları vs.) konusunda bilgilendirilmelidir (Payne, 1993).

2.5. MİP, TZÜ ve OÜT Sistemlerinin Genel karşılaştırılması

MİP organizasyon içinde tüm üretim faaliyetlerini planlamak ve kontrol etmek için kullanılan bir bilgi sistemidir. Ürünler için kullanılan talebin, parça bilgileri, malzeme listeleri, üretim rotaları iş merkezi vb. yoluyla parça ve ürün ihtiyaçlarına dönüştürüldüğü veri ve prosedürleri içerir (Flapper vd.,1991)

MİP, yatırımlarını minimize etmek , üretimi ve etkinliği artırmak ve alıcıya yapılan hizmeti geliştirmek amacıyla kullanılan bir yöntem çizelgeleme ve kontrol tekniğidir (Acar, 1997).

MİP sistemleri ürün çeşidi az, arz ve talebi kararlı biçimde seyreden firmalarda en iyi sonucu vermişlerdir. Bu nedenle MİP sisteminin ancak köklü iyileştirmelerden sonra değişen ekonomik ortamın gereksinimlerine yanıt vereceği düşüncesi yayılmaya başlamıştır. Daha açık bir ifade ile MİP' nın yalnızca stok kontrolünü otomatize eden rolü arttırılacak, üretim için kullanılan tüm kaynakları optimize etmeyi amaçlayan, üretim ile firmanın diğer fonksiyonlarını birleştirmeyi hedefleyen bir yapıya kavuşturulmasının arzu edilen sonucu vereceğine, yönetim fonksiyonuna büyük faydalar sağlayacağına inanılmıştır. ÜKP'nin ortaya çıkışındaki asıl etmen bu olmuştur (Sümen, 1996).

ÜKP, 1960 ların sonunda ortaya çıkan MİP kavramından türemiş ve MİP' in yaptığı ana üretim planını daha detaylı günlük ve haftalık planlara dönüştürmekle kalmamış, bir firmanın satış, satın alma, envanter yönetimi, üretim planlama ve kontrol, muhasebe, finansman, maliyetlendirme, kalite yönetimi gibi tüm fonksiyonlarını tek bir veri tabanı üzerinde entegre olarak sunan bir Endüstriyel Yönetim Sistemi olarak karşımıza çıkmıştır (Kabaş, 1998).

Temelde, kapasite ve diğer üretim kaynaklarındaki kısıtları da dikkate alarak hammadde siparişlerini planlamak ve firmanın fonksiyonlarını bir bütün olarak görme felsefesi olan ÜKP, günümüzde bu işlevi yerine getirmeyi amaçlayan yazılımların ortak adı hale gelmiştir (Sümen, 1996).

ÜKP'nin çeşitli tanımları bazı araştırmacılar tarafından şöyle verilmiştir;

- ÜKP, bir işletmenin kaynaklarını ve operasyon yatırımları yönetmek, tahmin etmek ve kontrol etmek için kullanılan bir araçtır (Wight, 1984).
- ÜKP, hem üretim araçlarının hem de talepleri, çalışabilir üretim planına çeviren prosesleri içeren bütünsel bir operasyon kavramıdır (Schonberger, 1991).
- ÜKP, satın alma, kapasite planlaması, ana çizelgeleme, envanter planlama ve üretim planlama konularını içerir (Krajewski, 1993).
- MİP, operasyonlar içerisindeki küçük çevrimleri kapsar. Büyük çevrim, kapasite planlaması, pazarlama, finansal planlama ve tam bir iş planlaması fonksiyonlarını içerir. ÜKP, temel MİP'nin uzantısı olan ve onun eksik kısımlarını tamamlayan bir tekniktir (Terry and Susan, 1992).
- ÜKP, kapasite, yükleme, takım değişimleri, tasarım işleri ve nakit akışı çizelgelerini hazırlamak için ana üretim çizelgesini kullanan bir sistemdir. (Sümen, 1996).
- ÜKP, MİP' nin geliştirilmiş bir versiyonu değildir. ÜKP, üretim kaynakları planlaması sahasını genişletmek için gösterilen çabayı temsil eder ve firmadaki diğer fonksiyonel alanları planlama prosesine eklemeyi sağlar. (Sümen, 1996).
- ÜKP, işletmenin tüm kaynaklarının etkin olarak planlanması ve kontrolü için başvuru bir felsefe olmasının yanında, aynı zamanda bilgisayar esaslı bir bilgi işlem sistemidir. Rona, 1994).
- ÜKP sistemleri müşteri hizmetlerinin artırılması, stokların minimize edilmesi üretim ve dağıtım kaynaklarının maksimum etkinlik ve verimlilikte kullanılması için geliştirilen entegre yönetim bilişim sistemleridir (Özkoç, 1997).

ÜKP programlarının kolaylıkları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Hazır programlardır. Alınıp, kuruluş koşullarına uyarlandıktan hemen sonra kullanılabilirler.
- Branşlaştıkları dalda dünya çapında geçerlilik kazanmış prensiplere göre hazırlanmışlardır.
- Genellikle kuruluşlara özgü, ancak kısıtlı sayıda fonksiyon veya raporlar için değişikliğe olanak veren yapıya sahiptirler.
- Entegre bilgi yapılarına sahiptirler. Şirketin oluşan bütün bilgilerinin aynı ortamda girilip saklanmasına, ve böylelikle bilginin tek elden üretilip herkes tarafından kolaylıkla ulaşılmasına fırsat sağlar.
- Kurulması sırasında mevcut süreçlerin iyileştirilmesine fırsat verirler.
- Daha çok kriterle daha kısa zamanda analize olanak verirler.
- Etkin stok takibi ve üretim planlamasına olanak verirler.
- Kullanılacak bilgi alanlarının belirli olması ve etkin form tasarımı ile veri giriş zamanlarında azalma sağlarlar.
- Kuruluş çapında sağlıklı otomasyona olanak verirler.

ÜKP' nin zayıf yönleri ise şöyle özetlenebilir;

- Bu sistemlerin tasarlanması ve uygulamaya konması uzun zaman almaktadır. Bu süre içinde, yazılım firmasındaki personel devri dolayısıyla, sistem kuranlar tarafından izlenememekte ve bu arada firma gerekli dökümantasyon ile beslenmemektedir.
- Genel başarısızlık nedenlerinden birisi, sistemi kullanacak olan personelin sistemi tam olarak anlayamamaları ve benimsememeleridir. Bu anlayış, sağlansa bile yazılımın teslim edilmesine ve tam olarak uygulanmasına kadar geçen süre içinde firmadaki personel devri de uyumsuzluk problemi çıkartmamaktadır.
- Tasarım ve uygulamaya geçiş süresinin getirdiği bir diğer sakınca ise, işletme koşullarında meydana gelen değişiklikler ve sistem spesifikasyonlarının demode hale gelmesidir.
- Yine bu süreç içinde, sürekli yeni ihtiyaçların çıkması ve bu ihtiyaçları katmak için yazılım mimarisini değiştirmek ihtiyacı başka bir zorluk kaynağıdır.
- Bir başka sıkıntı ise, firmanın çeşitli bölümlerinin bilgisayar kaynağını paylaşma zorunluluğundan çıkabilir.

- Kullanılacak yazılımı standardize etmek amacıyla yapılan çalışmalarda, değişik bölümler arasında anlaşma sağlamak zor olabilir.

Yukarıda maddeler halinde sunulan kolaylıklar ve zayıf yönler daha çok ÜKP sisteminin bir paket program olmasından kaynaklanan hususlardır.

Belli başlı bilgisayar firmalarının özel isimlerle anılan ÜKP paketlerinde yukarıda belirtilen zorluklar büyük ölçüde ortadan kaldırılmıştır. Örneğin firma içi programlar geliştirilirken bölümler arası görüş birliğini sağlamak için yapılan tanışmalara gerek kalmamaktadır. Sistem hazırdır ve herkes buna uymak zorundadır. Bu amaçla organizasyon değişikliği yapmak gerekse bile, büyük bir direnç söz konusu olmamaktadır.

Hazır paketler sürekli olarak gelişmekte, gözlenen eksikler giderilerek gelişmektedir. Bu sistemleri kuran firmalar, sanki bir kulübün üyesi gibi, gelişmelerden sürekli olarak haberdar edilmekte ve uygulama şansına sahip olmaktadır.

Hazır paketlerin belirtilen ve her üretim çeşidine, organizasyona ve koşula kolayca uyarlanabilen modüler özelliklerine rağmen, uygulama sırasında bazı hususlara dikkat edilmediği takdirde, başarısızlık kaçınılmaz olmaktadır.

TZÜ' e gelince, TZÜ üstünlük, kalite, kısa temin zamanları, düşük envanter, rasyonel tedarikçi ilişkileri ve atölyedeki ürünlerin düzgün akışını düzenli şekilde sürdürmek için yöneticilere iskelet sağlar.

TZÜ yalnızca gerektiği kadar mükemmel kalitede ve israfsız üretimi amaçlayan bir imalat işleminin her yönünü kapsayan bir felsefedir. TZÜ tekniklerin bir serisini kullanır ve düşüncelere güvenir ve atölye faaliyetleri disipline eder. TZÜ' nin altında yatan ana kavramlar:

- Sistemi yeniden dizayn ve basitleştirme,
- Sürekli iyileştirme,
- Görünürlük,
- Çalışanların katılımı,
- Toplar kalite yöntemi,
- Operasyonların standartlaştırılması,

- Kayıpların ortadan kaldırılması.

Amaçlar, teslim edilecek bitmiş tam zamanda üretilmesi: bitmiş ürüne montaj olacak alt montajların tam zamanında üretimi: alt montajlara gidecek parçaların tam zamanında işlenmesi: bitmiş ürünlere çevrilecek malzemelerin tam zamanında satın alınmasıdır. Böylece, geçerli malzeme ihtiyaç planlamasına bir dereceye kadar ihtiyaç duyulur.

TZÜ' de yapılan varsayımlarda talebin kararlı olduğu kabul edilir, böylece bu yaklaşımın tekrarlı imalat için kullanılması daha muhtemeldir. Öteki varsayımlar, bir TZÜ ortamı oluşturmak için imalat sisteminin yeniden dizaynı, odaklaşmış fabrika (focused plant), uygun kontrol sistemi, gerekli tüm kişilerin katılımı, şirket malzeme tedarikçilerinin kullanılabilirliği ve pazara karar vermek için uzun dönemli iş planlama ve ürün ailelerinin tanımı ve hazırlanmasıdır.

TZÜ' nin ana organizasyonel kapsamaları:

- İşlemler TZÜ prensiplerine göre yeniden organize edilecektir.
- Ürün aileleri ve ilgili üretim/montaj hücreleri formüle edilecektir,
- Bölümler arası engeller kaldırılacaktır,
- İyileştirilmiş organizasyon yapısı,
- Hücresel yerleşim kullanılacak,
- Sürekli bir iyileştirme sistemi yerleştirilecek,
- Ürün kalitesi için işlevsel sorumluluğu olacak,
- Çok fonksiyonlu iş uygulamaları sonuçlanacak,
- Çoklu proses sorumluluğu olacak,
- En alt kademeye kadar sorumlulukların paylaştırılması sağlanacak ve böylece otokontrol gerçekleşecek,
- Gerekli kültür değişimi için bir isteklilik olacak.

TZÜ işletme içi ve dışı ve tüm organizasyonel bölümler arası ilişkileri dizaynını kapsar. TZÜ aşağıdaki olaylar yol açar:

- Problemlerin açık görünürlüğü, hedefleri ve başarıları tespit eder,
- Problemlerin sahiplerini ve sorumlulukların açık bir ifadesi,

- Düzgün sürekli akışı kolaylaştırmak için bir tesis konfigirasyonu,
- Minimum hazırlık ve değiştirme zamanları,
- Standardize edilmiş operasyonlar ve süreçler,
- İdeal olarak bir birimlik partideğerine yaklaşmak için parti boyutunukalitelerini azaltma,
- Tüm makine kullanımından daha az kullanım,
- Düz, seviyeli üretim programı,
- Etkin üretim ve envanter kontrol sistemi,
- Koruyucu bakım programları,
- Esnek çok fonksiyonlu işleme uygulamaları,

TZÜ malzeme listelerinin basitleştirilemediği veya daha fazla hücresel ortamın benimsemediği ortamlarda etkin değildir.

TZÜ yerleştirilmesinde anahtar özellikler aşağıdaki gibidir:

- İşçi katılımının davranışı,
- Ürünlerin, süreçlerin ve çalışanların sürekli iyileştirilmesi,
- Geniş eğitim ve öğretim,
- Gerçek bir üretim programı,
- Tedarikçi gelişimi.

TZÜ veri yoğun bir sistem değildir, fakat veri ürünlerin ve proseslerin analizi için gereklidir ve çok kompleks ortamlar bilgisayarla izlemeye ihtiyaç duyabilir.

Yazılım TZÜ için önceden mutlak gerekli değildir fakat ayrıntılı planlama, koordinasyon ve tezgah kontrolü için gereklidir.

TZÜ yol gösterecek bir üst yönetime ihtiyaç duyar ve şirketler bir TZÜ savunucusuna ve yönetim kuruluna gereksinim duyarlar. Aynı zamanda, çok fonksiyonlu görev birimlerine, kalite çemberlerine, bilgisayar bütünleşik teknolojilere ve üretim hücrelerine ihtiyaç vardır. Tedarikçilerinde benzer bir gelişme yapısına ihtiyaçları vardır.

Eğitim aşağıdan yukarıya ve şirket çapında olmalıdır ve kültür ve davranışlarda değişiklik olmalıdır. Temel eğitim gerekli olabilir fakat aynı zamanda toplam kalite kontrolü yöntemi ve kalite çemberi eğitimiyle takım oluşturma çok önemlidir. Tüm felsefeyi, sürekli iyileştirmeyi ve güncelleştirmeyi anlayacak kişilere ihtiyaç vardır.

Çizelge 2.1 Üretim Çekme (Kanban/ TZÜ) ve İtme (MİP/ Kütle üretim) sistemlerinin karşılaştırılması

Sistem karakteristikleri	İtme sistemi (MİP/Kütle üretimi)	Çekme sistemi (Kanban/TZÜ)
Genel yaklaşım	Önceden belirlenmiş bir planı karşılamak için dengelenmiş, durma ve yeniden faaliyete geçme süresine maruz kalan üretim	Talep değişikliklerine çabuk cevap veren basit, esnek , durma ve yeniden faaliyete geçme süresinin minimize edildiği üretim
	Karışık işlemleri idare etmek için geniş bilgisayar şebekesi	En aza indirilmiş kayıt tutma işlemi ve bunları basitleştirilmiş metotlar ile yönetim
	Belli bir iş için yetiştirilmiş tecrübeli çalışanlar	Çok sayıda iş için yetiştirilmiş işi konusunda fikir yürüten çalışanlar (esnek iş gücü)
Tanımlama	En az envanterle malzeme yönetimini amaçlar	Çekilen veya satılan miktarda parçayı üretmeyi amaçlayan bir üretim sistemi
Felsefe farkı	Ana üretim planı sayesinde yürütülür	Montaj planı sayesinde yürütülür
Yönetim farkı	Siparişlerin planlanması sayesinde bir itme sistemi olarak çalışır	Üretimden satışa bir çekme sistemi
Üretim kontrol	Haftalık sipariş planları	Günlük montaj planı ile yapılır
Ön şart	Veri doğruluğu, disiplin, eğitim	Dengelenmiş seviyeli planlama, akış, toplam üretken bakım
Tezgahlar	Özel tezgahlar	Genel amaçlı tezgahlar
	Bir kaç büyük boyda tezgah	Çok sayıda küçük tezgah
	Tezgahların boş kalmaması	Tezgahların hazır bekletilmesi
	Tek amaçlı takım ve iş bağlama düzenleri	Esnek takımlar ve basitleştirilmiş yerleştirme ve iş bağlama düzenleri
	Malzemenin büyük miktarda taşınmasını sağlamak için karmaşık	Bir iş merkezinden diğerine sınırlı malzeme taşıma

	malzeme taşıma sistemleri	
	Üretileninin en fazlası	Gereği kadar üretim
	Her tezgaha bir operatör	Operatör çok sayıda tezgahdan sorumlu
Malzemeler	Tek kaynağın sebep olduğu gecikmelerden kaçınmak için çok sayıda tedarikçi	Her biriyle yakın ilgi kurmak için sınırlı sayıda tedarikçi
	Sabit tesis yerleşimi	Esnek tesis yerleşimi
	Geniş ve az sayıda teslimat	Küçük ve sayıda teslimat
	Depodaki stoklardan çekilir	Üretimden çekilir
	Yüksek miktarda ara stok	Az ara stok
Üretim süreci	Sabit modellenli üretim akışı	Karışık modellenli üretim akışı
	İş gücü yönetilir	Malzeme akışı yönetilir
	Kusurlu üretim belirlenir	Kusurlu üretim önlenir
	Oluşmadan önce problemleri düzeltmek için müh. bölümleri tarafından geniş ölçüde planlama yapılır	Oluştugu zaman problemleri düzeltmek için işçiler, mühendisler ve yönetim tarafından ortaklaşa problem çözülür
	Kalite kontrol bölümü kaliteyi kontrol eder	Her bir çalışan kaliteden sorumludur
	Kalite kontrol edilir	Kalite üretilir
	Kabul edilebilir kalite	Sıfır hata
	Hatalı parçaların toplanıp yeniden işlenmesi	Hatanın yapıldığı noktada giderilmesi
	Giriş kontrol onayı	Yan sanayi sertifikasyonu
Ürün ağacı dosyaları (BOM)	Çok seviyeli	Tek seviyeli
Stok alanları	Bölümlerde veya üretim hücrelerinde	Üretim hücrelerinde
Ana üretim planı	Gelecek planlama periyodu için sabit bir plan	Talepteki değişiklikleri karşılamak için oransal tabanlı (Rate-based) esnek planlama
	Minimum planlama periyodu bir hafta	Minimum planlama periyodu bir gün

	Bilinen talep ve tahminlere dayandırılır	Bilinen talebe dayandırılır
	İtme tipi envanter sistemi kullanır	Çekme tipi envanter sistemi kullanır
Üretim şekli	Tekrarlı üretime daha uygun	Sürekli akış tipine daha uygun
Yönetim kontrol kayıtlarının şekli	On-line ve detaylı	TZÜ kart sistemleri ve bar kodlaması için birkaç bilgisayar kullanılmak suretiyle fiziksel gözlem
Stokların hesaplanması ve kontrol	On-line ve detaylı	Az sayıda bilgisayar kullanımı ile fiziksel kart sistemi
	Üretim başlamadan önce gerekli stoklar olmalı	Üretimi başlatıcı olarak kanban kartlarıyla fiziksel kontrol yapılır
Doğrudan üretim kaynaklarının kontrolü	Direkt iş gücünün kontrolü üzerine odaklanır	Üretim kaynakları üzerine odaklanır özellikle de envanter
Üretim maliyeti	Üretimin gerçekleşmesi için gerekli çok sayıda sabit ve değişken giderlerin toplamı	Hücre seviyelerine indirilen maliyet
Ürün maliyetinin kesinliği	Üretim süreci boyunca bir kesinliğe (doğruluğa) ulaşır	Üretim gerçekleşmeden önce dizayn aşamasında
İskarta ve yeniden işleme maliyeti	İskarta ve yeniden işleme maliyeti kayıtlarını tutmak ve değerini belirlemek için karışık sistemler kullanılır	Kalite geliştiği için ıskarta ve yeniden çalışma miktarındaki azalmayı hesaplayacak sistemlere ihtiyaç vardır
Maliyet performans ölçüleri	Finansal varyasyon analizlerine dayanır	Görünür ve finansal ölçüler kullanılır
Önemli performans ölçüleri	Performans çıktı ve bireysel başarılar tarafından ölçülür (işgücü etkinliği, malzeme kullanımı, giderlerin azaltılması, maliyet kontrol vb.)	Bireysel kalite ve takım üretkenliğinin geliştirilmesi gibi performans ölçüleri (kalite ölçümü, tezgah/ hücre kullanımı, karlılık vb.)

TZÜ sisteminin işletmeye yerleştirilmesi çok büyük sermaye yatırımlarını gerektirmez. TZÜ felsefesinin bazı çok basit prensiplerini kullanarak epey tasarruf sağlamak mümkündür. Temelde fonksiyonel bir yerleşimde, ürün ailelerini ve ilgili hücreleri formüle edileceği zaman bazı yeni makinelere ihtiyaç duyulabilir. Ayrıca eğitim içinde finansman gereklidir.

Bununla birlikte, TZÜ'nin uygulaması batıda zorluklar ve problemle karşılaşmıştır. TZÜ' e girişteki ana problem gerekli kültürel değişiklik olmuştur. Aynı amaçları paylaşmayan tedarikçilerin varlığı, TZÜ' i kullanan şirketler durumsal planlamanın eksikliğinden dolayı umulmadık problemlere dayanıksız olması, kompleks ürünlerin imal edildiği, uzun dönemli veya ayrıntılı planlama veya sistem, "What-if benzetim" mekanizması ve sonuçta bunlarla ilgili bilgisayar yazılımının olmadığı yerlerde TZÜ artan şekilde uygulanamaz hale gelmektedir.

MİP ham maddelerin envanter seviyelerinin, tedarik edilen parçaların ve üretim sisteminin çeşitli kademelerindeki üretim içi stokların üretim programı tarafından belirlendiği için itme sistemidir. Ana üretim planı, ürünü üretim sistemi boyunca iterek, bu envanter seviyelerini yürütür.

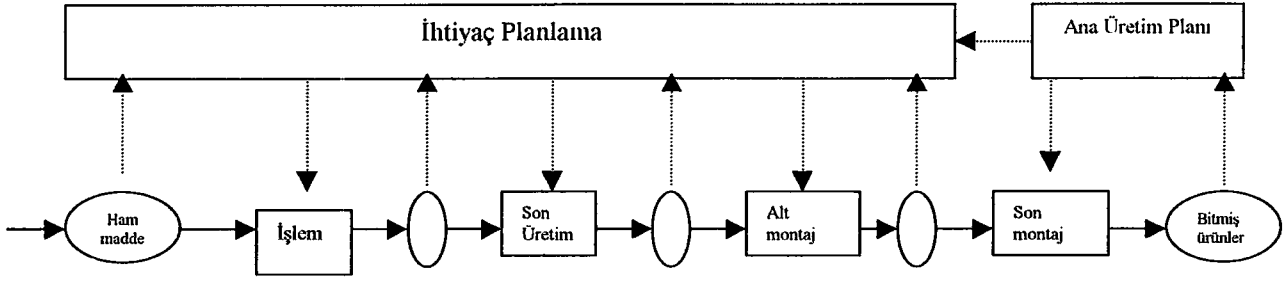
İtme ve çekme sistemlerinin üretim kontrolü açısından karşılaştırılması Şekil 2.3'de ve Çizelge 2.1'de verilmiştir.

TZÜ, üretilen bitmiş ürünlerin miktarlarının doğrudan pazar talebiyle belirlendiği için bir çekme sistemidir. Ayrıca talep, son üründen sırayla kendisinin çeşitli kademeleri ve prosesleri boyunca geriye çekilecektir. Bu tarzda, üretim sistemindeki çeşitli kademelerdeki envanter seviyeleri, Pazar talebinin gerçek miktarıyla çekilecektir.

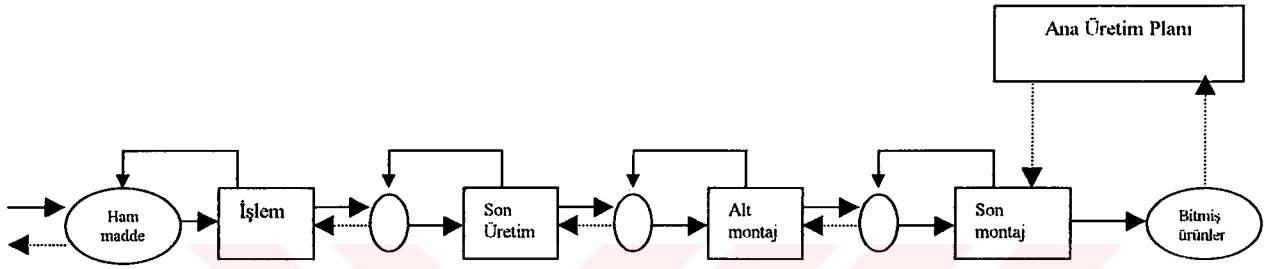
MİP kullanıcısı çok seviyeli planlamaya sahiptir. İş planı olarak ifade edilebilecek en üst seviyede planlama dönemi uzun olacaktır, muhtemelen yıllık olur ve bütçeler bu plana dayanarak hazırlanır. En alt seviyelerde, planlama daha ayrıntılı hale gelecek ve daha kısa dönemlerde uygulanacaktır.

Ayrıntı üretim programlama seviyesinde, ana üretim planı için kullanılan dönem kısaldıkça, imalatçı pazar talebine karşı daha hassas olacaktır. Ana üretim planı için çok kısa bir dönem ve yerleştirilmesi esnasında dahi planları değiştirmedeki kolaylık MİP kullanıcısına tahmin yerine

gerçek ürün taleplerine dayanan imalat miktarlarını planlamaya imkan verir. Bu anlamda, MİP daha az bir itme sistemi ve daha çok bir çekme sistemi haline gelir.



MİP (İtme)



TZÜ (Çekme)

Şekil 2.3 MİP (itme) ve TZÜ (çekme) sistemleri ile üretim sürecinin kontrolü (Flapper vd., 1991)

Aynı yolla, TZÜ kullanıcısı, eğer ayrıntılı üretim seviyesinde değilse, daha yüksek seviyelerde planlamaya ihtiyaç duyacaktır. Nispeten uzun bir periyotta neyin imal edileceğinin tahminleri, hammadde satın alımları ve kaynaklara yatırım gibi üretimin arzu edilen seviyelerini desteklemek için etkin olarak icra edilecek faaliyetlerin gerçekleşmesine ihtiyaç duyar.

Bu yolla, TZÜ kullanıcısı ürün karışımını ve miktarlarını, pazar talebini karşılamak için üretimi çekerek, nispeten kısa sürede değiştirebilmesine rağmen, kullanıcılar planlama yapmak zorunda kalacaklar ve itme sisteminin bir şeklini kullanmak zorunda kalacaklardır. Yukarıda söz edildiği gibi, herhangi bir imalatçı tarafından uygulanan saf itme veya çekme sistemi olması muhtemel değildir. Bu iki saf sistem envanter kontrol yaklaşımlarında iki uç noktadır.

Bunun yerine üretim organizasyonları “itme” ve “çekme” noktaları arasında kendi ortamlarına en uygun olan sistemi seçmeleri gerekir.

MİP'e sahip ve TZÜ uygulamayı amaçlayan şirketler için asıl problem, hangi fonksiyonların MİP sistemiyle, hangi fonksiyonların TZÜ teknikleri ile yürütüleceğinin kararıdır. MİP sisteminin kullanımı TZÜ ile uyumsuz değildir. TZÜ malzeme listeleri ve gelecek talebin tahmini bilgilerinden faydalanır.

2.5.1. MİP ve TZÜ sisteminin bir birine tercih edilme sebebi

MİP ve TZÜ' in ne olduğunu, birinden birinin tercih edilmesi gerekip gerekmediği, ikisinin aynı anda yürüyüp yürüyemeyeceği, yürürse bunun faydalı olup olmayacağı her zaman için işletmelerde merak ve araştırma konusu olmuştur.

Genel düşünce, TZÜ' in bir düşünce, MİP'nin ise yöntem olduğudur. Böyle bakılınca TZÜ ve MİP birlikte kullanılabilir. TZÜ, pazarlama, satış, planlama gibi işlevleri örten bir şemsiye olarak düşünüldüğünde, MİP' de şemsiyenin altında gözükmektedir.

TZÜ gibi MİP'nin amaçları arasında minimum stokla çalışmak da vardır, fakat belli bir felsefe olmadan, MİP ile bu amaca ulaşmak zordur, çünkü malzeme sorumlularına çok fazla sorumluluk yüklemektedir.

The Oliver Wight Companies'den MR. Goddard'a göre stoklar ikiye ayrılmakta. Hareketli stoklar ve hareketsiz stoklar. Gelişme içinde her türlü stoklar azaltılmalıdır. Hareketli stokları azaltmanın yolları arasında teknolojiyi artırmak, yeni alet-edevat almak vs. vardır. MİP ve TZÜ' in ortak amacı her iki türlü stoğun azaltılması. MİP duran stoklarla, ilgilenen bir yöntem ve TZÜ kapsamı altında olan diğer her türlü gelişmelerde TZÜ'e destek olabilir.

Hareketsiz stok, depolarda duran malzeme olabildiği gibi, kuyruklarda sıra bekleyen mamul,yarımamul veya hammadde de olabilir. Kuyrukların uzunluğu, kapasite planlamasının yanlış yapıldığını, dolayısı ile işlemler arası stoğun arttığı anlamına gelir. MİP'nin bu tür stokları, kapasite planlaması yaparak yoketme amacı da vardır.

Ayrıca MİP, stoklar hakkında çok iyi bilgi verir, stoklar açısından iyi bir geleceği görüş sağlar. Bu açıdan MİP ile sürprizlere yer yoktur.

Bir çok işletme, stokları azaltma girişimlerine rağmen, emniyet stoklarından vazgeçememektedir. Çünkü emniyet stokları kalitenin garantisi olarak görülmektedir. Yan sanayiden gelen malzemenin hatalı olması durumunda, bu malzeme yerine emniyet stoğu kullanılmakta, hatalı malzeme ise üretim kuyruğuna sokulmaktadır. Bu da yan sanayiye olan güven azlığından kaynaklanmaktadır. Tecrübeler, kaliteli ve zamanında mal veren yan sanayiler olduğu gibi kalitesiz ve gecikmeli mal veren yan sanayiler olabileceğini göstermiştir. Bu yüzden işletmeler aynı malı veren birçok yan sanayi ile çalışmak zorunda kalmaktadır. Yan sanayinin güvenilir olması durumunda yan sanayi sayısını azaltabilir. MİP, yan sanayiye bu şartlar altında inceleyebilmekte ve bu yolla TZÜ'e yardımcı olabilmektedir. Çizelge 2.3'de çekme ve itme sisteminin satın alma faaliyetleri açısından bir karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 2.3 Geleneksel ve TZÜ sisteminde satın alma faaliyetlerinin karşılaştırılması

Satın Alma Faaliyetleri	TZÜ Sisteminde Satın Alma	Geleneksel Satın Alma
TAM SORUMLULUK Parti büyüklüğünün Belirlenmesi	Küçük partiler halinde sık alımlar yapılır.	Büyük partiler halinde daha az sıklıkta alım yapılır.
Yan Sanayi Firma Seçimi	Belirli bir parça için coğrafi yakınlığa sahip tek bir yan sanayi firması seçilir, uzun vadeli anlaşma yapılır.	Belirli bir parça için çok sayıda yan sanayi firması ile çalışılır, kısa dönemli anlaşmalar yapılır.
Yan Sanayi Firmalarının Değerlendirilmesi	Ürün kalitesi, sevkiyat performansı ve fiyat göz önünde bulundurulur; hiç bir hata oranı kabul edilmez.	Ürün kalitesi,sevkiyat performansı ve fiyat göz önünde bulundurulur; %2'lik ret oranı kabul edilebilir.
Yan Sanayi Firmaları ile Pazarlık	Temel amaç, kaliteli malzeme sağlanması ve her iki taraf için açık olan fiyatlandırma ile uzun vadeli anlaşma yapılmasıdır.	Temel amaç, mümkün olan en düşük fiyatın elde edilmesidir.
KİSMİ SORUMLULUK Gelen parçaların Kontrolü	Gelen parçaların sayımı ve kontrolü azaltılır ve sonuçta ortadan kaldırılır.	Alıcı firma bütün gelen parçaların sayımı ve kontrolünden sorumludur.
Taşıma Şeklinin Belirlenmesi	Taşımada zamanında sevkiyat önemlidir. Sevkiyat planlaması alıcı firmaya aittir.	Amaç daha az taşıma sağlanmasıdır. Sevkiyat planlaması yan sanayi firmasına aittir.
Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi	Alıcı firma ürün tasarımından daha çok performansı ile ilgilenir. Yan sanayi firması yenilikçi olması için teşvik edilir.	Alıcı firma ürün performansından çok tasarımı ile ilgilenir. Yan sanayi firmaları ürün tasarımı konusunda çok az özgürdür.

İLGİLİ KONULAR Yazışmalar	Yazışmalar için daha az zaman harcanır. Sevkiyat zamanı ve miktarları telefon hatları ile aktarılır.	Büyük bir yazışma trafiği vardır. Sevkiyat zamanı ve miktarlarının değiştirilmesi için sipariş emri gereklidir.
Kutulama	Küçük standart taşıyıcılar kullanılır. Malzemenin sayımı ve tanımlanması kolaydır.	Bütün parçalar için alışılmış kutular kullanılır. Malzemelerin tanıtımı ile ilgili herhangi bir işaret yoktur.

TZÜ'e göre bir defadaki üretim miktarı ve makine ön hazırlık zamanları azaltılmalıdır. Bir defadaki üretim miktarıyla makine ön hazırlık zamanı zaten direkt olarak ilgilidir. Başka bir ürüne makineyi hazırlamak için hazırlamak için harcanan süre ile, fazladan tutulabilecek stok miktarı arasında tercih yapmak gerekecektir. Satın almacılar için miktar iskontoları her zaman cazip olmuştur. Çünkü büyük miktarlardaki iskontolar ortadadır, somuttur. Fakat bu malzemenin stokta tutulması maliyeti her zaman bu kadar somut olamaz. MİP, olaylara uzun vadeli ve planlı bir şekilde bakabildiği için kapasite, üretim, stok açısından stok maliyeti ve istontaları karşılaştırabilecek ve bu açıdan TZÜ uygulamasında kararların doğru alınmasına yardımcı olabilecek bir konumdadır.

Bir seferlik üretim miktarını azaltmak için bütün sistemin, yazışmalardan üretime kadar, daha önce bu iş için hazırlanmış olması gerekir. Ve her türlü değişiklik, doğru ve çabuk programları gerektirir. Sadece günlük satan bir işletme günlük üretmelidir, aksi takdirde program uyumsuzlukları yaşanır. MİP' de TZÜ uygulayanlara bu doğru programların en çabuk şekilde yapılmasında yardımcı olabilir.

Klasik sisteme emniyet stoğu ve ara stoklar, işçilerin çalışmasını sağlayan ve üretim akışının kesilmeden sürmesine olanak veren unsurlardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, bu sistemi destekleyen, yüksek üretim miktarını ve emniyet stoklarını öngören MİP sistemleri yaygın ve etkin bir şekilde kullanılmaktadır. TZÜ sisteminin bir parçası TZÜ satın alma bu durumda özem kazanmaktadır. Güvenli yan sanayinin olmaması, ayrı ayrı üretim merkezleri, çok yan sanayi ve birbirinden bağımsız çok sayıda ürün çeşidi olması, talebin mevsimlere göre çok değişken olması, miktar ve sevk zamanına göre fiyat iskontolarının çok olması gibi durumlarda TZÜ satın alma pratik veya ekonomik olmayabilir. Bu durumda, üretimde TZÜ sistemi uygularken, satın almayı, sistemleriyle yapmak mantıklı olabilir. Çizelge 2.4'de itme ve çekme sistemlerini kullanan ülkeler açısından bir karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 2.4 Üretim ve yeni ürün geliştirmede Batı ve Japon uygulamalarının karşılaştırılması (Harrison,1992).

a) Batı

İşlem	Klasik kütle üretimi (İtme tipi)	Klasik (Batı) yeni ürün geliştirme
Üretilecek parti boyutu	Geniş kütle üretimi; Geniş partiler halinde transfer	Geniş kapsamlı veri toplama
Yerleştirme	Atölye tipi	İşlem kümeleri
Süreç akışı	Sıralı	Sıralı
Çalışan katılımı	Düşük	Düşük
Tedarikçiler ile ilişki	Tedarikçiler ile ilişki az	Parça dizaynında tedarikçiler ile ilişki düşük
Kalite	Yüksek kusur oranları yeniden çalışma ile düzeltilebilir	Çok sayıda mühendis çalışır
Otomasyon	Otomasyon adaları robotlar veya transfer tezgahları	Ayrı sistemler (Örneğin BDT sistemleri ile ilişki ihmal edilmiş sistemler)
Temin süresi	Uzun	Uzun

b) Japonya

İşlem	TZÜ Sistemi (Çekme tipi)	TZÜ (Japon) yeni ürün geliştirme
Üretilecek parti boyutu	Küçük parti üretimi küçük partiler halinde transfer	Bilgiler küçük boyutlu toplanır
Yerleştirme	Grup yerleştirme	Proje ekibi tarafından gruplanır
Süreç akışı	Faaliyetler koordine edilir	Eş zamanlı faaliyetler mühendislik çalışmalarıyla aynı zamanda
Yönetim	Kontroller sınırlandırılmış çalışanların katılım seviyesi yüksek	Sınırlı kontrol; proje grubu tarafından yönetim
Tedarikçiler ile ilişki	Tedarikçiler ile yakın ilişki	Parçaların dizaynında tedarikçiler ile yüksek ilişki; teknoloji ve bilgi değişimi
Kalite	Düşük kusur oranları	Az sayıda mühendis görevli
Otomasyon	Bütünleşik sistemler, Otomasyonda süreçler arası akış basit	Otomasyon BDT/BDM/BDÜ ile bütünleştirilir
Temin süresi	Kısa	Kısa

TZÜ Sistemi uygulamaya başlandıkça daha önce kullanılmakta olan MİP sistemlerinden faydalanmak mümkün olduğu için, bir MİP/TZÜ birleşik üretim sistemi ortaya çıkmak durumundadır. Bu birleşik sistemde MİP stok ve üretimi programlarını, TZÜ ise üretimi yapacak ve kontrol edecektir.

Fortune Dergisi'nin ilk 100 listesine giren firmaların bazılarıyla yapılan bir anket sonucuna göre MİP/TZÜ birleşik sistemini kullanırken dikkat edilmesi gereken noktalar şöyle sıralanmıştır.

- Ana Planlama,
- TZÜ işyeri hücresel düzenlemesi,
- Satın alma.

MİP ve TZÜ altında montaj hatlarını çalıştırmakta pek fark yoktur. Fakat montaj hatlarını destekleyen diğer hatlarda itme ve çekme sistemlerinin aynı anda uygulanması karışıklıklara yol açabilir. İşletmede sürekli üretim yöntemiyle TZÜ sistemiyle üretim yapan bölümler de, 'kesik üretim' yöntemiyle MİP sistemleriyle üretim yapan bölümler de buradan parça veya malzeme talebinde bulunacaklardır. Böyle bölümler, itme sistemiyle ürettikleri parçalar için talep geldiğinde gerekli bölümlere yine itme sistemiyle cevap verebilirken, çekme sistemiyle ürettikleri parçalar için talep geldiğinde de gerekli bölümlere çekme sistemiyle cevap verebilmelidirler. Çekme sistemiyle üretilen parçalar için MİP'nin herhangi bir stok veya sevkiyat çalışması yapmasına gerek yoktur.

Üretim alanında TZÜ ve MİP'nin ortak kullanılabilmesi için yapılabilecek şeyler arasında mikro-kanban (bilgisayar) kullanmak önemli bir unsurdur. Bu durumda MİP'e verilmesi gereken veri, otomatik olarak girilmiş olacak, aralarında uzun mesafe olan işlemlere aynı anda ulaşabilecektir. Malzemelerde ve stoklarda, ambara girişten itibaren barkod uygulamasına geçmek de MİP'i rahatlatacak bir uygulama olacaktır. Talep süreleri kısıldıkça ve üretim TZÜ'e kaydııkça stokların azaltılması yolunda gidileceğinden bir çok işlemde kullanılan stokların bir yerde değil, birkaç yerde bulundurulması ve buralardaki stok miktarlarının mümkün olduğunca her çeşitten olması faydalı olacaktır.

MİP ve TZÜ arasındaki fikir farkı şudur: MİP eldeki şartlara ve veriye göre planlama yaparken TZÜ'in amacı mevcut durumu geliştirmektir. Diğer bir fark ise MİP'nin bir bilgisayar desteğine

gerek duymasıdır. Bu da yanında bir sorun getirmektedir. Bilgisayar sadece veriyi işler, gerisi insanlara kalmıştır. Bu yüzden bilgisayar yapıyor diye düşünce tembelliğine girmemek gerekir.

Birçok işletmenin düşüncesi, MİP ve TZÜ' in karşılaştırılabilir kavramlar olmadığıdır. TZÜ bir düşünce iken, MİP bir yöntemdir. Bu işletmeler hala TZÜ' in hedeflediği amaçlara MRP kullanarak yönelmek istiyorlar. MİP' in yeterince başarılı olmamasının sebebi olarak da MİP sistemlerine sunulan verinin disiplin eksikliği sebebiyle ancak % 50-60 oranında doğru olduğunu, bu şartlarda hiçbir sistemin yeterince başarılı olamayacağını söylüyorlar. (---,1992)

2.5.2. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) ve Tam Zamanında Üretim Sistemi (TZÜ) arasında bir köprü olarak Optimum Üretim Tekniği (OÜT)

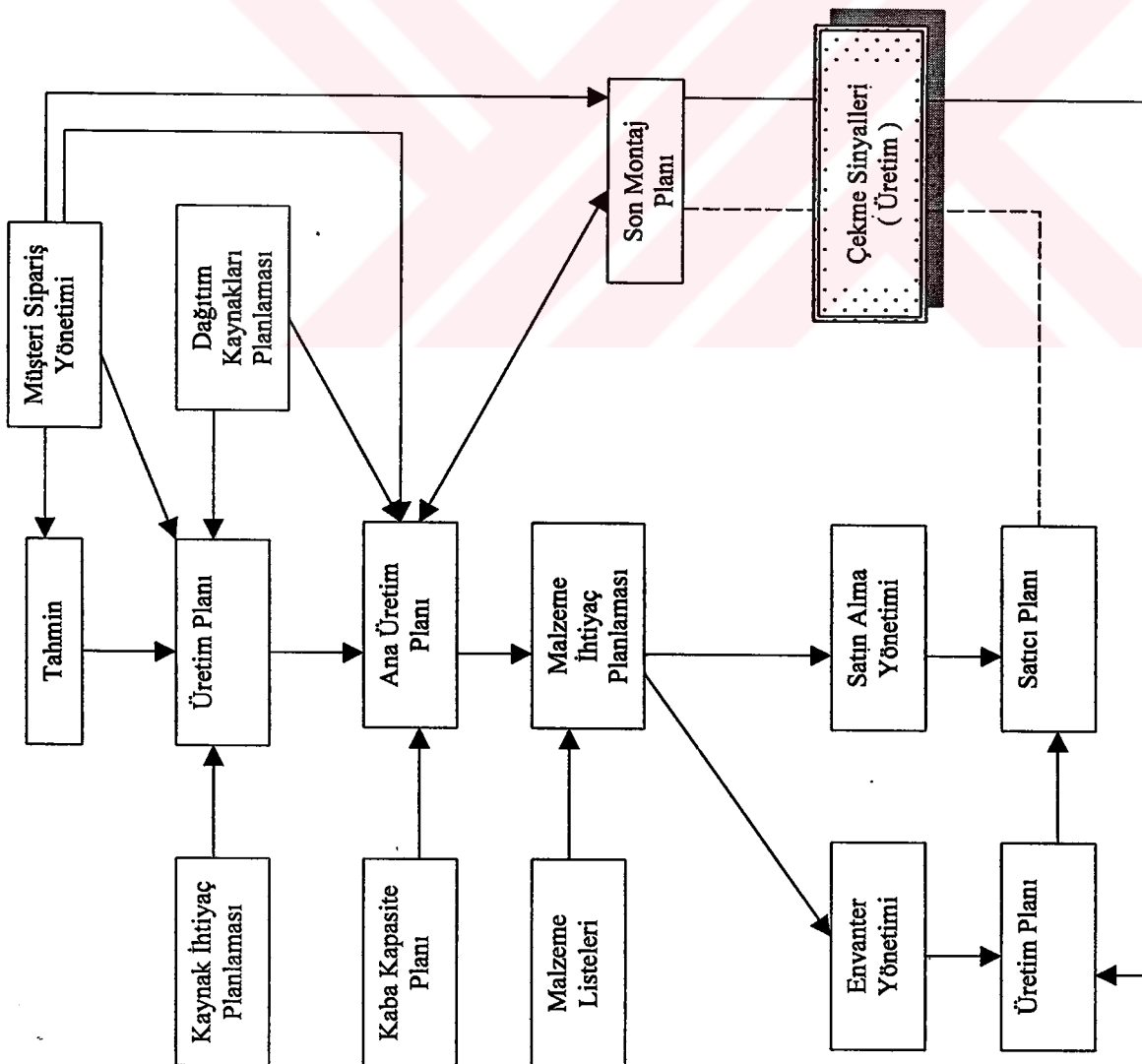
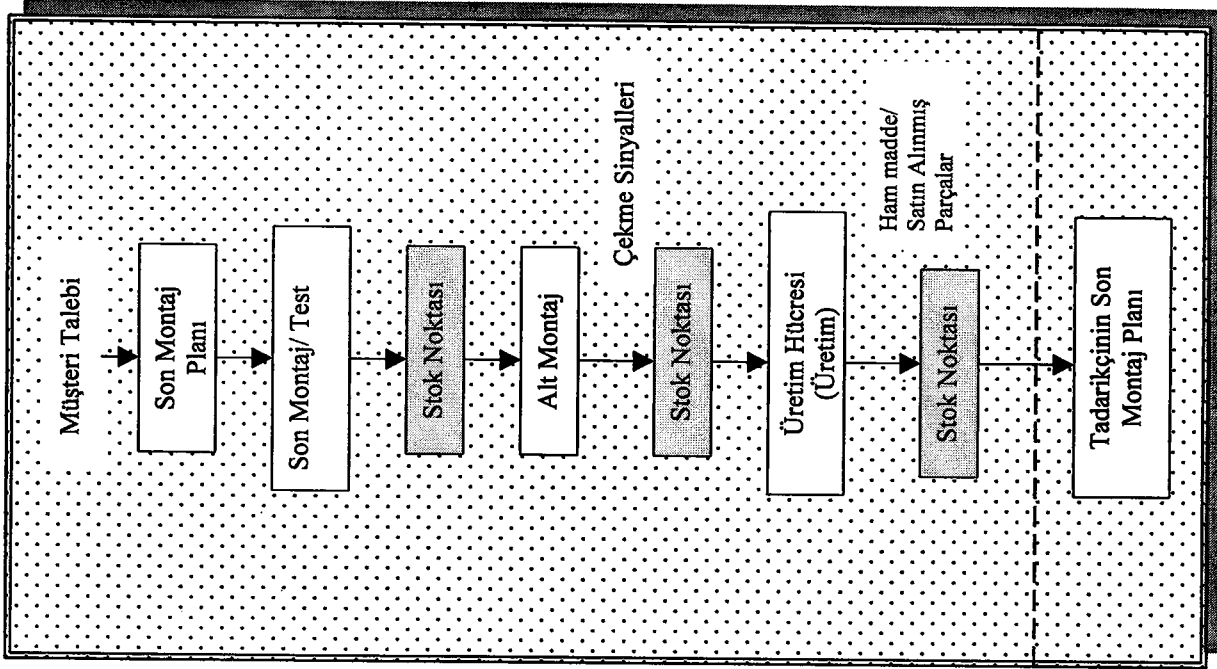
OÜT'nin ortaya çıkını hazırlayan asıl neden MİP sisteminin en iyi yönü olan bilgisayar veri tabanı ile TZÜ sisteminin en iyi yönü olan akış hızında artış sağlamak ve kayıpları azaltmak özelliklerinin tek bir sistemde toplanmasının istenmesidir.

OÜT, MİP, ÜKP ve TZÜ sistemi arasında bir köprüdür ve bu sistemlerin tipik özelliklerine sahiptir (Ptak, 1991). Şekil 2.4'de sistemin genel yapısı gösterilmiştir (Bose ve Rao,1988).

OÜT herhangi bir organizasyon için üretim yönteminde daha çok etkin olacak MİP itme TZÜ çekme mantığının belli bir kombinasyonu göstermeyi iddia eder. OÜT kavramı itme ve çekme mantığının bir kombinasyonun ana üretim planı içinde birleştirileceğidir. Bu mantık imalatçı tarafından karşılaşılan kısıtların kabulü ve bu kısıtlar dahilinde imalat planlamasının maksimum etkinlikte yapılmasıdır.

OÜT felsefesinde batı endüstrisinin bazı yerleşik inanışları elimine edilmeye çalışılmıştır. İlk elimine edilen inanış batı endüstrilerinde dar boğazlara olan ilginin azlığıdır.

OÜT ile elimine edilen bir diğer düşünce de hazırlıkların her yerde azaltılmaya çalışılması düşüncesidir. OÜT' de hazırlıklar sadece darboğazlarda düşürülmeye çalışılır. OÜT' de göre darboğaz olmayan kaynaklarda bir zaman kazancı sadece bir hayaldir ve çıktıya etkisi olmaz. Bu düşünceden hareketle taşınacak partilerle işlenecek partilerin büyüklüklerinin standart parti büyüklüğü belirleme kurallarıyla belirlenmesine gerek olmadığı ortaya çıkar. Aslında, OÜT' ne taşınan partiler işlenen partilerden genelde çok daha küçüktür. Parti büyüklüklerini belirleme



Şekil 2.4 OÜT sisteminin genel yapısı (Bose ve Rao, 1988)

işi, darboğazlarda kullanılan malzemenin zamanında yer alması ve darboğazların verimli çalışması temeline dayandırılmıştır.

OÜT'nin elimine ettiği bir diğer kavram da Maliyet Muhasebesi kavramıdır. Maliyet muhasebesinin çalışanları her kaynakta hazırlık ve işlem süresi tasarrufu yapmaya motive ettiğine inanılmaktadır. Böyle bir motivasyonun sonucu, ara stok maliyetlerinde artış daha uzun çevrim süresi ve sonuçta darboğazlar çıktının artışını engellediklerinden çıktı miktarında herhangi bir artış sağlanamamasıdır.

OÜT' de bilgisayar programı olmadan da sonuç türetebilmesine çalışmaktadır. Bu düşünce bugün için küçük ölçekli firmalar için mümkün olmakla birlikte ölçek büyüdükçe uygulama zorlaşmaktadır. OÜT' nin paket programına felsefenin yerleştirildiğine ve bununla etkili ana programların, malzeme ve kapasite ihtiyaç planlarının ve diğer ayrıntılı programların yapılabileceğine inanılmaktadır. Bu plan ve programlardan sonra işleri sıralayan, prosesi ve taşınacak parti büyüklüklerini belirleyen nihai programlar üretilir.

Analitik olarak OÜT atöyle düzenleme, yeni atölye hazırlıkları, grup teknolojisi hücre düzenlemesi, yeteneklerin yeniden ele alınması ve darboğaz operasyonların yeniden çözümünde, imalat sistemlerinin modelleşmesinde kullanışlı olmayı amaçlanmıştır. Hızlı işlem sürelerine ulaşabilmek için, OÜT' yi çeşitli atölye yüklemelerinde, hazırlık zamanlarını belirlemede ya da yeniden düzenlemelerde çıktı ve maliyetlerin test edilmesinde kullanmak mümkündür.

OÜT felsefesi, şirketin amacına yaklaşmasını sağlayan her adım için verimliliği arttırmaya çalışır. OÜT' ye göre bir imalat şirketi için ana amaç para kazanmaktır. Bütün yapılanlar bu amaca ulaşmak içindir.

OÜT her imalatçının para kazanma amacına ulaşabilmesindeki başarısını ölçmede üç ana kriter kullanılır. Bu kriterler; Satılabilir çıktı, envanter ve işlem giderleridir.

1. Satılabilir Çıktı: Satılabilir çıktı, sistemin satışlardan elde ettiği parayla ilgili bir orandır. Satılabilir çıktı, imalat çıktısından farklı bir kavramdır. OÜT' ye göre çıktıların bir kısmı satılabilir çıktı olurken bir kısmı da fire olarak verilmiştir.

OÜT stoktaki bitmiş ürünlere karşı geleneksel yaklaşıma farklı bir boyut getirmiştir. Satılabilir çıktı anında satılarak nakite çevirebilecek üretim birimidir.

2. Envanter: OÜT envanteri; hammadde, ara stoklar ve bitmiş ürünler şeklinde sınıflandırır. OÜT tezgah gibi sermaye yatırımlarını net bugünkü değerleri üzerinden ele alır. Bu yüzden tezgahlar da envanter olarak kabul edilir. Aynı mantık işin diğer tüm sermaye yatırımları için de uygulanır.

3. İşlem Giderleri: Bu giderler, sistemin envanteri satılabilir çıktıya dönüştürürken yaptığı harcamaların tümüdür.

Bu harcamalar; genel giderleri yönetim giderlerini, malzeme depolama maliyetlerini, işçilik maliyetlerini, ücretleri vb. pek çok gideri içerir. Kısaca, imalatçı tarafından yapılan direkt ve indirekt giderlerin tamamını kapsar.

4. Ölçütlerin Rolü: Bu üç ölçüt arasındaki ilişki Goldratt tarafından şöyle açıklanmıştır: “Satılan çıktı sisteme giren paradır. Envanter sistemin içinde şu anda yer alan paradır ve işlem giderleri de satılan çıktıları oluşturmak için ödediğimiz paradır.”

Bu üç ölçütteki değişimler (satılabilir çıktı miktarında artış ya da envanter düzeyinde düşüş vb. gibi) şu üç finansal ölçüte etki eder;

- Net kazanç,
- Yatırımlarda geri ödeme,
- Nakit akışı.

Bu etkiler şöyle sıralanabilir;

- Sadece satılabilir çıktı miktarındaki artış aynı zamanda net kazanç, yatırımların geri ödemesi ve nakit akışında da artış anlamına gelmektedir. Eğer bir firma, envanter düzeyi işlem giderleri sabit iken daha fazla ürün satıyorsa; bu, içeriye daha fazla para akışı, daha büyük kazanç sağlandığını ve yatırımların sonuçların daha çabuk alınacağını gösterir.

- Aynı sonuç işlem giderlerindeki bir azalış ile de sağlanabilir. Eğer bitmiş ürünün üretim maliyeti, envanter düzeyi ve satılabilir çıktı düzeyi sabit iken azaltılırsa; net kazanç, nakit akışı ve yatırımlarda geri ödeme hızının artacağı açıktır.
- Envanterdeki azalış ise doğrudan yatırımların geri ödeme hızına ve nakit akışına etki eder. Hammadde maliyetleri ve işlem giderleri azalmadığı için envanterdeki azalışın net kazançla direkt bir etkisi yoktur.

OÜT felsefesi imalatın ana amacı olan para kazanma temeline dayanmaktadır. Bu amaca ulaşmak için OÜT, atölyelerdeki kritik kaynakları belirlemeye çalışır. Bu yüzden, darboğazlar, hazırlıklar parti büyüklükleri, öncelikler, rassal dalgalanmalar ve performans ölçütleri gibi atölye konularına derin bir ilgi gösterilir.

5. Darboğazlar: Bir imalat organizasyonu, hammaddeden nihai ürüne gelinceye kadar imalat kaynaklarının kullanımı içeren bir sistem olarak düşünülebilir. Bir imalattaki kaynaklar; darboğaz olan ve darboğaz olmayan kaynaklar şeklinde sınıflandırılabilir. Darboğaz şöyle tanımlanabilir; “Fabrikanın üretebileceğinden daha fazla yüklenen bir nokta ya da alandır”.

Darboğaz, tüm üretim prosesinin ürettiği çıktıyı sınırlayan bir makine olabilir. Benzer şekilde, yüksek yetenekli ya da özel operatörler, az bulunan araçlar da darboğaz olarak düşünülebilir.

6. Hazırlık Zamanları: Bir kaynakta harcanan zamanlar, üç şekilde sınıflandırılabilir. İşlem zamanları, hazırlık zamanları ve aylak zamanlar şeklinde gösterebileceğimiz bu sınıflandırma darboğaz olmayan kaynaklarda tam karşılığını bulur. Bununla birlikte, darboğaz kaynaklar için aylak zamanlara rastlanmaz.

Darboğaz hazırlık zamanında bir saatlik kazanç tüm sistemde bir saatlik kazançtır. Bu da, tüm sistemin çıktı miktarındaki artışa neden olacaktır.

Darboğaz olmayan kaynaklarda, hazırlık zamanlarından kazanç sadece aylak zamanı arttırır. Sistemin toplam çıktısına bir etkisi olmaz. Bununla birlikte darboğaz olmayan kaynaklarda hazırlık sürelerini azaltmanın bir avantajı vardır. Hazırlık süreleri azaltılarak daha sık hazırlık yapılabileceğinden parti büyüklükleri azaltılabilir. Daha küçük parti büyüklükleri çıkıntıyı tek başlarına arttırmazlar ancak envanter düzeyinin ve bazı işlem giderlerinin azalmasına neden olabilirler.

7. Parti Büyüklükleri: Atölyede kontrol edilmesi önelli olan bir diğer değişken de parti büyüklüğüdür. Bu, organizasyonun çıktı ve envanter düzeyinde çok yakın bir şekilde bağlı çok önemli bir değişkendir. Geleneksel olarak, imalat prosesinde bir çeşit parti büyüklüğü tanımlanmıştır. OÜT bundan farklı düşünür ve iki farklı parti büyüklüğü olması gerektiği savunur. Buna bir örnekle açıklamaya çalışalım;

Bir montaj hattında kullanılan partileri belirlemede iki olası çözüm yolu bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, parti büyüklüğünü bir olarak düşünmek yani bir montaj hattından diğerine sadece tek bir parçanın hareket ettiğini varsaymaktır. Diğer ise parti büyüklüğünü sonsuz kabul etmektir. İki varsaymaktır. Diğer ise parti büyüklüğünü sonsuz kabul etmektir. İki varsayım da bakılan perspektif açısından doğrudur. Ürünü baz olarak baktığımızda parti büyüklüğü birdir. Kaynağı baz alarak baktığımızda parti büyüklüğü sonsuzdur. (Jones, 1990).

2.5.3. OÜT' ne göre atölye sınıflandırma

OÜT' ne göre atölyeler V, A ve T tipi atölyeler şeklinde sınıflandırılırlar. Harflerin şekli atölye hakkında fikir verebilir. V tipi atölyelerde çok az malzeme, pek çok nihai ürünü oluşturmak üzere birleşirler. Bir atölyenin tipi belirlendikten sonra, onun çalışma şekli tahmin edilebilir. Aslında, hiçbir atölye tam olarak bu üç modelden birine dahil edilemez. Bununla birlikte, bu üç tipten birisi ol atölye için ağır basacaktır.

V tipi atölyelere petrokimya ve çelik üretimlerinde daha sık rastlanır. Genellikle, iyi proses akışına ve basit bir yerleşime sahiptirler. Sermaye yoğunurlar. A ve T tipi atölyeler göre daha kısa temin süreleri ve daha yüksek stok devir hızlarına sahiptirler.

V tipi atölyelerde stok yığılmalarına bakarak darboğazları belirlemek daha kolaydır. V tipi atölyelerde darboğazlar genellikle atölyenin en geniş ve en pahalı parçasıdır.

A tipi atölyelere ise gemi yapımının gerçekleştirildiği atölyeler örnek olarak gösterilebilir. A ve T tipi atölyeler, V tipinden farklı malzeme listelerine sahiptirler. Bu tip atölyeler V tipi atölyeler kadar sermaye yoğun değildirler. Yüksek envanterlere ve uzun temin sürelerine sahiptirler.

A ve T tipi atölyelerde çoğunlukla pek çok fiziksel atölye, montaj atölyesi ile birleşecektir. Bu, tüm bölümler arasındaki eş zamanlılığı sağlamanın zorunlu olduğu anlamına gelmektedir.

A tipi atölyelerde darboğazları saptamak çok daha zordur. Bu tip atölyelerde darboğazları belirlemeye yönelik yaklaşımlardan birisi, uzun bir zaman periyodu içinde montajdaki kısıtlıkları belirlemektedir. Bu şekilde darboğazların belirlenmesi konusunda önemli ipuçları elde edilebilir.

Darboğazdaki işlemlerin eş zamanlı hale getirilmesi çok zordur. Olası yollardan biri parti büyüklüklerine bakmaktır. A tipi atölyeler işlemleri meşgul tutmak için parti miktarlarını geniş tutarak çalışırlar. Böylece envanterler ve temin süreleri azaltılır.

T tipi atölyeler ise A tipi atölyelerin geliştirilmiş bir türüdür. T tipi atölyelerde çok sayıda parça, pek çok şekilde birleşerek pek çok nihai ürünü oluştururlar. Bir otomobil fabrikası T tipi atölyeye bir örnektir.

2.5.4. OÜT' de genel kavramlar

OÜT bir şirkete para kazanmasına, nakit akışları ve yatırımdan dönem net kara dayanarak performansını iyileştirmesine yardımcı olmak için dizayn edilmiş bir yaklaşımdır. OÜT kaynakların etkin programlanmasıyla oldukça ilgilidir. Amaçları şunlardır:

- Akışı maksimize etmek,
- Envanter mimimizasyonu,
- İşletme masrafları minimizasyonu.

OÜT' nin ana kavramları:

- İşlemsel ölçüler,
- Darboğazlar, yüksek miktarlara uygulandığı gibi, oldukça kararlı ortamlar,
- Partileme-prosesleri ayırma ve partilerin transferi,
- Darboğaz kaynaklarının kontrolü üzerinde yoğunlaşma,
- Teslim tarihlerini türetmek için darboğaz programlarını kullanarak, darboğazları maksimum kapasitesine programlama,
- Darboğaz programları ile diğer operasyonların senkronizasyonu.

OÜT' nin ana organizasyonel kapsamı değişimi kabul etmeye ve klasik finansal muhasebe yaklaşımını unutmak için istekliliktir. Eğitim ve öğretimde önemli yatırımlar gereklidir. Darboğaz olmayan alanlarda programla sorumluluklarının formenlere delegasyonu zorunludur.

OÜT' nin ana karakteristikleri şunlardır:

- Yazılım tarafından desteklenen bir felsefedir ve bir felsefe ve yazılım paketi olarak değerlendirilmelidir,
- Tam bir felsefe değildir fakat operasyonel kontrole çok yakındır,
- Önem karlılık ve sürdürülmesi üzerindedir,
- Bir nokta çözümü değildir ve OÜT'nin yerleştirilmesinde ortamın değeri saptanmalıdır,
- Akış maksimizasyonu ve envanter ve işletme maliyetleri minimizasyonu ile operasyonel ölçüler geliştirilmelidir,
- Yüksek miktarlarda imalat yapan endüstrilerde mekanik süreçlerin montajında çok iyi çalışır,

Odak noktası, teslim zamanlarıyla belirlenen önceliklere dayanan optimum programın hesaplanmasıdır. Fikir oluşturan yazılım paketi felsefenin önemli bir parçasıdır. Gizli algoritmalar, danışmanların emirleri takip etmek için bir hazırlık olması anlamına gelir ve böylece bu tüm sistem kurulma maliyetinin pahalı bir parçasıdır.

OÜT alt sistemleri, sonlu kapasite planlaması ve darboğaz kaynakların yüklenmesi gibi modelleme süreçlerin parçası olarak basit bir malzeme listesi (BOM) anlamına gelir.

OÜT politikaları, geniş bir eğitim öğretimle üst yönetim idaresine, tüm seviyelerde oldukça işçi yatırımlarına, problemleri çözmek için istekliliğe ve bir OÜT destekleyicisine sahip olmak zorundadır. Veri ihtiyaçları, dinamik verilen, darboğaz ve yakın darboğaz verilerinin doğruluğudur. Statik veriler için yanlışlığın bazıları tolere edilebilir.

Bir çok OÜT yerleştirilmeleri paketler arasındaki verilen değişimiyle MİP'nin gerisinde olmuştur. OÜT yazılımı, kapasite ve parti hacimlerinden temin zamanlarını türetme ve programlamadan modellemeyi ayırır. Termin tarihleri önceliğe belirtirken, teslim tarihleri kapasite hususlarından türetilir. Yazılım ayrıca bazı TZÜ fikirlerini oluşturur.

OÜT bir entegrasyon oluşturur, herkesin birbiriyle konuşmasını ve işlerin darboğaz alanlarından darboğaz olmayan alanlara çekilmesini sağlar. OÜT modeliyle MİP veri tabanının entegrasyonuna ihtiyaç vardır (Lockamy ve Cox, 1991).



3. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ

TZÜ kavramı organizasyonun tüm kısımlarında ortadan kaldırılacak, Japonca'da kayıp “muda” ve düzensizlik “mura”, felsefesi tarafından gelişmiştir. TZÜ' nün dünya çapında çok büyük ilgi toplamasının temel nedenlerinden biri, sistem üzerindeki tüm kayıplar üzerinde odaklaşmasıdır. TZÜ son yıllarda, atölye uygulamalarını aşan bir organizasyonel felsefe haline gelmiştir. Bir işletmede, bölümlere ait kayıplar ve engellerin sürekli ortadan kaldırılması TZÜ' in desteklenmesinde önemli rol oynarlar. Üretici olmayan organizasyonlarda bile, benzer kavramlar, rekabet avantajlarını elde etmek için uygulanabilir (Lockamy ve Cox, 1991).

70'li ve 80'li yıllarda Malzeme İhtiyaç Planlaması gündeme gelirken; bugün, yani 90'larda ise üreticiler Tam Zamanında Üretim kavramından yararlanmaktadırlar (Titone, 1996).

Montagno vd., (1995) tarafından çeşitli üretim kuruluşları üzerinde yapılan bir araştırmada, işletmelerin %52.7'sinin üretim stratejisi olarak TZÜ'yi uyguladığı ve sistemin bu şirketlerde ortalama 5.5 yıldır kullanıldığı görülmüştür.

TZÜ felsefesine üretim sanayi, özellikle son yirmi yıldır büyük bir ilgi duymaktadır. Üretim yönetimindeki geleneksel yaklaşımlara ve tekniklere temelden zıt olmasına rağmen TZÜ, üretim sanayii içinde büyük bir destek bulmuş ve gerek teknik, gerekse teknik olmayan literatürde bu felsefe yoğun olarak ele alınmıştır (Temponi ve Pandya, 1995).

3.1 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Gelişimi ve Felsefesi

Tam Zamanında Üretim sistemi literatürde sıfır stok, stoksuz üretim, Japon üretimi, Japon stok sistemi, Toyoto üretim sistemi, kanban sistemi (Dicasali, 1986; Zangwill, 1987a;1987b; Heiko, 1989; Ohno ve Mito, 1989; Gilbert, 1990; Inman ve Bulfin, 1991; Vora vd., 1990; Billesbach, 1991) olarak tanımlanmaktadır.

Bununla beraber, tam zamanında terimi, bu yeni üretim sistemini tanımlamak için kullanılan en yaygın terimdir. Ancak gerek tam zamanında üretim nitelemesi, gerekse diğer nitelemeler bu işletmecilik olgusunu anlatmada eksiklikleri nedeniyle yanıltıcı kalmaktadırlar. Bu nokta ülkemizdeki uygulamacılar arasında da yanılgılara yol açmış, TZÜ felsefesi, yanlış bir biçimde üretim ortamında etkinliklerin tam zamanında yerine getirilmesi şeklinde algılanmıştır. TZÜ ne

bir paket programdır, ne de karışık formüller kullanan ve en iyi çözümü bulmaya çalışan bir yöntemdir; TZÜ, bir felsefedir. Tam Zamanında kavramı da bu yeni felsefeyi oluşturan bileşenlerden sadece bir tanesidir (O'Grady, 1988).

Birçok yazara göre (Henderson, 1990; Orth vd., 1990; Ramesesh, 1990; Arogyaswamy ve Simmons, 1991; Chin ve Rofuse, 1993; Spencer vd., 1994; Hung vd., 1995), TZÜ'nin temelinde üretimin her aşamasında israfi önleme amacı bulunmaktadır. Bir işletmede, ancak tüm israfın önlenemediği noktada TZÜ gerçekleşecektir. Başka bir ifadeyle, TZÜ'nin gerçekleşebilmesi, israfın ne ölçüde ortadan kaldırılabilmesine bağlıdır. TZÜ felsefesi ürünün değerini arttırmadan maliyet ekleyen tüm unsurları israf olarak tanımlamıştır (Billesbach ve Schniederjans, 1989; Inman ve Mehra, 1989). İsrafi ortadan kaldırmak; müşteriye hizmet veya ürüne doğrudan değer eklemeyen tüm faaliyetleri en az düzeye indirmek anlamındadır. İsrafın ortadan kaldırılması işletmenin her biriminde gerçekleştirilebilir (Bermudez, 1991).

Toyota'da TZÜ uygulamalarının ilk geliştiricisi ve destekleyicisi Taiichi Ohno, üretimdeki yedi israfi şöyle belirlemiştir (Johnston, 1989):

1. **Aşırı üretimden doğan kayıplar.** Hazırlık zamanlarını azaltarak, uygun bir yerleştirme ve çalışanların katılımıyla önlenabilir. Sadece ihtiyaç duyulan üretimi yapmak gerekir.
2. **Bekleme zamanından doğan kayıplar.** Eş zamanlı iş akışı ve esnek işgücü ve ekipman sayesinde dengeli yükleme ile önlenir.
3. **Taşımadan doğan kayıplar.** Parça nakil ve taşımaları ortadan kaldırmak için iyi bir yerleştirme, eğer taşıma ortadan kaldırılamıyor ise iyi bir taşıma sistemi kurmak.
4. **İşlemden doğan kayıplar.** Değer analizi kullanarak ortadan kaldırılabilir.
5. **Gereksiz stoktan doğan kayıplar.** Tüm kayıpların azaltılması, stok kayıplarını azaltır.
6. **Hareketten doğan kayıplar.** Azaltmak ve basitleştirmek için metot etüdü. Azaltmak verimliliği, basitleştirmek kaliteyi geliştirir.

7. Hatalı parçaları üretmekten doğan kayıplar. Hataları önlemek için yeni bir işlem kur, düzelinceye kadar hatalı parçaları bir sonraki süre gönderme. Kaliteli işlemde kaliteli ürün ortaya çıkar.

İsrafi önleminin aynı derecede önemli üç temel bileşeni vardır:

İsrafi önleminin birinci temel parçası, üretim sürecinde denge, eş zamanlılık ve akış sağlamaktır. İkincisi, kalite için işletmenin tavrıdır, temel düşünce üretimi bir seferde ve doğru yapmaktır. Üçüncüsü, önceden gerekli olan çalışanların katılımıdır. Atölyeden üst yönetime, organizasyonun her üyesi israfın önlenmesinde ve israfa sebep olan üretim problemlerinin çözümünde söz sahibi olmalıdır (Hay, 1988; Woodgate, 1990).

Üretimin her aşamasındaki stoklar (hammadde, yarı mamul, mamul stokları) ile kalitesizlik (satın alınan ve üretilen parça ve yarı mamullerde hatalar) en temel israf unsurları olarak belirlenmiştir.

Bu nedenle, üretimde TZÜ felsefesinin uygulaması, stok azaltmak ve ürünlerin kalitesini geliştirmeyi amaçlar (Golhar vd., 1990).

Sıfır stok ve sıfır hata bu yüzden TZÜ felsefesinin idealize edilmiş işletme amacı (Vollmand vd., 1988; Huchins, 1989; Harris, 1990; Bukey ve Davies, 1989) olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu hedeflere ulaşmak pratik olarak mümkün olmadığından, burada önemli olan, bu iki hedef doğrultusunda aşırı stoku azaltmak, ürün kalitesini geliştirmek, üretilen ürünlerin maliyetini düşürmek, müşteri siparişlerini daha çabuk karşılamak için hazırlık zamanlarını azaltmak (Lawrence ve Deshpande, 1993; Golhar ve Deshpande, 1993; Norris vd., 1994; Deshpande ve Golhar, 1995) ve verimliliği arttırmaktır (Forbes, 1989).

Bu noktada, TZÜ sisteminin temel hedefinin diğer klasik üretim sistemlerinin temel hedefinden farklı olmadığı görülmektedir. Ancak TZÜ felsefesini diğer klasik sistemlerden ayıran farklı ve yeni olan tarafı, bu felsefenin üretim ortamındaki problemleri kapatmak ve olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmak yerine, problemlerin temeline inerek çözümlemek için sürekli çaba harcamayı özendiriyor olmasıdır.

Genellikle işletmeler üretim problemlerini saklamak için, yüksek düzeyde stok ve emniyet stoku tutarak, bu problemlerin olumsuz etkilerini örtmeye çalışırlar. TZÜ sistemi, ürünün tam zamanında hareketini önleyen tüm problemlerin belirlenmesi ve ortadan kaldırılması üzerine odaklanır (O'Grady, 1988; Adair, 1991; Harrison, 1992) ve bu yönüyle yeni bir felsefe ve amaçlar bütünüdür.

TZÜ'nün problemleri ortadan kaldırma çalışmasının işleyiş biçimi şöyledir: Az miktarda stok üretim sürecinden kaldırılır, bu küçük problemlerin oluşmasıyla sonuçlanır. Dikkatli çözümler bulunduktan ve yerleştirildikten sonra, üretim sistemindeki kayıplar yok edilir ve böylece maliyet düşer kalite yükselir (Miltenburg, 1990). Stoku yok etme yolu, çözümler bulma ve soruna yol açan kayıpları ortadan kaldırmak için adım adım iyileştirme yapma üretim sisteminin kayıpsız üretim yapmasına (Bu kayıpsız üretim, mükemmel kalitede, doğru zamanda doğru miktarda ve mümkün olan en düşük maliyetle üretimdir.) kadar sürekli tekrarlanır (Miltenburg ve Winjgaard, 1991).

Stoklar ortadan kalktığı ve problem çözüldüğü zaman şu gerçekleşecektir; Bitmiş ürünler tam satılacağı zaman üretilip teslim edilecek, alt parçalar tam zamanında bir üst ürüne monte edilecek, işletmede üretilen parçalar tam zamanında alt montajlara gidecek ve satın alınan parçalar tam zamanında atölyede işlenen parçalara çevrilecektir (Lockamy ve Cox, 1991; Fawcett ve Birou, 1993).

3.2 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Temel Kavramları

90'lı yılların rekabete dayalı dünya pazarlarında işletmeler, üretimin iyileştirilmesi ve işlem sürekliliğine doğru yönelerek ayakta kalmayı öğreniyorlar. Bugünün hızlı değişen pazar ortamında, pazara düşük maliyetli, yüksek kaliteli ürün verebilen şirket pazar payının çoğunu elde edecektir. Üretim yönünden yönetim, sistemdeki aşırı ıskarta miktarını düşürme yollarını ararken, aynı zamanda uygun üretim kalitesini sürekli olarak sağlamak durumdadır (Mejabi ve Wasserman, 1992a).

TZÜ başarılı bir şekilde yerleştirmek için yönetime düşen, TZÜ'nün felsefesini, karakteristiklerini ve mantığını anlamak ve düşünülmesi gereken tüm organizasyonel fonksiyonlar üzerindeki değişikliklerin etkisini tanımaktır (Kimball, 1987).

Tam zamanında üretim ortamında; üretimin tüm aşamalarında israfın ortadan kaldırılması hedefine ulaşabilmek için, aşağıda belirtilen ikincil hedeflerin gerçekleştirilmesi gereklidir:

- **Miktar Kontrolü.** Talebin miktarında ve ürün tipinde oluşacak değişkenliklere karşı sistemin uyum sağlayabilmesi için gereklidir.
- **Kalite Güvencesi.** Her sürecin, bir sonraki sürece kaliteli parçaları iletebilmesini sağlar.
- **İnsana Saygı ve Güven.** Sistemin insan kaynağından gerekli şekilde yararlanabilmesi için çalışanlarına değer verdiğini göstermeli ve onların önerilerini dikkate almalıdır.

Üretimin sürekli akışı veya talepteki miktar ve çeşit olarak değişimlere uyum sağlanması, iki anahtar kavramla gerçekleştirilir.

- **Tam Zamanında.** Gereken parçaları, gereken miktarlarda ve gereken zamanda üretmek anlamındadır (Monden, 1983).
- **Özerklik (Japonca Jidoka):** Jidoka (özerklik/otonomasyon), özerk hata kontrolü olarak tanımlanır ve bizzat çalışan tarafından yapılan hata kontrolünü ifade eder. Özerk ifadesinin kullanılmasının sebebi, çalışana sorumlulukların yanında, bazı yetkilerin de (üretimi durdurma yetkisi) verilmiş olmasından kaynaklanır. Özerk hata kontrolü tekniği, iki temel sistem içerir:
 - Üretimdeki hataları tespit etmeye yönelik bir sistem,
 - Hatalar tespit edildiğinde üretim hattı veya tezgahı otomatik olarak durduran bir sistem.

Özerklik, Toyota sisteminde kalite kontrol fonksiyonunu içeren bir tekniktir. Bu kavram, hatalı parçaların üretim akışına karışıp sonraki süreçlerde üretimi kesintiye uğratmasını engelleyerek tam zamanında kavramını destekler. Üretim esnasında bir hata ile karşılaşıldığında, üretim hattının durdurularak soruna anında müdahale edilmesini ve düzeltici önlemlerin alınmasını sağlar. Böylece benzer hataların tekrarı da önlenmiş olur (Johnston, 1989).

Bu iki kavram; “Esnek işgücü”, talep değişimlerine göre çalışan sayısının değiştirilmesi (Moore, 1988) ve “Yaratıcı düşünce”, çalışanların önerileri ile sürekli gelişmenin sağlanmasıdır.

TZÜ ortamında bu dört kavramın gerçekleştirilebilmesi ise, aşağıda belirtilen sistemlerin devreye girmesi ile sağlanmaktadır:

- Tam zamanında üretimi gerçekleştirebilmek için kanban sistemi,
- Talep dalgalanmalarına uyum sağlayabilmek için üretim dengeleme yöntemleri,
- Temin sürelerini azaltmak için tezgah hazırlık zamanlarını azaltma yöntemleri,
- Hat dengesinin sağlanabilmesi için işlemlerin standardizasyonu,
- Esnek işgücü kavramını gerçekleştirebilmek için yerleşim planlaması ve çok fonksiyonlu işçiler,
- Sürekli gelişmeyi sağlamak üzere sorun çözme grupları ve öneri sistemleri,
- Otonomasyon kavramını gerçekleştirmek üzere görsel kontrol sistemleri,
- İşletme genelinde kalite kontrol yaklaşımını uygulayabilmek için işlevsel yönetim modeli.

Bu durumda, TZÜ felsefesinin uygulanabilmesi için, işletme içinde birçoğu yıllardır kullanılan teknikler olan bir dizi üretim yönetimi tekniğinin sistematik bir yapı çerçevesinde devreye girerek işlerlik kazanması gerektiğini söyleyebiliriz.

Ancak tüm bu karmaşık gibi görünen yapı çerçevesinde, sistemin temelinde “etkinliklerin ufak çalışma grupları tarafından iyileştirilmesi” ilkesinin yer alması, TZÜ felsefesinin özünü açıklamaktadır (Monden, 1983).

3.3 TZÜ Sisteminin Temel Elemanları

TZÜ uygulaması, israfı ortadan kaldıran, maliyetleri azaltan ve toplam kalite kontrolü ve çalışanın katılımını sağlayan süreçlerin benimsenmesi olarak kabul edilir. TZÜ sistemini yürütme girişiminde bulunan üretim firmaları, bu elemanları tedarikten pazarlamaya kadar bütün iş fonksiyonlarında yürütmeye çaba gösterirler. O halde, bir işletmenin TZÜ ortamı altında çalışması için, stok, üretim ve bakım gibi iç işlemlerin yeniden gözden geçirilmesi gerekebilir. Buna ilaveten, satıcı-alıcı ve müşteri-tedarikçi ilişkileri incelenip bu ilişkiler şirketin TZÜ bakış açılarına uygun hale getirilebilir.

İşletmeler, çoğu zaman, İşletme içersinde TZÜ ortamları ile ilgili belirgin ölçülere ihtiyaç duyarlar. Aşağıda açıklanan TZÜ elemanları, başarılı bir TZÜ sistemi için açık ve net gereklilikler olarak nitelendirilmektedirler (Temponi ve Pandya, 1995).

TZÜ sisteminin temel elemanları; odaklanmış fabrika, kısaltılmış hazırlık zamanları, grup teknolojisi, planlı bakım, çok yönlü işçiler, dengeli iş yükü, satın alınan parçaların tam zamanında teslimi, kanban, toplam kalite kontrol ve kalite çemberleri olarak sıralanır (Chu ve Shih, 1992; White, 1993; Temponi ve Pandya, 1995).

3.3.1 Odaklanmış fabrika

Odaklanmış fabrika yaklaşımı, ilk olarak W.Skinner tarafından ortaya konmuştur. Odaklanmış bir fabrikadaki üretim sistemi, pazardaki belirli bir kesimin; yani belirli müşterilerin, dar kapsamlı işleri ve istekleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bir TZÜ sistemi, üreticilerin, sınırlı sayıdaki bir müşteri grubu üzerinde yoğunlaşan ve bu grubun işlerini en mükemmel şekilde yapan üretim stratejilerine destek verir (Romero, 1991; Temponi ve Pandya, 1995).

3.3.2. Temin süreleri ve hazırlık zamanlarının azaltılması

TZÜ felsefesi altında, hazırlık zamanlarının az sayıda partiyi ekonomik olarak uygun bir şekilde üretmek için azaltılmasına gerek duyulur. Parti büyüklüğünün az olması, stok seviyesi kadar üretim temin sürelerini de azaltır. En az sayıda stok, kalite problemlerinin bulunmasını kolaylaştırır. Parti büyüklüğünün azaltılması, parti üretim süresini, dolayısıyla üretim temin sürelerini de önemli ölçüde azaltacağından, işletmenin talep değişikliklerine hızla uyum sağlaması artacaktır (Vickery, 1989).

Hazırlık zamanlarının azaltılmasının üç temel nedeni vardır; parti büyüklüğü azaltılabilir, temin süreleri kısaltılabilir ve esneklik artırılabilir (Hong vd., 1992). Büyük parti boyutunun anlamı sadece yüksek stok seviyesi değil, aynı zamanda düşük kalite, ıskarta, tekrar işleme ve gereksiz masraf riskinin daha büyük olmasıdır. Geleneksel olarak üretilen bir parti tamamlandıktan sonra muayene edilir. Eğer bir kalite problemi varsa, büyük bir miktar üretilene kadar bu problem ortaya çıkmaz. Bu ürünler ıskarta olacak veya yeniden işlenecektir ve üretim işe yaramayacaktır. Bu problemin ortadan kaldırılması için, hazırlık zamanlarında

ve işlem boyunca ilave muayene yapılması gibi çeşitli yollar vardır ama gerçek çözüm, mümkün olduğunca parti boyutunun azaltılmasıdır.

Verilen bir üretim süresi içinde hazırlık sürelerinin en aza indirilmesi, toplam üretim süresini azaltacağı gibi, hem üreticiye, hem de müşteriye faydaları geliştirecektir. Hazırlık süresindeki esas etkin azalma, müşterilerine karşı daha sorumluluk sahibi olmaya çalışan firmalar için oldukça önemlidir.

Esnek üretim, pazar ihtiyaçlarının değişimine göre farklı üretim hatlarında artan ve azalan üretim zamanlarıyla başarılı ve bu esnek üretim sadece azaltılmış temin süreleriyle mümkün olur. Temin sürelerini azaltan kısa hazırlık süreleri, üretim programının daha kolay değiştirilmesine izin verir. Böylece, üretim programı veya son montajın tespit edildiği talep zaman çevrimi de azaltabilir. Daha kısa hazırlık süreleriyle, firmanın üretim çıktıları müşteri taleplerini daha iyi karşılar.

Böyle bir program başarıldığı zaman firma, tahminlere göre yapılan üretim programından daha iyi bir şekilde siparişleri karşılar. Eğer üretim direkt müşteri taleplerine bağlanırsa, bitmiş ürün seviyesi potansiyel olarak sıfır olabilir. Sıfır stoka ulaşmak için, temin süresinin kısa olması gerekir. Temin süresinin kısa olması için, parti büyüklüğünün küçük olması gerekir. Parti büyüklüğünün küçük olması için de hazırlık sürelerinin kısa olması gerekir.

Hazırlık süresi azaltıldıkça, parti büyüklüğü de yönetilebilir hale gelir. Sadece işlemin sürekli ve dikkatli gelişmesiyle veya maddi yatırımlarla bu sonuç elde edilebilir. Amaç, ayarlamanın bir düğmeye basılmasıyla veya bir kaldırıp hareketiyle mümkün hale getirilmesidir. Aletlerin yeniden tasarımı veya yeni tezgahların satın alınması gerekebilir.

Tek amaçlı tezgahlar, tek bir işlem için basit olmalıdır. Özel bir eğitim almamış elemanların kullanabildiği genel amaçlı tezgahlarda da, hızlı ayarlama ve daha büyük esneklik sağlanabilir. Bu tezgahların birçoğu, hazırlık zamanını ve değişimi en aza indiren hızlı ayar kontrolü ekipmanlarıyla donatılır ve bazıları daha sonra CNC tezgahı haline dönüştürülebilir.

Geçmişte NC tezgahlarının büyük bir dezavantajı vardı; kullanım için yüksek becerili teknisyenler gerekiyordu. Ancak, kolay kullanımlı CNC tezgahları sayesinde iyi eğitilmiş personele az veya hiç ihtiyaç duyulmadan, ayar ve üretimde yüksek esneklik sağlanmıştır.

Yanlış anlaşılan bir nokta, Japon fabrikalarının ağızına kadar robot ve yüksek teknoloji ekipmanlarıyla dolu olduğuna inanılmasıdır. Bu inanış, gerçekten çok uzaktır. Bazı Japon işletmeleri robot kullanımında ilerleseler bile, çoğu eski moda ekipman ve tezgahlar kullanmaktadır. Ancak, bu ekipmanları TZÜ yaklaşımıyla çok etkin bir şekilde kullanmaktadırlar.

Benzer motorlar üreten Toyota, Chrysler ve Ford firmaları arasında bir karşılaştırma yapılmış, Amerikan atölyelerinin daha geniş olduğu motor başına yaklaşık 6 kat daha fazla işçi saati kullandığı ve 7-20 kat daha fazla stok bulundurdukları ortaya çıkmıştır. Toyota'da hiç robot yoktur Amerikalılar ise robotlardan faydalanmaktadırlar. Üretimde mükemmellik, çok yönlü tezgahların kullanımıyla elde edilemez ama basit ekipmanların akıllıca ve tecrübeli bir şekilde kullanımıyla başarılabılır.

Özet olarak; Birçok geleneksel firmada, hazırlık zamanı gerekenden daha uzundur. TZÜ yaklaşımında hazırlık zamanının azaltılmasıyla parti boyutunun düşürülmesi çok önemlidir.

Bir hazırlık zamanı kısaltma programı, çok küçük parti boyutunun mümkün olduğu yerlerde hazırlık zamanının azaltılmasını gerektirir. Bu hedef, sadece müşterilerin istediği üretimin yapılabilmesi ve atölyede yapılacakların seri bir şekilde düzenlenmesini içerir.

Hazırlık zamanlarında yaklaşık %50'lik bir kısalma, ayarlama sürecinde çalışmalarla ve yaygın his ve deneyimlerin uygulanmasıyla başarılabılır. Dahası, tezgah ve takımların uygun gelişimleri ve adaptasyonlarıyla önemli kısaltmalar sağlanabilir. Bu gelişmeler, genellikle çalışma alanı içinde tasarlanıp yapılır ve herhangi bir özel beceri gerektirmez. Hazırlık zamanı, bu akılcı yöntemler kullanılarak kısaltıldıktan sonra, daha fazla gelişme için yeni ekipmanlar satın alınır. Bu yeni ekipmanlar yüksek teknoloji, işleme özel, basit ve esnek olur (Maskell, 1989).

Bilindiği gibi tam zamanında üretim ortamında, üretimin dengelenebilmesi, öncelikle esnek imalat sistemlerinin devreye girmesini ve temin sürelerinin kısaltılmasını gerektirmektedir. Başka bir anlatımla, bu iki ön koşul yerine getirilmeden üretimin dengelenebilmesi mümkün değildir.

Tam zamanında üretimin gerçekleştirilebilmesi için üretim hatlarının, talepteki değişmelere uyumlu olarak, aynı gün içinde çeşitli ürün tiplerini ufak miktarlarda üretebilecek şekilde düzenlenmesi gereklidir. Çeşitli ürün tiplerinin ufak miktarlarda üretilebilmesi ise, temin sürelerinin kısaltılması ile sağlanacaktır. Toyota'da üretimin günlük talep dalgalanmalarına uyumlandırılması hedefi, her ay sonunda tahmini aylık üretim planı ile, kanban sistemi aracılığıyla gerçekleştirilen üretim miktarları arasında % 10'luk bir farkın oluşmasına yol açar. Bu farkın, üretim ortamında fazla envanter ya da fazla işgücü gibi sorunlara yol açmasını engellemek için Toyota sisteminde, bayiden sipariş alınmasından hemen sonra üretime başlayabilecek esneklikte bir yapılanma gerekecektir. Bir siparişin anında üretime dönüştürülebilmesi ise temin sürelerinin önemli ölçüde kısaltılmış olmasını gerektirmektedir. Bu durumda, yan sanayici eğer % 10'luk bir envanter birikimini göze almak istemiyorsa, Toyota Fabrikasından kanban gelir gelmez üretime başlayacak şekilde; kısaltılmış temin süreleri ile çalışmak zorundadır. Ancak burada sözü edilen kısaltılmış temin süresi kavramı, saat 8.00'da dökümden çıkan bir motor gövdesinin saat 17.00'da montaj hattından çıkmakta olan bir otomobile takılması anlamına gelmektedir.

Temin sürelerinin bu şekilde kısaltılmış olmasının temel yararları aşağıda özetlenmektedir:

- Kısalan üretim temin süreleri, bir işletmenin siparişe göre üretim yapma becerisini artırır; bu şekilde Toyota'da özel siparişe göre üretilmiş arabaların çok kısa sürede teslim edilmeleri mümkün olmaktadır.
- İşletme, ay içindeki talep dalgalanmalarına hızlı bir şekilde uyum sağlayabildiğinden, bitmiş ürün stok düzeyleri minimize edilmiş olacaktır.
- Değişik süreçler arasındaki dengelenmemiş üretim zamanları ve katile büyüklükleri azaltılmış olduğundan, süreç içi envanter düzeyleri azalacaktır.
- Bir model değişikliği söz konusu olduğunda, eldeki ölü stok miktarı minimum düzeyde olacaktır.

Bir ürün için, temin süresi 3 temel elemandan oluşmaktadır:

- Her süreçte, işlem zamanı. (Bir katile için üretim zamanı)
- Süreçler arasındaki bekleme zamanı.
- Süreçler arası iletim zamanı.

Toyota sisteminde, temin süresini oluşturan bu zamanların nasıl kısaltıldığı Şekil. 3.1'de özetlenmektedir (Acar,1997):

3.3.2.1. Tek birimlilik üretim ve iletim

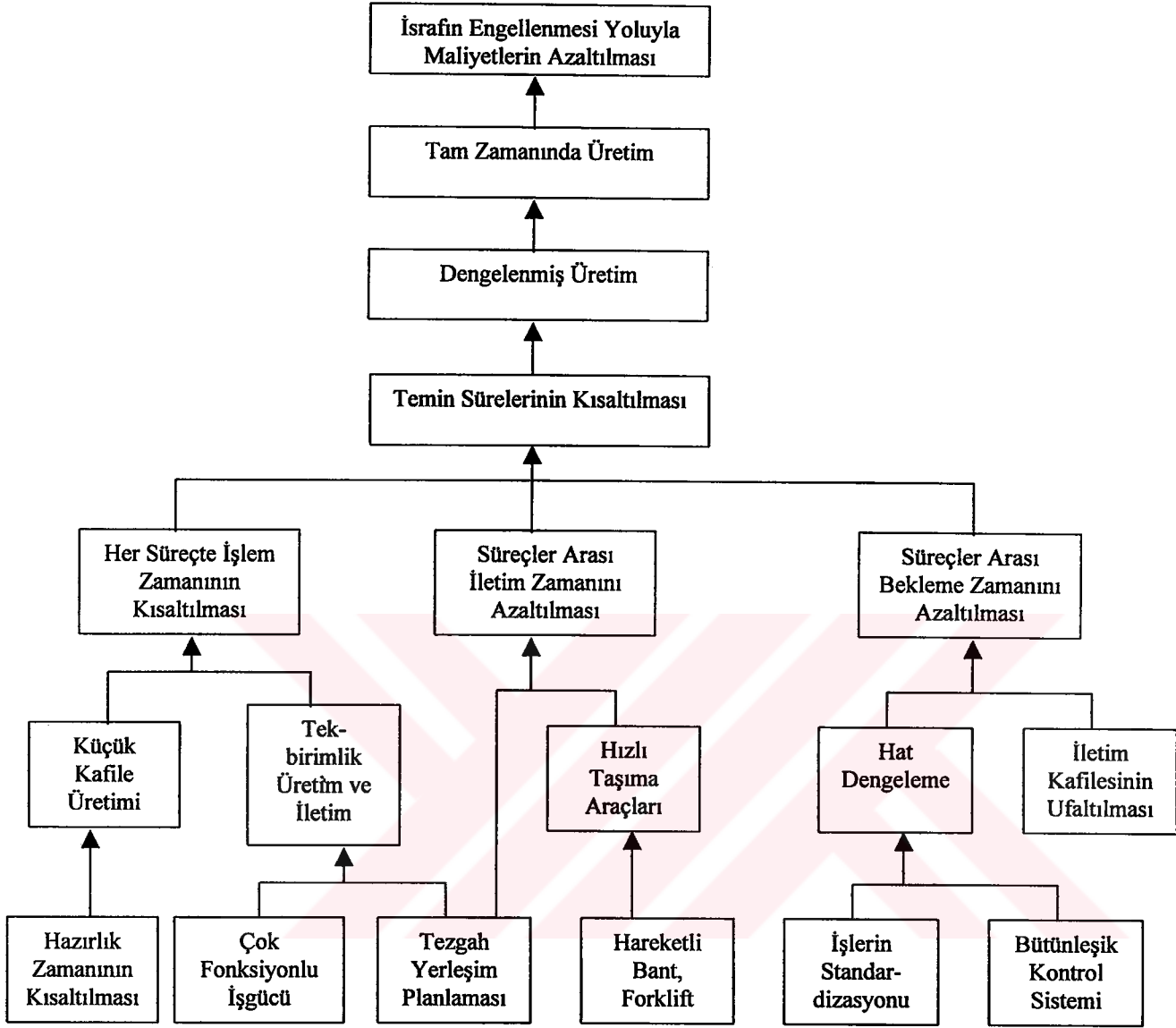
Toyota uygulamasında, temin sürenin azaltılmasında ilk aşama olarak Ford sisteminin temel özelliği oluşturan bant sistemine dayalı hareketli montaj kavramı rafine edilmiştir. Standart formunda bu bant sistemi bir birim ürünün montaj hattından çıkma süresini, esas alan bir zaman aralığına uygun olarak çalışır. Bu hatalarda, her süreçteki işlem ve geçiş zamanları toplamının eşitlenmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, bu montaj hatalarının, her istasyondaki işlem zamanını eşitleyecek şekilde bölünmesi, başka bir anlatımla her istasyondaki işlemlerin aynı zamanda başlayıp aynı zamanda bitmesi, diğer taraftan istasyonlar arası iletim zamanlarının da eşitlenmesi ve geçişlerin tüm istasyonlar için aynı zamanda başlayıp aynı zamanda bitmesi gerekmektedir. Ford sisteminde, süreçler arası iletim zamanlarını eşitleyebilmek için hareketli bant kavramından yararlanılmıştır.

Toyota üretim sistemi temel ilkeleri yukarıda tanımlanan hareketli bant sistemi kavramına dayanmaktadır. Hareketli bant sisteminde her çevrim zamanı sonunda bir birim bitmiş ürün üretilmekte ve hat üzerindeki her istasyonda bir birim yarı mamul tamamlanmış olmaktadır. Bu hatalarda çevrim zamanı eşitlenmiş işlem ve iletim zamanları toplamı olarak belirlenmektedir. Toyota sisteminde, bu tür bir üretim akışı “tek birimlik üretim ve iletim” (Ikko Nagare) olarak tanımlanmaktadır.

Her ne kadar, tek birimlik üretim ve iletim kavramı bugün pek çok işletmenin montaj hatlarında yaygın bir şekilde kullanılsa da, montaj hattını besleyen diğer süreçlerin kafiye üretimi ilkelerine göre çalıştığı ve genellikle bu süreçlerde oldukça büyük kafiyelelerin üretildiği bilinmektedir.

Diğer taraftan, Toyota uygulanmasında, tek birimlik üretim ve iletim kavramının son montaj hattının dışında, bu hattı besleyen diğer süreçleri de içerecek şekilde genişletilmiş olduğu görülmektedir. Bu çerçevede, tek birimlik üretimin gerçekleştirilmediği süreçlerde kafiye büyüklüklerinin çok ufaltılmış olduğu dikkati çekmektedir. Bu şekilde, Toyota üretim sisteminde, tek birimlik üretim akışlarının montaj hattına bağlanan süreçleri de içine alacak şekilde ve entegre bir biçimde uygulanması amaçlanmaktadır.

Bu açıdan değerlendirildiğinde, Toyota sisteminin, Ford sisteminin temelini oluşturan ilkelerin devamı olduğu görülecektir (Acar,1997).



Şekil 3.1 Temin sürelerinin kısaltılması

3.3.2.2. Çok fonksiyonlu işgücü

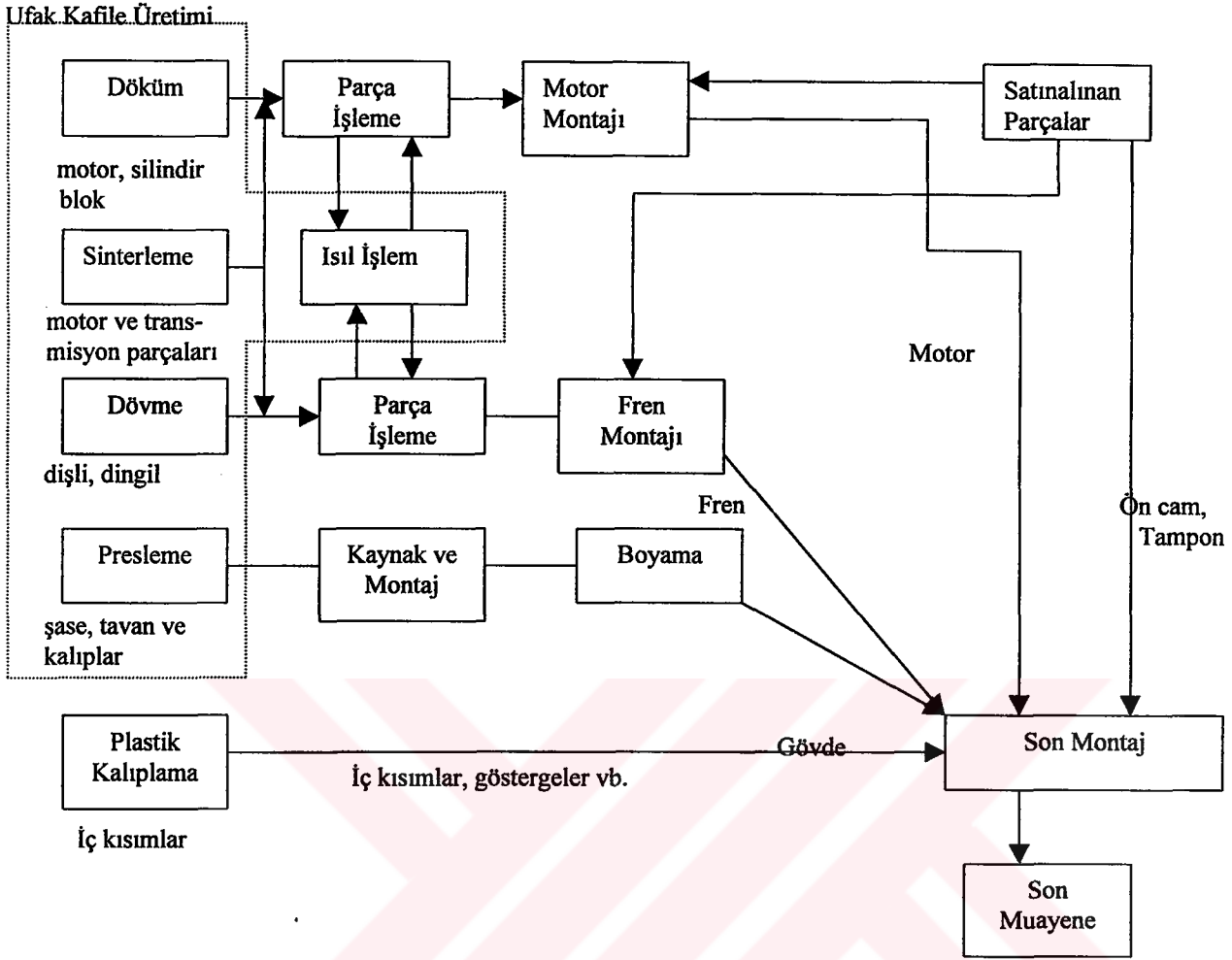
Toyota sisteminde, tek birimlik üretim hedefini gerçekleştirebilmek için çok fonksiyonlu işgücünün çok sayıda sürece nezaret edebilmesine olanak verecek şekilde yerleşim planlarının revize edilmesi gerekmiştir. Özellikle tezgahların yerleşimleri, her bir işçinin aynı anda birden fazla tezgahı kullanabilmesini sağlayacak şekilde planlanmıştır.

Örneğin Toyota Fabrikası dişli imalat bölümünde, bir işçinin 16 tezgahı çalıştırmasını sağlayan düzenlemeler yapılmıştır. Taşlama, kesme vb. farklı işlemleri gerçekleştiren bu tezgahların tek bir işçi tarafından nasıl çalıştırıldığı aşağıda incelenmektedir:

Çok fonksiyonlu işçi, daha önceki süreçten gelen dişliyi alarak ilk tezgaha yerleştirir. Bunu yaparken, ilk tezgahta daha önce işlenmiş olan parçayı alarak bir şut aracılığıyla ikinci tezgaha gönderir. İşçi ikinci tezgaha doğru yürürken; birinci ve ikinci tezgah arasında yerleştirilen bir düğmeye basarak birinci tezgahı çalıştırır. İşçi ikinci tezgahta benzer işlemleri gerçekleştirir ve üçüncü tezgaha doğru yürürken ikinci tezgahı çalıştıran düğmeye basar. Bu işlemler, işçinin sırayla 16 tezgahı dolaşarak ilk başladığı noktaya gelmesine kadar tekrar edilir. Burada önemli olan bir diğer konuda, tüm bu işlemlerin dişli imalatı için belirlenen çevrim zamanı içinde bitiminde bir birim dişlinin üretimi de tamamlanmış olmaktadır.

Bu yöntemin uygulanması sonucunda, tezgahlar arasında oluşan süreç içi envanter düzeyi bir birime indirilecek ve değişik tezgahlar arasında “tek birimlik üretim ve iletim” hedefi de gerçekleştirilmiş olacaktır. Başka bir anlatımla, sadece envanter düzeyleri azaltılmış olmayacak, aynı zamanda temin süreleri de kısaltılacaktır. Bilindiği gibi, temin sürelerinin kısaltılması Toyota sisteminin talep değişimlerine anında uyum sağlamasını gerçekleştiren en önemli etmendir.

Dengelenmiş üretim koşulunun sağlanabilmesi için Toyota sisteminde bir zincir oluşturacak şekilde tüm süreçlerin, sonraki süreçlere ve orandan da son montaj hattına tek birimlik üretim akışını gerçekleştirebilmesi ve ideal koşullarda gerek tezgahlar gerekse süreçler arasında oluşan süreç içi envanter düzeyinin bir birimden fazla olmaması gerekmektedir. Özetle, tüm atölyelerin alabildiğince katile üretiminden tek birimlik üretim akışına geçmeleri önemli bir koşul olarak gündeme gelmektedir. Toyota sisteminde bu hedef doğrultusunda önemli çalışmalar yapılmış ancak tüm atölyelerde bu koşul henüz gerçekleştirilmemiştir. Ancak Toyota’da katile üretiminin sürdürüldüğü atölyelerde katile büyüklükleri önemli ölçüde azaltılmıştır. Şekil. 3.2’de Toyota sisteminde katile üretimi ile tek birimlik üretim akışlarının atölyeler bazında dağılımı verilmektedir (Acar,1997).



Şekil 3.2 Toyoya üretim süreçleri; Katile üretimi ve tek birimlik üretim akışlarının ayrımı

3.3.2.3. Katile üretiminde, üretim zamanının kısaltılması:

Toyota üretim sisteminde, katile üretiminin sürdürüldüğü atölyelerde çeşitli düzenlemeler yapılarak üretim sürelerinin kısaltılması sağlanmıştır. Katile üretimi ortamında, üretim sürelerinin kısaltılması için hazırlık zamanlarının kısaltılması gerekmektedir. Bu durumu bir örnekle açıklayabiliriz.

Katile büyüklüğü	= 3.000 adet
İşlem (operasyon zamanı)	= 1 dak./adet
Hazırlık zamanı	= 1 saat
Toplam Üretim Zamanı	= Hazırlık Zamanı + Toplam İşlem Zamanı
	= 60 dak + 1 dak/adet x 3.000 adet = 3.060 dak
	= 51 saat

Bu örnekte; hazırlık zamanı 6 dakikaya indirildiğinde başka bir anlatımla 1/10 oranında azaltıldığında; katile büyüklüğünün 300 adete indirilmesi ya da 1/10 oranında azaltılması mümkündür. Bu durumda, 300 adetlik kafilenin üretimi 10 kez tekrarlandığında elde edilecek çıktı ve toplam üretim zamanı, 3.000 adetlik kafilenin bir seferde üretilme zamanına eşit olacaktır.

Genelde, hazırlık zamanı $1/n$ oranında azaltıldığında söz konusu sürecin yükleme hızını değiştirmeksizin, katile büyüklüğünü de $1/n$ oranında azaltmak mümkündür. Katile büyüklüğü azaltıldığında, katile işlem zamanı da aynı oranda azalacağından, temin sürenin de kısılması sağlanmış olacaktır. Temin sürenin azaltılması ise gerek süreç içi envanter düzeylerinin azaltılması gerekse talep değişimlerine hızlı uyumun sağlanmasında en önemli etmendir.

3.3.2.4. Bekleme zamanlarının kısaltılması:

Belirli bir süreç aşamasındaki bekleme zamanı, daha önceki aşamadan gelecek parçaları beklemek için geçen süre olarak tanımlanır. Genelde bekleme zamanlarının oluşmasının iki temel nedeni vardır;

- Süreçlerdeki üretim zamanları iyi dengelenmemiştir.
- Önceki süreçlerde büyük katilelerle üretim yapılmaktadır.

Birinci nedene bağlı bekleme zamanlarını kısaltabilmek için, hat dengesinin sağlanması, başka bir anlatımla her süreçteki üretimin gerek miktar, gerekse zaman açısından eşitlenmesi gereklidir. Montaj hatlarında tüm süreçler için çevrim zamanı aynı olmakla beraber, işçilerin beceri düzeyindeki farklılıklardan kaynaklanan bazı sapmalar olabilmektedir. Bu sapmaların en azlanması için operasyonların standardizasyonu ve işçilerin bu standart sıralamalara tam olarak uymalarının sağlanması gerekmektedir.

İkinci nedene bağlı bekleme zamanlarının kısaltılması ise, süreçler arasında hareket eden katile miktarının en azlanması ile sağlanacaktır. Bu yaklaşımın temelinde, süreçlerde işlem gören katile miktarı ile bir sonraki sürece transfer edilen katile miktarının birbirinden farklı olması ilkesi yer alır. Bu ilkeye göre, üretim büyük katileler halinde yapılırken, bir sonraki sürece transfer edilen katile miktarları en az düzeye indirgenmiş olabilmektedir. Bu durumda, üretim kafesi 600 adet olarak belirlendiğinde, ilk birimin üretimi tamamlandıktan sonra

doğrudan bir sonraki sürece geçirilmesi mümkündür. Bu yaklaşımın uygulanması, bir örnek üzerinde aşağıda açıklanmaktadır:

İşlem zamanı, parça başına 1 dakika olan üç süreç vardır. Bir parçanın bu 3 süreçten geçmesi için gereken süre 3 dakikadır. Kafiye büyüklüğü 600 adet olduğunda bir süreç için gereken süre; $600 \text{ adet} \times 1 \text{ dak/adet} = 600 \text{ dak} = 10 \text{ saat}$, üç sürecin tamamlanması için gereken süre ise, $10 \text{ saat} \times 3 = 30 \text{ saat}$ olacaktır. Ancak, ilk süreçte, birinci birim üretim işlemini takiben bekletilmeden ikinci sürece oradan da üçüncü sürece geçirilebilirse ve 3 süreç paralel olarak çalışırsa, süreçler arası bekleme zamanları azalacak ve toplam tamamlanma süresi büyük ölçüde kısıllacaktır.

Bu durumda ikinci süreç için bekleme zamanı 1 dakika, üçüncü süreç için ise 2 dakika olacaktır.

Bu örnekte 600 adetlik kafilenin toplam tamamlanma zamanı $600 \text{ dak} + 1 \text{ dak}$ (süreç 2 'de bekleme zamanı) $+ 1 \text{ dak}$ (Süreç 3 'de bekleme zamanı) $= 602 \text{ dakika}$ olacaktır.

Bu durumda eğer n adet süreçte üretim ve süreçler arası iletim kafiyeleler halinde yapılırsa:

Toplam Üretim zamanı $= nT$ olacaktır. (T = her süreçteki işlem zamanı) Ancak bu n sürece *tek-birimlik iletim* yaklaşımı uygulanırsa ve her sürecin önünde, bir önceki sürecin 1 adet tamamlanmış ürünü bulundurulursa;

Toplam Üretim zamanı $= T$ olacak; başka bir anlatımla $1/n$ oranında kısaltılmış olacaktır.

Süreçler arası iletim kafiyesi 1 birim olarak belirlendiğinde, taşıma sıklığı artacağından taşıma zamanlarının kısaltılması için bazı çalışmaların yapılması gerekecektir.

Taşıma işlemlerinin iyileştirilmesi genellikle iki aşamada gerçekleştirilmektedir:

- Tezgah yerleşim planlaması,
- Hızlı taşıma araçlarının kullanılması.

Bu bağlamda, yerleşim planlaması çerçevesinde tezgahların ürün akışına uygun olarak yerleştirilmesi önem kazanır. Fazla sayıda ürün olması halinde ise bu ürünler için ortak ya da benzer olan süreçlerin gruplandırılması yoluna gidilecektir.

Diğer taraftan süreçleri birbirine bağlamak için hareketli bant, şut, forklift gibi hızlı taşıma araçlarının kullanılması gerekecektir.

Gerek yerleşim planlaması gerekse sistemlerinde yapılacak tüm bu düzenlemelerin yanısıra Toyota sisteminde katile büyüklüklerinin azaltılması ve giderek tek birime indirilmesi hedefinin gerçekleştirilmesinin kritik ön koşulu, hazırlık zamanlarının kısaltılması olarak belirlenmiştir (Acar,1997).

3.3.2.5. Tezgah hazırlık zamanlarının azaltılması

1970'lerde Toyota' da 800 tonluk punta presinin hazırlık zamanı üç dakikaya indirilmiştir. Bu uygulamada, hazırlık zamanlarının tek-haneli dakikaya (en fazla 9 dakika , 59 saniye: başka bir anlatımla 10 dakikadan az olacak şekilde) indirilmesi, tek dakikalı hazırlık (single set up) olarak tanımlanmaktadır.

1980'lerin sonuna gelindiğinde Toyota' da hazırlık zamanlarının büyük ölçüde bir dakikanın altına indirilmiş olduğu görülmektedir. Ancak, aynı dönemde Amerika ve Avrupa'daki işletmelerde hazırlık zamanlarının iki, üç, saatten, sekiz saate kadar değiştiği bilinmektedir.

Hazırlık zamanlarının azaltılmasına neden gerek duyulmuştur. İlk olarak Toyota Fabrikası eski başkanı T. Ohno, mamul ve yarı mamul stoklarını azaltmak için katile büyüklüklerinin azaltılması gerektiğini ve katile büyüklüklerinin azaltılmasının da sadece hazırlık zamanlarının kısaltılması ile mümkün olacağını belirleyerek, bu konudaki çalışmaları başlamıştır.

Katile büyüklüklerinin azaltılması, katile üretim süresini, dolayısıyla temin sürelerini de önemli ölçüde azaltacağından, işletmenin talep değişikliklerine hızla uyum sağlama becerisi artacaktır. Diğer taraftan, azalan hazırlık süreleri tezgahların efektif kullanım sürelerini de büyük ölçüde artıracaktır.

Tek dakikalı hazırlık, Japonların endüstri Mühendisliği alanında başlattıkları yeni bir kavramdır. Bu kavram, Toyota' da danışman olarak çalışan Shigeo Shingo tarafından geliştirilmiş olup, kısa zamanda Endüstri Mühendisliği kuram ve uygulamalarında yerini almıştır. Tek dakikalı hazırlık bir teknik olmayıp, işletmedeki davranış biçimlerinin değiştirilmesini gerektiren bir kavramdır.

kavramdır. Japonya’da hazırlık zamanlarını azaltma çalışmaları endüstri mühendisleri tarafından yürütülmez. Bu çalışmalar genellikle kalite çemberleri ya da sıfır hata grupları olarak tanımlanan ve direk işçilerin katılımıyla oluşturulan ufak gruplar tarafından gerçekleştirilmektedir (Acar,1997).

3.3.2.6 Tezgah hazırlama kavramı

Hazırlık zamanlarını kısaltmak için dört temel kavramın tanımlanması gereklidir. Bu kavramların uygulanabilmesi için ise, altı teknik geliştirilmiştir. Bu kavram ve tekniklerin incelenmesi amacıyla punta presi hazırlık işlemleri örnek olarak alınmıştır:

Kavram 1: Üretime hazırlık işlemlerini içsel ve dışsal olarak ayırın. İçsel işlemler, mutlaka makinenin durdurulmasını gerektiren hazırlık işlemleridir. Dışsal işlemler ise makine, parçayı işlerken dahi yapılabilecek işlemlerdir. Punta presi örneğinde, kalıbın değiştirilmesinden önceki ve sonraki işlemler bu şekilde sınıflandırılabilir.

Bu iki tip hazırlık işleminin kesinlikle birbirinden ayrılması ve tezgah durdurulduktan sonra, işçinin hiçbir şekilde tezgahtan uzaklaşarak dışsal hazırlık işlemi yapmaması gerekmektedir.

Dışsal hazırlık aşamasında, kalıplar, aparatlar ve malzemelerin tezgahın yanında düzgün bir şekilde hazırlanması ve varsa kalıplar ile ilgili tamiratların yapılmış olması gereklidir. İçsel hazırlıkta ise sadece kalıbın çıkarılıp, takılması işlemleri yer alacaktır.

Kavram 2: Mümkün olduğu kadar çok içsel hazırlık işlemini dışsal hazırlık işlemine çevirin. Tek dakikalık hazırlık sürecine ilişkin en önemli kavram budur. Bu bağlama punta presinde, kalıp boylarının standardizasyonu güzel bir örnek oluşturmaktadır.

Kavram 3: Ayar (adjustment) süresini ortadan kaldırın.

Ayar işlemleri içsel hazırlık işlemlerinin yaklaşık % 50 - % 70’ini oluşturur. Bu nedenle ayar zamanlarının azaltılması toplam hazırlık zamanlarının azaltılmasında çok önemlidir.

Bugüne kadar ki uygulamalarda ayar işlemlerin gerekli olduğuna ve bu işlemleri yapabilmek için yüksek düzeyde beceriye gerek duyulduğuna inanılmıştır. Ancak bu görüşler, bugün için geçerliliğini yitirmiş durumdadır. Diğer taraftan ayar işlemleri ile sıkça karıştırılan kurma

(setting) işlemlerinin aslında oldukça farklı olduğu ve farklı bir biçimde incelenmeleri gerektiği belirlenmiştir. Bu durumda, ayar ve kurma işlemlerini birbirinden ayırmak ve ayar yapmak önem kazanmaktadır. Örneğin, bir düğmenin 100 mm. pozisyonundan 150 mm. pozisyonuna getirilmesi bir kurma işlemidir ve bu işlemi kaldırmak mümkün değildir. Ancak düğme belirli bir pozisyona getirildikten sonra, bu pozisyonda netlik elde etmek için yapılacak tüm işlemler ayar işlemleridir ve bu işlemlerin kaldırılması yoluyla zaman kazanmak mümkündür.

Kavram 4: Üretime hazırlık olgusunu tümüyle ortadan kaldırın.

Hazırlık işlemlerinin tümüyle kaldırılması için iki yaklaşım mevcuttur:

- Ürün tasarımı bir örnekliğin sağlanması ve aynı parçanın birden fazla üründe kullanılması,
- Değişik parçaların aynı zamanda üretimin sağlanması (Acar,1997).

3.3.2.7. Kavramların uygulanması

Önceki bölümde tanımlanan dört kavramın uygulanmasında kullanılan altı teknik aşağıda açıklanmaktadır:

Teknik 1: Dışsal hazırlık işlemlerini standardize edin.

Takımların, kesicilerin, kalıpların ve malzemelerin hazırlanması için yürütülen işlemlerin rutin hale getirilip, standardize edilmesi gereklidir. Bu standart operasyonlar daha sonra formlara geçirilerek, atölye duvarlarına işçilerin görebileceği şekilde asılacak ve bu şekilde işçiler hazırlık işlemleri konusunda eğitilmiş olacaklardır.

Teknik 2: Makinenin sadece gerekli olan bölümlerini standardize edin.

Punta presi örneğinde, eğer tüm kalıplar büyüklük ve biçim açılarından standardize edilirse, hazırlık zamanı büyük ölçüde azalacaktır. Ancak bu tür bir uygulama yüksek maliyetlere neden olacağından, fonksiyonun sadece hazırlık işlemi için gerekli olan bölümün standardize edilmesi yeterli olacaktır. Bu durumda, tezgah üzerinde farklı kalıp boylarını eşitleyen bir aparatın geliştirilmesi daha uygun bir çözümdür.

Teknik 3: Hızlı bağlama aparatları kullanın.

Cıvatalar en yaygın kullanılan bağlama aparatlarıdır. Ancak cıvatalarının somunun en son dönme hareketinde bağlanmaları, somunun tek bir hareketiyle bağlanacak aparatların

geliştirilmesini gerektirmiştir. Sonuç olarak; armut-şekilli delik, U-biçimli pul ve karşılıklı geçme yüzeyleri kesilmiş cıvata ve somun gibi hızlı bağlama aparatlarının geliştirilmesi ile bağlama işlem zamanları önemli ölçüde azalmıştır.

Teknik 4: Yardımcı aparat kullanın.

Bir kalıbın punta presine doğrudan takılması oldukça zaman alıcı bir operasyondur. Ancak eğer dışsal hazırlık aşamasında kalıplar, bu iş için özel olarak yapılmış yardımcı bir aparata bağlanırsa, içsel hazırlık aşamasında bu aparatın tek bir hareketle tezgaha bağlanması mümkün olacaktır. Bu şekilde, yardımcı aparatların kullanılması, hazırlık zamanlarının kısaltılmasını sağlayacaktır.

Teknik 5: Paralel operasyonlar kullanın.

Büyük tezgahlarda, örneğin bir punta presi ya da kalıplama makinesinde çok sayıda bağlantı pozisyonunun bulunması, bu tür tezgahlarda hazırlık işlemlerinin tek işçi tarafından çok uzun zamanda bitirilmesine neden olmaktadır. Ancak bu tür bir tezgahta iki işçi tarafından gerçekleştirilen paralel operasyonlar uygulanırsa gereksiz hareketler kaldırılacak ve toplam hazırlık zamanı kısaltılacaktır. Bu uygulama ile, hazırlık işlemleri için gereken toplam işçilik saatleri değişmese de tezgahın toplam efektif kullanım süresi artacaktır.

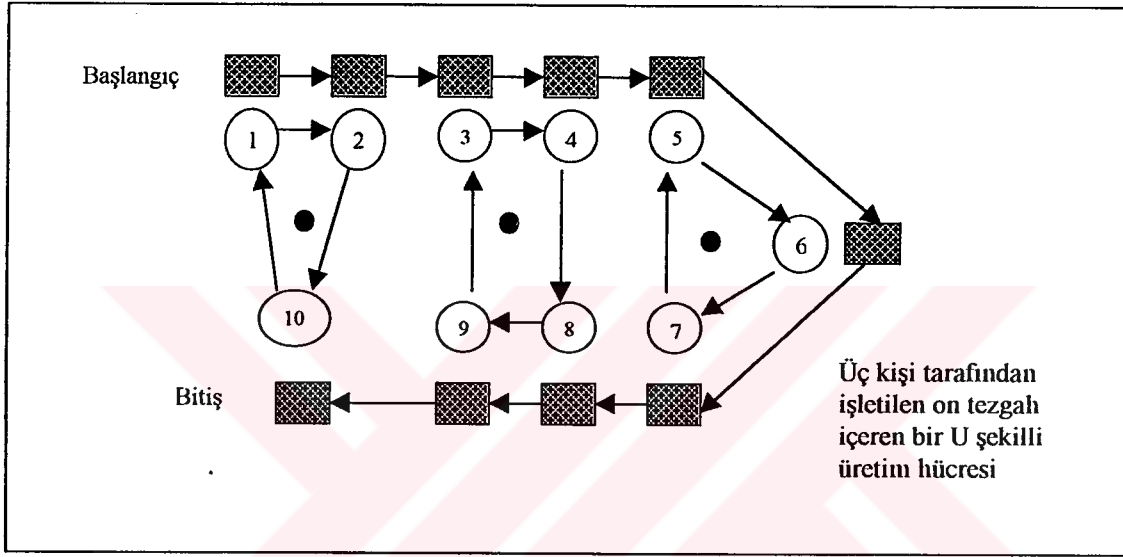
Teknik 6: Hazırlık işlemleri sırasından yardımcı mekanik sistemler kullanın.

Kalıbın prese bağlanması sırasında, yağ basıncı ya da hava basıncı kullanmak operasyonları kolaylaştırıp, kısaltacaktır. Diğer taraftan punta presinde kalıp yüksekliklerinin elektrikli bir mekanizmayla ayarlanması da önemli tasarruflar sağlayacaktır. Ancak bu tür sistemler maliyetli olduğundan, bunların kullanılmasına karar vermeden önce elde edilecek yararlarla maliyetin karşılaştırılması gereklidir.

Toyota'da hazırlık zamanının azaltılarak on dakikanın altına indirilmesi aslında sadece içsel hazırlık işlemleri için geçerlidir. Toyota sisteminde dışsal hazırlık işlemleri halen yarım saat ile bir saat arasından tamamlanabilmektedir. Bu durumda Toyota ortamında kafiye büyüklükleri ile günlük hazırlık sayısının belirlenmesinde dışsal hazırlık işlemlerinin süresi önemli bir kriter olmaktadır (Acar,1997b).

3.3.3 Grup teknolojisi (Hücresele üretim)

Grup teknolojisi (GT), benzer parçaların, üretim ve dizaynlarındaki benzerliklerden yararlanmak amacıyla belirlenip gruplandırılmasını öngören üretim felsefesidir. Benzer parçalar, parça aileleri şeklinde sınıflandırılırlar. GT, benzer parça ailelerini üretmek için bir araya getirilmiş tezgahların oluşturduğu GT üretim hücrelerini içerir. Üretim araçlarının bu şekilde hücresele düzenlenişi, hücre içinde etkili bir iş akışını gerçekleştirmek içindir. Ayrıca, bu belirli parça ailelerinin üretildiği hücredeki işgücü ve tezgah kullanımında uzmanlaşmayı sağlar. Bu da doğal olarak verimliliği artırır (Groover, 1987).



GT, orijinal olarak Japonlar tarafından ortaya çıkarılmamıştır. Felsefesi onlar tarafından adapte edilmiş ve üretimde TZÜ yaklaşımına geçişi onlar yapmıştır. GT bir anlamda, TZÜ için gerekli koşulları oluşturur (Browne vd., 1988). Hücresele üretim TZÜ felsefesinin başarılmaması için kullanılan en iyi tekniktir. Üretim hücreleri imalatın her alanında oluşturulabilir.

TZÜ'nin amaçlarından biri, üretim miktarını arttırmayan fakat maliyeti yükselten tüm kayıpların önlenmesidir. GT, bir hücreden diğerine taşımayı, hazırlık zamanlarını, parti büyüklüklerini ve atölyede bulunan yarı mamul ve mamul depolama alanlarını azaltarak veya ortadan kaldırarak bu amaca yardım eder (Welke ve Overbeeke, 1988).

TZÜ'de üretim hücrelerinin dizaynı önemlidir. Hücresele yerleşim çalışanların bir takım gibi hücre içinde bir işten diğer işe kolayca hareket etmesine müsaade ederek, esnekliğe elverişli

olmalıdır (Inman, 1994; Baudin, 1996). Hücre, istenen iş büyüklüğü ne dayanarak, değişik sayıda eleman tarafından işletilebilir. GT hücrelerinin yerleşim şekli çok önemlidir. İşlemin başladığı ve bittiği noktalar birbirine yakın olduğu için “U” veya “C” şeklindeki yerleşim en iyisidir. Malzeme hareketini ve yürümeyi en aza indirir, esneklik sağlar ve her biri ardı sıra gelen hareketleri ve çalışanlar arasındaki işbirliğini teşvik eder (Wantuck, 1991).

Bu tip yerleştirme sayesinde bir TZÜ sisteminin ihtiyacı olan, kayıpların önlenmesi, basitleştirme (kolaylaştırma) ve üretimin her seviyesinde düzgün bir iş akışı ve atölye yüklemesi sağlanır (Park, 1993).

Bu düzenin en önemli yanı, giriş ve çıkışın beraber olmasıdır. Talep değişikliğine göre çalışan işçi sayısının azaltılması veya artırılması (tezgah sayısına kadar) esnekliğini sağlar. Alanın içindeki işçi sayısının azaltılması veya artırılması ile, üretilen ürün sayısı artırılıp azaltılabilir.

Kullanılan tezgahların büyük ve yüksek kapasiteli olması yerine, küçük ve esnek olması tercih edilir. Böylece her üretim merkezinde bir tane bulundurarak, gerekli üretimin gerektiğinde yapılması kolaylaşır, taşımak için vakit harcanması gerekmez. Amerika’da birçok firma TZÜ uygulamasına geçerken ellerindeki yüksek kapasiteli büyük tezgahlardan şikayetçi olmuşlardır.

Bu yerleşim sisteminden bir ürün çıktığı zaman, yeni bir parça içeri girer, bir ürünün bütün veya belli kısımlarını aynı işçi yaptığı için üretimdeki stok miktarı bu düzen içinde her zaman sabittir. Her tezgahta belli stok olması, işçiler arasındaki çalışma yükü dengesizliğini de ortaya çıkaracağından, işlemde gelişmeler yapılabilir.

“U” düzeninde alanlar işçiler için düzenlenebilir. Sözelimi, bir işçi hem giren hem de çıkan ürünler üzerinde çalışabilir.

Belli iş bölgeleri oluşturmak, aynı türden işlerin aynı işçi tarafından yapılmasını sağladığı için avantajlı olacaktır. Mesela bir “U” düzeninin girişinde askıya yüklenen parça, çıkışta da indirilecekse; bu, iki benzer işin aynı kişi tarafından yapılmasını sağlayacağından, faydalı olacaktır (Monden, 1983).

Hücreselel üretimin bazı ek avantajları da şunlardır:

1. Üretim hücresinde çalışan personel, her görev için çok yönlü eğitilmiş olmalıdır. Çok yönlü eğitilmiş personel, işletmede daha büyük esneklik sağlar (Inman, 1994).
2. Üretim oranı, hücredeki çalışan sayısı ile ayarlanabilir. Hücrede tam kapasite üç kişiyle elde edilebiliyorsa, daha düşük üretim düzeylerine iki ya da bir kişiyle bile ulaşılabilir. Böylece, atölyedeki iş yükünü dengelemek kolaylaşır; çünkü üretim oranı, çalışanları bir hücreden diğerine hareket ettirmekle kolayca ayarlanabilir (Wantuck, 1991).
3. Bir üretim hücresi, hücre personelinin ürün kalitesinden sorumlu olmasıyla, bir sorumluluk merkezine dönüştürülebilir. Üretim kontrolü, işlemin bir parçası haline gelir; çünkü kalitenin sağlanması, üretimi yapan kişilerin sorumluluğudur.
4. Kalite problemleri çok erken belirlenir, çünkü hücredeki bir parça tamamlanır tamamlanmaz ikinci basamağa geçirilir. Eğer ikinci basamak bir kalite problemi belirlerse, hücre durdurulup problem çözülebilir. Geleneksel yaklaşım, tüm yığın imal edilene kadar kalite problemlerini belirlemez; bu kusur, daha yüksek israf oranlarına götürür.
5. Üretim hücreleri, üretim faaliyetlerine göre organize olmuş fabrikalardan daha az yer kaplar. Bu yer tasarrufu, stok azaldığından da artar; yarı yarıya azaltılmış süreç içi stok, atölyedeki yerinin yarısını kaplayacaktır.

Hücresel üretime başlarken, bazı engellerin aşılması gerekir;

1. Bazı tezgahlar, kir, gürültü, titreşim ve özel tesisat ihtiyacı (elektrik kaynağı, havalandırma, vb. problemleri gibi) yüzünden diğer tezgahlar ile gruplandırılmazlar. Daha uzun dönemde, hücresel üretim uyarlanabilen tezgahlar satın alınabilir. Özel tesisat gerektirmeyen daha küçük ve daha esnek tezgahlar, daha büyük ve uzmanlaşmış tezgahların yerini alabilir.
2. Atölye yerleşimini yeniden düzenlemek, ana görevdir ve bazı üretim teçhizatını hareket ettirmek çok güçtür. Hücre yaklaşımına en uygun endüstri, hafif montajdır; çünkü teçhizat oldukça hareketlidir ve işler kolaylıkla öğrenilebilir.
3. Grup içerisinde tezgah kullanımı düşük olabilir, çünkü ekipmanlar %100 zaman için planlanmamıştır. TZÜ' nün temellerinden biri, sadece ihtiyaç duyulan şeyin yapılmasıdır.

Parti boyutu küçüktür, stok düşüktür ve üretim müşteri taleplerine uyar. Boşta bekleyen bir tezgaha sahip olmak, gereksiz üretim yapılmasından daha iyidir. Tezgah kullanımını en iyi hale getirmek, TZÜ' nün amacı değildir. Tezgah yüksek etkinlik ve maliyet iyileşmesi gösterse bile (yüksek kullanımda), bununla ilgilenilmez. TZÜ, düşük stok, dengelenmiş üretim ve kalite güvencesiyle ilgilenir (Maskell, 1989).

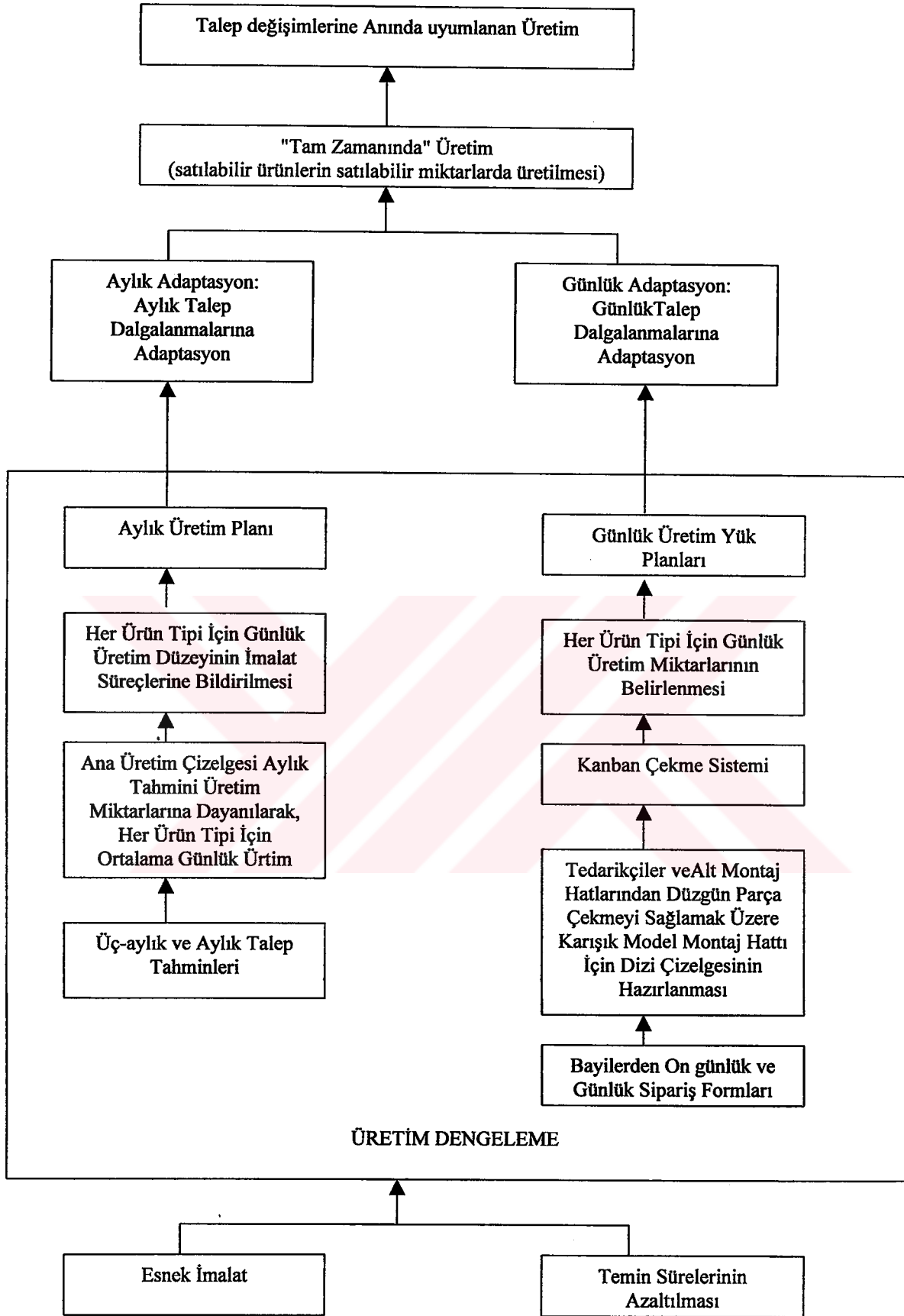
TZÜ sisteminin bir elemanı olan GT uygulaması, büyük hacimli üretimden çok küçük hacimli üretim için uygundur; çünkü küçük hacimli üreticiler daha düşük hacimli üretim, daha az uzmanlaşmış eleman, daha fazla genel amaçlı teçhizat ve daha az sayıda yerleşmiş kurala sahiptir. Bu karakteristikler TZÜ'nün iki temel elemanı olan GT ve çok yönlü çalışanları kullanmayı küçük ölçekli üretim için kolay kılar. Küçük ölçekli işletmeler, büyük işletmelere göre yeni metotlara daha kolay ve çabuk cevap verebilir. Bu yüzden TZÜ sistemini yerleştiren küçük ölçekli işletmeler GT'i kullanmayı daha kolay ve uygun bulurlar (Inman, 1994).

3.3.4. Talep dalgalanmalarına uyum sağlamak ve envanterleri azaltmak için üretim dengeleme yöntemleri

Geleneksel üretimin bir karakteristiği, her iş merkezindeki işin düzgün olmamasıdır. Yığın boyutları büyük olduğunda ve değişik işleme merkezleri farklı oranlarda çalıştığında, her iş merkezi içinden geçen iş miktarı hayli değişir. Bu değişim, kuyruklara neden olur; zamanla, israfla sonuçlanan stoklar ve uzun bekleme süreleri oluşur.

Bütün üretim sürecinin dengelenmeye ve birlikte bağlanmaya ihtiyacı vardır, öyle ki işletmede devamlı bir üretim gelişmesi olsun. Eğer bir iş merkezi diğerinden daha hızlı üretirse, kuyruklar oluşur ve tüm üretim engellenir.

Üretim süreci dengede değilse, üç yaklaşım düşünülebilir: Ya yavaş iş merkezleri hızlandırılmalıdır, ya da hızlı iş merkezleri yavaşlatılmalıdır veya bu iki yaklaşımın bir kombinasyonu uygulanabilir. Bir iş merkezini yavaşlatmak, Kanban yaklaşımından bir metoddur (Maskell, 1989). Kanban tek başına üretim süreçleri arasındaki akışı düzenleyebilir (Kupanh, 1995). Bir iş hücresini hızlandırmak, uzun dönemde, daha hızlı tezgahlar elde etmek veya aynı kısmı yapmak için ek bir hücre eklemekle başarılabılır. Kısa dönemde bir iş hücresindeki üretim, hücrede çalışan daha çok insanla veya hücredeki üretim oranını yükselterek artırılır. Bu yaklaşım, üretim personelinin esnek ve çok yönlü eğitilmiş olmasını gerektirir. İdeal olarak, kapasite altındaki bir iş hücresinin personeli, daha çok çıktı gerektiren bir hücrede çalışmak için



Şekil 3.4 Toyota üretim dengeleme sisteminin temel çerçevesi

kaydırılabilir. Hücrelerin hem fiziksel yerleşimi, hem de üretim süreçleri öyle dizayn edilmelidir ki, üretim hızı değiştirilebilsin. Bir hücre, ideal olarak, gerek duyulan üretim oranına göre, bir (veya birden fazla) kişiyle işletilebilir. Ek olarak, hücredeki üretim hızı, ihtiyaca göre değiştirilebilir. Bir hücrede değişebilir üretim oranlarına sahip olmanın görüş, geleneksel bir üreticinin yapacağı gibi verimliliği arttırmak değil, dengeli bir üretim akışı sağlamaktır (Maskell, 1989). Zaten TZÜ sisteminin amaçlarından biri üretim akışını dengelemek, hazırlık zamanını, süreç içi stokları ve temin süreleri azaltmaktır. Üretim akışının dengelenmesi, temin süreleri ve stoğun azaltılması sağlam tahmin ve planlama gerektirir (Lamb, 1996).

Toyota üretim sisteminde, maliyetlerin azaltılması için öncelikle işletme genelinde israfın engellenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda imalat ortamındaki gereksiz envanterler kaldırılacak ve bu hedef üretimin tam zamanında gerçekleştirilmesiyle sağlanacaktır. Satışlar açısından konuyu ele aldığımızda ise “tam zamanında” kavramı sadece “satılabilir” ürünlerin “satılabilir” miktarlarda tüketicileri sunulması ile gerçekleştirilebilecektir. Bu durum üretimin talebe uyumlandırılması (adapte edilmesi) olarak tanımlanabilir. Talebe uyumlu bir üretim ortamında ise bitmiş ürün düzeyinde gereksiz envanterler kaldırılmış olacaktır. Toyota ortamında, üretimin değişken talep koşullarına uyumlandırılma süreci üretim dengeleme (production smoothing) olarak tanımlanır. Üretim dengeleme süreci sonunda, bir üretim hattının, tek tip bir ürünün yüksek hacimlerde üretimine ayrılması söz konusu olamaz. Tam tersine, üretim hatlarının talepteki değişimlere uyumlu olarak, aynı gün içinde çeşitli ürün tiplerini ufak miktarlarda üretebilecek şekilde düzenlenmesi gereklidir. Şekil 3.4’de üretim dengeleme sürecinin iki aşaması verilmektedir.

İlk aşama, bir yıl içinde aylık talep dalgalanmalarına adaptasyon sürecini (aylık adaptasyon), ikinci aşama ise bir ay içinde günlük talep dalgalanmalarına adaptasyon sürecini (günlük adaptasyon) içermektedir. Aylık adaptasyon, işletmedeki tüm süreçler için ortalama günlük üretim düzeylerini belirleyen “ana üretim çizelgelerinin” hazırlandığı “aylık üretim planlama” süreci ile sağlanır. Bu aşamada hazırlanan ana üretim çizelgesinde, üç – aylık ve aylık talep tahminleri kullanılır.

İkinci aşama olan günlük adaptasyon ise günlük üretim yük planları (dispatching) ile sağlanır. Günlük üretim yük planlarının hazırlanması ise ancak bir çekme sisteminin kullanılması ile mümkün olabilecektir. Bu bağlamda, kanban sistemi üretim dengeleme sürecinde kritik bir rol oynamaktadır (Acar,1997).

3.3.4.1 Aylık üretim planlama

Toyota üretim sisteminde öncelikle bir sonraki yıl kaç adet araba yapılıp, satılacağını gösteren yıllık üretim planı ile iki aşamalı aylık üretim planlarında iki aylık dönemler için ürün tipleri ve miktarları belirlendikten sonra bir sonraki ay için detay üretim planı hazırlanır. Dolayısıyla yıl boyunca iki aylık dönemler için önce öneri şeklinde daha sonra da kesinleştirilmiş olarak aylık üretim planları hazırlanmış olur. Hazırlanan bu planlar, anında işletmenin ilişki içinde olduğu diğer firmalara (özellikle fason imalatçılara) gönderilir. Aylık günlük üretim çizelgeleri hazırlanacaktır. Toyota üretim sisteminde, günlük üretim çizelgelerinin hazırlanması özellikle öneli bir konudur çünkü dengelenmiş üretim kavramı bu çizelgeler aracılığıyla sisteme entegre edilmektedir.

Dengelenmiş üretim, başka bir anlatımla üretim miktarların dalgalanma göstermeden zaman içinde aynı kalması, iki temel alanı içermek zorundadır:

- Bir ürünün günlük ortalama üretim miktarı,
- İşletme genelinde toplam çıktı içinde, her bir ürün tipinin ortalama miktarı.

Toyota' da üretilen araba modellerine bağlı olarak birden fazla son montaj hattı vardır; Corona hattı, Crown hattı, Celica hattı gibi. Örneğin Corona hattında bir ayda (20 iş günü) 20.000 araba üretileceği belirlendiğinde, bu hatta günde 1000 Corona'nın üretilmesi gerekmektedir. Bu durum, günlük üretim miktarları açısından üretimin dengelenmesi olarak tanımlanır. Başka bir anlatımla, üretim miktarları günlük dalgalanmalar göstermeyecek şekilde dengelenmiş; toplam miktarın gün sayısına bölünmesiyle “ ortalama” değerler elde edilmiştir. Ancak Corono hattının aynı zamanda, farklı Corono tipleri açısından da dengelenmesi gerekmektedir. Corono hattında; motor, transmisyon, kapı sayısı, renk, lastik vb. opsiyonların kombinasyonlarından oluşan yaklaşık 3000- 4000 adet farklı tip araba üretilmektedir. Bu durumda her araba tipi için günlük üretim miktarlarının dengelenmesi gereklidir. Çizelge 3.1 Corona hattında dört temel araba tipi için üretim miktarları verilmektedir. Bu örnekte bir ay 20 iş günü olarak kabul edilmiş ve her tip için günlük ortalama üretim miktarları hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1 Her üründen için dengelenmiş günlük üretim miktarları

Tip	Aylık talep	Günlük ortalama çıktı	Çevrim zamanı
A	800 (adet)	400 (adet)	$\frac{480 \text{ dak.} \times 2 \text{ vardiya}}{1000 \text{ adet}} = 0.96 \text{ dak/adet}$
B	6000	300	
C	4000	200	
D	2000	100	
	20000 adet	1000 adet/gün	

Toyota sisteminde, önceki ayın son döneminde, her üretim hattına ürün tiplerinin günlük ortalama miktarları bildirilir. Bu bilgiler ile diğer planlama verileri, merkezi üretim kontrol birimi tarafından hazırlanır.

İmalat süreçleri, her ay günlük ortalama üretim miktarlarını belirten çizelgeleri aldıklarında, tüm operasyonları bu yeni bilgiler doğrultusunda düzenlerler. Örneğin mevcut durumda tezgahların % 90 kapasite ile yüklendiklerini ve bir işçinin 10 tezgahı çalıştıracak şekilde görevlendirildiğini varsayalım. Talep yükseldiğinde, derhal yeni işçiler alınacak ve her işçinin 10'dan daha az sayıda tezgahı çalıştırması sağlanarak tezgahların % 100 kapasite ile kullanımı gerçekleştirilecektir. Ancak bu noktada, üretim ortamında kullanılan tezgahların, deneyimi olmayan vasıfsız bir işçinin üç gün içinde öğrenip kullanabileceği şekilde seçilmiş olması önemli rol oynayacaktır. Montaj hatlarında ise, çevrim zamanları geçici işçi sayısını artırarak azaltılacak ve bu şekilde üretim miktarları arttırılabilecektir. Örneğin: Bir işçinin 1 dakikalık bir çevrim zamanı geçici işçi kullanılarak 30 saniyeye indirildiğinde üretim miktarı yada çıktı iki katına çıkarılabilecektir. Bu yaklaşım ayrıca uzun dönemli işgücü ve tezgah kapasite planlarına da yansıtılacaktır. Toyota sisteminde, talepteki kısa dönemli artışlar çalışma saatlerini artırarak başka bir anlatımla fazla mesai kullanılarak karşılanır. Bu amaçla daha çok vardiyalar arasındaki boş zamanların değerlendirilmesi yoluna gidilir ve bu şekilde kapasitede % 37.5 dolaylarında bir artış sağlanabilir. Ayrıca süreçlerde yapılacak iyileştirmeler ile, artan talep dönemlerinde kullanılabilecek ilave kapasitenin yaratılması her zaman için mümkündür.

Diğer taraftan talebin azalması durumunda adaptasyon daha zordur; ancak belirli önlemlerle bu sorun da çözümlenecektir. Bu durumda, imalat süreçlerinde bir işçinin kullandığı tezgah sayısı artırılarak geçici işçiler çıkarılacaktır. Montaj hatlarında ise azalan talebe orantılı olarak çevrim zamanları artırılacaktır. Ancak bu noktada boş kalan işgücünün nasıl kullanılacağı çok önemlidir. Toyota uygulamasında işgücünün düşük talep dönemlerinde stoğa üretim yapmasına izin verilmez. Böyle dönemlerde işçilerin boş durmasının, stoğa üretim yapmaktan daha az

maliyetli olduğu kabul edilmektedir. Ancak düşük talep dönemlerinde boş kalan işçiler için genellikle çeşitli faaliyetler düzenlenir ve bu sürenin en verimli bir şekilde geçirilmesi sağlanır. Aşağıda, bu faaliyetlere bazı örnekler verilmektedir:

- İşçiler başka hatlara transfer edilir.
- Kalite çemberleri toplantıları düzenlenir.
- Üretime hazırlık işlemlerini basitleştirme çalışmaları yapılır.
- Makinelerin bakım onarım işleriyle uğraşılır.
- İmalatı kolaylaştırıcı takım ve aparatların üretimi yapılır.
- Tesislerdeki çeşitli arazılar giderilmesi için tamirat işleri yapılır.
- Daha önce fason yaptırılan parçaların imalatı yoluna gidilir.

Bu çalışmalarda temel hedef minimum işçi sayısı ile talebi karşılayacak şekilde süreçlerin geliştirilmesidir. Ancak, Toyoya ortamında minimum işçi kavramı önemli olmakla beraber aynı kavram tezgahlar için geçerli değildir. Hatta Toyoto’da her zaman için fazla tezgah kapasitesi olduğu söylenebilir. Bu şekilde artan talep dönemlerinde, sadece işçi sayısını artırarak üretim kapasitesini artırabilmek mümkün olmaktadır (Acar,1997b).

Dengeli bir üretim süreci için başlama noktası, bir atölyedeki yük düzeyidir. Yük düzeyi için başlama noktası, son üretim programı düzeyidir. Görüş, müşteri o gün ne sipariş verdiyse o gün onu üretmektir, ne fazla ne eksik.

Yük düzeyinin mümkün olması için, yığın boyutları küçük ve hazırlık zamanları kısa olmalıdır. Geleneksel bir üretici, son montaj üretimi düzeyini başaramaz çünkü ekonomik sipariş miktarları, her yığında üretilecek büyük bir miktar gerektirir. Zamanla bu büyük yığınlar, akış yönündeki iş merkezlerinde yüksek oranda değişebilir taleplerle sonuçlanır. Yığın miktarları çok küçük olabilirse, bitmiş ürün üretimi, gerçek talebe uygun yapılabilir.

TZÜ’de düzgün bir atölye yükleme yapabilmek için Maskell (1989) şu önerilerde bulunmuştur;

- Tam bir üretim programı düzeyi elde etmek için uğraşın. Bu hedef, küçük adımlarla başarılabılır,

- Hazırlık sürelerini azaltmak ve küçültülmüş yığın boyutlarınca bitmiş ürün montajıyla başlayın. Bir aylık periyodun üzerinde bir düzeyde bir üretim programı oluşturun,
- Üretim programının sabit olduğu, belki de bir aylık bir firma program periyodu saptayın
- Bu düzeyli programı, yığınlar daha da küçüldükçe önce iki haftalık program düzeyine, sonra bir haftalık ve günlük programa indirin. Sabit program periyodunu da gelişen esaslarla benzer şekilde, müşteri ihtiyaçlarına karşı daha çok esneklik sağlamak için azaltın.

3.3.4.2. Günlük üretim yük planlarının hazırlanması

- **Dizi çizelgesi ve kanbanın aylık yük planlama araçları olarak kullanılması**

Üretim dengeleme çalışmalarında, aylık üretim planının hazırlanmasından sonraki aşama günlük üretim çizelgelerinin hazırlanmasıdır. Günlük üretim çizelgeleri her üretim/montaj hattı için hat üzerinde işlenecek parçaların sırasını gösteren çizelgelerdir ve bunlar dizi çizelgesi (schedule) olarak tanımlanır; Örneğin A-B-A-C gibi. Bu çizelgelerin hazırlanmasında zamanlama çok önemlidir ve çevrim zamanları; belirli bir model tamamlanıp hattan ayrıldığında diğer modelin üretim hattına alınmasını sağlayacak şekilde düzenlenmektedir.

Toyota uygulamasında dizi çizelgeleri başka hiçbir imalat sürecine gönderilmeksizin, sadece son montaj hattının başlangıç noktasına gönderilir. Bu uygulama Toyota bilgi sisteminin en belirgin özelliğini oluşturur. Diğer TZÜ uygulamalarında merkezi planlama birimi, MİP (Malzeme İhtiyaç Planlama) sistemlerinde olduğu gibi tüm imalat süreçlerine üretim çizelgesini gönderir. Ancak Toyota uygulamasında son montaj hattından önceki istasyonlara üretim çizelgeleri gönderilmez, sadece üretim miktarlarına ilişkin tahmini bilgiler iletilir. Bu bilgiler imalat süreçlerinin ustabaşları tarafından değerlendirilir ve bir sonraki ay için işgücü ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik düzenlemeler yapılır.

Bu durumda son montaj hattında operasyonlar başladığında, kullanılan parçalardan çekme kanbanları çıkarılacak ve bu kanbanlar bir önceki istasyondan parçaları çekmek için kullanılacaktır. Bir istasyondan parça çekilmesi, orada çekilen miktar kadar üretim yapılması için çalışmaların başlaması sağlayacaktır. Bu şekilde son montaj hattından önceki istasyonlara, ayrıca bir üretim çizelgesi gönderilmesine gerek kalmayacak; kanbanlar üretime ilişkin tüm talimatların adım adım sondan başa doğru iletilmesini sağlayacaktır.

- **Dengelenmiş üretim için sıralama yöntemleri**

Toyota uygulamasında dizi çizelgesinin hazırlanması önemli bir konudur. Bilindiği gibi bu çizelgeler hat üzerinde işlenecek parçaların sırasını gösterir ve bu çizelgelerin hazırlanması karışık model çizelgelenmesi (mixed model sequencing) olarak adlandırılır. Karışık model çizelgeleri hazırlanırken de, gün içinde bir saat gibi küçük zaman dilimleri dikkate alındığında, hat üzerinde iş yükü bakımından zamana göre değişiklikler (sapmalar) olmamasına özen gösterilir. Başka bir deyişle, kapasite kullanımının, gün boyunca aynı düzeyde kalmasına çalışılır. Örneğin, bir hat üzerinde A ve B gibi iki değişik parça üretiliyorsa ve üretilecek miktarlar da A ve B için sırasıyla dört ve iki ise, AAAABB ve AABAAB gibi iki çizelgeden ikincisi birincisine tercih edilir. Bilindiği gibi, üretim planlama çalışmalarında, karışık model çizelgeleme probleminin çözümü ve optimal çizelgenin hazırlanması oldukça zordur. Bu amaçla Totota'da sezgisel (heuristic) bir bilgisayar programı kullanılmakta ve optimal çizelgelerin hazırlanabilmesi için farklı bir yöntem uygulanmaktadır.

1. Amaç Takip I (Goal - Chasing I GCI) Metodu

Toyotada kullanılan kanban sisteminde üretim hattına çeşitli parçalar ve malzeme sağlayan bir önceki sürecin dikkatle kontrol edilmesi gerekir. Bu çekme sisteminde, önceki süreçteki üretim miktarı veya taşıma zamanlarındaki değişimin minimum düzeye indirilmiş olması gerekir. Ayrıca her birimin süreç içi envanterlerinin minimum düzeye indirilmiş olması da gerekir. Böyle olabilmeleri içinde karışık modelli hattaki her bir parçanın saatteki kullanım miktarı (tüketim hızı) mümkün olduğu kadar sabit tutulmalıdır. Toyotanın sıralama metodu bu amaca ulaşmak için dizayn edilmiştir.

Bu sıralama metodunu anlamak için gerekli notasyon ve değerler şöyledir;

Q = Tüm A_i ($i = 1, \dots, \alpha$) ürünlerinin toplam üretim miktarı,

$$\sum_{i=1}^{\alpha} Q_i, (Q_i = \text{Her bir } A_i \text{ ürünü için üretim miktarı})$$

N_j = Tüm A_i ($i = 1, \dots, \alpha$; $j = 1, \dots, \beta$) ürünlerinin üretimi için tüketilecek a_j alt parçalarının toplam gerekli miktarı,

X_{jk} = 1 den k' ya belirli sıradaki ürünlerin üretimi için kullanılacak a_j alt parçasının toplam gerekli miktarı,

Bu notasyonlardan;

N_j/Q = Bir ürünün üretimi başına a_j alt parçasının gerekli miktarı,

$(k.N_j)/Q$ = Ürünlerin k birimini üretmek için a_j alt parçasının ortalama gerekli miktarı, göstermektedir.

Bir a_j alt parçasının tüketim hızını sabit tutmak için X_{jk} 'nin miktarı $[(k.N_j)/Q]$ 'nin değerine mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır.

G_k ve P_k birer nokta olsun,

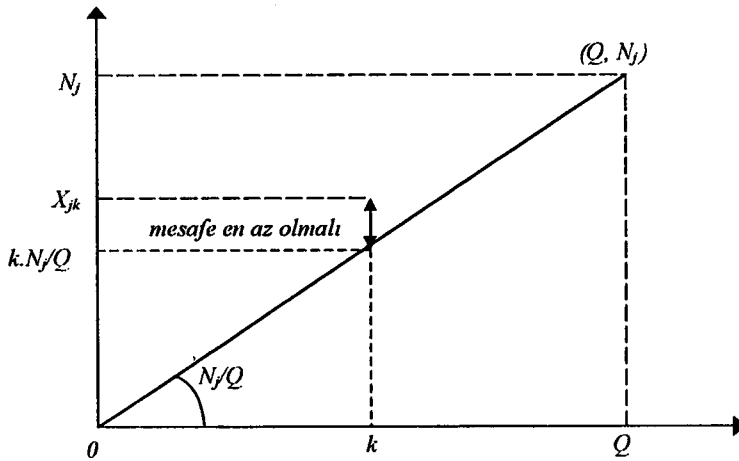
$$G_k = (k.N_1/Q, k.N_2/Q, \dots, k.N_\beta/Q),$$

$$P_k = (X_{1k}, X_{2k}, \dots, X_{\beta k}),$$

Her bir parçanın tüketimini sabit bir hızda sağlıya bilmek için P_k noktası G_k noktasına mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Böylece P_k ve G_k noktalarının birbirlerine yakınlığı mesafesi ölçülürse,

$$D_k = \|G_k - P_k\| = \sqrt{\sum_{j=1}^{\beta} \left(\frac{k.N_j}{Q} - X_{jk} \right)^2} \quad (3.1)$$

D_k mesafesinin minimum olması (en aza indirilmesi) gerekir. Toyota tarafından bu fikir üzerine geliştirilen algoritma "Amaç takip I" (Goal-Chasing I) metodu diye bilinir. Toyotanın sıralama algoritmasının temel bileşenleri şekil 3.5 'de gösterilmiştir (Monden, 1983).



Şekil 3.5 X_{jk} ve $k.N_j/Q$ arasındaki ilişki

Algoritma:

Adım 1: $K = 1$, $X_{j,k-1} = 0$, ($j = 1, \dots, \beta$), $S_{k-1} = \{1, 2, \dots, \alpha\}$,

Adım 2: $D_{ki}^* = \min_i \{D_{kij}\}$, $i \in S_{k-1}$,

D_{ki}^* aşağıdaki formülden bulunur;

$$D_{ki} = \sqrt{\sum_{j=1}^{\beta} \left(\frac{k \cdot N_j}{Q} - X_{j,k-1} - b_{ij} \right)^2} \quad (3.2)$$

$b_{ij} = A_i$ ($i = 1, \dots, \alpha$) ürününün bir birimini üretmek için a_j ($j = 1, \dots, \beta$) alt parçasının gerekli miktarı,

Adım 3: i^* ve A_{i^*} belirlenir.

Adım 4: Eğer $D_{ki}^* = 0$ ise algoritmayı sona erdir,

Eğer $D_{ki}^* \neq 0$ ise $X_{j,k} = X_{j,k-1} + b_{i^*j}$ ($j = 1, \dots, \beta$) ve $k = k + 1$ 'i hesaplayarak Adım 2' ye geri dön.

2. Amaç Takip II (Goal - Chasing II GC2) Metodu

Hesaplama zamanını azaltmak için Toyota, parçaların sabit kullanım oranlarını korumaya yönelik orijinal metotla aynı amaca sahip "Amaç takip metodu II" (GC2)'yi geliştirmiştir. (Bir otomobilde ortalama 20.000 farklı parça bulunduğundan, amaç takip metodunun uygulanması oldukça zordur) GC2, GC1'dekine benzer şekilde, modelleri bir seferde çizelgedeki tek bir pozisyona atamaktadır. GC2, göz önüne alınan modeldeki parçaların beklenen sayısı ile önceki modellerde kullanılan gerçek miktar arasındaki farkı hesaplamakta ve en büyük farka sahip modeli seçmektedir. GC2, ortalama kullanım oranlarına ulaşması gereken parçaları kullanan modeli seçmektedir. Bu basitleştirilmiş algoritma GC1 metodunun 2.adımından geliştirilmiştir ve aşağıdaki önerme üzerine dayanır.

A_b ve A_c ürünleri arasındaki ilişki;

$$\sum_{J_b \in B_b} \left(\frac{k \cdot N_{J_b}}{Q} - X_{J_b(k-1)} \right) \geq \sum_{J_c \in B_c} \left(\frac{k \cdot N_{J_c}}{Q} - X_{J_c(k-1)} \right) \quad (3.3)$$

olsun.

Bu eşitlik ilişkisi, her bir ürün için kullanılan ve her bir ürünün bir alt birimini üretmek için kullanılan parçaların miktarının farklı ürünleri arasında benzerlik olması gerektiği şartlar altında tutulabilir. Örneğin Toyotada farklı model arabaların alt parçalarını üretmek gibi. Modeller farklıdır fakat her bir arabada kullanılan parça sayıları sabittir.

Bu prosedürün matematiksel formülasyonu aşağıda verilmiştir.

$$E_{ki} = \max \{E_{kij}\}, i \in S_{k-1}$$

Burada,

$$E_{ki} = \sum_{J_i \in B_i} \left(\frac{k \cdot N_{J_i}}{Q} - X_{J_i, (k-1)} \right) \quad (3.4)$$

B_i , A_i üretimini gerçekleştirmek için gerekli a_{ji} alt parçalarının bir setidir.

Buradaki notasyon, GCI 'de olduğu gibi, $GC2$ 'dekinin aynısıdır. Ancak, J_i modelini oluşturmak için gerekli parça grup kümesini oluşturan B_i bu notasyonda farklılık göstermektedir.

Burada, $GC2$, sadece verilen modeli oluşturan elemanları toplayarak hesaplama zamanını azaltmaktadır. Böylece, eğer bir model toplam parça sayısının küçük bir bölümünü kapsarsa, hesaplama zamanı uygun olarak kabul edilebilir. Basitleştirilmiş algoritmanın amacı karışık modelli montaj hattında her bir parçanın kullanımındaki hızı sabit tutmaktır. Bununla beraber diğer amacı montaj süresinin uzamasına neden olan alt bileşenlerin git gide artmasını önlemektir (Monden, 1983; Sumichrast vd., 1992).

3. Zaman Dağılımı (Time Spread TS) Metodu

Bu metoddaki karışık modelli montaj hattının dengeli olduğu kabul edilmektedir. Böylece, her istasyon ek işgücü gerektirmeden ortalama iş yükünü gerçekleştirebilir. Eğer böyle bir durum söz konusu değilse, herhangi bir çizelgeleme metodu istasyondaki bitmemiş işin sürekli akışını önleyemez. Ancak, bazen bazı modeller istasyonda çevrim zamanından daha fazla iş gerektirebilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi böyle durumlarda, işi tamamlamak için bitmemiş bir parçayı bir sonraki istasyona taşımak gibi işçilere esnek iş kuralları uygulanabilir. Bu plan, aşırı iş yüküne sahip modellerin istasyonlara gelerek ve işçilerin bu işleri yapamaması

durumunda oldukça başarılı olmaktadır. Bu potansiyel problem, "Zaman dağılım metodu" (TS) olarak tanımlanmaktadır. TS, amaç takip metodunda olduğu gibi parçaların seçiminde aynı sezgisel prosedürü kullanmaktadır. Ancak, amaç fonksiyonu aşağıda gösterilen (3.5) şekilde değiştirilir. Bu fonksiyonun yapısı, Fonksiyon (3.1)'in yapısına benzemektedir. Ancak, parça miktarını temsil eden terimler ve GC1'deki modeller TS' deki karşılık gelen montaj zamanları ile değiştirilmiştir (Sumichrast vd.,1992).

$$\min_{i \in M'} \sum_{l=1}^s \left(\frac{k.T_l}{T} - XT_{l(k-1)} - t_{il} \right)^2 \quad (3.5)$$

Burada;

$XT_{l(k-1)}$ = Sıradaki ilk k-1 biriminin montajı için l istasyonunda gerek duyulan gerçek zaman,

s = Montaj istasyonlarının sayısı,

t_{il} = l istasyonunun i modeli tarafından gerek duyulan montaj zamanı,

T = Tüm istasyonlarda tüm parçaların montajı için gerekli zaman,

T_l = l istasyonunda tüm parçaların montajı için gerekli toplam zaman.

- **Dizi çizelgelerinin montaj hatlarına aktarılması**

Montaj hatlarında, bir sonraki ürün tipinin önceden bilinmesi önemli bir konudur. Bu bilgilerin anında montaj hatlarına ulaştırılması ise korunun bir başka boyutunu oluşturmaktadır. Toyota uygulamasında bu amaçla, merkezi bilgisayara bağlı terminaller ve yazılılar, yine merkezi olarak hazırlanan dizi çizelgelerinin gerçek zamanda montaj hatlarına iletilmesini sağlarlar.

Bu terminallerde, diğer bilgilerin yanı sıra, her ürün için bir de "etiket" bilgileri yer alır. Montaj hatlarındaki işçiler bu etiketlerdeki talimatları izleyerek belirli bir tip ürünün montajını gerçekleştirirler. Bu durumda; sadece montaj hatları etiket ve çizelgelere doğrudan ulaşırken, işletmedeki diğer birimler montaj hatlarından gelen kanbanlar aracılığıyla üretim miktarları hakkında bilgi sahibi olacaklardır.

Ancak burada önemli olan bir diğer konu da, etiket ve dizi çizelgelerinin sadece son montaj hattına değil, aynı zaman da diğer parça montaj hatları ile transmisyon, motor gibi büyük hacimli parçalar üreten tedarikçilere de gönderiliyor olmasıdır. Bu şekilde son montaj hattını doğrudan besleyen alt montaj hatları ile tedarikçilerin dizi çizelgelerini doğrudan almaları, son

montaj hattının değişik ürün tiplerinin montajı sırasında gereken parçaları anında çekebilmesi kolaylaştıracaktır. Bu uygulama, Toyota ortamında “sıralı çekme sistemi” (sequenced withdrawal system) olarak tanımlanmaktadır (Acar,1997b).

3.3.4.3. Siparişler ve dizi çizelgesi arasındaki ilişkinin kurulması

Toyota sisteminde bir siparişin, son montaj hattına ait dizi çizelgesinde yerini alabilmesi için izlenen yol aşağıda verilmiştir:

- Bayi Toyota Satış Şirketine on-günlük sipariş formunu gönderir,
- Bayi Toyota Satış Şirketine günlük sipariş formu gönderir,
- Toyota Satış Şirketi, Fabrikaya günlük sipariş formunu gönderir,
- Günlük dizi çizelgesi atölyelere ve tedarikçilere gönderilir,

Bu aşamalarda yürütülen faaliyetler aşağıda özetlenmektedir:

1. Her ay, on-günlük üç döneme ayrılmıştır ve on-günlük sipariş formları bu dönemlerin başlangıcından yedi gün önce Bayilerden; Satış Şirketine gönderilir. On-günlük sipariş formunda bayi, en çok satılan ürün tipleri için stok ihtiyaçlarını tahmin yoluyla belirler. Fabrika, bu on günlük sipariş formlarının kullanarak, günlük çizelgeleri hazırladığı aylık üretim planını revize eder. Başka bir anlatımla, aylık üretim planı aylık satış tahminlerine göre hazırlanırken, on-günlük sipariş formu bayilerin aylık satışlara ilişkin en güncel tahminlerine dayanılarak hazırlanır. Bu durumda Toyota Fabrikası, günlük çizelgeleri hazırlamadan önce aylık ortalama değerleri revize ederek, en gerçekçi çizelgeleri hazırlama olanağını yakalar.

2. Her gün, Toyota Satış Şirketine, tüm ülkedeki bayilerden günlük sipariş formları gönderilir. Günlük siparişler, ürünün Fabrikadaki son montaj hattından (gövde-şase montajı) çıkmasından dört gün önce alınır. Dolayısıyla günlük siparişlerde temin sürenin oldukça kısa olduğunu söyleyebiliriz. Günlük sipariş formları, bayiler tarafından gerçek müşteri talebine dayanılarak hazırlandığından talebe ilişkin en güncel verileri içerirler.

Günlük sipariş formları, on-günlük sipariş formuna oranla talep edilen ürüne ilişkin çok daha ayrıntılı bilgileri içerir. Bu formlarda ürüne ilişkin tüm ayrıntılar, opsiyonlar varsa özel

tercihler tanımlanmıştır. Bu nedenle Toyota sisteminde günlük sipariş formları, on-günlük sipariş formlarının revize edilmesi amacıyla kullanılır ve bu şekilde gerek üretim, gerekse satışın en güncel verilere uygun olarak gerçekleştirilmesi sağlanır.

3. Toyota Satış Şirketindeki merkezi bilgisayarda bayilerden gelen siparişler araba tipi ile gövde, motor, transmisyon, renk vb. kriterlere göre sınıflandırılır. Sınıflandırılmış bu bilgiler Fabrikaya, ürünün montaj hattı çıkışından üç gün önce gönderilir. Bu form, tesislerde gerçekleştirilecek üretim miktarlarına ilişkin en güncel verileri Fabrikaya ulaştırır.

4. Fabrika, Satış Şirketinden, günlük sipariş formlarını aldıktan hemen sonra, karışık model montaj hattı için dizi çizelgeleri hazırlanır. Dizi çizelgeleri, en erken, ürün montaj hattından çıkışından iki gün önce hazırlanarak tesislere gönderiler. Bu arada her gün bir dizi çizelgenin hazırlandığının da göz önünde bulundurulması gereklidir.

Dört-aşamalı sipariş süreci sonucunda, Toyota ortamında, bir ürün bayinin satış şirketine siparişi göndermesinden sadece dört gün sonra montaj hattından çıkmış olacaktır. Ancak bu süreçte temin süresinin sadece bir gün olduğunu gözden kaçırmamak gereklidir. Diğer taraftan, bayilerin coğrafi konumlarına bağlı olarak teslimat süreleri farklılık gösterebilmektedir.

Üretimin dengelenebilmesi, başka bir anlatımla, üretim miktarlarının günden güne dalgalanmadan sabit kalabilmesi için üretim ortamında bazı ön çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda; esnek tezgahların devreye sokulması ve temin sürelerinin azaltılması iki temel çalışma alanını oluşturur. Bu alanlarda gerekli düzenlemeleri yapmadan, üretim dengeleme çalışmaları başlatıldığında, istenen sonuçları almak mümkün olmayacaktır.

Üretimin dengelenmiş olması, bir bakıma üretim hatlarında aynı anda farklı ürün tiplerinin ufak miktarlarda üretilmesi anlamına gelmektedir. Ürün çeşitliliği arttıkça, bu tür bir üretim ortamı gerçekleştirmek giderek zorlaşacaktır. Bu noktada problemin çözümünü esnek imalat sistemleri sağlamaktadır.

Esnek üretim sistemleri (EÜS), birden fazla tipteki parçayı küçük ya da orta hacimde etkin bir şekilde üretebilmek için tasarlanmış ve bilgisayar tarafından kontrol edilen yarı bağımsız iş istasyonları ve malzeme taşıma sistemlerinden oluşan otomatik bir üretim türüdür. Bu

sistemler, sahip oldukları bilgisayar donanımı aracılığıyla; ürün miktar ve kompozisyonundaki değişikliklere ve ürün tiplerinin çeşitliliğine çok hızlı bir şekilde uyum sağlar.

Dolayısıyla, EÜS' in üretim ortamında kullanılması, işletmenin çok çeşitli ürünleri ufak miktarlarda üretebilme becerisini başka bir anlatımla esnekliğini artıracaktır. Bu becerinin kazanılması ise üretimin dengelenebilmesi için gereken önemli bir koşuldur.

Ancak EÜS henüz Toyota' da bütünüyle devreye girmiş değildir. Toyota çok amaçlı tezgahlar ve otonomasyon sayesinde tesislerinde gereken esnekliği sağlayabilmiştir.

3.3.5 Periyodik bakım

TZÜ felsefesinin doğasında mevcut olan toplam kalite kontrol kavramının, küçük bir alt kümesidir. Kafiye büyüklüklerinin küçük olması gerektiğinden ve ara stoklar kesinlikle istenmediğinden, gerek kaza ve gerekse diğer sebeplerden ötürü üretim araçlarında oluşabilecek arızalar kabul edilemez. Bir TZÜ ortamındaki çalışanlar, kullandıkları tezgah ve takımları çok iyi tanımalı ve bakım gerektirecek problemleri daha başlangıç aşamasında tespit etmelidirler (Im vd., 1994).

Parça, hammadde ve alt montajlar için ilave stok bulundurulmasının geleneksel bir nedeni, tezgah duruşları olasılığına karşı tampon oluşturmaktır. Buna ek olarak, iyi çalışmayan bir tezgah durmamış, ancak standartlar içinde çalışamayan düşük kaliteye neden olmuş olabilir. TZÜ yaklaşımı tanınmaya başlayınca bu güvenlik stokları ortadan kalkmıştır. TZÜ'de tezgahlar kesin ve güvenilir bir şekilde çalışmalıdır. Bu güvenilirlik geniş ve yöntemli koruyucu bakım ile başarılır. Periyodik bakımın temel amacı, üretim kalitesinin korunmasını ve devamını sağlamaktır. Buna ek olarak iyi bakılmış bir tezgah daha uzun süre dayanır ve daha az problem meydana getirir. Periyodik bakım programının konuları şunlar olacaktır.

- Duruşları azaltmak,
- Kaliteyi iyileştirme ve sapmaları azaltma,
- Tezgah ömrünü uzatmak,
- Temel tezgah duruşlarını önlemek.

Bu yaklaşım, tezgahlar kadar takım ve bağlama düzenlerini de içerir. Temizlik, takımların bakımı, ölçme alet ve araçlarının ayarlanması ve diğer ekipmanların bakımı, yüksek kaliteli ve güvenilir üretim için eşit önemdedir.

Sonuç olarak, periyodik bakımda rol oynayan çeşitli personelin faaliyetleri çok önemlidir ve işgücü paylaşımı hemen pratiğe dönüştürülebilir. Geçmişte tezgah ve takım bakımı, bakım bölümünün sorumluluğundaydı, bu bölümdeki çalışanlar ise tam bakım faaliyetlerini yerine getirebilecek özellikteydiler. TZÜ yaklaşımıyla birlikte tezgah bakımının temel sorumluluğu atölyelerdeki çalışanlara aktarıldı. Bakım bölümü çalışanları günlük bakım işlerinde eğitirler, kendileri ise daha özel işler meydana getirmek için çalışırlar (Maskell, 1989). Koruyucu bakım faaliyetleri TZÜ sisteminin her bir kademesindeki her seviyede yerine getirilmelidir. Koruyucu ve düzeltici bakım, sistem başarısını oldukça etkileyebildikleri için, daha iyi bir sistem dizaynı ve işlemleri elde etmek için bakım politikaları analizine kuvvetle ihtiyaç vardır (Vito vd., 1992).

Çalışan ve bakım mühendislerine ek olarak, kalite mühendisleri, üretim mühendisleri ve üretim planlamacılar bakıma ilave edilmelidir. Mühendislerin, ekipmanların periyodik bakım ihtiyaçlarından haberdar olmaları gerekir ve çalışmalarında bunları dikkate almak zorundadırlar. Ayrıca bu kişilerin çalışan ve bakım personeline bir rehber gibi davranacak çalışma ve işlemleri anlatarak tezgah performansını garanti altına almaları gerekir (Maskell, 1989).

TZÜ üretim sistemi eğer kaynaklar başarılarına kullanılabilirliklerine dayanarak doğru olarak tasnif edilebilirlerse, etkin olarak işleyebilir. TZÜ üretim hatlarında, bilhassa performans, tezgah güvenilirliği ve ilgili bakım politikalarından epeyce etkilenebilir.

TZÜ ile ilgili yapılan hemen hemen tüm çalışmalarda, tezgahların mükemmel şekilde güvenilir ve dolayısıyla arızaların oluşmadığı kabul edilir. Bu ideal bir koruyucu bakımın sistemi arızaya maruz kalmadan işleteceği varsayımına dayanır. Bununla birlikte, endüstriyel deneyimler koruyucu bakımın etkin olduğu durumlarda bile arızaların oluşabildiğini göstermiştir. TZÜ gibi bir çekme üretim sisteminde arızalar, sistem elemanları arasında çok kuvvetli etkileşimlerin olması yüzünden sistem performansını çok şiddetli etkiler (Vito vd., 1992).

3.3.6 Çok yönlü işçiler

Talep değişmelerine uyum sağlamak amacıyla atölyelerde çalışan iş gücü sayısında esneklik sağlamak shojinka olarak tanımlanmaktadır. Shojinka kavramının gerçekleştirilmesinde, işçilerin yapmakta olduğu işlerin kapsamının genişletip, daraltılması önemli bir faktör olarak belirlenmektedir. Yapılan işlerin kapsamını genişletilip, daraltılmasında ise yerleşim planları önemli bir rol oynayacaktır; ancak sadece tezgah yerleşim planlarını düzenleyerek Shojinka kavramını gerçekleştirmek mümkün değildir.

Bilindiği gibi, Shojinka, talep değişikliklerine uyum sağlamak amacıyla atölyelerde çalışan işgücü sayısını hızla değiştirebilme becerisi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, işgücü bazında değerlendirildiğinde ise, Shojinka kavramının, işgücünün; çevrim zamanı, operasyon sıralaması ve iş kapsamındaki değişmelere hızla uyum sağlayabilecek nitelikte olmasını gerektirdiği görülecektir. Tüm bu değişikliklere hızla uyum sağlayabilmek için ise işgücünün çok fonksiyonlu olması, başka bir anlatımla, her türlü süreçte, her türlü işe yapabilecek şekilde olması gerekmektedir (Monden,1983).

Çok yönlü işçiler, israfın ortadan kaldırılması ve maliyetlerde azalma istendiğinde kesinlikle gerekli olurlar. Bir TZÜ ortamında bir işçinin yokluğu, bir ürünün teslim çizelgesi üzerinde beklenmedik sonuçlar doğurabilir. İşçilerin yerlerini ihtiyaca göre değiştirebilme esnekliği, üretimin daha etkin ve verimli bir hale getirilmesinde çok yararlı bir yetenektir (Temponi ve Pandya, 1995).

3.3.7 Tam zamanında satın alma

Tam zamanında satın alma, maliyet azaltışı kavramını güçlendirir. Son montaj için beş-altı günlük ara stoku elde tutmak yerine ara stoklar, saatler seviyesine indirilir. TZÜ satın almayı uygulayan bir işletme için şu gibi faydalar vardır; Satın alınan parçalar için uygun fiyat, küçük partilerin sık ve güvenilir teslimi, teslimat sürelerinde azalma ve yüksek kaliteli parçaların tam istenen miktarda teslimi (Golhar ve Stamm, 1993).

Clouse ve Gupta (1990), satın almaya bağlı olarak TZÜ' in amacını, sistemin tüketimi için gerek duyulan parçaların çok küçük miktarlarda tam zamanında satın alınması olarak tanımlamıştır.

TZÜ sistemi, yalnızca stok kontrolü ve üretim sistemiyle sınırlı değildir. Aynı zamanda son derece önemli olan üretim-satın alma uygulamasını da içerir. TZÜ sisteminde parçalar, çok küçük partiler halinde sık sık sevkiyat yapılacak şekilde ihtiyaç anında satın alınır.

satın alma faaliyetleri genellikle malzemenin tedariki ile ilgili olan bütün fonksiyonları kapsar ki; bunlar ihtiyaç zamanının belirlenmesinden, malzemenin alınması ve kullanılmasına kadar olan fonksiyonlardır. satın alma işlemi, TZÜ stratejisinin en önemli bir elemanıdır (Ansari ve Modarress, 1990).

Malzemelerin zamanında temini, bir TZÜ sisteminin başarıyla uygulanmasında temel bir rol oynar. Çünkü bu verimliliğin arttırılmasında, maliyetlerin azaltılmasında ve kalitenin geliştirilmesinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Başarılı bir satın alma programı satıcı ve alıcı firmalar arasında iyi ilişkiler olmadan sürdürülemez. Başarılı bir ilişkinin ilki iyi bir yan sanayi firma seçilmesine dayanır (Willis vd., 1993).

Satın alma faaliyetleri, işletmelerin büyüklüğüne bağlı olarak üreticiler arasında oldukça farklılık gösterir. Genel olarak satın alma organizasyonun büyüklüğünden bağımsız olarak, birçok başlıca faaliyet konusunda kısmi veya tam sorumluluğa sahip olmalıdır.

3.3.7.1 TZÜ satın alma sisteminin faydaları

TZÜ satın almasının belli başlı faydaları, çeşitli uygulamalardan ortaya çıkar. Birincisi, uzun süreli ilişkiler alıcılar ve yan sanayi firmaları arasında iş stratejilerini ve yüksek ürün kalitesi ile verimlilik, kârlılık ve gelişme hedeflerini paylaştıkları işbirliğine dayanan bir ortam oluşturur. TZÜ'nün asıl hedefi, ürünü ilk defada doğru olarak ve gerektiği zamanda gerektiği kadar üretmektir.

Yan sanayi ile olan uzun süreli ilişkiler ve sürekli iletişim yıllık teklif verme işlemini ortadan kaldırır ve alıcının yan sanayi ile tasarım üretim bilgisini paylaşması ile ürün şartlarını sağlamak ve maliyetleri azaltmak amacıyla çok yakın olarak çalışmalarına imkan tanır.

Sık teslimatlarla birlikte, küçük miktardaki partiler TZÜ hedeflerine ulaşmada bir sonraki adımdır. Yan sanayi küçük miktarlarda ürün üretebilmeli ve alıcı firma yakınında depo tutmak zorunda kalmadan sık teslimat yapabilmelidirler.

Gelişen kaliteden elde edilen diğer bir fayda, satın alma fiyatına yansıtılmayan fakat alıcılar için maliyetten tasarruf olarak düşünülen bir fayda olan giren parçaların kontrol edilmesi işleminin ortadan kaldırılmasıdır. Bunun başarısı ise, yan sanayinin kalite kontrol programlarına bağlıdır. Kalite kontrol tekniklerinin tasarım, üretim süreci ve dağıtım safhalarında yerleştirilmesi yüksek kaliteli ürünler ve işlem ile düşük maliyetlerle sonuçlanır. Bu sonuçların elde edilmesinde alıcı ve yan sanayinin ortak rolü vardır (Ansari ve Modarress, 1990).

3.3.8 Kanban sistemi

TZÜ ve diğer sistemler arasındaki en önemli fark, malzeme akışıdır. TZÜ sistemlerinde akış ancak bir çekme etkisi olma durumunda söz konusudur. Başka bir deyişle, malzeme hareketi elde malzeme mevcut olduğundan değil, ihtiyaç duyulduğundan olur. TZÜ sisteminin modellenmesindeki ihtiyaçların anlaşılabilmesi açısından bu ayrımın bilinmesi gereklidir ve çekme kavramının özünü de bu oluşturmaktadır.

TZÜ felsefesi altında stok alanları ve stoklar yoktur. Malzemeler ihtiyaç duyuldukları zaman iş merkezleri tarafından çekilir veya talep ettiğinde bunlara gönderilir. Eğer bir iş istasyonu durursa, iş parçası kullanımı ve üretimi yoktur. Malzemeler depolanmaz, sadece üretim süreci

boyunca ihtiyaç olduğu zaman bir merkezden diğerine aktarılır (Benson, 1989; Mitra ve Mitrani, 1990).

Üretim kontrol sistemlerinin dizaynında iki amaç vardır. Üretim hattı boyunca çıktıların artırılması ve işlem esnasında kullanılanları ve yapılanları (malzeme, enerji, hareket vb.), en aza indirmek. TZÜ kontrol sistemi de bu amaçla kanban adı verilen, bilgi taşıyan kartların kullanılmasına dayanan bir çekim planlama tekniği kullanır (Savsar, 1996; Ramesh vd., 1997).

Kanban, TZÜ sisteminde ihtiyaç duyulduğu zaman, ihtiyaç duyulduğu miktarda, ihtiyaç duyulan parçaların üretimini, birbirleriyle uyumunu kontrol etmeyi amaçlayan bir bilgidir (Co ve Jacobson, 1994).

Kanban felsefesi, basit kart sistemi ve kendi işlem kurallarını kullanarak üretim sürecinin malzeme akışını düzenlemesine imkan tanır. Bir TZÜ sisteminde malzeme hareketinin düzenlenmesi ve stoklarının azaltılması için bu elemana ihtiyaç duyulur. Diğer bir faydası da stok seviyelerini azaltarak, problemlerin belirlenmesidir. Sonuç olarak, kanban ve kanban kontrollü çekme sistemleri TZÜ sisteminin bir tanımlayıcı elemanı olarak belirlenmiştir (Deleersnyder vd., 1989).

Bugünün son derece rekabetçi olan ortamında üretim stratejileri, müşteri tercih ve taleplerindeki hızlı değişiklikleri karşılayabilmek için kütle üretiminden küçük hacimli üretime dönmektedir. Üreticiler aynı zamanda toplam üretim maliyeti gibi, stok ve ara stokları düşürmek istiyorlar. Küçük hacimli üretim veya montaj yapılırken, eğer hazırlık maliyetleri ve zamanı fazlaysa, o zaman bu hazırlıkların sonuçları yüksek maliyete sebep olur. Bu yüzden, bu şartlarda ürünlerin tam zamanında üretimi ve montajı çoğu yönetici tarafından başarılamaz. Bir firmanın, pazarda rekabet edebilmesi için ihtiyaç duyduğu parçaların gerekli miktarlarının en az maliyetle ve zamanında olması gerekir. Üretim maliyetinin ana elemanlarından olan ve ürüne hiçbir değer katmayan, hazırlık maliyeti, stok tutma maliyeti ve ara stok maliyetlerinin azaltılması gerekir (Anwar ve Nagi, 1997). Bu şartları gerçekleştirmek için bugün çoğu işletmede TZÜ uygulamasının göze çarpan tarafları; Hazırlık zamanlarının, parti büyüklüğünün azaltılması, üretim süresince çekme sistemi, moral ve verimliliğin gelişmesi için atölye yerleştirme sayesinde malzeme akışının kolaylaştırılması, kalitesi kontrol edilmiş üretim, üretim hücrelerinin oluşturulması, çok yönlü işçi eğitimi, koruyucu bakım çalışmaları, yan sanayi

belirlenmesi ve sayılarının azaltılması (Natarajan ve Winrauch, 1990), gibi TZÜ sisteminin temel elemanlarının kullanılmasıdır.

3.3.9 Tam zamanında üretim sisteminde kalite

Günümüzde, bir işletmenin devamı için işlem ve ürün kalitesi güvencesinden daha önemli bir şey yoktur. Ürün kalitesi gerçek konu olmasına rağmen, “ne kadar kalite yeterlidir?” sorusu da önemlidir. 1970’lerin sonlarında ve 80’lerin başlarında Amerika’da bu sorunun ortak yanıtı, satılacak ürünlerde küçük fakat güvenilebilir miktarda kaliteyi kabul etmektir. Bu zamanlarda üretilen kalitenin iyileştirilmesi çok aşırı maliyet olarak görülüyordu. Bununla aynı anda Japonlar “Tam Zamanında Kalite Yönetimi” dedikleri farklı bir uygulamayı hayata geçirdiler. Bu tam zamanında yaklaşımıyla ürün kusursuzluğu bir hedef haline getirilmiştir ve herhangi bir düşük kalite kabul edilmemiştir (Schniederjans, 1993).

Üretilen mamullerin devamlı olarak kalitesinin geliştirilmesi Tam Zamanında Üretimin temel varsayımdır. Bir Tam Zamanında Üretim yaklaşımını yürüten bir işletme her zaman sapmaları azaltmak için üretim sürecini mükemmelleştirmeye çalışır, çünkü standart dan sapmalar, tekrar çalışma, ıskarta veya diğer bazı işleri gerektirir. Aşırı sapmalarsa (üretim sürecinde), düzeltilemeyecek ve boşa gidecek işlemlere yol açar (Maskell, 1989).

Üretim veya hizmet sunulmasında, kalite genellikle, belirlenmiş ürün gereksinmelerine uygunluk anlamına gelir. Ürün kalitesinin anlamı kişiden kişiye değişir. Kalitenin en çok kullanılan bazı ihtiyaçları, performans, özellik, güvenilirlik, uygunluk, dayanıklılık, servis hizmetleri, estetik ve fark edilmiş kalite anlayışıdır. Kalite kontrol, ürün ihtiyaçlarına uygunluğun doğruluğunun ispatlanmasının yönetim fonksiyonudur. Bir Tam Zamanında Üretim işleminde, Toplam Kalite Kontrol (TKK) basit kontrol faaliyetleri ile tüm ürün kalitesini kapsar. Toplam Kalite Kontrol, üretim güçlerinin tüm aşamalarını içine alır. Buna, ürün konusunun başlangıç işleminden, dağıtıma kadar her şey dahildir. Bunun amacı, üretim sürecinde uygunsuzluk veya hata oluşmasına neden olan şeyleri ortadan kaldırmaktır (Schniederjans, 1993).

TZÜ/TKK üretim sistemi, ürün kalitesini geliştirmek ve müşterinin ihtiyacını karşılama süresini kısaltmak için uygulanabilir bir süreçtir. TZÜ/TKK kayıpları en aza indirerek, geniş çaplı bir çalışan katılımıyla ürün kalitesinin gelişimini sürekli kılar (Shin ve Min, 1993).

Yüksek kaliteli ürünler ve TZÜ, aynı paranın iki yüzü gibidir. Bir zamanlar kabul edilen görüş, kalitenin, muayene işleminin miktar ve karmaşıklılığının arttırılmasıyla artacağıydı. Bu yaklaşım çoğunlukla başarısız olmuştur. Hem kalite gelişimini sağlayamamıştır, hem de çok pahalıdır. Yüksek kaliteli ürün, yüksek kaliteli tasarım ve üretim sürecinden doğar.

Kalite ve TZÜ el ele olmalıdır. TZÜ'in üretime yaklaşımı, istenen miktarda, istenen malzeme, parça ve alt parçaların istenen zamanda uygun halde olmasını yansıtır. Eğer bazı parçalarda hata varsa, TZÜ başarısız olur. Geleneksel olarak firmalar kalite problemlerini geniş emniyet stoku bulundurarak aşmaya çalışırlar. TZÜ ile aşırı stoklama gereksiz ve kabul edilemez kayıptır. Her kalite probleminin bir nedeni vardır ve bunlar bulunarak çözülebilir.

TZÜ'ü, bir gerçek haline dönüştürmeyi gerektiren yaklaşımla, ürün kalitesinde önemli adımlar atmayı gerektiren yaklaşım birbirinin aynısıdır. Üretim işlemini anlamak, sapmayı yok ederek o işlemi mükemmelleştirmek, kalite için eğitilmiş ve birleştirilmiş işgücü, hat içi kontrol ve muayeneler, kısa hazırlık zamanları ve küçük partiler, üretimin kolaylığı için tasarlanmış ürünler, kalitenin ölçülmesinde kolay ve uygun yöntemler, yüksek kaliteli ürünün elde edilmesi için gerekli hususlardır.

TZÜ'de olduğu gibi kalite probleminin çözümü kolay değildir. Hiçbir hızlı ve kolay cevap yoktur. Yüksek kalite, uzun dönem eğitimi, detaylı soruşturma ve problem çözümünü gerektirir. Teknikler karışık veya yeni değildir, ancak yüksek kalite işletmedeki herkesin uzun dönem bakış ve katılımını gerektirir. Böylece, bu kazançlar işletmede bir gerçek haline dönüşür (Maskell, 1989).

3.4 Tam Zamanında Üretim Sistemi Ne Değildir?

TZÜ sistemini uygulayan firmalarda bu üretim felsefesinin uygulanması ile ilgili yanlış anlaşılan bazı kavramların olduğu ortaya çıkmıştır (Bockerstette, 1988). Bunlar;

1. TZÜ sistemi bir satın alma programı değildir. TZÜ sistemi sadece stok kontrolü ve üretim sistemiyle sınırlı değildir. Aynı zamanda son derece önemli olan üretim-satın alma uygulamasını da içerir. TZÜ sisteminde parçalar, çok küçük partiler halinde sık sık sevkiyat yapılacak şekilde ihtiyaç anında satın alınır.

İdeal bir TZÜ sistemine sahip olmak için üretim ve satın alma faaliyetlerinin birbirine uyumlu hale getirilmesi gereklidir. Tam zamanında satın alma uygulaması olmaksızın TZÜ sistemi eksik kalacaktır (Ansari ve Modarress, 1990). Bu yüzden TZÜ sistemi tek başına bir satın alma programı değildir.

2. TZÜ sistemi hazırlık zamanlarını azaltıcı bir program değildir. TZÜ sisteminin uygulanması, hazırlık zamanlarını azaltır diye bir şey söylenmesi mümkün değildir. Aksine, TZÜ sisteminin uygulanabilmesi için hazırlık zamanlarının azaltılması gerekir. Hazırlık zamanlarının azaltılması, daha az stok, daha iyi kalite ve daha küçük parti büyüklüğü için bir adımdır. Diğer TZÜ elemanları olmadan, bir işletme bu sistemden tam olarak bir fayda sağlayamaz.

3. TZÜ sadece bir proje değildir. Bu bir işlem felsefesi olduğu için, TZÜ sistemini yerleştirmek, bir program kurmaya çalışan 5-7 kişilik danışmanlık gruplarının çalışmasını da aşan bir iştir. TZÜ geniş ölçüde organizasyon, özellikle de atölyede bulunan çalışan ve gözlemcilerin eğitim ve öğretimini gerektirir. TZÜ felsefesinin temeliyle eğitilmiş atölye çalışanlarının bir takımı, çalıştıkları işlemi çok büyük oranda iyileştirebilirler (Gottesman, 1991).

4. TZÜ sistemi hemen uygulanan bir sistem değildir. TZÜ sisteminin uygulaması, organizasyon değişikliği gibi fiziksel işletme değişikliklerini de gerektirir (Guinopero ve Law, 1990; Helms, 1990). Bu yüzden, TZÜ sistemi hemen uygulanıp da sonuç alınan bir üretim felsefesi değildir (Bockerstette, 1988).

3.5 TZÜ Sisteminin Endüstride Uygulanma Düzeyi

White (1993), TZÜ sisteminin işletmeler arasında ne oranda uygulandığını ortaya çıkarmak için yaptığı araştırmada 2642 işletmeye TZÜ sistemini uygulayıp uygulamadıklarına ilişkin anket formu göndermiş, sadece 1165 işletme buna cevap vermiştir. Cevap veren işletmeler içinden 1035 tanesi en azından bir TZÜ sistem elemanını kullandığını göstermiştir. Bunlardan %95.6'sı üç veya daha fazla TZÜ elemanını uygulamaktadır. 211 işletme ise, tüm TZÜ elemanlarını kullanmaktadır. İşletmelerin %78.4'ünde işçi sayısı 250 veya daha fazla, %21.6'sında ise işçi sayısı 250'den azdır. Sırasıyla işçi sayısı; 250-499 arasında (%22.7), 500-999 arasında (%20.3) ve 1000 veya daha fazla (%35.4) dır.

Uygulamaya dahil olan işletmelerin %61.2'si elektrik/elektronik, metal taşıma araçları, sağlık ve tıp cihazları ve elektrikli olanlar hariç, makine endüstrisidir. Bu sınıflamada elektrik/elektronik endüstrisi %36.6'lık bir paya sahiptir.

Çizelge 3.2 İşletmelerde TZÜ sisteminin uygulanma düzeyi

Uygulanan TZÜ Elemanı	Uygulayan İşletmelerin Oranı (%)	Ortalama Uygulanma Süresi (Yıl)
Kalite Kontrol Çemberleri	64.9	<u>3.23</u>
Toplam Kalite Kontrol	84.9	2.30
Odaklanmış Fabrika	69.0	2.16
Planlı Bakım	56.9	1.74
Azaltılmış Hazırlık Zamanları	<u>85.5</u>	2.15
Grup Teknolojisi	65.9	2.29
Düzenli İş Yükleme	56.8	2.06
Çok Yönlü Eğitilmiş işçiler	81.6	2.29
Kanban Sistemi	65.9	2.13
Tam Zamanında Satın alma	73.8	1.88

Örnek sayısı (N)=1035

Çizelge 3.2'de işletmeler arasında en sık kullanılan, TZÜ elemanının hazırlık zamanlarını azaltmak, ikinci olarak da Toplam Kalite Kontrol (TKK) olduğu görülmektedir. Ortalama zaman olarak en uzun kullanılan kalite çemberleri, ikinci olarak TKK elemanının olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.3 Çalışan işçi sayısına göre TZÜ sisteminin uygulanma düzeyi

Grup	I	II	III	IV
Uygulanan TZÜ Elemanı	(%) (Yıl)	(%) (Yıl)	(%) (Yıl)	(%) (Yıl)
Kalite Kontrol Çemberleri	57.7 <u>2.02</u>	60.8 <u>3.04</u>	67.5 <u>3.13</u>	70.5 <u>3.98</u>
Toplam Kalite Kontrol	78.9 1.71	79.4 2.08	<u>85.2</u> 2.30	<u>92.0</u> 2.73
Odaklanmış Fabrika	63.8 1.53	67.8 2.05	63.2 2.19	76.4 2.52
Planlı Bakım	50.2 1.53	46.8 1.70	62.4 1.79	64.4 1.82
Azaltılmış Hazırlık Zamanları	83.7 1.54	<u>83.8</u> 2.02	83.7 2.20	88.8 2.54
Grup Teknolojisi	62.4 1.78	63.0 2.19	65.7 2.29	69.9 2.62
Düzenli İş Yükleme	50.7 1.65	53.6 1.79	61.4 2.01	59.9 2.47
Çok Yönlü Eğitilmiş işçiler	<u>86.0</u> 1.99	82.9 2.32	80.5 2.39	78.7 2.40
Kanban Sistemi	53.6 1.50	67.7 1.81	70.1 2.19	69.8 2.60
Tam Zamanında Satın alma	65.8 1.46	71.5 1.82	72.9 2.00	80.8 2.06

Örnek sayısı (N)=1035

Grup: I= Çalışan sayısı 250 den az (n=221), II= Çalışan sayısı 250-499 arası (n=236),

III= Çalışan sayısı 500-999 arası (n=211), IV= Çalışan sayısı 1000 veya daha fazla (n=367)

Çizelge 3.3’de ise, 1.grupta çok fonksiyonlu işçiler elemanı, 2.grupta Hazırlık Zamanlarının Azaltılması elemanı, 3 ve 4.gruplarda ise TKK elemanı en sık kullanılmaktadır. Kalite çemberleri ise, tüm işletmelerde en uzun süreli kullanımda olan elemandır.

Çizelge 3.4 Üretim şekline göre TZÜ sisteminin uygulama düzeyi

Grup	I		II		III		IV	
Uygulanan TZÜ Elemanı	(%)	(Yıl)	(%)	(Yıl)	(%)	(Yıl)	(%)	(Yıl)
Kalite Kontrol Çemberleri	58.0	<u>2.62</u>	52.9	<u>2.36</u>	73.0	<u>3.14</u>	71.0	<u>3.70</u>
Toplam Kalite Kontrol	<u>86.7</u>	2.07	74.4	2.00	<u>88.5</u>	2.57	<u>90.0</u>	2.28
Odaklanmış Fabrika	60.0	1.94	60.0	2.19	76.4	2.41	60.0	2.67
Planlı Bakım	58.9	1.54	54.7	1.82	65.0	1.82	73.3	2.32
Azaltılmış Hazırlık Zamanları	82.2	1.88	<u>79.1</u>	2.04	82.9	2.39	87.1	2.22
Grup Teknolojisi	67.8	1.86	54.7	1.96	69.7	2.49	60.7	2.35
Düzgün İş Yükleme	42.2	2.23	41.9	1.82	66.1	2.27	53.3	3.03
Çok Yönlü Eğitilmiş işçiler	84.3	1.83	70.9	2.18	80.6	2.33	73.3	3.11
Kanban Sistemi	58.4	1.81	50.6	1.79	71.8	2.46	60.0	2.72
Tam Zamanında Satın alma	70.0	1.63	65.1	1.46	79.8	2.11	74.2	2.48

Örnek sayısı (N)= 334

Grup: I=Atölye Tipi Üretim (n=91), II=Kütle Üretimi (n=86), III=Tekrarlı Üretim (n=124),

IV=Akış Tipi Üretim (n=33)

Çizelge 3.4’de ise üretim tiplerine (miktar veya akış) göre bir sınıflandırma yapılmış ve atölye tipi, kütle üretim, tekrarlı (kesikli) üretim ve akış tipi olmak üzere dört sınıf üretim tipi belirlenmiştir.

Ankete katılan işletmelerin 334 tanesi bu üretim tiplerinden birine girmekte, geri kalan 701 adedi ise bu üretim tiplerinin bir karışımını kullanmaktadır.

Buna göre TKK, atölye tipi, tekrarlı ve akış tipi üretimde, hazırlık zamanlarının kısaltılması ise, kütle tipi üretimde en sık kullanılan elemandır. Kalite çemberleri ise, tüm üretim tiplerinde en uzun kullanımda olan elemandır.

Bu araştırma göstermektedir ki; TZÜ yönetim uygulamaları, kullanılan üretim yönteminin hacim veya tipine bakmaksızın tüm organizasyonlar tarafından uygulanmıştır.

500 veya daha fazla işçi çalıştıran işletmeler, 500'den daha az eleman çalıştıran işletmelerden daha fazla TZÜ elemanı kullanır. Bu elemanların kullanılma süresi, geniş organizasyonlarda daha uzun bir süreye sahiptir.

Tekrarlı ve akış tipi üretim sistemleri, atölye tipi organizasyonlardan daha fazla TZÜ elemanı uygulama sıklığı ve zaman uzunluğuna sahiptir.

Uygulanan üretim yönteminin organizasyon büyüklüğü ve tipi, belirli TZÜ elemanlarının uygulanmasını etkileyebilir. Örneğin, daha küçük işletmelerdeki çok fonksiyonlu işçilerin uygulama sıklığı fazladır. Bu yüzden TZÜ sisteminin kurulması, kullanılan üretim yönteminin tipine ve organizasyon büyüklüğü ne bağlı olarak farklı olabilir.

3.6 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Amaçları

Lubben (1988)'e göre bir TZÜ sisteminin beş temel amacı olmalıdır;

1. En iyi kalite ile en düşük maliyeti sağlamak ve üretimi kolaylaştırmak için tasarım yapmak,
2. Ürün tasarımında ve ürünlerin üretiminde kullanılan kaynakların miktarını en aza indirmek,
3. Müşterilerin ihtiyaçlarını anlamak ve bu ihtiyaçları gerçekleştirmekten sorumlu olmak,
4. Yan sanayi firmalar ve müşteriler ile açık ve güvenli ilişkiler geliştirmek,
5. Tüm üretim sistemini geliştirmek.

Bu amaçlar kısaca şöyle açıklanabilir:

1. En iyi kalite ile en düşük maliyeti sağlamak ve üretimi kolaylaştırmak için tasarım yapmak. Üretilen bir ürünün geliştirilmesinde ilk ve en önemli adım, ürün tasarımıdır. Çünkü, kalite tasarım safhasında başlar (Hohner, 1988). Üretilirlik tasarımındaki önemli hususlar, şöyle sıralanmaktadır:

- Fonksiyonuna göre ürün tasarlamak,
- Mümkün olduğunca ürün tasarımını basitleştirmek,
- Montajı kolaylaştırmak için ürün tasarlamak,
- Süreçlerin “Milyonda bir parça kalite standartlarını” karşılayabilecek kapasitede olacak şekilde üretim gereklilerini sağlamak,

- Kalite hedeflerinde, maliyet indirimlerinde ve ürün performanslarında gelişmelere yol açacak tasarım değişikliklerini önerebilecek tedarik ve üretim fonksiyonuna sahip olmak,
- Mümkün maliyet indirimleri için müşteri şartlarını gözden geçirmek.

2. Ürün tasarımında ve ürünlerin üretiminde kullanılan kaynakların miktarını en aza indirmek. Bir ürünün üretiminde yer alan kaynaklar, en genel olarak sermaye, ekipman ve işgücüdür. Tam zamanında üretim sisteminde kaynakların en az seviyede kullanılması için belli bir baskı vardır. En az kaynak kullanımını gerçekleştirmek için en iyi yöntem, kaynakların kullanımı konusunda bir işletme politikası oluşturmak ve çalışanlara devamlı olarak “Ne gerekli?” ve “Niçin gerekli?” sorularını sormayı öğretmektir.

En az kaynaktan yararlanma tekniğinin geliştirilmesindeki en önemli unsur, uygun planlama işlemi ve planlama için yeterli zamandır. Japonlarla, batılı işadamları arasında planlama teknikleri açısından farklılık bulunmaktadır. Japonya’da proje planlama, projenin toplam süresinin %90’ını, projenin uygulanması ise toplam sürenin %10’unu almaktadır. Batılı firmalarda ise bunun tam tersi olmaktadır. Japonlar, mükemmel planlamanın projenin uygulama aşamasını basitleştirmekte ve süre olarak azaltmakta olduğunu söylemektedirler.

3. Müşterilerin ihtiyaçlarını anlamak ve bu ihtiyaçları gerçekleştirmekten sorumlu olmak. Müşteriye karşı sorumlu olmak, müşterilerin kendi iç sistemlerinin ihtiyaçlarını ve gelecekteki potansiyel ihtiyaçlarını anlamayı içermektedir. Sorumlu olma kavramı şunları da içermektedir:

- Ürünleri daha küçük partiler halinde üretmek,
- Ürünlerin üretim maliyetlerini azaltmak (Hazırlık zamanını ve ıskarta maliyetlerini azaltmak),
- Bir ürünü üretmek için gerekli olan temin süresini azaltmak,
- Elde bulunan müşteri stoklarını azaltmak,
- Geleceğin ürünleri üzerinde tasarım mühendisleri ile çalışmak,
- Geleceğin sistemlerinin ihtiyaçları üzerinde müşteri firmaların yönetimleri ile çalışmak (Lubben, 1988).

4. Yan sanayi ve alıcılar arasında güvenli ilişkiler geliştirmek. Başarılı bir TZÜ sistemi uygulaması için, yan sanayinin, ürettiği parçaların kalite kontrolünü alıcıya sevk etmeden önce yapması ve %100 kalite sağlanmış olarak sevk etmesi gerekir. Bu nedenle yan sanayi, alıcı

firma tarafından kalite kontrol teknikleri öğretilmek üzere eğitilmelidir. Yan sanayi kalite kontrol programları, ürün kalitesini oluşturan bütün konuları kapsamalıdır.

Bir yan sanayinin kalite kontrol programı şu alt programları içermelidir:

- **Kalite geliştirme programı.** Bu program, yan sanayinin ürün kalitesini geliştirmek için düşünülür. Bu programın temel amacı , üreticilerin üretim sürecinde muayene ihtiyacını ortadan kaldırmak ve işletmeye yüksek kaliteli üretimi gerçekleştirme imkanı tanımaktır.
- **İşlem geliştirme programı.** İşlem geliştirme yan sanayinin ürün kalitesini geliştirmesi için önemlidir. Kaliteyi geliştirmek için, üretimi gerçekleştiren süreci geliştirmek gerekir.
- **Hazırlık zamanını azaltma programı.** Hazırlık zamanını azaltmak, yan sanayiye yüksek seviyede kalite elde edecek şekilde süreci çok çabuk değiştirmeye imkan tanır (Hernandez, 1989).

5. Tüm üretim sistemini geliştirmek. Tam zamanında üretim sistemleri, ortaya çıkan sürekli üretim problemleri ve çalışanlardan gelen işlem geliştirme önerileri doğrultusunda oluşturulmuştur. Bu sistemi desteklemek ve hayata geçirmek, yönetimin sorumluluğundadır (Lubben, 1988).

Edwards vd., (1993), TZÜ sisteminin temel amacını müşteriler tarafından ihtiyaç duyulan kaliteli ürünlerin tam istenilen zamanda ve tam istenilen miktarda üretilmesi olarak tanımlamıştır. Müşterilerin taleplerine hızlı cevap vermek ise, ancak esnek kapasite ve küçük miktartlı üretimle mümkün olur (Chapman, 1990).

Tam zamanında üretim sisteminin işlemesi için firma yönetimi atölye bazında şu hususları gerçekleştirmelidirler:

- Süreç içi stokları en aza indirmek,
- Süreç içi stoklardaki dengesizlikleri en aza indirgeyerek, stok kontrolünü basitleştirmek,
- Talep düzensizliklerinin etkisinin bir süreçten diğerine geçişini önleyerek, üretimdeki kararsızlığı en aza indirmek,

- Atölye kontrolünü merkezi olmaktan çıkarıp, montaj hattına bağlayarak kontrolü basitleştirmek,
- Kusurlu ürünlerin sayısını azaltmak,
- Temin süresini kısaltmak,
- Talep değişimlerine daha hızlı cevap vermek (Finch ve Cox, 1986).

Tam zamanında üretim sistemi, yukarıdaki amaçları gerçekleştirmek için ortaya çıkmıştır ve bu sistemin uygulanması için bazı yapısal ve organizasyonel değişikliklerin sağlanması gerekir. Bunlar;

- Müşteri ihtiyaçlarına hızlı cevap vermek,
- Üretim sistemindeki tüm işlemleri mümkünse bütünleştirmek ve amaca uygun yerleştirmek,
- İşletmenin anlaşmalarını karşılamak için çalışanlarla işbirliğini geliştirmek,
- İşletme kapsamında eğitime önem vermek,
- Gereksiz işlemleri ortadan kaldırmak,
- Tüm stok kaynaklarını ortadan kaldırmak,
- Üretim süreçlerinde sürekli gelişimleri içeren hedefleri ortaya koymak,
- Üretim sistemlerinde çekme sistemini kullanmak,
- Üretilabilirliği olan ürünler geliştirmek,
- Kontrol edilebilir üretim süreçleri geliştirmek,
- İşletme bünyesinde hata önleyici programa sahip olmak,
- Hazırlık sürelerini en aza indirecek hedefler koymak,
- Belirli şartlara göre ürünler üretmek (Lubben, 1988).

şeklinde sıralanabilir.

3.7 TZÜ Sisteminin Uygulanmasının Sağlayacağı Faydalar

TZÜ mükemmeli arayan ve ona ulaşmaya çalışan üreticilere bir seri disiplinler sunar. Temel felsefesi iki ana prensip üzerine kurulmuştur. Bu prensipler sürekli iyileştirme ve kayıpların yok edilmesidir. TZÜ'in yerleştirileceği ortam, yüksek derecede çalışan katılımı ve kalite üzerindeki vurgunun olduğu bir ortam olmalıdır. TZÜ felsefesi, kısmen kendi işlemleri, kaliteyi ve kayıpları yok ederek sürekli iyileştiren hat çalışanları ile yerleştirilir.

Sürekli iyileştirme felsefesi, TZÜ'nin devam eden bir işlem olduğunu ve bir felsefe yerleştirildiğinde mutlaka kalıcı olacağı anlamına gelmediğini belirtir. Günlük problemlerin nedenleri araştırılır ve koruyucu çözümler yerleştirilir. Sürekli iyileştirme bir zorunluluk haline gelir.

Kayıpların yok edilmesi, ürüne veya müşteri servislerine doğrudan değer eklemeyen tüm faaliyetlerin en aza indirilmesi anlamına gelir. Kayıplardan birkaç örnek verirsek; stok, işlemi tekrarlama, muayene, malzeme taşıma ve kusurlu işlemlerdir. Kayıpların ortadan kaldırılması bir üretici firmanın mühendislikten muhasebeye kadar her alanında başarılabilir. Atölyede kayıpları azaltmak için araçlar, işyeri organizasyonu, hazırlık zamanı azaltılması, koruyucu ve önceden tahmin edilerek yapılan bakım ve malzeme hareketlerini programlamak için çekme sistemlerini kapsar.

TZÜ'nin amacı, toplam kalite kontrolü ve işçi katılımıyla birlikte, mükemmel kalitede ve bir rekabet fiyatında günlük müşteri taleplerini karşılamak için yeterli derecede esnek bir üretim sistemi oluşturmaktır.

TZÜ yaygın olarak, malzemelerin tam ihtiyaç olduğu anda ve miktarda küçük miktarlarda teslim alındığı bir teslim programı olarak düşünülür. En aza indirilmiş kayıplar, yüksek kalite ve sürekli iyileştirme üreticiye süreç içi stoklarını azaltma imkanını ve günlük üretimle talebi eşleştirme imkanını verir. Basitçe, yalnızca stokları azaltma TZÜ felsefesinin yerleştirildiği anlamına gelmez ve çok kötü sonuçlar doğurabilir.

Bir ürün için toplam stok maliyetlerini azaltmak için, TZÜ sevkiyat hariç tüm seviyelerdeki satıcı-alıcı sürecinde stok seviyelerini azaltmaya çalışır. Tüm üretim sürecindeki fazla stokları yok etmedikçe, üreticinin pazarda rekabet gücü olamaz.

Bu yüzden, başarılı TZÜ yerleştirmesi, satıcı katılımını kapsar. İdeal olarak, bir üretici satın alınacak her bir parça için tek bir satıcı seçer. Daha sonra, seçilen satıcıyla yakın çalışmalarla, gayretler üretim sürecinde tüm kademelerdeki stokları azaltmaya yöneltilir.

Atölyede üretim hücreleri iyileştirilmiş kaliteyi, kayıpların yok edilmesi, daha hızlı akış ve geri besleme, artan esneklik ve daha az süreç içi stok seviyelerini sağlar. Bir hücrede, işlemler fiziksel olarak malzeme taşımayı ve parça stoklarını en aza indirecek şekilde yerleştirilir.

Bir hücrede, tezgahlar ürünlere veya tahsis edildikleri ürün ailelerine göre gruplandırılır. İşlemler arasındaki süreç içi stok azaltılarak, ıskarta ve yeniden çalışma oranı büyük oranda azaltılır. Bir üretim hücresinin en önemli elemanı esnek işgücüdür. İdeal olarak, çalışanlar hücredeki tüm işlemleri bilirler ve hücre neticede baştan sona kadar üründen sorumludur.

Düşük süreç içi stok seviyelerini sürdürme ve günlük taleple günlük üretimi eşleştirmek için yüksek oranda güvenilir bir işlem gereklidir. Bir TZÜ ortamında koruyucu bakım üzerinde artan bir önem görülmektedir. Her bir operatör tezgah bakımı ve işlem kontrolü konusunda eğitilmelidir, öyle ki; tezgahın bir ayara ihtiyacı olduğunda yapabilsin. Kalite üzerindeki artan önem ve ürün ve işlem dizayn aşamasında işçi katılımı, atölyedeki TZÜ yerleştirilmesini büyük oranda genişletir.

TZÜ, kalite üzerinde büyük bir etki yapar. Stokların, taşımının, hurda miktarının, yeniden çalışmanın ve bozuklukların her seviyede azalması kalite maliyetinde pozitif bir etkiye sahip olacaktır. Belkide daha önemli olarak, daha az gecikmelerle daha görünür bir sistem, atölyedeki problemleri çözmeyi kolaylaştıracaktır.

TZÜ' in diğer bir yararı, otomasyona geçiş için hazırlıktır. TZÜ otomasyon kurulmadan önce kayıpların yok edilmesini sağlar. TZÜ sistemi kurulmadan, otomasyona geçiş işlemde var olan ve ürüne hiç bir değer eklemeyen bu kayıpları otomatik hale dönüştürür. Başarılı otomasyon için anahtar, ilk başta kayıpları yok etmek ve otomasyon için hedeflenen tüm işlemlerin tamamen güvenilir olmasını sağlamaktır (Gottesman, 1991).

TZÜ sisteminin sağladığı faydalardan bazıları Çizelge 3.5' de gösterilmiştir (Sandras, 1989).

Çizelge 3.5 TZÜ sisteminin sağladığı faydalar.

Azaltır	Geliştirir
↓ Hazırlık zamanı	↑ Teslimat sıklığı
↓ Parti büyüklüğü	↑ Ürün ve sürecin kalitesi
↓ Malzeme taşıma	↑ Önleyici bakım
↓ Nakliye	↑ Planlama ve tahmin doğruluğu
↓ Taşıma maliyeti	↑ Çizelgeleme ve kesinliği
↓ Kırtasiye	↑ İşlem ve çalışanların esnekliği
↓ Yan sanayi sayısı	↑ Diğer bölümler ile ilişki
↓ Parti miktarı	↑ Yan sanayi ile ilişki
	↑ Müşteriler ile ilişki
	↑ Ürün ve işlem kalitesi

3.7.1 TZÜ sistemini uygulayan firmalarda elde edilen sonuçlara örnekler

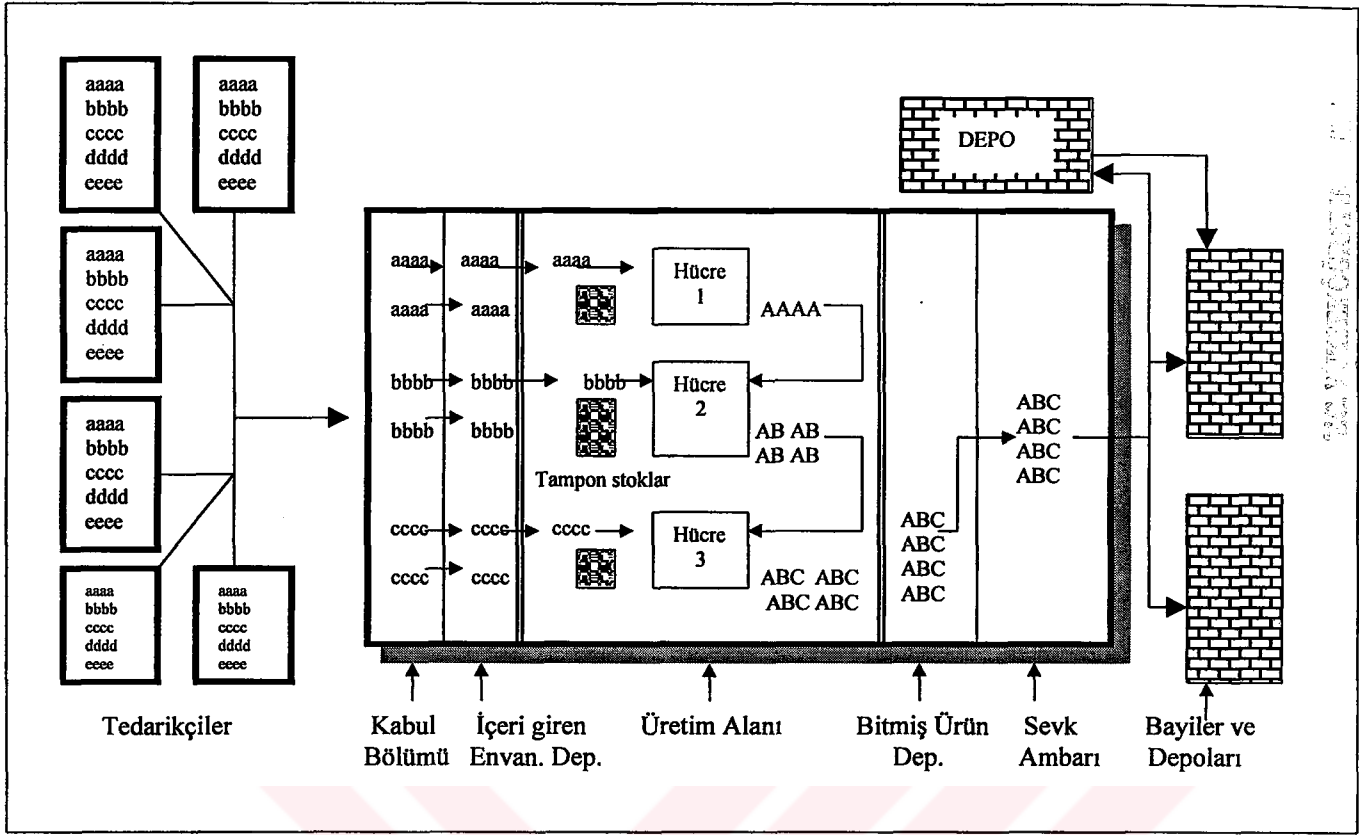
Mc Donnel Daglas firmasında 11 ay içinde elde edilen gelişmeler şöyledir (Voss ve Clutterbuck, 1989).

Üretim stokları	% 19-25 azaldı
Tekrar işleme oranı	% 37 azaldı
İşlem geliştirme yatırımları	% 34 azaldı
Montaj zamanı (3-6 gün)	% 50 azaldı
Alt montaj stok alanları	195 m ² boşaldı
Parçaların taşınma mesafesi	1579 m azaldı
Süreç içi stokların ortadan kaldırılması sonucu parasal tasarruf	\$574.000

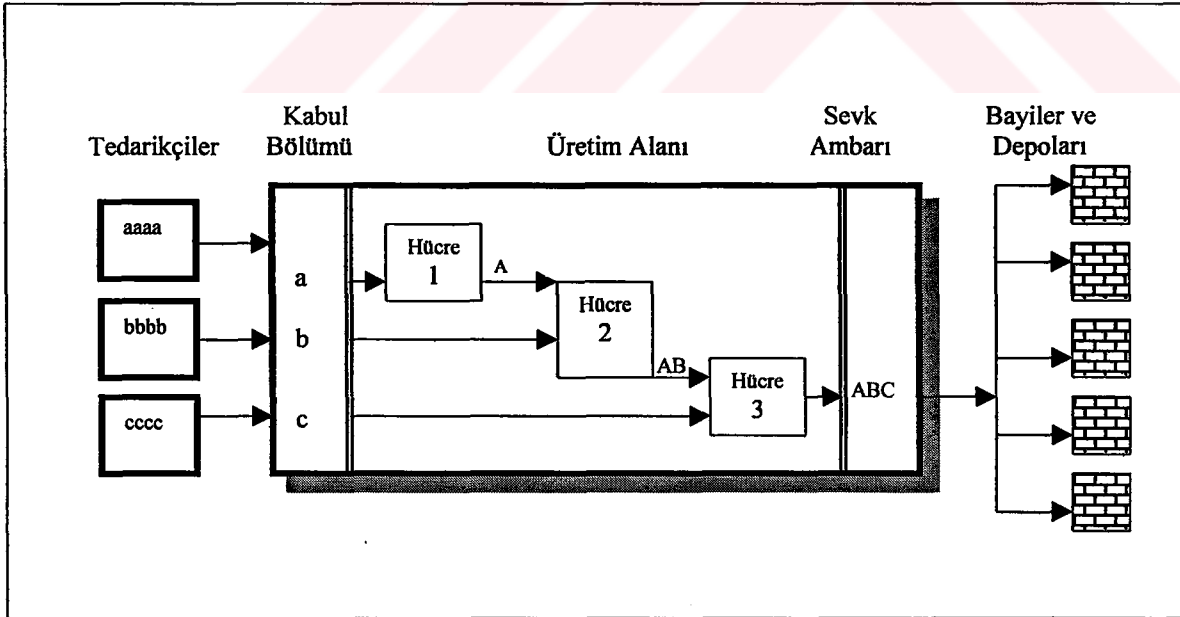
Xerox Bilgisayar firmasından elde edilen sonuçlar;

Üretim zamanında azalma	% 80-90
Verimlilik artışı (doğrudan)	% 5-50
Verimlilik artışı (dolaylı)	% 20-60
Stoklarda azalma	
Hammadde	% 35-75
Süreç içi	% 30-90
Bitmiş ürünler	% 50-90
Hazırlık zamanında azalma	% 75-95
Alandan tasarruf	% 40-80
Kalite artışı	% 50-55
Iskarta miktarında azalma	% 20-30

Yukarıda yer alan örnekler daha da çoğaltılabilir ancak en genel olarak; TZÜ sisteminin uygulanması ile üretim zamanlarında azalma, verimlilik artışı, stoklarda azalma, kalitede gelişme, depolama ihtiyaçlarında azalma vb. faydaların elde edildiği görülmektedir. Çizelge 3.6'da ve Şekil 3.6'da ise TZÜ sisteminin geleneksel üretim sistemine olan üstünlükleri görülmektedir (Schniederjans, 1993).



(Geleneksel üretim, itme tipi)



(TZÜ sistemi)

Şekil 3.6 Geleneksel üretim ile TZÜ sisteminin karşılaştırılması

Çizelge 3.6 Geleneksel üretim ile TZÜ işlemleri arasındaki farkların özeti.

	Geleneksel Üretim	Tam Zamanında Üretim
Yansanayi (Suppliers) Kapasite Miktar Coğrafi durum Alıcı firmanın yan sanayinin fiyat kalite ve hazırlık zamanı üzerine kontrolü Sipariş miktarı	Geniş Fazla Yaygın Az Oldukça fazla	Küçük Az Alıcı firmaya yakın Çok fazla Küçük veya tek parça
Satın Alma Ambarı (Receiving Dept.) Alan İnsanlar Taşıma araçları Bilgi işleme Kalite kontrol işlemi	Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla Az	Az Az Az Az Az veya hiç
Üretime Girecek Ürünler Ambarı (Incoming Inv. Dept.) Alan İnsanlar Taşıma araçları Bilgi işleme Kalite kontrol işlemi	Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla	Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç
Üretim Alanı (Manufacturing Area) Alan İnsanlar Emniyet stoku Mesleki görevler Mesleki eğitim Çalışanların kalite kontrol görevi Üretim hattı üzerinde durdurma yetkisi	Orta Orta Çok fazla Az Dar, merkezi Az veya hiç Az veya hiç	Ortadan yüksek Ortadan yüksek Az veya hiç Fazla Geniş, esnek, çok yönlü Çok Çok fazla

Kalite Kontrol Bölümü <i>(Qual. Cont. (QC) Dept.)</i> İnsanlar İnsan kullanımı Otomasyon seviyesi Hataları bulma yöntemi	Oldukça fazla Kontrol Düşük Örneklemeye metodu	Az veya hiç Fikir verici ve eğitim Yüksek %100 Kontrol
Bitmiş Ürün Ambarı <i>(Finished Inv. Dept.)</i> Alan İnsanlar Taşıma araçları Bilgi işleme Kalite kontrol işlemi	Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla	Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç
Sevk Ambarı <i>(Shipping Dept.)</i> Alan İnsanlar Taşıma araçları Bilgi işleme Kalite kontrol işlemi	Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla	Az Az Az Az Az veya hiç
Depolama <i>(Warehousing)</i> Alan İnsanlar Taşıma araçları Bilgi işleme Kalite kontrol işlemi	Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla Çok fazla	Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç Az veya hiç
Bayi ve Baş Bayiler <i>(Retail Store)</i> Boyut Miktar Depolama alanı Depolamanın dayanağı	Geniş Bir kaç adet Çok fazla Tahmini	Küçük Çok Az Bilinen talebe göre

3.8 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Uygulanmasına Engeller

Amerika ve Batı Avrupa'daki TZÜ sistemini uygulayan firmalar, sisteme olumsuz etki eden bazı koşullar nedeni ile Jopanya'daki firmaların başarılarını sağlıklı yamamaktadırlar. TZÜ sisteminin avantajları geniş olarak tartışılırken, TZÜ' in zayıf noktaları daha az dikkat çekmiştir. Bu zayıflıklar, başarılı TZÜ' in kurulmasına engel teşkil eder.

Japon işletmeleri uzun yıllardan beri bu engellerle uğraşmalarına rağmen, Batılı işletmeler bu engelleri tanımamaktadır. Bu engellerin bazıları Japonya'da daha az etkilidir ve Japon hükümeti Japon işletmelerine bu engellerin üstesinden gelmeleri için yardım etmektedir. Bu engeller toplam çalışan sadakati eksikliği, çalışanlar arasında güven, anlaşma, yakınlık eksikliği, kısa işlemler üzerinde fazla durma ve modası geçmiş maliyet hesaplama sistemleridir.

Japonlar, Amerikan işletmelerine geniş yatırım yaparak ve bu işletmelerin seçilmiş karakteristiklerini Japon toplumunun özel durumlarına uyarlayarak, kendi Z teorilerini geliştirmişlerdir. Teori Z kuralları şunlardır:

Organizasyondaki her kişi;

- Organizasyondaki diğer kişilere güvenir (Güven),
- Çalışma arkadaşlarını tam olarak anlar (Anlaşma),
- Ortak bir mirasa ve kültür geçmişine sahiptir (Yakınlık).

Bu üç eleman; güven, anlaşma ve yakınlık, organizasyon amaçlarını başarmada herkesi bir noktada birleştirir.

Teori Z'nin ilk elemanı, organizasyondaki her üyesi diğer üyelere güvenmesidir. Tüm yönetim seviyelerindeki kişiler birbirlerine, bu kişiler yönetici olmayan personele, yönetici olmayan personel yöneticilere güvenmelidir. İkinci elemanı, kişiler çalıştıkları kişileri, özellikle en yakın yardımcılarını tam olarak anlamalıdır. Bu anlama seviyesi öyle derindir ki; duyguları, bilinç altını bilmeyi ve beraber çalışan arkadaşların mümkün hareketlerini anlamayı içerir. Bu kadar derin anlama, birisiyle uzun bir zaman periyodunda çalışarak elde edilebilir.

Üçüncü eleman, organizasyondaki her kişi ortak bir mirasa ve kültür geçmişine sahiptir. Organizasyona alınan bir kişi, olayların nasıl gerçekleştirildiğini, neyin önemli, neyin önemsiz olduğunu bilmek zorundadır. Japon işletmeleri, çalışanlara uzun bir eğitim verir.

Eğer bir işletme TZÜ'in tüm yararlarından faydalanmak istiyorsa, teori Z'i benimsemek zorundadır. Teori Z, TZÜ'in başarısı için bir kriterdir (Keys, 1991).

4. KANBAN SİSTEMİ

Kanban, Japonya'daki Toyota otomobil fabrikasında, üretim süreci içindeki ürün akışını sorunsuz ve aksamasız hale getirecek bir program olarak geliştirilmiştir. Amacı, sistem üretkenliğini iyileştirmek; üretim sistemi içindeki ürün akışını ve sistemdeki stok seviyesi oluşumlarını dikkatle izleyen çok belirgin, görünür bir araç (yani, kanban kartı) elde etmek ve bu yüksek üretkenliğe ulaşmada çalışanın katkısını ve katılımını sağlamaktır (Browne vd., 1988).

Tam zamanında üretim amacını başarmak, üretim yöntemlerini belirlemeye ve Kanban diye adlandırılan bilgi sistemine bağlıdır. Kanban sistemi, üretim ve montaj sürecinin her kademesindeki üretim miktarlarının düzenli bir şekilde görüntülenmesine ve kontrolüne yardımcı olan bir Japon bilgi sistemidir (Buffa, 1983).

Kanban, “görünür bir kayıttır” ve parçaya ihtiyaç duyan bir önceki iş merkezi tarafından geriye doğru işleme konur. Bu, her birine birer kart iliştilmiş belirli bir amaca yönelik taşıyıcıların kullanıldığı belgesiz, dokümansız bir sistemdir. En belirgin avantajı, iş istasyonları arasındaki süreç içi stoku en aza indirmesidir (Temponi ve Pandya, 1995).

4.1 Kanban Sisteminin İşleyişi

TZÜ felsefesi, başta tanımlanan “sıfır stok” hedefine ulaşabilmek için üretimin her aşamasında (hammadde, yarı mamul, mamul) stok düzeylerini azaltmak zorundadır. Bunu gerçekleştirebilmek için ise, işletme içinde malzeme hareketlerinin tamamen farklı bir bakış açısıyla yeniden ele alınması gerekmektedir. Kanban sistemi, TZÜ ortamında malzeme hareketlerinin kontrolü amacıyla kullanılan yeni bir çizelgeleme yaklaşımıdır. Bu sistemin en belirgin özelliği ise, bugüne kadar alışılmış itme sistemlerinin tam karşıtı olan çekme sistemlerini içermesidir.

Tam zamanında olmayan klasik yaklaşımda; üretim hızının, değişiklikler doğrultusunda uyarlanabilmesi, çizelgelerin revize edilerek ilgili birimlere yeniden gönderilmesini gerektirir. Bu tür düzenlemelerin oldukça uzun zaman almasından dolayı, bu sistemlerde aşamalar arasında stok bulundurmak yoluyla değişikliklere uyum sağlanır. Klasik sistemlerde, üretimin sürdürülebilmesi için yüksek ara stoklarla çalışmak kaçınılmazdır.

Tam zamanında üretim ortamında ise, sonraki aşamaların önceki aşamalardan parça aldığı çekme sistemi kullanılır. Bu sistemde hazırlanan üretim çizelgesi sadece son üretim aşamasına gönderilir. Hangi üründen ne zaman ve ne miktarda üretim yapılacağını sadece son aşamanın bilmesi, bu aşamanın önceki aşamalardan sadece kendine gereken parçaları çekmesini ve bu sürecin üretim hattı boyunca geriye doğru devam etmesini sağlayacaktır. Bu arada her aşama, daima bir sonraki aşama tarafından çekilen miktar tarafından üretim yapacaktır.

Bu durumda, değişik üretim aşamalarına üretim çizelgesi göndermeye gerek kalmayacak, çizelgeler ve olası değişiklikler son üretim aşamasına aktarılacaktır. TZÜ ortamında son aşama dışındaki diğer üretim aşamalarını bilgilendirmek amacıyla kullanılan malzeme kontrol sistemi ise, “Kanban” sistemidir. Bu sistemde, hangi parçadan ne miktarda üretileceği, “Kanban” adı verilen kartlar üzerinde belirtilmiştir.

Kanbanlar, daima üretim akışına ters yönde, ancak fiziksel birimlerle birlikte, sondan başa doğru hareket ederek üretim aşamalarını birbirine bağlarlar. Üretim aşamalarının bu şekilde birbirlerine bağlanması sonucunda ise sadece gereken parçalar, gerekli olan miktarda ve gerektiği zaman üretilmekte ve aşamalar arasında ara stoklara ihtiyaç kalmamaktadır. Bu zincirin, işletme dışındaki satıcılara kadar uzatılması durumunda ise hammadde stokları kaldırılmış olacaktır. Eğer stoksuz üretim işletmelerde gerçekleşirse, işletmede gereksiz stoklar tamamen çıkarılır ve depo etmek gereksizleşir. Bunun sonucunda, depolama ve taşıma maliyeti azalır ve tekrar dönen sermaye oranı artar.

Fakat, merkezi planlama yaklaşımı, üretim programında bütün işlemlere aynı anda güvendiği için stoksuz üretimi otomobil gibi binlerce parçadan oluşan bir ürün için gerçekleştirmek çok zordur. Bu yüzden Toyota sisteminde üretim akışına dikkatli bakmak gerekir. Bir başka deyimle, belirli bir işlemin elemanları, bir önceki işleme gerekli birimlere, gerekli miktarlarda, gerekli zamanda geri çekmek için giderler. Bu takdirde, bir önceki işlemin geri çekilenlerin yerini almak için sadece yeterli miktarlarda üretmek gerekir.

Toyota üretim sisteminde, kanban sistemi aşağıdakilerle desteklenir:

- Üretiminin düzgünleştirilmesi,
- Hazırlık süresinin kısaltılması,
- Atölye yerleşimi,

- İşlerin standardize edilmesi,
- Geliştirme faaliyetleri,
- Otonomasyon.

Birçok kimse Toyota üretim sistemine bir kanban sistemi olarak tanımlar. Bu yanlıştır. Toyota üretim sistemi, üretim yapma yöntemidir. Kısaca kanban sistemi, her işlemde üretim miktarını düzenli olarak kontrol eden bir bilgi sistemidir. Bu sistemin değişik ön şartları mükemmel olarak yerine getirilmezse, (yani dizayn işlemleri, işlerin standardizasyonu ve üretimin düzgünleştirilmesi vb.) stoksuz üretimi, kanban sistemi kullanılmasına rağmen gerçekleştirmek zor olacaktır (Monden, 1983).

4.2 Tekrarlı Üretim ve Kanban

Kanbanın işleyişi daha ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, daha net ortaya çıkacak nokta; bu tip bir kontrol sistemi, işletmede ancak, tekrarlı üretim diye adlandırılan bir üretim sistemi uygulanıyorsa başarılı olabileceğidir.

Tekrarlı üretim, büyük hacimlerde üretilen birbirinden farklı standart birimlerin, veya büyük hacimlerde montajı yapılan standart seçeneklere sahip ürünlerin imalatı, tezgahlarda işlenmesi, montajı ve test edilmesidir. Parçaların uzun süreli akışları veya hareketleri ile karakterize edilir. Bu üretim tipinde ideal olan, parçaların bir iş merkezinden diğerine doğrudan aktarılmasıdır.

Üretim sisteminin tekrarlı üretime yaklaşma derecesi arttıkça, Kanban tekniği daha uygun hale gelmektedir. Bu yüzden, TZÜ yaklaşımının ve TZÜ üretim tekniklerinin uygulanmasının sonucunda, o üretim sisteminin atölye tipi üretimden veya katile üretimden tekrarlı üretime doğru yönlendirileceği söylenebilir (Browne vd., 1988).

4.3 Kanbanla Üretim Kontrolü

Kanban sistemi altında, yalnızca son montaj hattı, son ürüne olan ihtiyacın miktarını bilir ve bu bilgiyle aşağıdaki süreci kullanarak, toplam üretim sisteminde ne üretildiğini kontrol eder. Hazırlanan üretim çizelgesi, yalnızca son montaj aşamasına gönderilir. Yardımcı iş istasyonlarından ya da alt-montaj hatlarından, ne zaman, ne miktarda parça çekileceğini son montaj birimi belirler.

Son montaj hattı, çizelgeyi aldıktan sonra, gerekli bileşenleri ihtiyaç duyulan zaman ve ihtiyaç duyulan miktarlarda, yardımcı iş merkezlerinden veya alt-montaj hatlarından çeker. Bu iş merkezleri veya alt-montaj hatları ise, yalnızca kullanılan bu parçaları yeniden yerine koymaya yetecek miktarlarda, parçaları halinde üretim yaparlar. Bununla birlikte, bu üretimi yapabilmek için bunlar da, kendi yardımcı istasyonlarından gerekli miktarlarda parçayı çekmek zorundadırlar. Böylece, gereken bileşenleri doğru zamanda ve gereken miktarlarda çeken iş merkezleri, akışa ters yönde bir zincirleme tepkime başlatmış olurlar.

Bu yolla, bütün malzeme akışı, son montaj hattındaki malzeme kullanım hızıyla dengeli hale getirilir. Eğer üretim çizelgesindeki miktarlarda önemli artış veya azalışlar yoksa ve teslimler küçük miktarlarda yapılıyorsa, stok miktarları çok küçük olacaktır. Böylece TZÜ, her bir iş merkezindeki parçaları kontrol eden iş emirleri kullanılmadan gerçekleştirilebilecektir (Browne vd., 1988).

4.4 Kanban Kart Sistemi

Kanban sistemi, kabaca iki ana gruba ayrılır. Bunların ikisi de Toyota şirketi tarafından geliştirilmiştir.

Kanbanlar, elle uygulanabildiği gibi, günümüzde artık elektronik olarak da uygulanabilmektedirler. Elle uygulanan kanban sistemlerinin en temel tipi olan çift kartlı kanban sistemini oluşturan kanbanlar, çoğunlukla şeffaf ve kaplar içine yerleştirilmiş dikdörtgen şekilli kağıt kartlardır.

4.4.1 Çift kart sistemi

Bu çift kart sistemleri, hem çekme (taşıma) kanbanı, hem de üretim kanbanı kullanır.

- **Çekme kanbanı veya taşıma kanbanı:** Bu, bir sonraki iş merkezinin bir önceki iş merkezinden çekmek istediği parça miktarını belirler. Her kart, üretilecek parçayı kullanacak olan iş merkezi ve bunu üretecek olan iş merkezi olmak üzere, iki merkez arasında ilişki kurar.

- **Üretim kanbanı:** Program ve talepler doğrultusunda, bir iş merkezinin üretmesi gereken belirli parça miktarını belirler (O'Grady, 1988). Her bir standart taşıyıcıya, bir tip kart tahsis edilmiştir. Şekil 4.1'de Her bir kart tipine ait örnekler gösterilmektedir. Örneğin, çekim kanbanı, parça adı ve numarasını ve hem tüketici iş merkezinin hem de parçayı tedarik eden iş merkezinin adını belirtir. Çekim kanbanında ayrıca, parçanın ara stoktaki tam yeri ve kullanılan standart taşıyıcının tipi ve kapasitesi de belirtilmektedir.

Raf No	A61	Önceki Süreç
Parça No	P-447	İskelet Hazırlama
Parça Adı	İskemle İskeleti B	Sonraki Süreç
		Montaj
Kutu Kapasitesi	Kutu Tipi	Kart No
10	A	3/4

(Çekim Kanbanı)

Raf No	A22	Süreç
Parça No	P-447	İskelet Hazırlama
Parça Adı	İşlenmiş İskelet	

(Üretim Kanbanı)

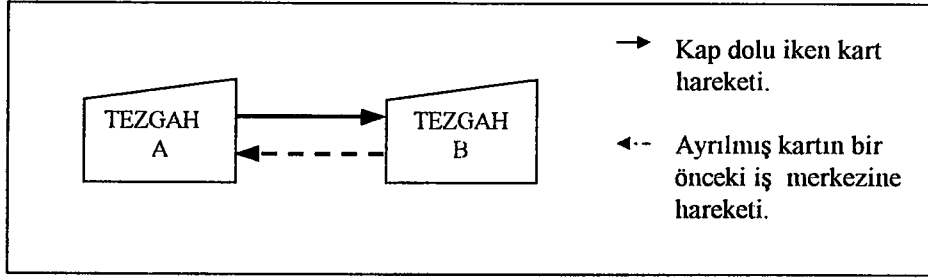
Şekil 4.1 Çekme ve üretim kanbanı

Üretim kanbanı, üretici iş merkezinin adını, üretilecek parçayı ve bu parçanın ara stokta tam olarak nereye yerleştirileceğini belirtir (Browne vd., 1988).

4.4.2 Tek kart sistemi

Tek kart sistemi, tek tip kanban kartı kullanan bir sistemdir. Bu sistem, bazen çift kartlı sisteme geçişte bir ilk kademe olarak kullanılmaktadır. Tek kartlı sistemdeki işlemler, çift kartlı sistemdekilere nispeten basittir. Her üretim merkezi, son montaj çizelgesinden belirlenen bir günlük çizelgeye göre parça üretir. Üretim merkezleri bileşen parçalara ihtiyaç duyduklarında, diğer iş merkezlerinden bu parçaları edinmek için çekim kanbanları kullanırlar. Bu durumda, tek kart sistemi, üretim kontrolü için bir itme sistemi ve malzeme teslimatı için bir çekme

sistemi olarak karakterize edilebilir, çünkü kartlar yalnızca iş merkezleri arasında parça çekmek için kullanılmaktadır (Browne vd., 1988).



Şekil 4.2 Tek kart kanban sistemi

Tek kart sisteminde işleyiş şöyledir;

- Giren parça taşıyıcıları bir iş merkezine getirildiklerinde, iliştilmiş olan çekim kanbanları belirlenmiş özel bir yere (bir çekim kanbanı kutusu) konurlar. Daha sonra giren parçalar işlenir (Keaton, 1995).
- Bu çekim kanbanları düzenli aralıklarla toplanır. Bunların üzerinde parça tipi ve bu parçaları üreten iş merkezi hakkında ayrıntılı bilgi mevcuttur. Dolu taşıyıcılar, üretici iş merkezinden alınır ve üzerlerine bir çekim kanbanı iliştilerilerek tüketici iş merkezinin giren parçalar deposuna geri götürülürler.

Bu sistemi çift kartlı sistemden ayıran bazı noktalar şunlardır:

1. Parçaların iş merkezine teslimatları sıkı kontrol edildiğinden, daima işlenmeye hazır bir miktar taşıyıcı mevcuttur ve dolayısı ile giren malzeme stok noktası o kadar önemli değildir. Bu, yerle ilgili sorunları ortadan kaldırır ve stok noktalarındaki karışıklıkları önler.
2. İşlenen parçaların çıkan ürünün stok noktalarında yığılmasına izin verilir. Eğer üretim planlamacılar, parçaların ihtiyaç duyulan miktarlarını ve zamanlamalarını son montaj çizelgesiyle uygun hale getirmekte zorlanmıyorlarsa, bu ciddi bir problem olmaz. Böyle bir sistemde, üretim günlük parça çizelgelerine göre yapıldığından, gereken bileşen parçaların çekilmesi işlemleri kontrol edilmektedir.

3. Tek kartlı kanban sistemi, çift kartlı kanban sistemine çok benzemektedir. Aradaki fark, uygulanan ortamdan kaynaklanmaktadır. Tek kartlı kanban sistemi; standart taşıyıcıların, akış bazlı üretim sistemlerinin ve diğer TZÜ ortamı özelliklerinin olduğu bir ortamda kullanılmaktadır. Ayrıca, iş merkezlerinde yalnızca az sayıda taşıyıcıya izin verilmektedir ve taşıyıcı kapasiteleri çoğunlukla az olduğundan, gün boyunca çok sayıda doldurma boşaltma işlemi yapılmaktadır.

Çift kartlı kanban sisteminin en büyük avantajı, önceki iş merkezinde yüksek kontrol seviyesinin sağlanmasıdır. Tek kart sistemi ise, iş merkezinde bir veya birkaç parçanın üretildiği sistemlerde etkin olarak uygulanabilmektedir (Browne vd., 1988). Batı endüstrisinde tek kart sistemi daha çok kullanılmaktadır (O'Grady, 1988).

Anlatılan kanbanların dışında; renk, şekil veya düzenlenme biçimine göre farklılık gösteren tedarikçi, acil ihtiyaç, özel ve sinyal kartları gibi değişik kanban tipleri de vardır. Son yıllarda gelişmiş bilgisayar sistemlerine sahip üretim firmalarında yaygın olarak kullanılan ve elle uygulanan (manuel) kanbanların kullanımında görülen büyük problemleri ortadan kaldıran elektronik kanban ve ayrıca, son birkaç yılda büyük bir patlama gösteren telsiz teknolojisinin kullanımıyla elektronik kanbanda görülen kablo döşeme ile ilgili sorunların da ortadan kaldırıldığı, telsiz kanban dikkatleri üzerine çekmektedir.

4.5 Diğer Kanban Çeşitleri

1. Satıcı Kanbanı. Dışarıdan satın alınacak parçaların teslimi konusunda satıcı firmalardan istenen talimatları içeren bir çeşit çekme kanbanıdır. Genelde taşıma maliyeti parça fiyatına dahil edildiği için, teslimatların satıcı tarafından yapılması gerekir. Bu kanbanda şu bilgiler bulunur;

Teslim zamanı, satıcı firmanın adı, satıcının depo raf no, teslim alan firmanın adı, teslim alan kapı, teslim edilecek depo rafı, parça adı, parça no, son ürün no, araba tipi, taşıyıcı tipi ve taşıyıcı kapasitesi.

2. İşaret Kanbanı (Sinyal Kanbanı). Bu kanban, parti üretiminin siparişe yönelik üretimin yerini aldığı durumlarda kullanılmaktadır. İşaret kanbanı, genellikle partideki kutulardan birine iliştilir ve kutular arasında bulunduğu yer itibarıyla (ortalarda, en alttaki kutunun

hemen üstünde, vs.) yeniden sipariş verme noktasını belirler. Üretim sırasında işaret kanbanının iliştirildiği kutuya gelindiğinde, söz konusu parti için üretim emrinin çıkarılması gerekir.

İşaret kanbanının iki tipi vardır:

- **Üçgen Kanban.** Bu kanban, stoktaki kutu sayısı belirli bir değere düştüğünde, bir üretim emri olarak devreye girer; yani, bir üretim kanbanı türüdür. Üçgen şeklinde olduğu için bu adı almıştır.
- **Malzeme İhtiyaç Kanbanı.** Bu kanban ise, dikdörtgen şeklinde bir kart olup, üretim süreçlerine malzemeyi ne zaman, nereden ve ne miktarda temin edeceklerini belirtir. Bu da, sipariş noktası esasına göre çalışmaktadır, ancak farkı, bir çekim kanbanı türü olmasıdır.

Bu kanbanlarda olağan üretim ve çekim kanbanlarındaki bilgilere ek olarak, bir de yeniden sipariş noktası bilgisi bulunmaktadır.

3. **Hızlı Kanban.** Eğer bir malzeme bulunması gereken yerde yoksa, taşıyıcı hızlı kanban düzenler ve bunu hızlı kanban kutusuna (veya kırmızı kutu) koyar. Bunun üretiminden sorumlu kişi, hemen bu malzemeyi üretilip getirmek zorundadır.
4. **Acil Kanban.** Hatalı malzemeler yerine, üretim yapılırken veya bir tezgahın arızası sebebiyle kaybolan üretimi gerçekleştirmek için, ekstra malzemeleri karşılamak için veya hafta sonu çalışma yapılması gereken durumlarda bu kanban düzenlenir. Kullanımı biter bitmez yok edilirler.
5. **Tünel Kanban.** Birbirine çok yakın olan işlemler arasında Kanban değişimine gerek yoktur. Buralarda (Through Kanban) da denilen tünel kanban kullanılır. Örneğin, üretilen malzemenin anında bir sonraki sürece verilebildiği durumlarda kullanılır.
6. **Ortak Kanban.** Çekim kanbanının, aynı zamanda üretim kanbanı olarak kullanılması durumudur. İki işlem arasındaki mesafenin kısa ve sorumlularının ortak olması durumunda kullanılabilir.

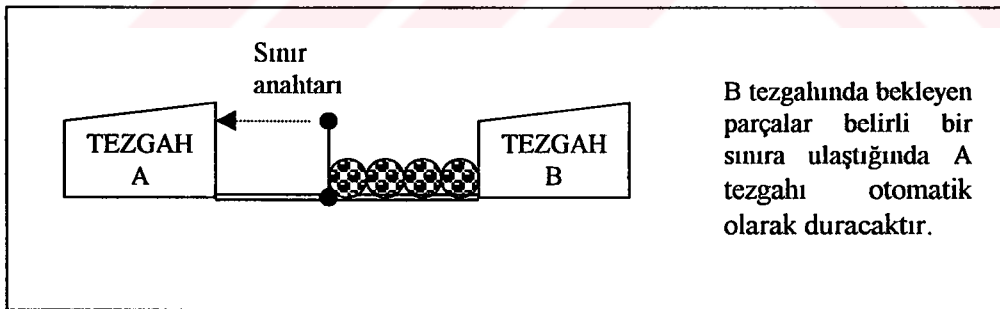
7. Kasa veya Kamyon Kanbanı. Büyük miktarlarda çekilen malzemeler için, belli sayıda malzeme alabilen kasalar, kanban yerine kullanılabilir. Bu durumda, boş kasa gelmeden üretim yapılamaz ve fazla üretim engellenmiş olur. Kasa sayısı kanban sayısı demektir.

8. Etiket Kanbanı. Taşıyıcılarla taşıma sırasında kullanılan bu kanban, taşıyıcıya hangi parçaların, ne zaman ve kaç tane konulacağını gösterir. Montaj hattındaki işçilere de hangi parçaların monte edileceğini gösterir, sonuç olarak sadece gerekli montajlar yapılır. Gereklikçe bu etiketler değiştirilir (Monden, 1983).

4.6 Modern Kanban Tipleri

4.6.1 Otomatik kanban

Otomasyon üretimde kanban sisteminin otomatik kanban (tam çalışma sistemi) olarak bilinen başka bir şekli kullanılmaktadır. Elle yapılan işlemlerde olduğu gibi, otomatik üretim süreçlerinde de, üretilen parça sayısının çekilen parça sayısına eşitlenmesi gereklidir. Farklı tezgahların kapasitelerinin ve üretim hızlarının dengelenmesi gereklidir, aksi takdirde, iki tezgah arasında bir stok yığılması ortaya çıkar. Ayrıca, her bir tezgahın kendisinden sonraki tezgahta oluşabilecek her tür probleme duyarlı olması lazımdır. Bu problemler otomatik kanban kullanılarak çözümlenir. Bu sistem, iki tezgah için Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Dolu iş sistemi

İki tezgah, A tezgahında tamamlanan parçaların stoklanması için bir hat ile birbirine bağlanmıştır. Stok düzeyi, diyelim ki 4 birime ayarlınsın. A tezgahı 4 birim işlediğinde, ara hatta bağlı bir sınırlayıcı düğme faaliyete geçer ve A tezgahını durdurur. B tezgahı, diyelim ki 2 birim kalıncaya kadar parçaları çekmeye devam eder. Daha sonra başka bir düğme devreye girer ve A tezgahı tekrar işlemeye başlar. Bu yolla, her süreçte yalnızca sabit bir iş miktarına izin verilir ve süreçler birbirine bağlanır. Böylece önceki süreçlerdeki gereksiz işleme ve stok

yığılması önlenmiş olur. Bu sistemde bilgi akışı hızlı olduğundan, temin süresini kısaltır ve sonuçta malzeme yönetim sistemini iyileştirir.

Otomatik kanban sisteminde söz konusu edilen kesikli işlem uygulaması ile hat dengesine ulaşılabileceği gibi bir diğer yol, yüksek kapasiteli tezgahlara yavaş işlem uygulamasını gerçekleştirmektedir (Monden, 1983).

4.6.2 Elektronik ve telsiz kanban

TZÜ sistemi farklı ekonomik şartlar altında çok verimli olarak işleyebilmektedir. Verimlilik, öncelikle organizasyonda en üstten en alt seviyelere kadar her çalışanın kararlı bir şekilde çalışması, tedarikçilerin tam desteği ve dayanışması ve de üretim süreçlerindeki birtakım değişiklikler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Bunlar küçük parti büyüklüklerinde satın alma, üretimin düzgünleştirilmesi, esnek süreçlerin tasarımı, işlerin standartlaştırılması ve sipariş ve teslimler için kanban adı verilen bir bilgi sisteminin devreye sokulması konularını kapsamaktadır.

1. Elektronik kanban. Her ne kadar kanban kart yöntemini kullanmak, üretim yapan herhangi bir işletmenin organizasyonu ve malzeme akışını önemli derecede iyileştirebilirse de, bu yöntemin de bazı kısıtlamaları vardır. Kapsamlı bilgisayar sistemlerine sahip birçok üretim şirketi, kanban kullanımıyla ilgili başlıca problemlerini ortadan kaldırmak için elektronik kanbana yönelmektedirler. Bu problemler ve kanbanın el ile uygulanan tiplerinin yerine, elektronik kanbanın kullanılması gereken durumlar şöyle sıralanabilir:

- İlk olarak, Shingo'ya göre kanban kartı ile ilgili en büyük problem şudur; bağımsız kartlar yanlış bir yere konabilir veya kaybedilebilir ve bunların yerlerini bulmak zor ve zaman alıcı olabilir. O halde, bu probleme karşı etkin bir önlem gereklidir.
- İkincisi, kanban kartlarının sayısı öyle bir noktaya erişebilir ki, bu noktada sistem, yönetilmesi çok güç bir hal alabilir.
- Üçüncüsü, tipik olarak, kullanımdaki her tür kanban için bir miktar bekleme zamanı gerekmektedir. Bekleme zamanı uzadıkça, üretim sistemini çalışır halde tutmak için gereken stok miktarı da çoğalır. Eğer ihtiyaçları (yani kartları) üretim akışına ters yöndeki iş

merkezlerine veya tedarikçilere yollamak için, bunları elle taşımak yerine elektronik kanban kullanılırsa, bekleme zamanı tamamen ortadan kalkabilir.

- Dördüncü olarak, iş merkezleriyle işlem arasındaki mesafelerin çoğunlukla uzun olduğu durumlarda, elektronik kanban, akışa ters yöndeki çalışanlara, daha boş taşıyıcı kendilerine teslim edilmeden önce, erken bir uyarı yapar.
- Son olarak, bileşenlerin sayısı arttıkça, alıcı için tedarikçilerle rutin bir iletişim kurma ihtiyacı doğabilir. Elektronik kanbanın getirdiği yararlar şunlardır;
 1. Kartların yollandığı metoda göre, iş görme zamanının kısalması,
 2. Bilgilerin iletilmesiyle ilgili hataların azalması,
 3. Sipariş miktarlarındaki değişikliklere daha hızlı cevap verilebilmesi.

İşletmelerinin elektronik kanbanı benimsemelerinin başka sebepleri de vardır. Örneğin, geleneksel yöntemde malzeme hareketlerini her çıkış noktasında izlenmektedir. Buna karşın elektronik kanban, süreci bir monitörde görüntüleyerek, işletme içinde malzeme peşinde koşmaya son verir. Ayrıca, elektronik kanbanın gerçekleştirdiği anında transfer ile, işlendiği an çizelgeleme sistemlerini ve iş merkezleriyle ilgili diğer faaliyetlerin hemen güncelleştirebilmesidir.

Satıcılar, alıcı firmanın elektronik kanbanına bağlandıklarında, iki taraf açısından üç önemli karşılıklı yarar ortaya çıkar;

Birincisi, bilginin çizelgelenmesini ve planlamasını iyileştirmesidir. Elektronik kanban, tedarikçilerin, malzeme hareketleri gibi alıcı kayıtlarını güncelleştirmelerine yardımcı olur. Bu sistem aynı zamanda, tedarikçilerin zamanında teslimlerinin incelenmesi için gereken, birlikte bilgi çekme kapasitesini sağlar.

İkinci yarar, etkin ve titiz bir ödeme yöntemi olmasıdır. Nakliye miktarları görüşüldüğü için, alıcılar her nakliye işleminin ne kadara mal olduğunu ve ne kadar alındığını tam olarak bilirler. Böylece, alıcı şirketler, tedarikçilere tam tutarı hemen havale edebilirler.

Üçüncüsü, elektronik kanban, sipariş işleme ile ilgili kırtasiye işlerini büyük ölçüde azaltabilir ve böylece, yalnız verimli değil, aynı zamanda etkin bir sistem oluşturur.

Yukarıda bahsedilen büyük yararlarına ek olarak, elektronik kanban; süreç gecikmelerinin ortadan kaldırılması, düzgün bir dengeleme yapılması ve parçaların küçük miktarlarda üretilmesi yoluyla üretim çevrimini önemli derecede kısaltmaya yardımcı olabilir. Bunun ötesinde elektronik kanban kullanımı, boş taşıyıcıların taşınması ve üretim iş merkezlerine geri getirilmesi ile ilgili gecikmeleri ortadan kaldırabilir.

2. Telsiz kanban. Müşteri taleplerini karşılayabilmek için, üretim sistemlerini esnek olması gerekir. TZÜ sistemlerinin önemli bir parçası olan hücresel üretim sistemleri, üreticilerin müşteri ihtiyaçlarına sürekli destek sağlamak üzere yer değiştirebilen iş merkezlerine sahip esnek tesisler tasarlamalarına ve bunları işletmelerine imkan tanır. Ne var ki, esnek iş merkezlerini işletmek, elektronik kanban kullanan firmalar için büyük bir zorluk verir. Elektronik kanbanı desteklemek için, on-line bilgisayar sistemlerinin kullanılması, çoğu zaman birçok problemle sonuçlanmaktadır.

Bu problemlerden ilki, iş merkezini kabloyla döşemenin, sert duvarlar, beton zemin, tezgahların yerleşim düzeni, alan sınırlamaları veya iş merkezindeki elektrik tesisatının veya aşırı titreşimlerin iletim kablolarını etkileyerek bilgisayar mesajlarına karışması ve bunları bozması gibi, iş merkezinin yerleştirme şartlarından dolayı, çok zor veya imkansız olabilmesidir.

İkincisi, kabloların iş merkezlerinin esnekliğini/hareket kabiliyetini azaltmasıdır; çünkü bu yöntemde fabrika zemini kablolarla döşenmektedir.

Üçüncüsü, yeniden kablo döşeme, üretimi durdurma ve bilgisayar ağının çalışır hale gelmesi için gerekli bağlantıların yapılmasını bekleme gibi kayda değer maliyetlerin ve üretkenlik kayıplarının ortaya çıkmasıdır.

Telsiz kanban, bu problemleri ortadan kaldırabilir ve böylece herhangi bir özel yerleşim düzeni için hiçbir yeniden kablo döşeme işlemine gerek olmayacağından, iş merkezlerinin esnekliğini artırır. Elektronik kanbanın sağladığı faydaların telsiz kanbanın kullanımıyla daha yüksek değerlerde elde edileceği de açıktır. Örneğin, verimlilik; çevrim zamanının kısaltılması, malzeme hareketlerinin azaltılması ve işçilerin çeşitli işler arasında gidip gelme zamanlarının kısaltılması

Çizelge 4.1 Telsiz kanbanın avantajları

Kanban Faaliyeti	Avantajlar
Esneklik	Şu kaynaklardaki esnekliği artırır: iş hücreleri, ekipman , takım ve tertibatlar, iş gücü ve yönetim.
Verimlilik	Çevrim zamanı, stok seviyesini, malzeme iletimini, tesis maliyetini ve işçilerin işler arasındaki hareket zamanını azaltarak verimliliği artırır.
Üretkenlik	Üretkenliği artırır çünkü yeniden kablo döşeme ve bunun için üretimi durdurma / aksatma gibi işlemler yoktur.
Çevrim zamanı	Çevrim zamanını azaltır. Üretimin küçük parti büyüklüklerinde yapılması ve elde tutulması , daha az süreç içi iş ve daha kısa üretim temin süreleri ile sonuçlanır.
Öncelik belirleme	Teslim tarihleri, her siparişe ilgili özel kısıtları ve her siparişin şartlarını açık olarak belirterek sistemde sipariş önceliklerinin belirlenmesi işlemlerini iyileştirir.
Stoklar	Çoğunlukla siparişlerin miktar ve zamanlamaları ile ilgili olarak ortaya çıkabilecek yanlış anlaşmalar için tutulan beklenmedik durum stoklarını azaltır.
Sipariş zamanı	Ürüne bir değer katmayan faaliyetler veya sistemde aynı faaliyetlerin gereksiz yere bir defadan çok yapılmasını en aza indirerek sipariş işleme zamanını azaltır.
Yatırım	Üretim taleplerini karşılamak için takım ve tertibata, taşıyıcılara, stoklara, işgücüne, eğitime ve iş yeri alanına yapılması gereken yatırımları azaltır.
Maliyet	Malzeme iletimi, stok, takım ve tertibat ve taşıma maliyetlerini ve genel masrafları azaltır.
İşgücü	Malzeme iletimi, görülen işleri ve yönetim hizmetlerini azaltarak gerekli işgücü ve personeli azaltır.
Kırtasiye	Sipariş işlemleri için yapılan kırtasiye işlerini azaltır. Ayrıca, kayıt tutma ve siparişlerin ve görülen işlerin belgelenmesini azaltır.

ile arttırılmaktadır. Telsiz kanban, her sipariş için kesin bir teslim zamanı tespit ederek, sistemde sipariş önceliklerinin belirlenmesi işlemlerini de iyileştirir. Telsiz kanban, siparişlerin miktarları ve zamanlamalarındaki hataları en aza indireceğinden, yanlış anlaşmalardan kaynaklanabilecek eksik parça üretimi vb. karşılayabilmek için sistemde tutulan beklenmedik durum stoklarının seviyesi azaltılır. Üretim taleplerini karşılamak için takım ve tertibata, taşıyıcılara, stoklara, işgücüne, eğitime ve alana yapılan büyük yatırımlar da azaltılmaktadır. Sipariş belgelerinin hazırlanması ve işlenmesi ve teslim çizelgelerinde gerekli düzeltmelerin yapılması için, önemli ölçüde zaman ve kırtasiye gerekmektedir. Telsiz kanban, hem alıcılar hem de tedarikçiler için kırtasiye işlerini ortadan kaldıracak ve böylece verimli ve etkin bir sistem oluşturacaktır. Telsiz kanbandan beklenen avantajlar Çizelge 4.1'de özetlenmiştir (Ansari ve Modarress, 1995).

4.7 Kanban Kullanımındaki Kurallar

Kanban sisteminin etkin bir şekilde işleyebilmesi için çok sıkı bir disiplinin gerektiği açıktır. Bu disiplin, kanban kartlarının kullanımı ile ilgilidir. Bu disipline olan ihtiyaç ayrıca, iyi belgelenmiş üretim süreçlerine olan ihtiyacı ve işlemlerin farkında olan ve bu işlemleri takip etmek için motive olmuş iyi eğitilmiş bir grup çalışana olan ihtiyacı göz önüne sermeye yardımcı olur. Kanbanların kullanımında TZÜ'yi sağlayabilmek için uyulması gerekli kurallar şöyle sıralanabilir (Browne, 1988).

Kural 1. Hatalı Ürünleri Sonraki İşleme Gönderme: Hatalı ürün üretmek demek; malzemeyi, araçları ve işgücünü boşa harcamak demektir. Bu, harcamaların en büyüğüdür ve her endüstride görülen maliyeti azaltma amacına karşıdır. Eğer hatalı bir ürün bulunursa, gerekli ölçümler yapılarak bir daha hatalı ürün üretilmemeye çalışılır. Hataları engellemek için tamamlanan faaliyetlere göre ilk kural hatalı parçaların sonraki işlemlere gönderilmemesidir.

İlk kuralın incelenmesi şunları gösterir:

- Hatalı ürün üreten işlem, hemen bu ürünü bulmalıdır.
- Bu işlemdeki problem hemen herkesin dikkatini çekmiştir. Eğer bu problem çözülmezse, bir sonraki işlem durabilir veya işlem hatalı ürünlerle dolar. Buna göre işletmeciler ve yöneticiler, hatayı önleyecek işlemler üzerinde çalışmalıdır.

Bu kurallara titizlikle uymak için, hatalı ürünler üretildiğinde, tezgahlar otomatik olarak durmalı ve işçiler işlerini bırakmalıdır. Bu, bir dokunuşla çalışmaya başlayan otomasyon kavramıdır.

Eğer hatalı ürünler, iyi ürünlerle karışmışsa bunların yerleri hemen değiştirilmelidir. Eğer hatalı ürünler yan sanayi tarafından sağlanıyorsa, bunların sipariş kartlarının değiştirilmemesi gerekir. Bunlardan, bir sonraki siparişte hasarlı parçaların kesin miktarını belirtmesi istenir. İşlemler arasındaki parçaların sağlam olma garantisi yoksa, kanban sistemi kendiliğinden bozulur.

Kural 2. Bir iş merkezi, önceki iş merkezinden yalnızca gerekli parçaları, gerekli miktarlarda ve gereken zamanda çekmelidir. İkinci kurala göre bir sonraki işlem, parça ve malzeme çekmek üzere şu andaki işleme gelir. Eğer şu andaki işlem bir sonraki işleme parça ve malzemeyi gerekli olmadığı halde üretiyorsa, bir kayıp oluşur. Bu kayıp; zaman kaybı, fazla parça miktarından doğan kayıplar, varolan yöntemin yeterli olduğunu bilmeden yeni yöntemler arama gibi kayıplardan oluşur. Kesin durumu bilmeden, uygulanan yöntemlerin oluşturduğu darboğazlar da kayıp oluşturur. En kötü kayıp, gereksiz şeyler üretildiği için gerekli şeylerin üretilmemesi durumunda ortaya çıkar.

Bu çeşit israfların önlenmesi için 2. kural uygulanır. Bu kuralı uygulamak için neler yapmalıyız? Eğer birinci kurala titizlikle uyarak, bir sonraki işleme hatalı ürün geçmemesini sağlarsak, bulunduğumuz işlem kendi içinde gelişen bozuk ürünleri tespit edebilir. Diğer kaynaklardan bilgi almaya gerek yoktur. İşlem sağlam parça ve malzemeler üretebilir (Lu, 1989).

Çok basit görünmekle birlikte, Kural 2 aslında üretim sisteminin tümüyle değiştirilmesi anlamına gelir. Bu kuralın uygulanabilmesi için, üst yönetimin, daha önceki üretim-taşıma-teslimat akış yönünü değiştirmeye karar vermesi gereklidir ve bu oldukça kritik bir karardır.

Bu kuralın uygulanabilmesi için aşağıda belirtilen kuralların da birlikte uygulanması gereklidir:

- Bir kanban ve kullanıma hazır boş bir taşıyıcı olmadan hiçbir malzeme hareketine izin verilmemelidir.
- Çekim kanbanında belirtilenden daha fazla miktarda parçanın çekilmesine izin verilmemelidir.
- Kanban, taşıyıcı içindeki parçalardan birine iliştilmelidir.

Bu noktada, kanban sisteminin uygulanabilmesi için, üretim sisteminde yerine getirilmesi gereken bazı ön koşulların incelenmesi gereklidir. Kanban uygulanmasına geçmeden önce bir işletmede;

- Üretim hızının zaman boyutunda dengelenmesi,
 - Süreçlere ilişkin yerleşim planlarının revize edilmesi,
 - Üretim yöntemlerinin standardizasyonu,
- gereklidir.

Özellikle günlük üretim miktarlarının dengelenmesi, başka bir ifadeyle, üretim miktarının günden güne değişmemesi, Kural 2'nin uygulanması, tam zamanında üretimin gerçekleştirilmesi için yeterli olmayacaktır, çünkü kanban her süreçte günlük üretimi belirleyen bir rotalama aracından başka bir şey değildir.

Aslında Kanban sistemi üretim planlamanın en son aşaması olan detay planlama ya da çizelgeleme aşamasında kullanılmak üzere geliştirilmiş bir sistemdir.

Bu nedenle, kanban uygulanmasından önce, işletmede ana üretim planlama ya da bütünleşik planlama sisteminin büyük bir titizlikle kurulmuş olması gereklidir. Bu şekilde, gerek işletme içindeki üretim birimleri, gerekse satıcılar planlama ufku boyunca dönemler (aylar) bazında gerçekleştirilecek üretim miktarları hakkında bilgi sahibi olabileceklerdir (Monden, 1983).

Kural 3. Bir Sonraki İşlem Tarafından Çekilmiş Miktar Kadar Üret. Bu kuralın ifade ettiği bir sonraki işlem tarafından çekilmiş miktar kadar üretmek düşüncesi, kural 2 den çıkartılabilir. kural 3, kural 2 nin bir uzantısıdır.

Bu kural, işlemin kendi yaratıcılığını en aza indirmesi gereken bir ortamda uygulanabilir. Bu sebeple, şu şartlara dikkat edilmelidir:

- Kanban sayısından daha fazla üretim yapma,
- Kanbandan alınan sıraya göre üretim yap.

Yalnızca bu işlem kurallarının uygulanmasıyla 3.kural uygulanabilir.

Bu düşünceye göre, 2.ve 3.kuralları inceleyerek, bütün üretim tek bir taşıyıcı hattı gibi, birlikte işleyebilir.

Taşıyıcı hattının ortaya çıkmasıyla işlemlerin standartlaşmasına ve maliyetin düşürülmesine katkıda bulunmuştur (Lu, 1989). Sonraki üretim işlemi, ufak kafelelerde düzgün üretim hızı sağlamak isteyeceğinden, önceki işlemde tezgah hazırlık işlemlerinin, sonraki aşamanın sıklaşan taleplerine cevap verebilecek şekilde hızlandırılması gerekir. Bu durumda, önceki işlemde tezgah hazırlık işlemlerinin çabuklaştırılması gereklidir (Monden, 1983).

Kural 4. Üretimi Eşitle. Kanban uygulamalarında, günlük ortalama talepte bir artış olduğunda çevrim zamanlarının kısaltılması gereklidir. Bu ise, hat üzerinde işgücü atamalarında bazı düzenlemeler yapılmasını gerektirecektir. Ancak, üretim hattı bu tür düzenlemeleri yapabilecek esnekliğe sahip değilse (Monden, 1983), bir sonraki işlemin isteklerini karşılamayabilir. Bu da 3.kuralın bir ihlalidir ve tabii ki ihlallere izin verilmez (Lu, 1989). Artan talep koşullarında ya üretim tamamen duracak ya da fazla mesai yapılacaktır.

Kanban sisteminde, üretim hatlarının, talepte olabilecek %10-12 dolayındaki dalgalanmaları, toplam kanban sayısını değiştirmeden karşılayabilecek esneklikte yapılaşmaları gerekmektedir. Esneklik ise, yine süreçte iyileştirmeler yapılarak sağlanacaktır.

Bu tür bir esnekliğin sağlanmadığı ortamlarda ise, toplam kanban sayısını ya da güvenlik stoku düzeyini arttırarak talep artışlarına uyum sağlamak mümkündür.

Talebin azalması durumunda ise, standart işlemler kümesinin çevrim zamanının arttırılması gerekecektir. Ancak bu durumda ortaya çıkacak boş zamanın önlenebilmesi için, üretim hattındaki işçi sayısının da azaltılması söz konusu olacaktır (Monden, 1983).

Kural 5. Kanban Bir Döngüler Zinciridir. Kanban, talepteki ufak dalgalanmalar karşısında üretim hızını ayarlamak amacıyla kullanılmalıdır. Yani, sistem tekrarlı üretim durumuna uygundur ve bu sistemle talepteki büyük değişimlere uyum sağlanamaz.

Talep dalgalanmaları karşısında üretim hızının kanbanla ayarı, bu sistemin en önemli özelliklerinden birisidir. Kanban sisteminin bu özelliği, kanban dışı bir üretim kontrol tekniği kullanılan sistemlerde gözlenen problemlerin incelenmesiyle daha iyi anlaşılacaktır. Bu tür

sistemlerde, üretim çizelgelerinin merkezi olarak belirlenmesi nedeniyle ani talep değişimleri karşısında tüm üretim birimlerine ayrı ayrı gönderilen çizelgelerin değiştirilebilmesi için en az 7-10 günlük bir süre gerekecektir.

Diğer taraftan, Kanban sisteminin kullanıldığı ortamlarda üretim çizelgeleri sadece son üretim istasyonuna gönderilmektedir ve diğer tüm istasyonlar, ne üreteceklerini üretim kanbanının taşıyıcılardan ayrılması ile öğrenmektedirler. Bu durumda, üretim miktarındaki olası değişikliklerin son istasyondan geriye doğru yansıtılması mümkün olabilmektedir. Değişikliklerin yansıtılmasında kullanılan araç ise kanbandır. Ancak, kanbanla üretim hızının düzenlenmesi, talebin belli büyüklükteki değişimleri için geçerlidir.

Toyota sistemine göre, talepte %10-12 dolaylarında bir değişme olduğunda, toplam kanban sayısını değiştirmeden kanban transfer hızını değiştirerek üretim hızını ayarlamak mümkün olabilmektedir. Talepte daha büyük mevsimsel dalgalanmalar olması halinde ise, üretim hatlarının yeniden düzenlenmesi gerekir. Bu durumda, her üretim aşaması için çevrim zamanları ve işgücü sayılarının yeniden hesaplanması gerekmektedir. Aksi takdirde, her kanban için toplam sayının azaltılması ya da çoğaltılması şarttır. Ancak, talebin yıl boyunca gösterdiği dalgalanmalar karşısında, üst yönetimin kesin ve kalıcı bir stratejiyi baştan belirlemesi ve diğer düzenlemelerin bu strateji doğrultusunda ele alınması çok önemlidir. Bu noktada üst yönetimin değerlendirebileceği iki seçenek söz konusudur:

- Yıllık toplam satış büyüklüğünün dönemler itibarıyla dengelenmesi (Üretim hızının belirli ölçüde sabit tutulması),
- Yıl içinde talebin değişimlerinden etkilenebilecek tüm üretim hatlarının yeniden düzenlenebilmesine olanak verecek esnek bir planın hazırlanması (Üretim hızının dönemler bazında değiştirilmesi).

Klasik üretim planlama probleminde de söz konusu olan bu seçeneklerin Kanban sisteminin uygulandığı ortamlarda da, baştan belirlenmesi ve sistemin diğer elemanlarının doğrultusunda geliştirilmesi gereklidir (Monden, 1983).

Kural 6. İşlemi Dengele ve Düzenle. Hatalı ürünleri bir sonraki işleme göndermemeyi içeren 1.kuralda otomasyonun önemi belirtilmişti. Eğer hatalı ürünler kavramını, hatalı parçalardan

daha geniş olarak hatalı işçiliği dahil ederek açıklarsak, 6.kural kolay anlaşılır bir hal alır. Hatalı işçilik, işin yeterli derecede dengelenip, düzenlenmemesinden oluşur. Gereksiz, sebepsiz yere kullanılan iş yöntemleri ve iş saatleri, hatalı parçaların üretimine sebep olur. Bu sorun çözülmeden bir sonraki işlemin yüksek maliyetle gerçekleştirilip gerçekleştirilmeyeceği belli değildir. İşlemi düzenleme ve standartlaştırma çabaları, otomasyonun başarılı uygulamaları için bir anahtardır. Üretimde eşitleme, gerçekten etkili olabilmesi için bu çeşit bir desteğe ihtiyaç duyar.

Bu 6 kuralı inceleyebilmek için çok zaman gerekir. Eğer kanban sistemi bu kurallar olmadan uygulanırsa, yeterli şekilde işleyemez (Lu, 1989).

Kanban sistemini iyi çalışır hale getirmek için, harcanacak çaba büyük olacaktır. Kanban için uygun ortamı kurmak ve kanban kartlarının disiplinini korumak, yüksek derecede TZÜ teknikleri uygulamakla mümkündür (Browne vd., 1988).

4.8. Çekme Sistemlerinde Toplam Kanban Sayısının (TKS) Belirlenmesi

Kanban sistemi üretim süreçlerinin bir önceki süreçten parça aldığı ve önceki sürecin alınan parçalar kadar üretim yaptığı bir çekme sistemidir. Bir anlamda, sonraki süreç önceki sürece gerekli parçaları doğru miktarda ve doğru zamanda ısmarlamaktadır. Bu durumda, kanban sistemini bir envanter kontrol sistemi olarak incelemek gerekmektedir.

Bilindiği gibi envanter kontrol sistemleri iki temel sınıfta toplanmaktadır:

- Sabit sipariş miktarı (kafile büyüklüğü) sistemi (Constant order-quantity system),
- Sabit çevrim zamanı sistemi (Constant order-cycle system),

Sabit sipariş miktarı sistemlerinde, sipariş miktarları (kafile büyüklükleri) sabit olup, daha önceden belirlenmiştir. Envanter düzeyi, yeniden sipariş noktasının (temin süresi boyunca tahmini kullanım miktarı) altına düştüğünde, sabit miktar kadar sipariş verilir. Bu sistemde, sipariş miktarı sabit olup, sipariş tarihleri değişkendir. Sabit çevrim zamanı sisteminde ise, sipariş tarihleri sabit, sipariş miktarları değişkendir. Sabit zaman aralıklarında siparişlerin verildiği bu sistemde sipariş miktarlarının belirlenebilmesi için son siparişten sonraki kullanım miktarı ile temin süresi boyunca beklenen tahmini kullanım miktarının

değerlendirilmesi gereklidir. Kanban sisteminde, sonraki süreçte stoklanacak parça sayısının belirlenmesi ile zaman boyutunda her çekme noktasında önceki sürece gönderilecek toplam kanban sayısının hesaplanmasında bu iki temel envanter modelinden yararlanılır.

Toyota' da kullanılan iki değişik çekme sistemi burada tanımlanan iki farklı envanter sistemine karşılık gelirler:

- Sabit katile büyüklüğü değişken çevrim zamanlı çekme sistemi (Constant quantity, nonconstant cycle withdrawal system),
- Sabit çevrim zamanlı değişken katile büyüklüklü çekme sistemi (Constant cycle, nonconstant quantity withdrawal system).
- **Sabit katile büyüklüklü, değişken çevrim zamanlı çekme sistemi**

Toyota' da işletme içinde genelde sabit katile büyüklüklü sistem kullanılırken, satıcılarla ilişkilerde sabit çevrim zamanlı çekme sistemi kullanılmaktadır. İşletme içinde imalat süreçleri bazında temin sürelerinin ve süreçler arası uzaklıkların kısa olması ve imalat süreçlerinin yeterli düzeyde geliştirilmiş olması sabit katile büyüklüklü çekme sisteminin kullanılabilmesini kolaylaştırmaktadır.

Ancak, satıcılar için durum daha farklıdır. Yan sanayi işletmelerinde temin sürelerinin uzunluğu, fiziksel olarak ana sanayiye uzaklık gibi etmenler sabit çevrim zamanlı çekme sisteminin kullanımını zorunlu kılmaktadır.

• **Sabit katile Büyüklüklü Çekme Sisteminde Kanban Sayısının Hesaplanması**

Toyota da sabit katile büyüklüklü sistemin uygulanmasında üç farklı yaklaşım tanımlamak mümkündür.

1. Katile büyüklüğünün fazla olduğu ve tezgah hazırlık işlemlerinin yeterince iyileştirilemediği dolayısıyla hazırlık zamanlarının yüksek olduğu ortamlar için:

Toplam kanban Sayısı:

$$= \frac{\text{Ekonomik katile büyüklüğü} + (\text{ortalama günlük talep} \times \text{emniyet katsayısı})}{\text{Konteynır Kapasitesi}} \quad (4.1)$$

2. Tezgah hazırlık işlemlerinin yeterince kısaltıldığı ve süreçler arası uzaklığın kısa olduğu ortamlarda;

Toplam Kanban Sayısı:

$$= \frac{\text{ortalama günlük talep} \times \text{önsüre} \times (1 + \text{emniyet katsayısı})}{\text{Konteynır Kapasitesi}} \quad (4.2)$$

Burada

Temin süresi = İşlem zamanı + bekleme zamanı + taşıma zamanı + kanban toplama zamanı

3. Tam zamanında üretim için ideal ortam, her sürecin tek bir parçayı üretilip bir sonraki istasyona birer birer aktardığı ve ekipman ya da süreçler arasında 1 parçalık güvenlik stoğunun bulundurulduğu ortamdır. Bu durum ise tam anlamıyla eşzamanlı imalatın gerçekleşmesiyle mümkündür.

Bu ortamda

Emniyet katsayısı	= 0
Bekleme zamanı	= 0
Kanban toplama zamanı	= 0
Konteynır kapasitesi	= 1 olacaktır.

Bu durumda ardışık iki süreç kanban sistemi yerine bir konveyör hattı ile birleşmiş olacak ve kanban kullanımına gerek kalmayacaktır. Çok sayıda sürecin bu şekilde birleştirilmesi durumunda ise, tek bir kanbanın bu süreçler tarafından ortaklaşa kullanılması söz konusu olacaktır.

- **Sabit çevrim zamanlı çekme sisteminde kanban sayısının hesaplanması**

Sabit çevrim zamanlı çekme sisteminde toplam kanban sayısının hesaplanması aşağıda verilmiştir:

Toplam Kanban Sayısı:

$$= \frac{(ortalama\ günlük\ talep) (\bar{ÜÇZ} + \bar{ÖS} + ES)}{Konteynır\ Kapasitesi} \quad (4.3)$$

$\bar{ÜÇZ}$: Üretim (sipariş) çevrim zamanı (kanban çevrim zamanı),

$\bar{ÖS}$: Ön süre = (işlem + bekleme + taşıma + kanban toplama) zamanları,

ES : Emniyet stoku (zaman birimi cinsinden),

Bu formülün uygulanmasında, aşağıda belirtilen tanımların göz önünde bulundurulması gereklidir.

- **Üretim çevrim zamanı** : Üretim hattına bir iş emrinin gönderilmesi ile bir sonraki iş emrinin gönderilmesi arasında geçen (gün) süredir. Bu süre aynı zamanda kanban çevrimi olarak da tanımlanır.
- **İşlem zamanı** : İş emrinin gönderilmesi ile üretimin tamamlanması arasında geçen (gün) süredir. Bu süre, üretim hattında işlenmekte olan ya da tutulan süreç-içi envanterin kanban sayısına karşılık gelmektedir.
- **Kanban toplama zamanı** : Sonraki istasyonda çıkarılarak kutuya bırakılan kanbanların, kutudan alınmasıyla, önceki istasyonda üretim için iş emrinin verilmesi arasında geçen (gün) süredir. Bu süre; i) çekme kanban kutusu ii) kanban kabul kutusu ve iii) üretim-sipariş kanban kutularındaki toplam kanban sayısına karşılık gelmektedir.
- **Emniyet stoğu süresi** : Bu süre atölyede bulundurulmuş emniyet stoğu düzeyine karşılık gelir. Emniyet stoğu genellikle makine arızaları ya da hatalı ürünlere karşı bir önlem alabilmek amacıyla bulundurulur.

Emniyet stoğu düzeyinin belirlenebilmesi için, sorun yaratan her faktörün ortaya çıkma olasılığının tek tek tahmin edilmesi gereklidir.

Emniyet stoğu süresi ise, belirlenen emniyet stoğu düzeyinin üretimi için gerekli olan süredir.

Bu ortamda katile büyüklüğünün hesaplanması şöyledir.

$$Kafile Büyüklüğü = (\text{Üretim Kanbanı Sayısı}) \times (\text{Konteynır Kapasitesi})$$

Burada;

Üretim Kanbanı Sayısı = Son kart toplama zamanından sonra normal kart toplama zamanına kadar geçen süre içinde çıkarılan üretim kanbanı sayısıdır (Acar,1997b).

4.9 Üretkenlik Artışı Sağlayan Bir Teknik Olarak Kanban

Eğer kanban işlemleri takip edilirse, süreç içi stoklar her bileşen parça için çıkarılan kartların yardımı ile kontrol edilebilir. Bunun sebebi, her kartın bir standart taşıyıcı ile bağlantılı olması ve taşıyıcı boyutları ve atölyedeki kart sayısı bilindiğinde, sistemdeki stok düzeyinin basit bir hesaplamayla bulunabilmesidir.

O halde, belirli bir parça için düzenlenen kanban kartlarının sayısı azaltılarak, süreç stok düzeyi düşürülebilir. Öyle ki, eğer stok seviyeleri yeterince düşürülürse, iş merkezinde malzeme biter ve süreç durur. Bu, bütün hattı durdurur ve sistemi en az stok düzeyinde çalıştırabilmek için çalışan sayısının artırılması, hazırlık zamanlarının kısaltılması veya süreçlerin yeniden tasarlanması vb. şekillerde büyük çaba gösterilmesi gerekir.

Gereğinden fazla stok, sistemin yapısında bulunan sorunları ve üretim sürecindeki verimsiz kaynakları gizler. Stok düzeylerinin azaltılmasıyla üretimdeki sorunlar su yüzüne çıkar ve aşama aşama ortadan kaldırılır.

Üretim sürecinde geriye doğru kanban akışı izlenirse, sonunda (sürecin bir yerinde), hammadde ile ya da satın alınmış parçalarla karşılaşılır. Bu, hemen akla kanban sisteminin yan sanayi firmalarına kadar nasıl uzatılabileceği sorusunu getirir. İlk anda bu firmalardan haftalık ya da daha uzun aralıklarda gerçekleşen malzeme alımının miktarını arttırmayı düşünebiliriz.

Ancak bu, TZÜ felsefesinin temel amaçlarından biri “stok birikimini en aza indirmek” koşulunu zedeler. Yapılması gereken; kanban sürecinin işletme dışına, yan sanayi firmalarına kadar genişletilmesidir. Bu sürecin işlemesi, işletme dışındaki satıcıların gereken miktarda ve düzenli dağıtımlar yapmasına bağlıdır. Bu da ancak, yan sanayi ile yakın ilişkilerin kurulması ve bu işletmeler ile TZÜ sisteminin organizasyonunun sağlanması için gerekli bilgi alış-verişinin

yapılmasıyla sağlanır. Etkili işleyebilmesi için, karşılıklı güvene dayanan ortaklıklar kurmak gerekir (Browne vd., 1988).

4.10 Kanban Sisteminin İşlemesi İçin Gerekli Varsayımlar

Daha önce de bahsedildiği gibi, kanban sisteminin verimli ve etkili bir şekilde işleyebilmesi için, bazı kuralların takip edilmesi gerekmektedir. Bu kurallarla bağlantılı olarak, kanban sisteminin işlediği üretim sisteminin yapısı ile ilgili bazı temel varsayımlar mevcuttur. Bu varsayımlar:

1. Her “günlük montaj çizelgesi” diğer günlük çizelgelere benzer olmak zorunda olduğundan, ana üretim çizelgesinin sabit bir zaman periyodu için (en azından bir aylık zaman için) dondurulabilmesi kesinlikle gereklidir. Son montaj çizelgesinin de çok kesin ve sabit olması gerekir. Herhangi bir büyük sapma, üretim sistemi boyunca bir dalgalandırma etkisi gösterecek ve üretim akışına ters yöndeki iş merkezlerinin daha fazla parça stoku tutmalarına sebep olacaktır. Üretim sisteminin tekrarlı üretim sistemi modeline uyum sağlaması gereklidir.
2. Bir karma model sisteminin etkin olarak çalışabilmesi için, üretim sürecinin bütün kademelerinde gerekli niteliklere ve kapasiteye sahip olunması gerekir. Karma model üretim ve montajı, bağımsız iş merkezlerinde sık sık değişiklikler ve hazırlıklar yapılmasını zorunlu kılmaktadır ve dolayısı ile her iş merkezindeki hazırlık zamanları mümkün olduğunca az olmalıdır. Ayrıca, parçaların montaj hattına tüketildikleri miktarlarda gelmelerini temin etmek için bütün işlemlerin birbirleriyle dengelenmesi gerekir.
3. Tesis yerleşimi, bütün işlemleri son montaj hattına bağlayabilmek ve böylece taşıma zamanlarının kısaltılması ve iş merkezleri arasındaki bağımlılıkların dikkate alınabilmesi için, tekrarlı üretim olmalıdır. Her iş merkezinin bir giren ve bir de çıkan malzeme stok noktası olmalıdır ve her parçanın iş merkezleri arasındaki akışı sabit bir rotaya göre gerçekleşmelidir. Sistem, tam kapasitenin altında bir değerde çalışacak şekilde tasarlanmalıdır; böylece, problemler çıkması durumunda belirli bir esnekliğe sahip olunabilir.
4. Kanban için temel bir gereklilik de, çok yönlü işçiliktir. Böyle bir işgücü, çalışma organizasyonunda çok esneklik sağlar; işçiler farklı tezgahları işletebilir ve farklı işlemleri

yerine getirebilirler. Bu esneklik, üretim kontrolcülerinin işçilerin yerlerini değiştirmek suretiyle münferit iş merkezlerinin kapasitelerini değiştirebilmelerine imkan tanır. Ancak çalışanların buna razı olması ve katılması bazen zor olabilmektedir, hatta aslında, Japon olmayan şirketlerin birçoğu bunu, üretim tesislerinde kanban sistemini yürütmedeki büyük bir engel olarak değerlendirmektedirler (Browne vd., 1988).

4.11 Kanban Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları

4.11.1 Avantajları

1. Doğru parça kontrolü Bu; istenen parçaların, istenen zamanda, istenen miktarda elde edilmesi anlamına gelir. Kanban, sadece ihtiyaç duyulduğunda istenen miktarda parçanın üretimini başlatmak suretiyle, parça kontrolünü sağlar.
2. Stok düzeyini azaltır. Bir sonraki işlem bir önceki işlemden gerekli zamanda, gerekli miktardaki gerekli ürünleri çektiği ve bu işlemde, sonraki işlem tarafından çekilmiş miktarlarda üretim yaptığı için süreç içi stok miktarı azalmıştır.
3. Kaliteyi geliştirmek. Stokları azaltmak suretiyle kanban kalite gelişimine yardım eder. Stoklar seviyeleri aşağı çekilir ve geri dönüşü hızlandırılırsa, kalite; gizli kusurlar, bozukluklar, eski yöntem ve mühendislik değişiklikleri tarafından daha az etkilenecektir.
4. Genel giderlerin azalması. Merkezi depoları bırakmak suretiyle depolama maliyeti azalır. Parça miktarları azaldığı için de taşıma maliyeti azalır. Kanban, atölyede elle kontrol edilebildiği için geniş eleman kadrosu ve büyük bilgisayar sistemlerine gerek duymaz. Kanban sayısı sabittir ve kartlar yeniden kullanılabilir; çok az veya hiç taşıma gerektirmez. Bu yüzden stok hareketini izlemek ve kontrol için atölyede bulunan binlerce raporu izlemek ve kontrol etmek azaltılır veya ortadan kaldırılabilir.
5. Müşteri hizmeti gelişir. Kanban sayıları ve ön süreler doğru hesaplandığında, parçalar için gerekli işlem süresi hiçbir zaman aşılmaz. Bu da bize teorik olarak sıfır ön hazırlık zamanı ile herhangi bir zamanda herhangi bir montajı yapma imkanı sağlar. Sonuç olarak, müşterinin istediği şeyi, istediği zamanda ve miktarda vermek suretiyle müşteri tatmini artırılır (Keane ve King, 1990).

4.11.2 Dezavantajları

1. Kanban, tekrarlı üretim sistemi içindir. Tekrarlı olmayan üretim sistemlerinde bazı değişiklikler, geliştirmeler yapılmadan başarılı olamaz.
2. Sağlam bir çizelge, standart taşıyıcılar ve sıkı bir disiplin gereklidir. Düzensiz değişimlere ya da piyasadaki talepte meydana gelen beklenmedik değişikliklere kolayca yanıt veremediği için, esnek olmadığı söylenebilir. Yan sanayi ile büyük bir işbirliğine ihtiyaç vardır.
3. Modern işlem teknolojilerine önem verir ve yeni metotlar, takım ve teçhizat bulunması için oldukça fazla miktarda yatırıma gereksinim duyar (Browne vd., 1988).



5. TZÜ, MİP, ÜKP VE OÜT SİSTEMLERİNİN TÜRK SANAYİİNDE UYGULANMASI

Türkiye’de TZÜ sisteminin yanlış anlaşılması uygulamaya geçilmesini de zorlaştırmaktadır. Tam zamanında üretim sistemi büyük bir kesimde işletmenin hammadde veya yan sanayiden alınan yarı mamul stoklarının sıfır olması şeklinde bilinmektedir. Yan sanayiden alınan malzemenin ve işletme içindeki ara stokun bilinçli bir şekilde azaltılması gerektiği belli bir kesimce anlaşılmış olmasına rağmen, üretimde yapılması gereken sistem ve mantık değişiklikleri pek anlaşılamamıştır.

Üretimle ilgili unsurların pek çoğunun uygulaması mümkündür. Zaten bunların yerine getirilmesi için, en azından büyük işletmelerde, çalışmalar yapılmaktadır. Karşılaşılan hata yapılan işlerin bilinçli ve etkin bir şekilde yapılamayışı ve en önemlisi yapılanların yeterli görülmesidir. İşlemlerin standardize edilmesi, hat dengelemesi, toplam üretim zamanının kısılması, tezgah ön hazırlık zamanının kısaltılması, kutulama gerekliliği kabul edilen, uygulamaya çalışılan fakat uygulandığı kadarı yeterli olmamasına rağmen yeterli görülen unsurlardır.

Hücreyel çalışma alanı düzenlemesi ve bekleme zamanının azaltılması küçük işletmelerde kendiliğinden oluşmakta veya buna hiç gerek olmamaktadır. Büyük işletmelerde ise uygulamaya çalışılmaktadır.

Yan sanayi yardımlaşması veya yan sanayiden alınan malzemenin işletmeye tam zamanında ve sıfır hata ile gelmesi, genelde işletmenin stok yükünün ve bazı diğer angaryaların hiçbir gelişme olmadan ve yan sanayi ile yardımlaşmadan yan sanayinin sırtına yüklenmesi anlamını taşımaktadır. Türkiye’de bu unsur hemen hemen hiç uygulanmamakta veya uygulanmamaktadır.

Çekme sistemli stok kontrolü ve kanban kullanımı da, diğer unsurlar tam olarak uygulanmadan kullanılamayacağı için Türkiye’de hiç kullanılamamaktadır.

Artan işgücü maliyeti sebebiyle her işletme işgücü azaltma yolunu düşünmekte, fakat pek çoğu bunu bilinçli olarak yapmamaktadır. İşçilerin eğitilmesinin ve birden çok iş yapmak konusunda esnek olmalarının, işçilerin çeşitli önerilerle yönetime yardımcı olmalarının önemi henüz pek kavranmamıştır. TZÜ sistemi uygulamada bazı ülkeleri diğerlerinden avantajlı kılabilen tek

unsurun bu olduğu düşünölebilir. Çünkü kültür yapısı, eğitim düzeyi ve sendika bakış açıları ancak bu unsorda etken olabilmektedir. Küçük miktarlarda üretim ve toplam kalite kontrol de araştırılan fakat henüz tam olarak ve bilinçli bir şekilde uygulanmayan unsurlardır.

Bu şartlar altında Türkiye’de, TZÜ sisteminin etkin bir şekilde kullanıldığını söylemek mümkün değildir. Ancak uzun vadede uygulanabilmesi için hiçbir engel de gözükmemektedir.

5.1 TZÜ Sistemine Geçişte Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Yolları

Aşağıda; TZÜ çalışmalarına satın alma uygulaması ile 1991 yılında başlayan Arçelik’te uygulamada karşılaşılan problemler ve çözüm yolları belirli başlıklar halinde toplanmıştır. Bu problem ve çözümler aynı zamanda Türkiye’de TZÜ sistemini uygulamak isteyen firmaların ortak sorununu da yansıtmaktadır.

- **Problem.** Uygulanmaya başladığında yan sanayi firmalarının kalite sistemlerinin yeterli seviyede olmaması.
- **Çözüm.** Yan sanayilerin TZÜ Sistemi hakkında eğitilmesi ve denetçilerle kalite sistemlerinin yönlendirilmesi.
- **Problem.** Yan sanayi firmalarının ve çalışanların uygulamaya başlarken TZÜ’e karşı çıkmaları ve direniş göstermeleri.
- **Çözüm.** Çalışanların eğitimi, bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi, otomatik taşıma sistemlerinin kurulması.
- **Problem.** Firmalarla karşılıklı güvenin sağlanması ve iyi ilişkilerin kurulması süreci.
- **Çözüm.** Firmaların desteklenmesi, uzun dönemli kontratlar, fiyat ve miktar bağlantılarının yapılması.
- **Problem.** Stok seviyelerinin belli bir süre sonunda aşağılara çekilebilmesi ve otomatik yüklemeli ve boşaltmalı olmasına rağmen hala bir ambarın varlığı.
- **Çözüm.** Giriş Kalite Kontrol (GKK)’un kaldırılması, üretim hattı yanında yapılacak raflara malzemelerin doğrudan yerleştirilerek, stoklama maliyetlerinin düşürölmesi. Bunun için de firmada kalite kontrolünün gerçekleştirilmesi.

- **Problem.** GKK uygulamasının devam etmesi.
- **Çözüm.** Firmaların kalite düzeylerinin artırılması için eğitim ve denetçilerin devam etmesi. İşlem denetçilerine başlanması ve sonuçta firmada kalite kontrol yapılmasının sağlanması.
- **Problem.** GKK' da bazı parçaların kontrollerinin uzun sürmesinden dolayı üretim hattının aksaması.
- **Çözüm.** GKK uygulamasının kalkması ve firmada KK yapılması.
- **Problem.** Kalite sorunlarından satın alma bölümünün haberdar olmaması.
- **Çözüm.** Kalite ile satın alma bölümlerinin ilişkilerinin kurulması, çeşitli raporlamaların yapılması veya daha ileri bir safha olarak GKK'nın Malzeme Müdürlüğü'ne bağlanarak, GKK'nın kaldırılması çalışmalarının planlı bir şekilde bu bölümce yürütülmesi.
- **Problem.** Nakliye sorunları, Türkiye'de taşımacılığın ve yolların yeterli düzeyde olmaması.
- **Çözüm.** Yan sanayilerin yakında olmasının gereği, bölgesel yan sanayilerin teşvik edilmesi.
- **Problem.** Küçük miktarlarda sık yapılan sevkiyatlar nedeniyle ulaştırma maliyetlerinin artması.
- **Çözüm.** Bölgesel yan sanayilerle çalışılması, alıcı firmanın araçlarının firmaları dolaşarak malzeme toplaması.
- **Problem.** Yan sanayilerin eş zamanlı olarak üretim yapamaması.
- **Çözüm.** Ana sanayinin üretim programlarına uyması ve programları detaylı olarak firmalara bildirmesi.
- **Problem.** İthal malzemelerin ithalatından doğan zorluklar ve bu yüzden de stokta fazla miktarda tutulmaları.
- **Çözüm.** İthal parçaların yerleştirilmeleri; üretim programlarının sağlıklı yapılarak yurt dışı firmalara doğru miktarların bildirilmesi.
- **Problem.** Türkiye'de yaşanan ekonomik belirsizlik ve krizler.
- **Çözüm.** Sağlıklı ekonomik tedbirlerin uygulanması gereklidir. Makro problemlerin çözümü için Toplam Kalite anlayışını ulusal olarak benimsenmesi ve ülke çapında bilinçlenme

sağlanmalıdır. Ayrıca yan sanayilerin ekonomik krizlerden etkilenmemesi için ödemelerin düzenli yapılması önemlidir.

Ülkemizde TZÜ sistemi, stokların azaltılabilmesi yönünde son yıllarda satın alma uygulamalarıyla başlamıştır. Arçelik'te 1983'ten bu yana stokları azaltma prensibi benimsenmiş ve satın alma TZÜ uygulamaları 1991 yılında başlatılmıştır. Türkiye'de bu konudaki ilk çalışmalar gerçekleştirilmiş ve büyük ölçüde başarıya ulaşılmıştır. Bugün ise bu çalışmalar, üretimde TZÜ ve kanban Sistemlerinin kurulması yönünde devam etmektedir. Arçelik'te TZÜ uygulamalarından şu sonuçlar elde edilmiştir.

- Stok seviyeleri 4 yılda 30 günden ortalama 4.5 güne düşürülmüştür,
- Servis oranları azalmıştır,
- Tek temin kaynaklı malzeme oranı %73.5'e ulaşmıştır,
- Yan sanayi sayısı %53 azaltılmıştır,
- Giriş Kalite Kontrolden muaf parça uygulaması başlamıştır,
- Yan sanayi eğitimleri ve denetçileri sayesinde ret oranları düşmüştür,
- Yan sanayi performansları artmıştır,
- Firmalarla uzun dönemli anlaşmalar yapılmıştır,
- Ödemelerde düzen sağlanmıştır,
- Yan sanayi politikası oluşturulmuştur,
- Bölgesel yan sanayilerin sayısı artmıştır,
- Yan sanayiler küçük partiler halinde ve istenilen zamanda malzeme teslim etmeye başlamışlardır,
- Kutulama standardizasyonu sağlanmıştır.

Bu gelişmeler yeterli görülmeyip sürekli gelişme sürdürülmelidir. Böylelikle maliyet düşüşü sağlanacak, kalite seviyesi artacak ve müşteri memnuniyeti yükselecektir. Tüm bölümlerin katılımı ile gerçek amacına ulaşacak olan bu felsefenin, önümüzdeki yıllarda birçok işletmede uygulanma imkanı bulacağı tahmin edilmektedir.

5.2 TZÜ Sistemine Geçişte Yaklaşım

Ulusoy (1991), Türk sanayicilerine TZÜ sistemine geçiş yaklaşımını şöyle belirlemiştir. Tam zamanında üretime geçişte yaklaşım ne olmalıdır? Hiç şüphesiz sorunların teşhisi ve çözümünde

samimi, cesur ve açık olmaktır. Stokların istenmediği ve sürekli düşürülmesi gerektiği bir politika olarak üst yönetim tarafından tüm çalışanlara açıkça iletilmelidir.

Tam zamanında üretim Toplam Kalite şemsiyesi altında ele alınmalıdır. Hedeflerle yönetim anlayışı ile stoklar sürekli daha düşük düzeylere düşürülmelidir. Gelişme sürekli kılınmalıdır.

Stokların yavaş yavaş azaltılması ile her seferinde bazı sorunların üzerindeki örtü kalkacak ve sorunlar ortaya çıkacaktır. Başarının sırrı sorunların doğru teşhisi ve doğru yöntemlerle kararlı bir biçimde çözümler türetilmesi ve uygulanmasıdır. Sorunların çözümünde çalışanların katkısı mutlaka aranmalıdır. Kalite çemberleri bunun bir yoludur. Esasen mühendislerin sorun teşhis ve çözümündeki çalışma düzeni de kalite çemberleri prensipleri etrafından örgütlenebilir.

Ara stoksuz üretim uygulamasına atölyede pilot bir bölge seçerek bu bölgedeki işçileri, ustabaşlarını, mühendisleri ve yöneticileri eğiterek başlamak en doğrusu olacaktır. Bu tür üretime en uygun yerden başlamak da çaba ve maliyet açısından mantıklıdır. En son montaj bandı veya son işlemlerin yapıldığı atölye pilot bölge için uygundur. Buranın montaj bandı olmasından başka en sonda olması ve çekme türü üretime gereksinim oluşturmaması arastoksuz üretimi anlamak açısından avantajlıdır. Arastoksuz üretim pilot uygulaması devamlı bir yangın söndürme dönüşmemeli ve problemlerin asıl sebepleri araştırılmalıdır. Pilot uygulamayı gerçekleştiren personel yaptıkları işin yararına inanmalı ve üst düzey yönetimden destek görmelidir. Çünkü hazırlık ve temin sürelerini sıfıra indirmek ancak personelin üretim işlemlerini anlayarak gerekli fiziki değişiklikleri yapabilmeleriyle mümkündür. Arastoksuz üretim kolay ulaşılan bir hedef değildir. Bu yüzden işletme personelinin uzun bir süre inançla oyunun kurallarına tam tamına uyarak uygulamayı gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

En zor şeylerden biri yöneticilerin üretilen parti boylarının küçük olmasının tercih sebebi olduğuna inanmalarıdır. Bu bugünkü düşünceye aykırıdır. Yönetimin bir stok sistemi yönetmediğine, bunun yerine bir malzeme akışı yönettiğine kendisini inandırması gerekir. Bu süreç içinde eğitilmiş işçinin de problemlerin teşhisi ve çözümüne katkıda bulunmasının moral açısından küçümsenemeyecek önemi vardır.

Bir uygulama görülebilir faydalar sağlayacak kadar ilerlediğinde yan sanayi uygulamayı gözlemeye davet edilerek kendi arastoksuz üretimlerini gerçekleştirmeleri önerilmelidir.

Sevkiyat miktarlarını azaltmak yan sanayi ile sıkı ilişkilere girmekle ve onların da bu düşünüş tarzını benimsemeleriyle mümkündür. Böylece sevk süreleri kısılacaktır.

TZÜ felsefesinin işletmelerde yerleştirilmesi çok büyük sermaye yatırımlarını gerektirmez. TZÜ felsefesinin bazı basit prensipleri kullanılarak epey tasarruf sağlamak mümkündür. TZÜ sistemini başarılı bir şekilde yerleştirmek için yönetime düşen, TZÜ'nün felsefesini, karakteristiklerini ve mantığını anlamak ve düşünülmesi gereken tüm organizasyonel fonksiyonlar üzerindeki değişikliklerin etkisini tanımaktır.

5.3. Malzeme İhtiyaç Planlama ve Üretim Kaynakları Planlama Sisteminin Türk Sanayinde Uygulanması

Mevcut yapılan işi daha hızlı yapmak, aynı ürünü daha az maliyetle üretmek, müşteriye bekletmemek, bunu yaparken çok fazla stok tutmamak, müşterinin isteklerine tam anlamıyla cevap verebilmek için endüstriyel kuruluşlar her zaman yeni üretim yönetim sistemlerinin geliştirilmesine çalışmışlardır.

Yüksek servis kalitesinin, karlılığın, düşük maliyetlerin, rekabet edilebilecek ürün çeşitliliğinin, esnekliğin, kısa temin sürelerinin, artan üretim kalitesinin, artan müşteri memnuniyetinin ve daha birçok işletme özelliğinin korunabilmesi ve geliştirilebilmesi için işletmeye ait tüm bilgilerin bir arada, çeşitli analizlere ihtiyaç duyan herkese hızlı bir şekilde sunulabilecek yapıda, birbiriyle bütünleşik halde, herkesin kolaylıkla ulaşılacağı, her an güncelleşmiş bir durumda bulunması artık kaçınılmaz olmuştur.

Bütün bunlara cevap verebilecek, alternatifler oluşturabilecek Üretim Kaynakları Planlaması ÜKP yazılım sektörü günümüzde müthiş bir şekilde büyüme göstermektedir. Önceleri küçük bir pazar ÜKP yazılım sektörü, şimdi 150'ye yakın Danışman Firmanın müşterilerine hizmet verdiği bir büyük bir pazara dönüştü.

Ülkemizde 5-6 yıl öncesine kadar ÜKP sanayicilerimizde tarafından pek bilinmeyen, bu alanda yatırım yapılması da tasvip edilmeyen bir Üretim Yönetimi Sistemiydi. Fakat şimdi ülkemizde ÜKP' nı kendi işletmelerinde uygulamak isteyen bir çok işletme bulunmaktadır.

ÜKP' yi uygulamak isteyen firmalar önceleri firma içerisinde tasarlanmış, firmanın kendine özel bir yazılımla bu ihtiyaçları karşılıyorlardı. Fakat esnek, daha verimli, daha az problem çıkartan, standartlara uygun, gereksinimlere daha iyi cevap veren, ÜKP konusunda uzman olmuş kişilerce geliştirilmiş ÜKP yazılım paketlerinin ortaya çıkmasıyla, artık işletmeler yazılım ihtiyaçlarını bu alanda hizmet veren danışman firmalar aracılığıyla karşılamaya başladılar. Günümüzde işletmeler bu konuda hizmet veren yerli veya yabancı alternatifler arasından birini seçerek bu sistemi firmalarında hayata geçirmeye çalışmaktadırlar.

Ülkemizde bir çok işletmede bitmiş veya halen devam eden bir çok ÜKP projesi bulunmaktadır. Bu alandaki en büyük sıkıntı; projelerin zamanında bitmemesi, yarıda kalması, istenilen hedeflere ulaşılamaması veya proje maliyetlerinin tahminlerin üstünde büyük miktarlara ulaşmasıdır.

Bu kısımda, üretim sanayinde faaliyet gösteren bir işletme genelinde ÜKP sisteminin kurulma aşamasındaki çalışmalar ve işletmelerin seçmiş olduğu ÜKP paket programı hakkında bilgi verilmiştir.

5.4 Bir İşletmede MİP Sisteminin Kurulması Çalışmaları

Debant Plastik Sanayi A.Ş. 1978 yılında kurulmuştur. İlk kurulduğu yıllarda dekoratif bant üretimi yapar Debant Plastik, yıllar içinde büyüyerek, ulusal piyasanın yanı sıra uluslararası piyasalarda açılmıştır.

Debant Plastik fabrikası Gebze Mualimköy mevkiinde 1991 yılında kurulmuş ve üretime başlamıştır. 11 dönüm alan üzerinde kurulu bulunan Debant Plastik fabrikası tam bir entegre tesistir. Granül halde fabrikaya giren polipropilen, ekstruderde iplik halinde getirilmekte, sonra bu iplikler dokuma makinelerinde dokunarak kumaş haline; dar dokuma makinelerinde dokunarak ise kolan haline getirilmektedir. Daha sonra, üretilen kumaş, kumaş, kolan ve iplikler kullanılarak big-bag adı verilen büyük çuvallar ve sling /silig bag adı verilen taşıma sapanları, Debant Plastik'e bağlı atölyelerde üretilmektedir.

İşletmede, ekstruder üretim hattında seri üretim, diğer bölümlerde ise kesikli üretim söz konusudur. Atölyelerde ise siparişe göre üretim yapılmaktadır.

İşletme Haziran 1996 yılında başlayan ÜKP çalışmalarındaki ana amaç; üretimin planlanan şekilde yürütülmesi için gerekli malzeme ihtiyaç planlaması, satın alma ve müşteri hizmetleri ile ilgili çalışmaları bilgisayar destekli olarak yürütmek ve bu sayede malul maliyetlerini hesaplayıp, bütçeleme çalışmalarını gerçekleştirmek için bilgisayardan etkin bir şekilde yararlanmayı sağlamaktır.

Ayrıca ÜKP ile:

- Stok kayıtlarının verimli şekilde doğru olarak tutulması, gereksiz stoğun önlenerek, stok maliyetlerinin minimuma indirilmesi ,
- Bölümler arası uzun yazışma ve ayrı ayrı kayıt girilmesinin önlenerek, ortak bir veri tabanından yararlanılarak sağlıklı işletimin kurulması,
- Üretimde gerçekleşen değişimlerin geri beslenmesinin yapılarak ilgili bölümlerin haberdar edilmesi,
- Birim maliyetlerinin düşürülmesi,
- Malzemenin ihtiyaç duyulduğu anda tedarik edilmesi,
- Teslimlerin vaadedilen tarihlerde gerçekleştirilmesi,
- Kalitenin artırılması,
- Müşteri isteklerine arında cevap verilerek, müşteri memnuniyetinin kazanılması,
- Rekabet ortamında pazar payının artırılması temel amaçlardır.

Tüm bu bahsedilen amaçlar doğrultusunda şirket bünyesinde bir ÜKP paket program alımı kararlaştırılmıştır.

Bu kadar sonrası, paket programın seçimi ilk aşamayı teşkil etmiştir. Paket program satan firmalar ile yapılan görüşmeler ve değerlendirmeler sonrasında, Progress veri tabanı altında çalışan ve Digital firması tarafından satılan, MFG/PRO yazılımın firmaya uygunluğuna karar verilmiştir.

Paket programın seçimi yapılp,uygulama projesi organizasyonu belirlendikten sonra proje liderlerinin ve proje ekibinin seçimi yapılmıştır. Digital tarafından firma genelinde eğitim verilerek, proje ekibi ve Digital firması tarafından aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır:

Proje ekibi ile şirketin mevcut durumunun genel görüntüsü çizilerek; öncelikler, problemler ve detay çalışmanın yapılacağı departmanlar belirlenmiş ve departmanların iş akış şemaları iriş, işlem çıktı mantığı ile sıralanarak, problemler toplanmaya başlanmıştır.

Mevcut durum analizinde tespit edilen problemler konularına göre gruplandırılarak, proje ekibi tarafından gerçek sebep tespit edilene kadar detaylı incelenmiştir.

Problem analizi sırasında tespit edilen sorunlar ve çözümleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

a) Planlama ve koordinasyon açısından sorunlar:

- Üretim planlamanın, rekabet ortamında acil siparişlere cevap verememesi,
- Müşteri taleplerinde sık değişimlerin yaşanması,
- Parti miktarları küçük olsa da red edilmeyen müşteri talepleri,
- Acil siparişlerde müşteri isteğine karşılık verememek ya da ileri tarihi önermek (müşteri memnuniyetsizliği),
- Müşteri talebi ile sevkiyatların sık değişmesi,
- Ucu ucuna giden üretimler,
- Taleplerin günlük yapılanmaması,
- Malzemenin zamanında gelmemesi,
- Atölyelerde malzeme eksikliğine bağlı olarak üretimin durması,
- Ani ve sık program değişiklikleri,

Çözüm:

Her müşteri için kota belirlenerek, satış elemanlarının buna göre sipariş kabul etmeleri sağlanmıştır.

Satış tarafından yapılan tekliflerde fiyat hızlandırılması yapılarak, üretim için sipariş kabulü daha önceki tarihlere alınmış ve böylece, uzu ucuna giden üretimlerin ve son an program değişikliklerinin yapılması önlenmiştir.

Üst yönetim tarafından son 1.5 yıllık üretim incelenerek, satış için bir politika belirlenmiştir.

Malzeme takibi tek merkezden yönetilir hale getirilerek, taleplerin günlük yapılması ve malzemenin zamanında atölyelere dağıtılması sağlanmıştır.

b) İletişim Sorunları:

- Satış – Üretim – yüklemede entegrasyon eksikliği,
- Stokta kalan siparişlerde iletişim eksikliği,
- Müşteri istek – şikayetlerinin satıştan kalite kontrole aktarılmasında iletişim eksikliği ve müşteri isteklerine cevap vermeme,
- Ürün geliştirmede iletişim eksikliği,
- Ambalaj değişikliği ve sevkiyatta meydana gelen değişimlerin iletişim yetersizliğine bağlı olarak geç öğrenilmesi ve geciken yüklemeler,
- Satış tarafından ayrılan rezervin fiili olarak planlamaya aktarılmaması,
- Atölyelerle iletişimde geçerli şeklin olmaması,
- Stok – Cari – Muhasebe entegrasyonunda aksaklıklar ve tutarsız geçişler,
- Satın almanın tek merkezden yapılmayışına bağlı olarak fatura geç onay verilmesi.

Çözüm: Müşteri şikayetleri direkt olarak kalite kontrole bildirilmeye başlanarak, daha sonraki siparişlerde olası şikayetlerin tekrarlanması önlenmiştir.

İşletmede AR – GE bölümünün kurulmasına karar verilmiştir.

Satış uyarılarak, üretime alınmış siparişlerde değişim yapılması engellenmiştir.

Satın almanın tek merkezden yapılması sağlanarak, faturalara günlük onay vermeye başlanmıştır.

c) Veri Tekrarı Sorunu:

- Fabrika ve merkez ofiste stok bilgilerinin ayrı ayrı tutulması,
- Siparişlerin sisteme iki kere girilmesi ve buna bağlı olarak Üretim Planlamada zaman kaybı

Çözüm:

Merkez ofis ile fabrika binası arasında on-line sistemi kurularak; müşteri siparişlerinin direkt merkezden girilmesi sağlanmış ve bu şekilde veri tekrarı ve buna bağlı olarak zaman kaybı önlenmiştir.

d) Bilgi Sistemindeki Sorunlar:

- Stok bilgilerinin güvenilir olmaması ve mevcut stok bilgilerine istinaden yapılan Üretim Planlamada yaşanan sorunlar,
- Kontrol mekanizmasında sistem eksikliğine paralel olarak yanlış sipariş geçilmesi,
- Malzeme tanımlarının yetersiz oluşu,
- Mevcut kodlama sisteminin kullanışlı olmaması ve ürün kodlarında ortak çalışma yapılamaması,
- Malzeme ambarı ve stoklama (asgari stok vs.) politikasının belirsiz oluşu,
- Fire alanının kontrol altına alınamaması,
- Alternatif bulunamadığından satın alma esnasında kalite değerlendirmelerinin tam olarak kullanılmaması.

Çözüm:

Link programı ile takip edilen stok kayıtları, link programının PC' ye aktarılmasıyla PC'den takip edilmeye başlanmış ve böylece kayıt giriş-çıkış işlemlerinde hız kazanılmıştır.

Malzeme tanımları gözden geçirilerek, yeni tanımlar oluşturulmuştur.

Ürün sınıflarına göre yeni kodlama mantığı oluşturulmuştur. (Örneğin; 0001 hammadde, 4000 Yardımcı malzemeler için gibi).

Üst yönetim ve üretim planlama tarafından asgari stok politikası belirlenmiştir.

Fire alanı genişletilerek, kontrol sistemi oluşturulmuştur. (Her bölümün fire alanı ayrılarak, tanımlanmış ve fireler tartılıp etiketleme işlemi yapıldıktan sonra depoya teslim edilmeye başlanmıştır.

Satın alma departmanına eleman takviyesi yapılarak, piyasa araştırması işlemi güncel hale getirilmiştir. Ayrıca satın almaya bağlı olan kasa merkez ofise devredilerek iş yoğunluğu azaltılmış ve firmalar ile kalite değerlendirmesi yapılmaya başlanmıştır.

Digital firması, problem analiz sonrasında MFG/PRO modüllerini saptanmıştır.

Digital firması önderliğinde MFG/PRO modül olanakları göz önüne alınarak yeni yapıdaki prosedürler belirlenmiştir.

5.4.1 Yazılım uygulamaya konulması

Yapılan tüm bu çalışmalar sonrasında yazılımın uygulanmasına geçilmiştir. Bu geçiş sırasında eski sistemin aniden terk edilerek, yeni sisteme tümüyle geçişin (soğuk duş) firmaya uygun olmadığı ve bu durumda paralel veya pilot yaklaşımdan birinin tercih edilerek uygulamaya konulmasına karar verilmiştir.

Paralel yaklaşımda eski ve yeni sistemin bir arada yürütülmesinde;

- Mevcut bilgisayar sisteminin yetersiz oluşu ve ilave alımların gerekliliği,
- Her iki sistemin bir arada yürütülebilmesi için yeterli sayıda tecrübeli elemanın olmayışı,
- Ek iş yükünün gerekliliği,

Pilot yaklaşımın tercih edilmesinde etkili olmuştur. Bu yaklaşımla, ihtiyaç duyulan ilk modülün ele alınarak yeni sistemin bu modülle uygulanması ve yapılan çalışmalar doğrultusunda karşılaşılan sorunların diğer modüllerde önceden giderilerek, sistemin verimli şekilde ilerlemesi kararlaştırılmıştır.

Bu karar sonrası ilk aşamada stok sistemi ele alınarak; stok kayıtlarının güncel ve güvenilir hale getirilmesi ve yeni kodlama mantığının yerleşmesi sağlanmıştır.

Ayrıca stok kayıtlarının doğruluğu için barkod sistemine geçişin ihtiyaçtan ziyade bir şart olduğu gözlenmiş ve çalışmalara başlanmıştır.

Bu esnada stok alanı genişletilerek, geniş bir depo alanı faaliyete geçirilmiştir.

Yeni inşa edilen idari binada bilgi-işlem ünitesi kurularak, geniş bir bilgi ağına geçiş yapılmıştır. Windows 95 veri tabanı ile faaliyet gösteren toplam 10 PC (Pentium 200) sisteme dahil edilmiştir.

Bu faaliyetler doğrultusunda, stok kalemleri sayısındaki fazlalık, ürün çeşitliliği ve evrak akışındaki yoğunluk göz önünde bulundurularak, sistemin tek bir bölüm üzerinde faaliyete geçirilmesi uygun görülmüştür.

Prosesinden elde edilen çıktı, diğer bölümlerde girdi olarak kullanıldığından bu bölümün 'Ekstruder Bölümü' olmasına karar verilmiştir.

Ürün ağacı tanımları, stok kalemi bilgileri, iş akışı tanımları, planlama parametreleri, maliyetler, satın alma verileri yalnızca bu bölüm için yapılarak, malzeme talebi, ürün teslim belgeleri ve stok giriş çıkış verileri sisteme girilmeye başlanmıştır. (Tüm bu çalışmalar sırasında gerekli eğitim ve destek Digital firmasından sağlanmıştır).

Pilot çalışma bünyesinde Ekstruder bölümünde uygulamaya konulan ÜKP sisteminin işleyişi şu şekilde olmuştur:

Firmanın pazarlama ve satış bölümünden gelen talepler ve üst yönetimin hedefleri doğrultusunda, Üretim Planlama tarafından, üretim çeşidine göre belli bir dönemi kapsayacak şekilde Ana Üretim Planı oluşturulur.

Talepler doğrultusunda hesaplama ve güncelleme işlemi yapılarak, Kapasite İhtiyaç Planı'na göre MİP çalıştırılır. MİP ile; tüm mamul ve bileşen malzemelere ait brüt ihtiyaçlar, mevcut miktar ve programlanmış alım bilgilerine göre, net ihtiyaçlar hesaplanır. Hesaplama sonrası, dışarıdan alınacak malzemeler için satın almaya, üretilecek mamuller için ise, üretime iş emri yayınlanır.

Pilot çalışma sonrasında sonuçlar incelenerek sistemde bazı eksiklikler olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca geçiş sürecinde oluşan ve sisteme aktarılması gereken değişikliklerin olduğu (üretim sisteminde, iş akışlarında, ürün yapılarında vs.) belirlenmiştir. Bu sebeplerle sistemin yeniden gözden geçirilerek eksikliklerin giderilmesi ve ÜKP'nin aktif kullanımına bir an evvel geçilebilmesi için çalışmalara başlanmıştır.

1996 Haziranında başlayan ÜKP' ye geçiş çalışmaları henüz tamamlanamamış fakat yukarıda belirtilen çalışmalar sürdürülmektedir. Bununla birlikte stok yönetimi ile ilgili veri tabanı, bilgi girişleri sürdürülerek kullanılmaktadır.

5.4.2. Yazılımın tanıtımı

MFG/PRO, işletmelerdeki üretim dağıtım ve finans yönetimi fonksiyonlarının gerektirdiği bilgi akışının organizasyonu için entegre bir Endüstriyel Yönetim Sistemi çözümüdür.

MFG/PRO modüller bir yapıya sahiptir. Esnek yapısı ile proses, stoğa üretim, siparişe üretim ve seri üretim ortamlarında kullanılır. Modüller niteliği sayesinde aşamalı bir uygulama planı ile kullanıma geçilebilir.

MFG/PRO Kaliforniya merkezli qad. İnc firmasının tek ürünüdür. Bir dördüncü kuşak dil olan PROGRESS ile APICS (Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Derneği standartlarında geliştirilmiştir.

MFG/PRO çözümü için eğitim, destek ve uygulama danışmanlığı hizmetleri DIGITAL'ın uzman kadroları tarafından verilmektedir.

MFG/PRO, Arz-talep zinciri yönetimi için sağladığı yöntemlerle, fabrikalar, satış merkezleri ve depolar için dağıtım ve üretim yönetimi, merkezi veya dağıtık olarak yapılabilir.

- **Arz-talep zinciri yönetimi,** satıcılardan müşterilere kadar ürünlerin ve bilgilerin akışının yönetimidir. MFG/PRO tek bir fabrika veya dağıtım merkezindeki bilgi gereksinimlerini işlediği gibi, bütün bir arz-talep zincirinin gereksinimlerine yönelik olarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Arz-talep zinciri yönetiminin özellikleri:
- **Dağıtım Gereksinim Planlama:** Kaynak ağı modeli ve nakliye programına dayanarak, işyerleri arasındaki arz ve talep planlamasını yapar.
- **Merkezi Sipariş Yönetimi:** Merkezde girilen satış siparişlerinin yarattığı gereksinimlerin, anında üretim ya da satın alma yapılan iş yerine üretim veya sevkiyat talebi olarak aktarılmasını sağlar.
- **Dağıtık satın alma:** Bir malın dağıtık veya merkezi olarak satın alınabilmesini sağlar. Büyük miktarlarda yapılacak alımlar, diğer işyerlerinin gereksinimleri bir araya toplanıp, tespit edilen bir işyerinden yapılabilir.

- **Sevkiyat Yönetimi:** Müşteriler ve Satıcılarla iletişim kurarak talebin miktar ve termin tarihi bazında iletilmesini sağlar.
- **Elektronik Veri Transferi:** Arz, talep ve ödeme bilgilerinin elektronik olarak iletilmesini sağlar.
- **Uluslar arası Fonksiyonlar:** Arz-talep zincirleri çoğunlukla uluslar arası yapıdadırlar. Bu nedenle MFG/PRO, birden fazla para birimi ve lisan ile çalışır; uluslar arası ve yerel uygulamaları destekler.

Sistemdeki akışları sağlayan modüller ve içerdikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

1. Temel Modül:Yazılımın tüm modülleri Temel Modül üzerine kurulmuştur. Temel modülde kapsanan özellikler şöyledir:

- **Stok Kalemleri /İşyerleri:** Bu modül bütün MFG/PRO modüllerinin temelini oluşturur. Şirketlere ve ürünlere ait ilk tanımlamalar ve kalıcı bilgiler bu bölümde belirtilir.
- **Adresler/Vergiler:** Müşterilerin, satıcıların, satış elemanlarının, çalışanların ve şirket adreslerinin sistem içinde tanımlandığı ve ilişkilendirildiği modüldür.
- **Notlar:** Kullanıcı, sistem içerisinde kayıt veya işlem bazında notlar girebilir. Her not içinde istenildiğinde 99 sayfaya kadar yer vardır.
- **Vergiler:** Vergi oranlarını ve vergi muafiyet kodlarının tanımlandığı yerdir. Müşterilerin, satıcıların, ürün sınıflarının ve stok kalemlerinin vergiye tabi olup olmadıkları ayrıca belirir.
- **Sistem Yönetimi:** Sistem ön tanımlamalarının yapıldığı, işletim sistemi komutlarının çalıştırıldığı, yazıcıların ve kullanıcı güvenlik seviyelerinin tanımlandığı, kullanıcı arayüzünün (menüler, fonksiyon tuşları, lisan, yardım dosyası, prosedürler ve genelleştirilmiş kodlar) değiştirildiği, ana kayıt notlarının ve muhasebeleştirilmemiş kayıtların raporlandığı, toplu iş taleplerinin yönetildiği BBÜ arayüz fonksiyonlarına ulaşılan, veri dosyalarının

boşaltılıp yüklendiği, arşivlenmiş dosyaların tekrar yüklendiği ve tüm değişken değerlerin raporlandığı modüldür.

- **Bilgisayarla Bütünleşik Üretim (BBÜ) Ara yüzü:** BBÜ ara yüz fonksiyonları, başka bir sistemden MF/PRO' ya veri aktarımı sağlar. Ara yüz sayesinde var olan yazılımlar ve barkod sistemleri gibi veri toplama cihazları ile iletişim kurulur.

2. Dağıtım Modülleri:

- **Stok Yönetimi:** Stok yönetimi fonksiyonları ile malzemenin kontrolü ve stok hareket detaylarının yönetilmesi sağlanır. Birden fazla iş ve stok yeri takibi yapılır.
- **Stok Sayımı:** Fiziksel stok sayımına destek olan yazılımları içerir.
- **satın alma :** Malzeme alım işleminde ilk talepten malın stoğa girişine kadar olan adımları tüm detayları ile yönetir.
- **Satıcı Planlama:** Satıcı Planlama fonksiyonu ile planlanabilir nitelikteki uzun vadeli alımlar, miktar ve tarih bazında yönetilir. Bu modül Tam Zamanında Üretim TZÜ yönetimini destekler.
- **Satış Teklifleri:** Satış Teklifleri modülü, kullanıcının müşteri ürün tekliflerini tanımlayıp analiz etmesini sağlar.
- **Sipariş/Faturalama:** Müşteri satış siparişi tanımı, fatura ve sevkiyat işlemleri için gerekli olan fonksiyonları tüm detayları ile sağlar.
- **Müşteri Planlama:** Planlanabilir nitelikteki uzun vadeli satışlar, miktar ve tarih bazında yönetilir. Bu modül Tam Zamanında Üretim TZÜ yönetimi destekler.
- **Ürün Kofigirasyonu:** Bir sipariş özelinde çeşitli özellik ve seçeneklerden oluşturulan özel ürünlerin tanımını ve üretim içinde takibini sağlar.

- **Satış Analizi:** Satış sonrasında geriye dönük analizlerle performans ölçümü yapılır. Satış elemanlarının performanslarını gözlemlemeyi, satışların ürün bazında raporlanmasını ve ürünlerin satış, marj ve miktar bazında sıralanmasını sağlar.

3. Planlama Modülleri:

- **Ürün Sınıfı Planlama:** Ürün Sınıfı Planlama, pazarlama, finans ve üretim gereklerini dengelemek amacıyla, üretim düzeyinin tutar cinsinden ve ürün sınıfı bazında planladığı modüldür.
- **Kaynak Planlama:** Kaynak Planlama fonksiyonu ile anahtar kaynaklar üzerindeki yük, ana üretim planına göre belirlenir. Böylelikle miktar veya tutar cinsinden kaynaklar takip edilir.
- **Tahminleme:** Tahminleme, ürünlerin ileriye yönelik bağımsız talep girdisini oluşturmak için kullanılır.
- **Ana Üretim Planlama:** Ana üretim planı, ürün miktarları ve termin tarihleri cinsinden üretim yükünün tanımlandığı yerdir. Ana üretim planı, malzeme gereksinim planlanmasına temel oluşturur.
- **Malzeme Gereksinim Planlaması:** MİP , ana üretim planı tarafından oluşturulan bileşen gereksinimlerinin arz tarafından dengelenmesini sağlar. Malzeme gereksinimlerinin planlamasının sonucunda, detaylı üretim planı ve detaylı malzeme satın alma planı oluşur.
- **Kapasite Gereksinim Planması:** Detaylı üretim planının mevcut kapasite ile karşılaştırılmasının ve kapasite kullanımının takibini sağlar. Kapasite, işgücü ve makinelerden oluşan iş merkezleri birimlerinde takip edilir. Kapasite kullanımı etkinliği raporlanır.

4. Üretim Modülleri:

- **Ürün Yapıları:** Bir ürünün üretiminde kullanılan bileşenlerin ve bu bileşenler arasında var olan ilişkilerin tanımlandığı modüldür.

- **İş Akışı / İş Merkezi:** Her ürünün üretim sürecinde kullanacağı iş merkezlerinin, iş akışlarının ve operasyonlarının tanımlanmasında kullanılır.
- **Formül / Proses:** Bir ürünün formülasyonunda hangi bileşenlerin ve proseslerin kullanıldığını tanımlamaya yarar. Bu fonksiyon il şarj bazında üretim takip edilir.
- **İş Emirleri:** Üretim planlarının Uygulanması aşamasında, stok, maliyet ve diğer boyutları ile üretimin yönetilmesinde kullanılır.
- **Seri Üretim:** Yüksek miktarlarda üretim yapılan proses tipi üretim ortamlarında, ürünlerin işçilik ve malzeme planlama ve raporlanmasında kullanılır. Hat planlamasında sonlu kapasite ile çalışılır.
- **Kalite Yönetimi:** Stok kalemlerinin kalite spesifikasyonlarının tanımlanması ve üretim içinde ve dışında kalitenin gözlenmesinde kullanılır. Kalite yönetimi, üretimle bütünleşik olarak kalite takibini sağlar.

5. Finansal Modüller:

- **Genel Muhasebe:** Tüm finansal hareketlerin kaydedilmesi, finansal rapor ve sorgulamalar için kullanılır.
- **Döviz Takibi:** Döviz değişim oranlarının bakımı ve dövizle dayalı hareketlerin hesaplarının kontrolü amacıyla kullanılır.
- **Alacak Hesapları:** Müşteri bakiyelerinin takibi, müşteri ödemelerinin kontrolü ve kaydı için kullanılır.
- **Borç Hesapları:** Borç hesapları satıcı faturalar ve ödemelerin takibinde kullanılır.
- **Maliyet Yönetimi:** Ürünlerin değişik maliyet benzetimlerinin yapılmasında, maliyet analizleri ve tahminlerinde kullanılır. İşyeri bazında maliyetler takip edilir.
- **Nakit Yönetimi:** Nakit gereksinimlerinin planlanmasında ve nakit hareketlerinin kaydedilmesinde kullanılır.

- **Çek / Senet Yönetimi:** Türkiye koşullarına özgü çek ve nakit hareketlerinin kaydı, kontrolü amacıyla, diğer modüllerle entegre olarak kullanılır.

6. Servis / Destek Yönetimi:

Servis Destek, sevkiyat sonrası bakım ve garanti yükümlülüğü olan ürünlere verilen hizmetlerin yönetimi için geliştirilmiştir.

- **Müşteri Tabanı:** Müşteri tabanının detaylı bilgileri etkin bir müşteri hizmetinin temelini sağlar. Herhangi bir ürün-parça seri numarası, o anki sahibi, yeri ve garantileri ile tanımlanıp izlenir.
- **Hizmet Sözleşmeleri:** Telefon desteği, müşteri ortamında tamir ve bakım gibi hizmetlerin maliyetlendirilmesi ve yönetilmesi için kullanılır. Kontrat yönetimi, satış yönetimi ile benzerlik gösterir.
- **Hizmet Faturalama:** Faturalama koşulları belirlenir, kontrat çerçevesinde otomatik olarak hesaplanır ve faturalama modülüne aktarılır.
- **Servis Talep İzleme:** Servis talepleri öncelikleri belirlenir ve yönetilir. Tamamlanan hizmetlerle ilgili malzeme ve hizmet bedelleri faturalanır.
- **Geri Dönüşler ve Onarımlar:** Müşteriden iade edilen malzeme yerine ikame malları gönderilir ve hatalı parça satıcıya iade edilir veya tamir edilir.

5.5 Türk Sanayiinde MİP Sisteminin Uygulanmasında Karşılaşılan Zorluklar

Bilindiği gibi, malzeme ihtiyaç planlama sisteminin tasarımında temel aşama, ürün ağaçları, firma ve envanter durumu bilgilerinin sistematik bir şekilde düzenlenmesi ve zaman içerisinde güncelleşmesine dönük bir yapının oluşturulmasıdır.

Bu aşamada malzeme ihtiyaç planlama yaklaşımının ne tip üretim süreçlerinde daha başarılı sonuçlar verdiğini, diğer bir deyişle hangi sistemler için önerildiğini belirlemek yararlı olacaktır. Malzeme ihtiyaç planlama yaklaşımı aşağıda belirtilen üretim ortamları için uygundur:

- Son ürün karmaşık bir yapıya sahip ve birçok parçadan oluşuyorsa,
- Ürüne olan talep dönem başında biliniyorsa,
- Son ürünün maliyeti yüksekse,
- Parçaların talebi son ürünün talebine bağımlıysa,
- Temin süreleri uzunsa.

İşletmede, malzeme ihtiyaç planlama uygulamasına karar verilmeden önce, bu kriterlerin gözden geçirilmesi kesinlikle şarttır. Bilindiği gibi malzeme ihtiyaç planlama sisteminin de belirli bir maliyeti vardır ve de uygun olmayan koşullarda uygulanan bir yaklaşımın yaradan çok zararı olacaktır.

Bu nedenle, yukarıda belirtilen kriterler doğrultusunda ayrıntılı bir değerlendirme yapılması ve sistemin işletme için uygun olup olmadığının belirlenmesi şarttır.

Böyle bir değerlendirmeden sonra uygulamaya karar verildiğinde, bu aşamada da bazı temel sorunlarla karşılaşılacağı bilinmektedir.

Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin tasarımında kuruluşun temel bölümleri, araştırma – geliştirme, satın alma, muhasebe, üretim planlama ve genel müdürlük devreye girecektir. Tasarım aşamasında bu birimler arasında koordinasyon gerekecek ve zorluklar genellikle bu ilişkiler arasında ortaya çıkacaktır. ana sorun, soyut bir yapının, işlemekte olan fiziksel bir bütünlüğe uyarlanmasıdır.

Uygulamada karşılaşılan sorunların kaynakları aşağıda sıralanmıştır.

1. Veri tabanı ve veri toplamaya verilen önem:

Ürün Ağaçları:

- Bugün birçok işletmede, ürün ağaçları, lisans anlaşmalarıyla alınmamış, dolayısıyla ürün ağaçları hazırlanmamıştır.

- Ürünün tasarımında sık sık değişiklikler yapılmaktadır.
- Proje bölümleri, ürün yapısı ile ilgili bilgileri vermede çekingen davranmaktadırlar.
- Parça, malzeme, alt montaj vb. birimleri tam olarak tanımlayabilen, bir kodlama sistemi genellikle geliştirilmemiştir.
- Ürün ağaçları bir kere hazırlandıktan sonra, yapılan değişimler zamanında ağaca işlenmemekte, dolayısıyla bir süre sonra doğru olmayan ürün yapıları ortaya çıkmaktadır.

Ana Üretim Planı:

- Birçok işletmede, yeterli ayrıntıyı içeren ana üretim planı hazırlanmamaktadır.
- Bazı durumlarda, temin süreleri, planlama döneminden daha uzun olmaktadır.

Envanter Sistemi:

- Envanter durumu verileri genellikle eksik veya hiç yoktur.
- Envanter birimleri sınıflandırılmamıştır.

Firmalar:

- Diğer kuruluşlardan satın alınan parçaların temin sürelerinde büyük değişiklikler söz konusu olmaktadır.
- Yan sanayi kuruluşlarından gelen fiyat, sevkiyat politikaları, indirim miktarları ile ilgili bilgiler zamanında değerlendirilememektedir.

Maliyetler:

- Muhasebe sisteminde yetersizlikler söz konusu olmaktadır.
- Genellikle işletme düzeyinde maliyet muhasebesi sistemi etkin bir şekilde çalışmamakta, dolayısıyla ısmarlama ve envanterde taşıma maliyetleri doğrulukla hesaplanamamaktadır.

2. Kuruluştaki planlama tecrübesinin düzeyi:

Kuruluşta planlama tecrübesinin azlığı, çalışmalara katılımı kısıtlayacağından, sistemin kurulması ve verilen toplanması zorlaşacaktır. Çalışmalara gerektiği kadar katılamama, değişik mühendislik disiplinlerinin çakışan çıkarlarından ve / veya malzeme ihtiyaç planlama sisteminin

yararlarının yeterince kavranılmamasından doğabilir. Değişikliğe karşı direnme, ürerinde durulması gereken bir diğer konudur.

3. Teknik problemler:

Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin uygulanmasındaki zorluklardan bir kısmı da teknik problemlere dayanır. Bunlar genellikle, bilgisayar kullanımı, dosyalama sistemleri, üretim bilişim ve güncelleme sistemlerinin varlığı, bellek kısıtları ve benzeri sorunlardır.

Aslında yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, malzeme ihtiyaç planlama sisteminin tasarım aşamaları oldukça basit ve kolaydır. Asıl zor olan ve çalışma gerektiren, bu soyut sistemin kuruluşa mal edilmesidir. Bu safha, tasarım aşamasından daha zor ve uzun olabilir.

Uygulamada karşılaşılan zorlukların incelendiği bu bölümde sonuç olarak, bugüne kadar ülkemizde yapılan uygulama çalışmalarında gözlenen ana sorunlar ve buna bağlı olarak alınması gerekli önlemler özetlenmiştir:

- Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin tasarımında tüm ayrıntılar dikkatle ele alınmış olsa da, uygulama aşamasında gerekli önlemler (örgütsel destek, personelin eğitimi vb.) alınmazsa başarı sağlanamaz.
- Malzeme ihtiyaç planlama sistemi bağımlı talep kavramı üzerine geliştirilmiştir ve sistem, bağımlı talebi olan malzemelerin envanter hareketlerini düzenler. Bilindiği gibi, hesaplama ihtiyacı açısından karmaşık bir yapıya sahip değildir. Ancak bağımlı talep elemanlarının ve baba-oğul ilişkilerinin kesin ve doğru bir şekilde belirlenmesi şarttır.
- Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin çok çeşitli bölümleri etkilemesi ve bu bölümlerin veri desteğine ihtiyacı, bölümler arası ilişkileri arttırır ve uygulamadaki zorlukların temelinde de bu sıkı ilişkilerden doğabilecek birimlerin çıkar çatışmaları yatar.
- Bu nedenle sistem tasarımı aşamasında tüm birimlerin bir araya gelerek amaç ve isteklerini kesin bir şekilde belirlemeleri ve uzlaşmaya varmaları gerekmektedir.
- Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin ilk kuruluş aşamasından sonra kullanılan verilerin sürekli güncellenerek sistemin canlı tutulması şarttır. Ayrıca sistemin amacına ulaşması için sistemin ürettiği sipariş emirlerinin takip edilmesi şarttır.

- Belirli zaman aralıklarıyla malzeme ihtiyaç planlama sistemini kullanma sonucu yapılan tasarruflar belirli bir dönem için rapor edilmeli ve böylece sistemin yaşaması için gereken destek sağlanmalıdır. (Acar, 1997).

5.6 Optimum Üretim Tekniği Sisteminin Türk Sanayiinde Uygulanması

Scheduling Technology Group Ltd. in tescilli bir markası olan (Optimized production Technology OPT) (Browne vd., 1988), Optimum Üretim Tekniği (OÜT) yüksek seviyeli programlama gerektiren yeni bir tekniktir. Bu tekniğin program bilgileri birkaç şirketin elinde saklıdır. Bu bilgilerde kullanıcılar ile paylaşılmamakta ve bu yüzden bu teknik pek yaygın olarak kullanılmamaktadır. OÜT uygulayan işletmelerin elde ettikleri neticelerden elde edilen sonuçlar da literatürde azdır.

TZÜ, MİP, ÜKP gibi dünya sanayiinde yaygın olarak kullanılan sistemlerin Türk sanayiinde yeni yeni kullanılmaya başlandığı ve yaygın olarak da kullanılmadığı bilinen bir ortamda OÜT gibi dünya sanayiinde bile sınırlı kullanımı olan bir tekniğin Türk sanayiinde kullanıldığına ilişkin her hangi bir kayıt bulunamamıştır.

6. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİNDE BENZETİM ÇALIŞMALARI

Japon endüstrisi ve üretiminin başarısında çeşitli faktörlerin etkisi vardır. Bunlar devlet desteği ve yardımı, Japon yönetim şekli ve Japon toplumunun kültürel ve sosyal yapısı. Son zamanlarda Japon üretim yönetimi teknikleri dikkatleri üzerine çekmektedir. Özellikle de kanbanlı TZÜ sisteminin tasarım ve uygulaması. TZÜ sisteminin tasarım ve ilişkili uygulama konuları üzerine yapılan çalışmalarda çeşitli inceleme yöntemleri kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar TZÜ sistemini modellemek için analitik yaklaşım, bazıları davranış biçimlerini incelemek için deneysel yaklaşım ve bazıları da problemlerin tasarım ve modelini kurmak için bilgisayar benzetimi kullanmıştır (Chu ve Shih, 1992).

Özellikle TZÜ uygulamasının başarısını etkileyen iç ve dış etkileri belirlemek ve incelemek, her bir iş istasyonundaki kanban sayılarını belirlemek, talep ve işlem zamanı değişimlerinin etkisini araştırmak için benzetim çok önemli bir araçtır. TZÜ metodlarında bir değişiklik yapmak ve uygulamaya başlama kararı genellikle bir benzetim çalışmasının sonuçlarına dayandırılır (Mejabi ve Wasserman, 1992b).

6.1 TZÜ Sisteminde Benzetimin Amacı ve Benzetim Modelleri

Benzetim, TZÜ sisteminin incelenmesinde iki temel amaç için kullanılmıştır. Birincisi, Malzeme İhtiyaç Planlaması, ekonomik sipariş noktası sistemleri ve itme tipi sistemler gibi üretim sistemleri ile TZÜ sisteminin başarısını karşılaştırmak için, ikinci amaç ise TZÜ sisteminin uygulamasının başarısını engelleyecek etkenleri belirlemektir. TZÜ benzetim incelemeleri teknik konulardan çok, daha genel konularla ilgilenir; yani, TZÜ sistemini başarıya götürecek etkileri belirlemeye ve diğer üretim sistemleri ile TZÜ sisteminin etkinliğini karşılaştırmaya çalışır. Kullanılması düşünülen bir modelin kuruluş biçimi, benzetim sonuçlarının etkinliğini ve kesinliğini etkileyebilir. TZÜ benzetimlerinde kullanılan model yapıları iki temel grupta sınıflandırılabilir. Bunlar çok hatlı/çok aşamalı ve tek hatlı/çok aşamalı modellerdir. Çizelge 6.1'de benzetim modellerinin bir özeti verilmiştir.

Bir benzetim modelinin kabulleri, benzetim sonuçlarının gerçekçiliği ve sonuçların yorumlanmasını etkiler. Chu ve Shih (1992) yaptıkları araştırmada, çoğu çalışmanın hiç ıskarta veya hata oluşmayacak bir mükemmel üretim sistemini kabul ettiğini, bazı çalışmaların

Çizelge 6.1 Kullanılan benzetim modellerinin özeti

Model Kuruluşu	Tek Kanban	Çift Kanban
Çok hatlı,	X	X
Çok aşamalı	X	X
Tek hatlı,	X	X
Çok aşamalı	X	X

tezgahların hiçbir zaman arızalanmayacağını ve sabit günlük üretimin elde edilebileceğini kabul ettiğini görmüştür. Bu kabuller TZÜ sisteminin özelliklerini yansıtmaktadır.

6.2 Benzetim Modellerinde Kullanılan Dağılım ve Rastsal Değişkenler

Güvenilir bir benzetim çalışması için verilerin kalitesi ve rastsallığı önemlidir. Benzetimin doğruluğundan emin olmak için, çoğu araştırma kullanılan sürelerle uygun dağılımlardan veri üretir. Çizelge 6.2’de çalışmalarda kullanılan süreler ve bunların kullandığı uygun dağılımlar özetlenmiştir.

Kurulan bir benzetim modelinde temel amaç, düşünülen bir modeli gerçek bir bilgisayar programına dönüştürmektir.

6.3 Benzetim Programın Tasarlanması

Herhangi bir benzetim çalışmasında, diğer ana birleşen programın dizaynı ve organizasyonudur. Bu aşamaya dahil olan çalışmalar, deneysel faktörlerin seçimi ve performans ölçüleri, sabit durum şartının belirlenmesi, benzetim koşumunun uzunluğu ve koşumların sayısını belirlemektir.

Çizelge 6.2 Kullanılan rastsal değişkenlerin özeti

İşlem Değişkenleri		
İşlem (servis) süresi	Temin süresi	Tezgah arızalanmaları
Üstel dağılım	Normal dağılım	Normal dağılım
Normal dağılım	Varış süresi	
Sabit dağılım	Sabit dağılım	
Rastsal dağılım	Tamir bakım süreleri	
Hazırlık süresi	Üstel dağılım	
Düzensiz dağılım		

Bir üretim sisteminin temel taşlarından olan ve her hangi bir analitik modelin geliştirilmesinde sorun çıkaran ve üretim sistemlerini etkileyen bir çok sayıda faktör vardır. Bu faktörler çizelge 6.3' de özetlenmiştir.

Çizelge 6.3 Üretim sistemlerini etkileyen faktörler.

Üretim sistemleri • Üretim yöntemlerine göre • Ürün cinslerine göre • Üretim veya akışına göre İşletme yerinin seçimi • Yer seçiminde değerlendirme yöntemleri Atölye düzenleme • Yerleşim düzeni Malzeme nakli • Malzeme nakil prensipleri • Malzeme nakil maliyeti Mamul dizaynı • Mamul dizaynını etkileyen faktörler • Basitleştirme • Standartlaştırma • Dizayn değişiklikleri Talep tahminleri • Talep tahmin prensipleri ve araştırma yöntemleri Stok kontrolü • Stokların sınıflandırılması • Depolama • Stok kontrolünü etkileyen maliyet unsurları • Stok kontrol modelleri • Stok değişim oranı Her süreçte işlem zamanının kısaltılması • Küçük katile üretimi • Tek birimlik üretim ve iletim • Çok fonksiyonlu iş gücü • Tezgah yerleşim planlaması Diğerleri • Kanban çeşidi • Ürün değişim oranı • Fazla mesai • Kanban sayılarındaki azalmanın değişimi • Artış ve azalış • Sabitleştirilmiş (1 ve 2) • Tüm kanban kartlarının sayısı • Öğrenmenin etkisi	Kapasite planlaması • Talep, stoklar ve üretim hızı ile kapasite ilişkisi • Kapasite dengesi • İş gücü kapasitesi • Dolaylı işgücü ihtiyacı Üretim planlama ve kontrol • Rota tespiti • Sıralama yöntemi • Yükleme • Üretim programları • Kritik yol diyagramı • İş dağıtımı ve takibi Kalite kontrolü • Güvenilirlik • Muayene • Toleranslar • Toplam kalite kontrolü • Kontrol diyagramları • Frekans diyagramları • Örnek alma teknikleri İş analizi • Metot geliştirme • Hareket ekonomisi prensipleri • İş ölçüm ve teknikleri • Ölçülecek iş seçimi • Bilgi toplama yöntemi • Gözlem ve ölçme teknikleri • Gözlem sayısı hesaplama • Tempo taktiri • Toleransların hesaplanması • Standart zaman hesaplanması Süreçler arası iletim zamanı • Hızlı taşıma araçları Süreçler arası bekleme zamanı • Hat dengeleme • Parti boyutu • İşlerin standadizasyonu Tamir Bakım (TB) ve planlama • TB politikaları • TB prosedürü • Koruyucu bakım ve tamir alternatifleri
--	---

Parti büyüklüğü , işçi esnekliği, arızalanmalar, hat dengeleme, hazırlık zamanı, işlem zamanı, darboğaz, talep oranı, tampon stok büyüklüğü , kanban sayısı ve üretim oranı diğerlerinden daha fazla dikkat ister. Bu faktörlerin çoğu üretim süreci veya ortamı ile ilgilidir. Çoğu çalışma TZÜ uygulaması üzerindeki işlem çeşitliliğinin etkisiyle birinci derecede ilgilenir.

6.4 Performans Ölçüleri, Koşum Sayısı, Koşum Uzunluğu ve Sabit Durum Şartı

Çizelge 6.4'te performans ölçüleri özetlenmiştir. Benzetimin amacı her bir olay için ortalama sonuçlara varmaktır.

Çizelge 6.4 TZÜ sisteminde performans ölçüm değerleri

Performans Sınıfı	Ölçümler
Ham madde	- Tedarikçilerin sayısı - Ham madde stokları - Ham madde miktarında azalma - Ham maddenin istenildiğinde elde edilebilirliği - Malzeme maliyeti - Ham madde kalitesi - Ham madde temin süresi - Satıcı kalitesi - Satıcı teslimatı
Tezgahlar	- Tezgah arızalanmaları - Koruyucu bakım - Takım iş bağlama düzenleri
Yardımcı faaliyetler	- Taşıma mesafesi - Boş alan ihtiyacı
İşçilik	- Çalışanların daha iyi hale getirilmesi - Doğrudan ve dolaylı işçilik ihtiyacı - İşçilerin iş konusunda getirdiği öneri sayısı - İşçi motivasyonu ve morali - İşçi üretkenliği - Usta başı sayısı
Çıktı (Bitmiş ürünler)	- Üretim esnasındaki değişimlere karşı esneklik - Temin sürelerinde ve toplam üretim zamanında azalma - Kişi başına ürün sayısı - Kalite (Hurda, kusurlu v.b.) - Ürün standadizasyonu - Tekrar işleme - Plana göre çalışma - Satılan malın maliyeti - Teslimat güvenilirliği - Ürünlerin geliştirilmesi - Bitmiş ürün stokları - Üretim masrafları - Üretilen ürünün teslimat sıklığı - Müşteri servisi

Dönüşüm (Üretim)	• Kalite kontrol maliyetleri • Kusurlar • Sürecin geliştirilmesi • İşgücü maliyeti • Hurda maliyeti • Ara stokların azalması • Ara stokların dönüşüm hızı	• Çevrim etkinliği • Kişi başına düşen farklı ürün üretme esnekliği • Parti boyutunda azalma • Ara stoklara yatırım • Hazırlık zamanları • Bekleme süresi • Kuyruk uzunluğu
------------------	---	---

Bu yüzden, benzetimdeki kritik bir eleman analiz için her bir olaydan elde edilmesi gerekli olan gözlemlerin sayısına karar vermektir. Çizelge 6.5’de benzetim koşumlarının sayısı ve koşumlarının uzunluğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.5 Benzetim programı koşumlarının sayısı ve koşumlarının uzunluğu

Koşumların Sayısı	Her Bir Koşumun Uzunluğu
6	480 dk.
8	1440 dk.
9	4800 dk.
10	10000 dk.
	60 gün (22.5 saat/gün)
	100000 dk.
	3 yıl

Çizelge 6.6’da sabit durum şartları özetlenmiştir. Benzetim çalışmalarında önemli olan sistem sabit bir duruma ulaştıktan sonra veri toplayıp inceleme yapmaktır. Bu ise benzetim çalışmaları için kolay bir iş değildir. Çoğu çalışma bunu göz ardı eder. İncelenen çalışmalar arasında sadece üç tanesi sabit (denge) durumuna ne zaman ulaşıldığını incelemiştir.

Çizelge 6.6 Sabit durum şartı

Sabit duruma ulaşma süresi	Analiz metodu
1440 dk.	Grafik
2 gün	---
8 gün (22.5 saat/gün)	Ön çalışma
6 yıl	Ön çalışma

Scroer vd., sabit duruma (1440 dk.) ulaşmak için dönemlerin sayısını belirlemede Conway’nın grafik analiz metodunu kullanmışlardır. Krajewski vd., ve Lu vd., sabit durumu bulmak için bir başlangıç çalışması yapmışlardır. Lu vd., sekiz günlük bir dönemden sonraki verileri değerlendirirken, Krajewski vd., 6 yıllık bir denge döneminden sonraki verileri değerlendirmenin daha uygun olacağını bulmuştur.

6.5 TZÜ Sisteminde Benzetim Konusunda Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Benzetim çalışmalarındaki en önemli basamaklardan biri, sonuçların yorumlanması ve tamamlanmasıdır. Her bir çalışma farklı kabuller, deneysel faktörler ve performans ölçüleri içeren farklı modeller kullandığı için, sonuçları karşılaştırmak ve doğruluğunu kanıtlamak zordur.

Chu ve Shih (1992), daha önceden yapılmış TZÜ sisteminde benzetim çalışmaları üzerinde yaptıkları incelemeden şu sonuçları elde etmişlerdir:

1. Hazırlık zamanı, parti büyüklüğü ve işleme zamanındaki değişkenlik, talep oranı gibi çeşitli işlem faktörlerinin TZÜ uygulamalarının başarısı için önemli olduğu saptanmıştır. Bu da bir TZÜ sistemi tasarlandığı ve uygulandığı zaman bu faktörlere özel bir önem verilmesi gerektiğini gösterir.
2. Bazı çalışmalar sadece kanbanların (stok seviyeleri) sayısını arttırmanın darboğaz problemlerini çözemeyeceğini ortaya çıkardı. Bir darboğaz, kendisini oluşturan sebepleri azaltmak suretiyle ele alınmalı, darboğaz olan merkezlerde hazırlık ve işleme zamanını içeren üretim zamanını azaltmak için özel bir çaba harcanması gerekmektedir. Darboğazların önlenmesi için iki yaklaşıma başvurulur; bunlardan birincisi, tecrübeli işçilerin iş merkezleri arasında değişimi, ikincisi ise darboğazlarda otomatik tezgahlar kullanmaktır.
3. Bazı incelemeler, işleme zamanındaki bir artışın üretim oranındaki bir düşüşe, azalmanın ise üretim artışına yol açacağını göstermiştir.
4. Bazı çalışmalar, daha yüksek üretim oranının sadece kanban sayılarının en uygun bir değerde olduğu zaman gerçekleşeceğini kanıtladı. Bu yüzden, sadece kanban sayılarını arttırmak, üretim oranında bir artış sağlamayabilir.
5. Çeşitli çalışmalar son montaj aşamasındaki belirli derecedeki bir değişimin tüm sistemin değişimini etkileyebileceğini buldu. Son montaj aşaması tüm çekme sistemini harekete geçiren bir anahtar görevini üstlendiği için, bu aşamadaki değişimi azaltmaya çalışmak gerekir.

6. Bazı çalışmalar, eğer partiler arası varış zamanı eşit ise, bir veya iki kanban sistemi arasında kullanımda büyük bir fark olmadığını ortaya çıkardı.
7. Tezgah arızalanmaları yüzünden işlem zamanı arttığında, tampon stokların kullanılması, çekme tipi üretim sisteminin etkinliğini arttıracaktır. Bununla beraber, tampon stok stratejisi stokları azaltmaya çalışan TZÜ felsefesiyle bağdaşmaz.
8. Çeşitli çalışmalar, üretimin her bir aşamasında hattın dengelenmesi ve düzgünleştirilmesinin başarılı TZÜ uygulaması için gerekli olduğunu gösterdi. Buna ilaveten işlem zamanındaki değişim yüksek ise; dengelenmemiş bir hattaki çıktı oranı, mükemmel dengelenmiş olan hattakinden daha yüksektir.
9. Bir inceleme ise, bir iş merkezindeki işlem zamanındaki yüksek bir değişimin, itme tipi sistemden daha hızlı olan çekme tipi sisteminin üretim oranını daha da düşüreceğini göstermiştir. Bu yüzden, çekme tipi bir sistem her zaman küçük süreç içi stoka sahip olmasına rağmen; özellikle işlem zamanının değişimi yüksek ise, çekme tipi sistem, itme tipi bir sistemden daha az etkilidir.

7. ENDÜSTRİYEL UYGULAMA

7.1. GİRİŞ

Kanbanlı TZÜ sisteminin kesikli, parti üretimi yapan bir firmada uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bu bölümde SIMAN 3.5 benzetim diliyle bir benzetim uygulaması yapılmıştır. Bu amaçla çalışmada traktör üreten bir işletmede MF 240 KF ve MF 240 DF model traktörlerin arka çamurluklarından olan ve 001 950 Köşeli çamurluk olarak adlandırılan parçanın üretim aşamalarını içeren hücre incelenmiştir.

Mevcut üretim hücresi (itme sistemi), kanban esaslı bir çekme sistemi ile çalıştırılması durumunda, sistemin performansının SIMAN 3.5 benzetim dili yardımıyla, temin süresi, çevrim zamanı, çalışma süresi (vardiyalı veya vardiyasız), toplam kuyrukta bekleme süresi, dönem içersinde talebin karşılanıp karşılanmadığı, dönem sonunda karşılanan ve karşılanmayan talep miktarı, dönem sonunda elde kalan stok ve toplam stok maliyeti iki sistemin benzetim sonuçları karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

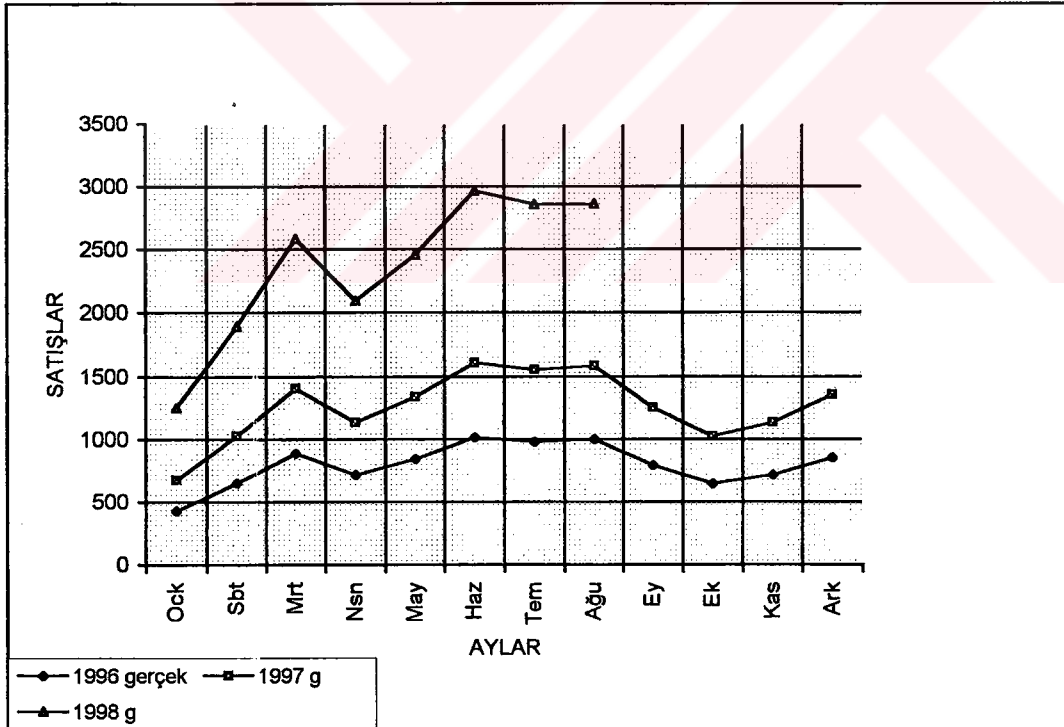
Bu model traktörlerin seçilmesinin sebebi, işletmenin en çok satan modelleri olmasıdır. Sadece bu modellerde kullanılan 001 950 köşeli çamurlukları üretmek için işletmede saç işleri fren atölyesinde 4 numaralı hücre diye adlandırılan bir grup yerleştirme yapılmıştır (Şekil 7.3).

MF 240 KF ve MF 240 DF modelleri piyasada en çok tutulan modellerdir ve işletmenin diğer 12 farklı model traktörü arasında aylık %50'den fazla bir satışa sahiptir. Çizelge 7.1 ve Şekil 7.1'de bu modellere ait son üç yılın aylık talepleri gösterilmektedir. 001 950 numaralı köşeli çamurluğa ait işlem sıraları ve kullanılan tezgahlar Çizelge 7.2'de ve iş akış şeması ise Şekil 7.2'de gösterilmiştir.

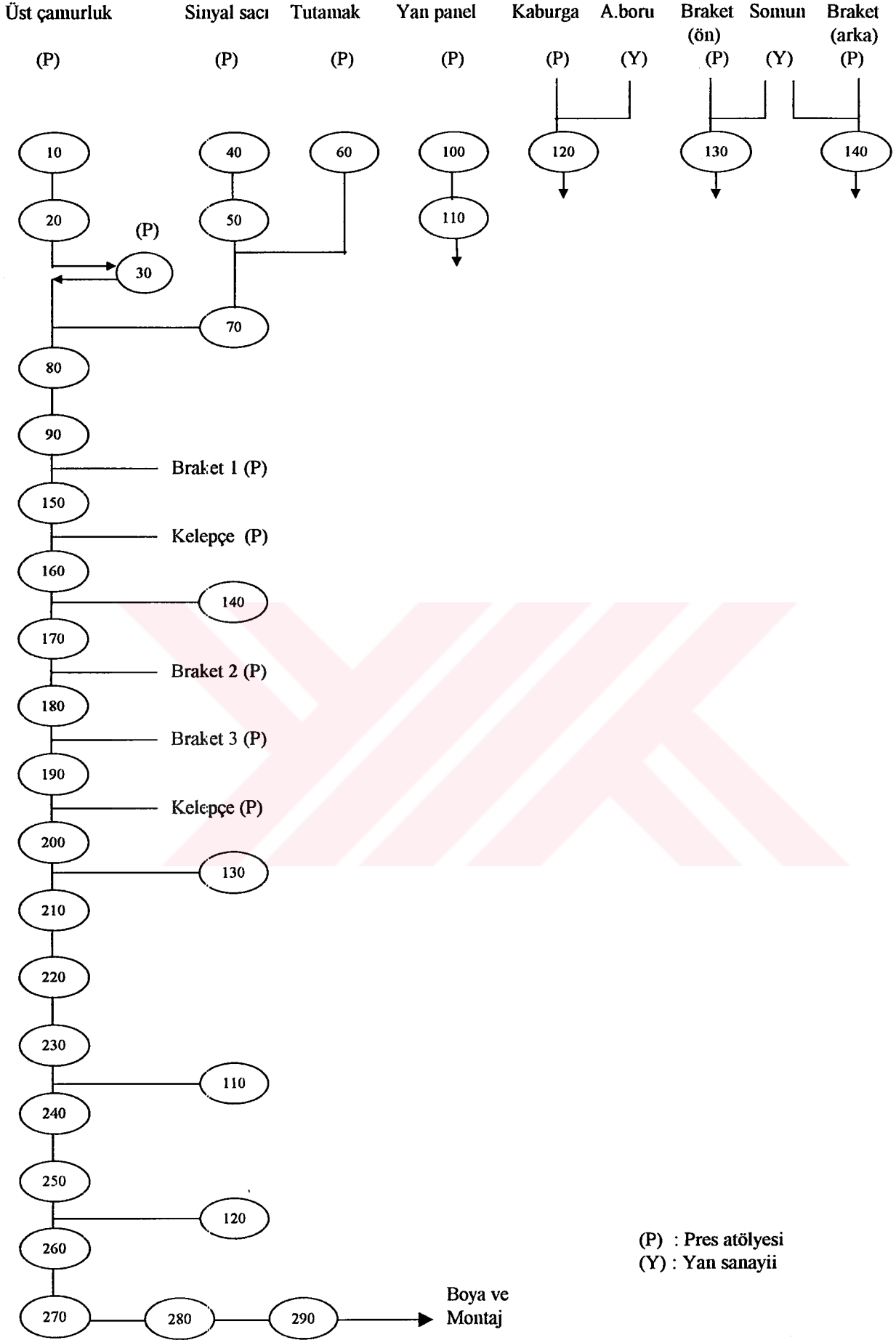
Çizelge 7.1 Son üç yıla ait aylık traktör satışları

1996-1997-1998 YILLARI AYLIK TRAKTÖR SATIŞLARI (adet/ay)						
Aylar	Gün*	1996	Gün	1997	Gün	1998
Ocak	25	428	26	678	24	1253
Şubat	23	649	22	1028	24	1896
Mart	24	887	26	1404	24	2589
Nisan	20	718	20	1137	18	2097
Mayıs	25	843	26	1335	25	2462
Haziran	25	1016	25	1609	26	2967
Temmuz	18	979	15	1552	18	2858
Ağustos	26	998	26	1583	26	2864
Eylül	26	791	26	1251		
Ekim	26	648	26	1025		
Kasım	25	714	25	1136		
Aralık	27	853	27	1354		

* İşletmenin aylık fiili çalışma süresi



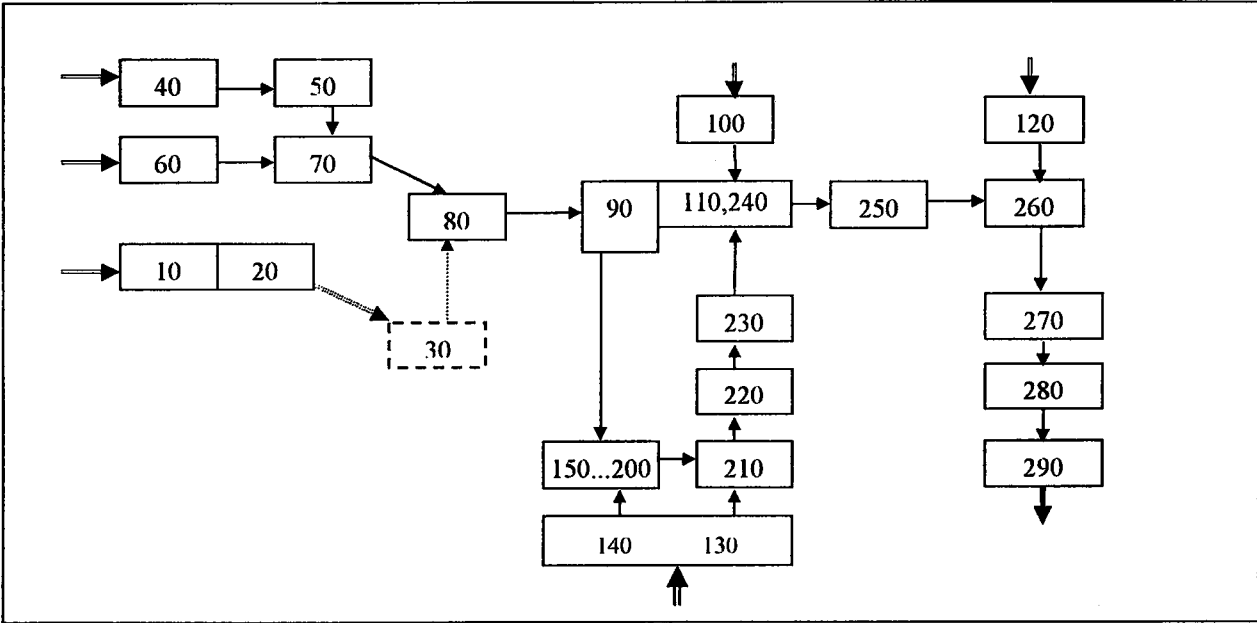
Şekil 7.1 Son üç yıla ait aylık traktör satışları



Şekil 7.2 Köşeli çamurluk iş akış şeması

Çizelge 7.2 Köşeli çamurluk işlem sırası

001950 KÖŞELİ ÇAMURLUK		
İşlem No	Yapılan İşlem	Kullanılan Tezgahlar
10	Köşeli çamurluk üst kısım kenar kesimi	Kordon kesim T1
20	Köşeli çamurluk üst kısım kenar ütüleme	Kordon kesim T2
30	Köşeli çamurluk üst kısım A, B kenar bükme (Pres atölyesi)	Eksantrik pres EXP
40	Sinyal sacı ütüleme	Kordon kesim T3
50	Sinyal sacı polisaj etme	Polisaj Tez. PT1
60	Tutamak kaynatma (TİG kaynağı)	TİG kaynağı S23
70	Sinyal sacına tutamak kaynak etme	Nokta punta kay. S6
80	Sinyal sacı kompleksini üst kısma kaynak etme	Nokta punta kay. S62
90	Üst kısım kaporta etme	Kaporta Tez. S70
100	Yan panel polisaj etme	Polisaj Tez. PT2
110	Yan panel kenar bükme	Kaporta Tez. S69
120	Sağ ve sol kuşaklara ara parça kaynak etme	Elektrik ark kay. S27
130	Ön brakete somun kaynatma	Nokta direnç kay. S59
140	Arka brakete somun kaynatma	Nokta direnç kay. S59
150	Köşeli çamurluk üst kısma braket kaynatma	Nokta direnç kay. S11
160	Çamurluk üst kısma kelepçe kaynatma	Nokta direnç kay. S11
170	Çamurluk üst kısma üst braket kaynatma	Nokta direnç kay. S11
180	Çamurluk üst kısma braket kaynatma	Nokta direnç kay. S11
190	Çamurluk üst kısma arka braketi kaynatma	Nokta direnç kay. S11
200	Çamurluk üst kısma dört adet kelepçe kaynatma	Nokta direnç kay. S11
210	Çamurluk üst kısma ön braketi kaynatma	Nokta direnç kay. S12
220	Sinyal sacına ön braketi oksijen kaynağı ile kaynatma	Oksi asetilen kay. O1
230	Üst kısım polisaj etme	Polisaj tez. PT3
240	Üst kısım yan yüze çökerterek uydurma ve numaralama	Kaporta Tez. S69
250	Çamurluk üst kısmı ve yan panele kaynak etme	Askılı nokta kay. S481
260	Üst kısım ve yan panel kompleksine sağ ve sol kuşak kaynatma	Askılı nokta kay. S482
270	Üst kısım panel köşesini oksi-asetilen kaynağı ile kaynak etme	Oksi asetilen kay. O2
280	Köşeli çamurluk kuşak kaynaklarını sıkılaştırma	Nokta direnç kay. S4
290	Köşeli çamurluğu komple polisaj etme	Polisaj tez. PT4



Şekil 7.3 Köşeli çamurluk üretim hücresi yerleşim planı

Çizelge 7.3 Köşeli çamurluk üretim hücresi işlem planı

001950 KÖŞELİ ÇAMURLUK				
İşlem No	Yapılan İşlem	Önceki işlem	Sonraki işlem	Kullanılan Tezgahlar
10	Köşeli çamurluk üst kısım kenar kesimi	---	20	Kordon kesim T1
20	Köşeli çamurluk üst kısım kenar ütüleme	10	30	Kordon kesim T2
30	Köşeli çamurluk üst kısım A, B kenar bükme (Pres at.)	20	80	Eksantrik pres EXP
40	Sinyal sacı ütüleme	---	50	Kordon kesim T3
50	Sinyal sacı polisaj etme	40	70	Polisaj Tez. PT1
60	Tutamak kaynatma (TİG kaynağı)	---	70	TİG kaynağı S23
70	Sinyal sacına tutamak kaynak etme	50,60	80	Nokta punta kay. S6
80	Sinyal sacı kompleksini üst kısma kaynak etme	30,70	90	Nokta punta kay. S62
90	Üst kısım kaporta etme	80	150	Kaporta Tez. S70
100	Yan panel polisaj etme	---	110	Polisaj Tez. PT2
110	Yan panel kenar bükme	100	240	Kaporta Tez. S69
120	Sağ ve sol kuşaklara ara parça kaynak etme	---	260	Elektrik ark kay. S27
130	Ön braket somun kaynatma	---	210	Nokta direnç kay. S59
140	Arka braket somun kaynatma	---	170	Nokta direnç kay. S59
150	Köşeli çamurluk üst kısma braket kaynatma	90	160	Nokta direnç kay. S11
160	Çamurluk üst kısma kelepçe kaynatma	150	170	Nokta direnç kay. S11
170	Çamurluk üst kısma üst braket kaynatma	140,160	180	Nokta direnç kay. S11
180	Çamurluk üst kısma braket kaynatma	170	190	Nokta direnç kay. S11
190	Çamurluk üst kısma arka braket kaynatma	180	200	Nokta direnç kay. S11
200	Çamurluk üst kısma dört adet kelepçe kaynatma	190	210	Nokta direnç kay. S11
210	Çamurluk üst kısma ön braket kaynatma	130,200	220	Nokta direnç kay. S12
220	Sinyal sacına ön braket oksijen kaynağı ile kaynatma	210	230	Oksi asetilen kay. O1
230	Üst kısım polisaj etme	220	240	Polisaj tez. PT3
240	Üst kısım yan yüze çökeçterek uydurma ve numaralama	110,230	250	Kaporta Tez. S69
250	Çamurluk üst kısmı ve yan panele kaynak etme	240	260	Askılı nokta kay. S481
260	Üst kısım ve yan panel kompleksine sağ ve sol kuşak kaynatma	120,250	270	Askılı nokta kay. S482
270	Üst kısım panel köşesini oksi-asetilen kaynağı ile kaynak etme	260	280	Oksi asetilen kay. O2
280	Köşeli çamurluk kuşak kaynaklarını sıkılaştırma	270	290	Nokta direnç kay. S4
290	Köşeli çamurluğu komple polisaj etme	280	Montaj	Polisaj tez. PT4

7.2. Sistemin Tanımı

7.2.1. Elemanlar

Sistem; gezen birimler (işlenmeye hazır parçalar), işlem hücresi (Şekil 7.3’de gösterilmiştir), kaynaklardan (tezgahlar) meydana gelmiştir (Çizelge 7.3).

7.2.2. Değişkenler

- Ardışık traktör gelişleri (talebi) arasındaki süre: kontrol edilemeyen, dıştan ve girdi.
- İşlem süreleri: Kontrol edilemeyen, dıştan ve girdi.
- Parçaların sistemde kalış süresi: Bağımlı, içsel ve çıktı.
- Kuyruk uzunlukları ve tezgahların kullanım oranı: Kontrol edilemeyen, bağımlı, içsel ve çıktı.

7.2.3. İlişkiler

- Her bir rassal değişkenin ihtimal fonksiyonu,
- Kuyruklar; talebe ve işlem sürelerine bağlıdır.
- Parçaların (gezen birimler) sistemde kalış süresi; kuyrukta beklediği süre ve işlem süresine bağlıdır.
- Tezgahların kullanım oranı; işlem süreleri ve oluşan kuyruk uzunluklarına bağlıdır.

7.3.4. Varsayımlar

- Sistemde her an kullanılmaya hazır hammadde vardır.
- Çalışanların sayısında bir kısıtlama yoktur.
- Sistemde oluşan kaynakların kapasiteleri sınırsızdır. İşlenmek için bekleyen parça sayısında bir kısıtlama yoktur.
- Kuyruk uzunluğu işlem süresini etkilemez.
- Tezgah sayısı koşum boyunca sabittir.
- Kuyruklar ilk giren önce (İGÖ) sıralama kuralına göre düzenlenmiştir.
- Her traktör için iki adet çamurluğa ihtiyaç duyulmaktadır.
- Talep, sisteme daha önceden belirlenmiş gelişler arası süreye göre gelmektedir.

Çizelge 7.4 Taşıma dışındaki işlem süreleri ile ilgili belirlenen parametreler

			İşlem süreleri (dk)				
İşlem No	Kullanılan Tezgahlar	Yardımcı ekipman değişim zamanı (dk)	μ	σ	min.	max.	Dağılım tipi*
10	Kordon kesim T1	20	0.489	0.117	0.261	0.739	Normal dağılım
20	Kordon kesim T2	20	0.661	0.135	0.338	0.976	Normal dağılım
30	Eksantrik pres EXP	30	1.171	0.329	0.675	1.802	Normal dağılım
40	Kordon kesim T3	20	0.172	0.028	0.130	0.257	Normal dağılım
50	Polisaj Tez. PT1	20	0.772	0.237	0.417	1.550	Normal dağılım
60	TİG kaynağı S23	20	0.448	0.087	0.318	0.655	Normal dağılım
70	Nokta punta kay. S6	20	0.494	0.132	0.296	0.771	Normal dağılım
80	Nokta punta kay. S62	20	0.651	0.274	0.349	1.139	Normal dağılım
90	Kaporta Tez. S70	30	2.320	0.619	1.577	3.581	Normal dağılım
100	Polisaj Tez. PT2	25	1.393	0.357	1.001	2.504	Normal dağılım
110	Kaporta Tez. S69	35	2.548	0.507	1.940	3.331	Normal dağılım
120	Elektrik ark kay. S27	30	1.612	0.681	0.727	3.355	Normal dağılım
130	Nokta direnç kay. S59	20	0.607	0.188	0.363	1.051	Normal dağılım
140	Nokta direnç kay. S59	20	0.353	0.068	0.280	0.515	Normal dağılım
150	Nokta direnç kay. S11	20	0.677	0.207	0.408	1.171	Normal dağılım
160	Nokta direnç kay. S11	20	0.674	0.255	0.292	1.225	Normal dağılım
170	Nokta direnç kay. S11	20	0.533	0.171	0.345	0.863	Normal dağılım
180	Nokta direnç kay. S11	20	0.521	0.170	0.343	1.004	Normal dağılım
190	Nokta direnç kay. S11	20	0.538	0.153	0.369	0.884	Normal dağılım
200	Nokta direnç kay. S11	20	0.676	0.244	0.424	1.186	Normal dağılım
210	Nokta direnç kay. S12	20	0.693	0.167	0.609	1.187	Normal dağılım
220	Oksi asetilen kay. O1	25	1.001	0.258	0.794	1.563	Normal dağılım
230	Polisaj tez. PT3	30	1.611	1.401	1.205	3.154	Normal dağılım
240	Kaporta Tez. S69	35	2.364	0.823	2.297	4.341	Normal dağılım
250	Askılı nokta kay. S481	40	4.479	1.523	3.215	5.790	Normal dağılım
260	Askılı nokta kay. S482	40	4.479	1.523	3.215	5.790	Normal dağılım
270	Oksi asetilen kay. O2	30	1.640	0.502	1.318	2.795	Normal dağılım
280	Nokta direnç kay. S4	30	1.609	0.551	1.002	2.914	Normal dağılım
290	Polisaj tez. PT4	35	4.288	0.493	2.923	5.308	Normal dağılım

* Değerler STATGRAPHICS (Statistical Graphics Corp. Version: 2.1) programı kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 7.5 Taşıma süresi ile ilgili parametreler

Hücreler	Taşıma süresi (dk)
Saç atölyesi - Pres atölyesi	20
Pres atölyesi - Saç atölyesi	20
Saç atölyesi - Montaj	25

- Üretim hattından tek bir son ürün çıkmaktadır.
- Arıza, kusurlu oranı, yeniden işleme ve tezgahlar arası taşıma göz ardı edilmemiştir. Bu konularla ilgili açıklamalar (Bölüm 3.3.3 ve 3.3.5) yapılmıştır.
- Sistemde çok yönlü işçiler (esnek işgücü) mevcuttur. Bu konuyla ilgili açıklama (Bölüm 3.3.6) yapılmıştır.
- Standart zamanlar tempo ve toleranslar (kişisel ihtiyaç toleransı, yorulma toleransı, gecikme toleransı) normal zamana dahil edilerek bulunmuştur.

7.3.5. İşlem Süreleri Dağılımlarının Belirlenmesi

Her tezgaha ait işlem süreleri dağılımlarının belirlenmesi amacıyla *STATGRAPHICS (Statistical Graphics Corp. Version: 2.1)* paket programı kullanılarak verilen uygunluk testleri yapılmıştır. Test sonuçları Çizelge 7.4'de özetlenmiş ve ayrıntılı ölçüm sonuçlarına örnek EK-1'de verilmiştir.

7.4 Benzetim Uygulamasının Tasarımı

7.4.1 Sistemde kullanılan değişkenler

1. Genel değişkenler

- M : Günlerin sayısı,
- X(2) : Ürünün haftalık üretimi,
- X(9) : Ürünün stok seviyesi,
- X(19): Üretim hattı için parti büyüklüğü sayımı,
- X(21): Ürünün ana üretim planına göre üretim miktarı,
- X(24): Günlük çalışma süresi,
- X(27): Kuyruk süresi,
- X(30): Ürünün günlük talebi,
- X(40): Parti büyüklüğü,

X(41): İki parçanın üretimi arasında geçen zaman (Çevrim süresi),

X(45): Son parçanın üretildiği zaman,

X(48): Toplam stok maliyeti,

X(49): Günün vakti,

X(50): Bir ürünün ortaya çıkması için sistemde geçen süre (Temin süresi).

2. Durum değişkenleri

S(10): Emniyet stoğu,

S(10)-S(14): Ürünün bürüt ihtiyacını hesaplamak için toplanan satış verileri,

S(49): Deponun durumunun gözlenmesi,

S(50): Haftanın günlerinin sayısı.

3. Gezen birimlere ait özellikler

A(8) : Bir partideki ilk ve son birim değişkeni. Gezen birim, eğer üretim hattına, partinin ilk elemanı olarak girerse $A(8) = 5$, partinin son elemanı olarak girerse $A(8) = 1$ olacaktır. Sıradaki diğer elemanlar $A(8) = 2$ dir.

A(9) : Üretim sistemine bir gezen birimin girdiği zaman,

A(10): Parça eşleme değişkeni.

7.4.2. Algoritma I (İtme sistemi)

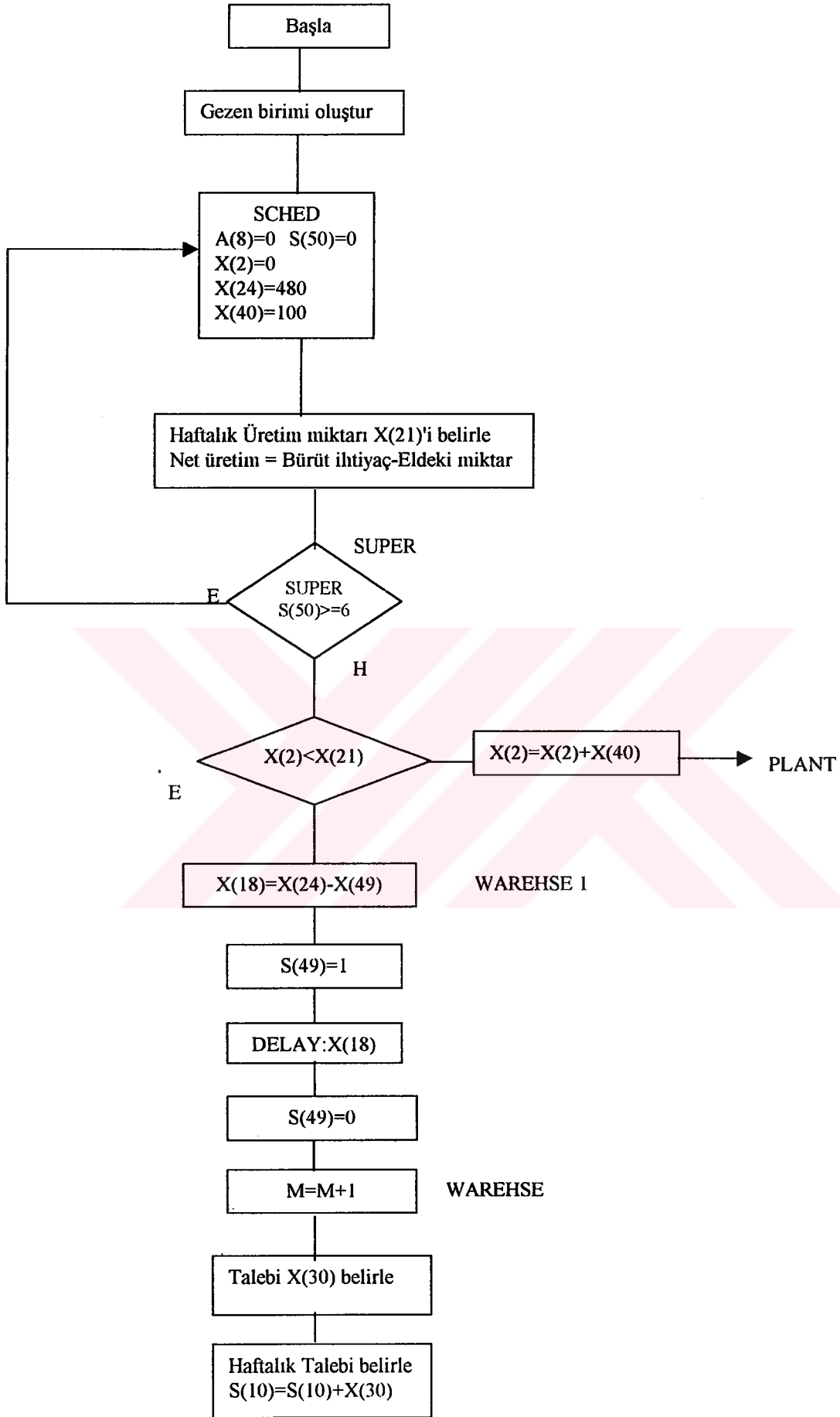
Burada verilen algoritma itme sistemine göre çalışan üretim sisteminin genel algoritmasıdır (Şekil 7.4). İkincisi ise üretim çekme sistemine göre gerçekleştiği zaman oluşacak sistem algoritmasıdır. Her sistem algoritması için ayrı bir yazılım yapılacaktır.

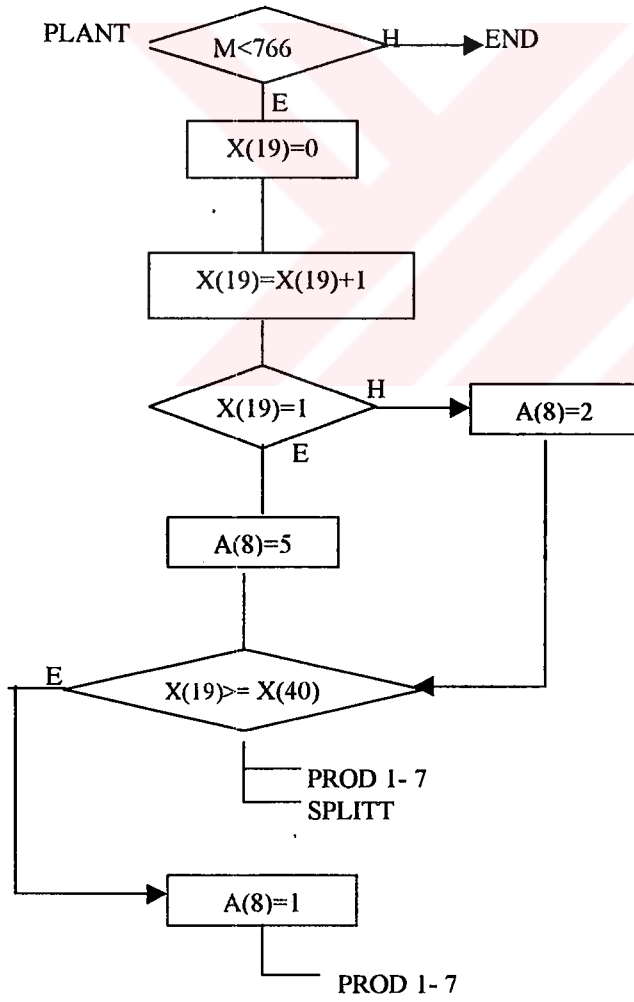
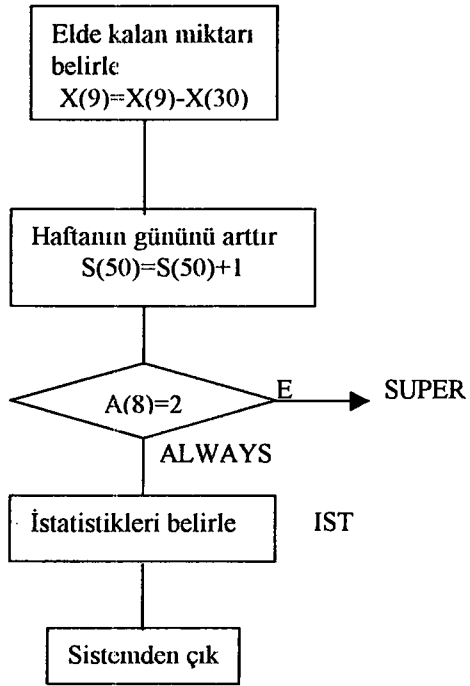
Adım 1- Gezen birimi oluştur. Parti büyüklüğünü belirle. Hafta başı parçaların üretimi için tezgahları başlangıç konumuna getir. Ana üretim planına göre haftalık üretim miktarını belirle S(11) - S(14) durum değişkenlerinde gerekli değişiklikleri yap. Durum değişkenlerinde depolanan geçmiş dönemlerdeki satış verilerinden faydalananarak gelecek dönemin taleplerini tahmin et ve ana üretim planını (Net ihtiyacı) belirle X(21). Bunu yaparken de (8.1)'deki ilişkiyi kullan.

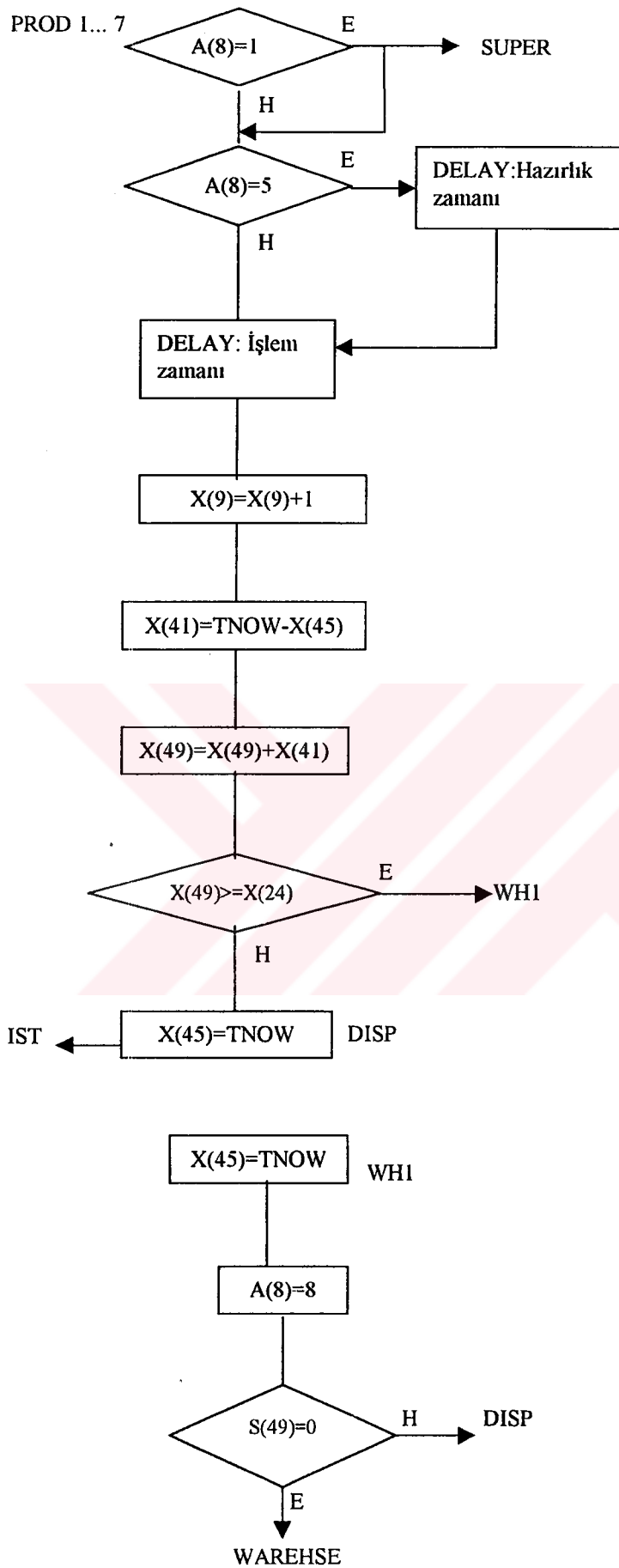
$$NI = TI - EM \quad (8.1)$$

NI = Ürünün net ihtiyacı, TI = Ürünün tahmini bürüt ihtiyacı,

EM = Ürünün elde bulunan miktarı.







Şekil 7.4 İtme sistemi akış diyagramı

Adım 2- Haftanın gününü belirle hafta bitmiş ise Adım 1'e git. Değilse, Haftalık üretim ile planlanan üretimi karşılaştı. Üretim planlanandan büyük ise üretimi kes ve depoya git (Adım 7). Değilse üretilecek parti miktarını belirliyerek üretimi başlat (Adım 3).

Adım 3- Gezen birim partinin ilk elemanıysa 5 özelliğini al. Değilse 2 özelliğini al.

Adım 4- Üretilen miktarla, partiyi karşılaştı. Üretilen miktar partiden az ise üretime devam et Adım 5'e git. Üretilen miktar partiye eşit ise partinin son birimini 1'e eşitle ve Adım 5'e git.

Adım 5- Sisteme gezen birimin girdiği anı belirle. İş akış şemasında belirlenen sıraya göre gerekli tezgahlara uğra ve üretimi gerçekleştir. Gezen birim partinin son elemanıysa üretim devam ederken yeni bir üretimin başlayabilmesi için Adım 2'ye git.

Adım 6- Üretim sisteminden çıkan parçanın sistemden çıktığı zamanı belirle. $X(9)$, $X(41)$ ve $X(49)$ genel değişkenlerinde gerekli değişiklikleri yap. Eğer üretim süresi (vardiya) sona ermiş ise günün vaktini belirliyerek depoya git (Adım 7). Değilse üretime devam et.

Adım 7- Gün sayımını arttır. Güne göre talebi belirle.

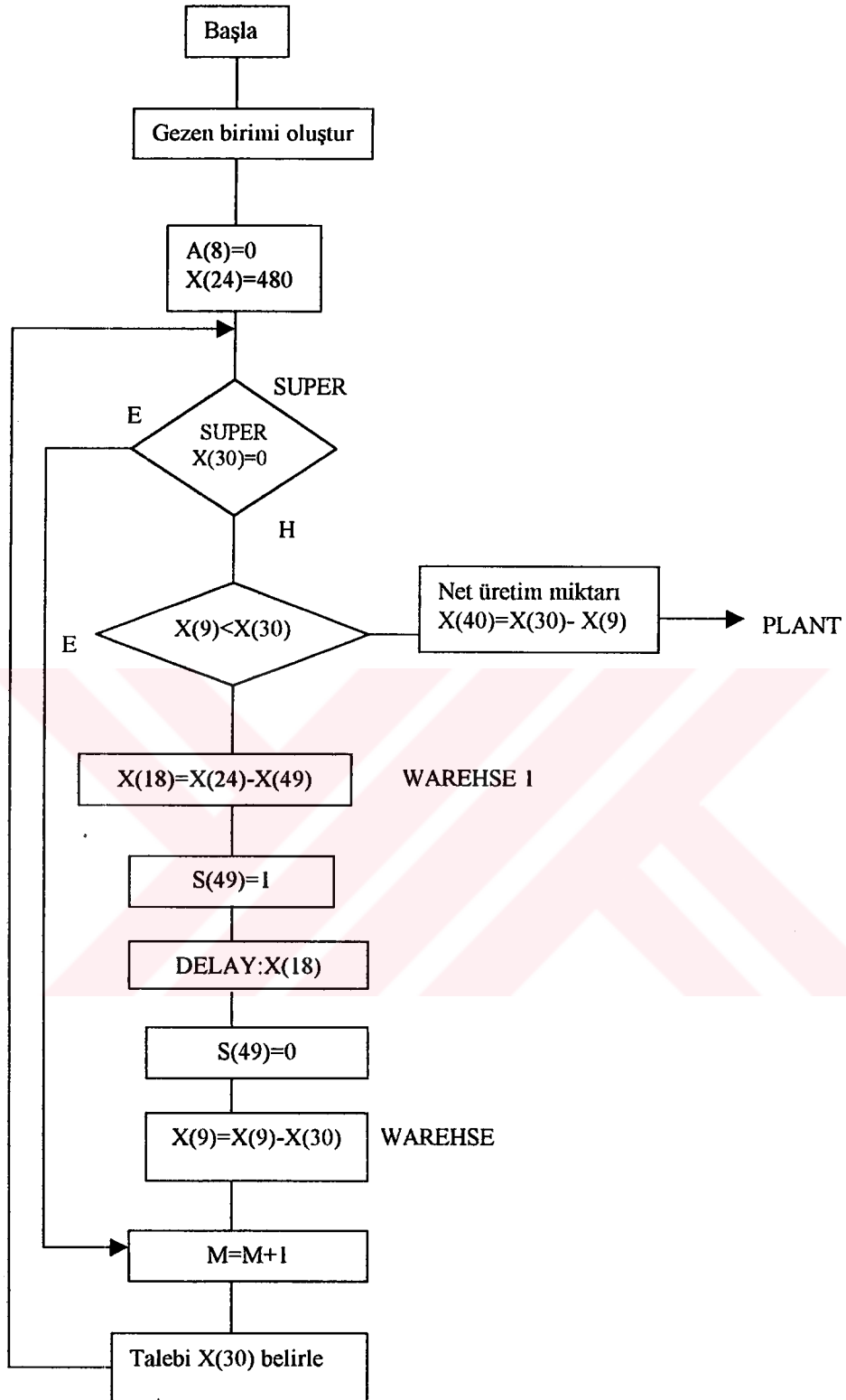
Adım 8- Talebi stoktan karşıla. Eğer elde kalan stok miktarı sıfırdan büyükse karşılanan talep miktarını belirle. Değilse karşılanamayan miktarı belirle.

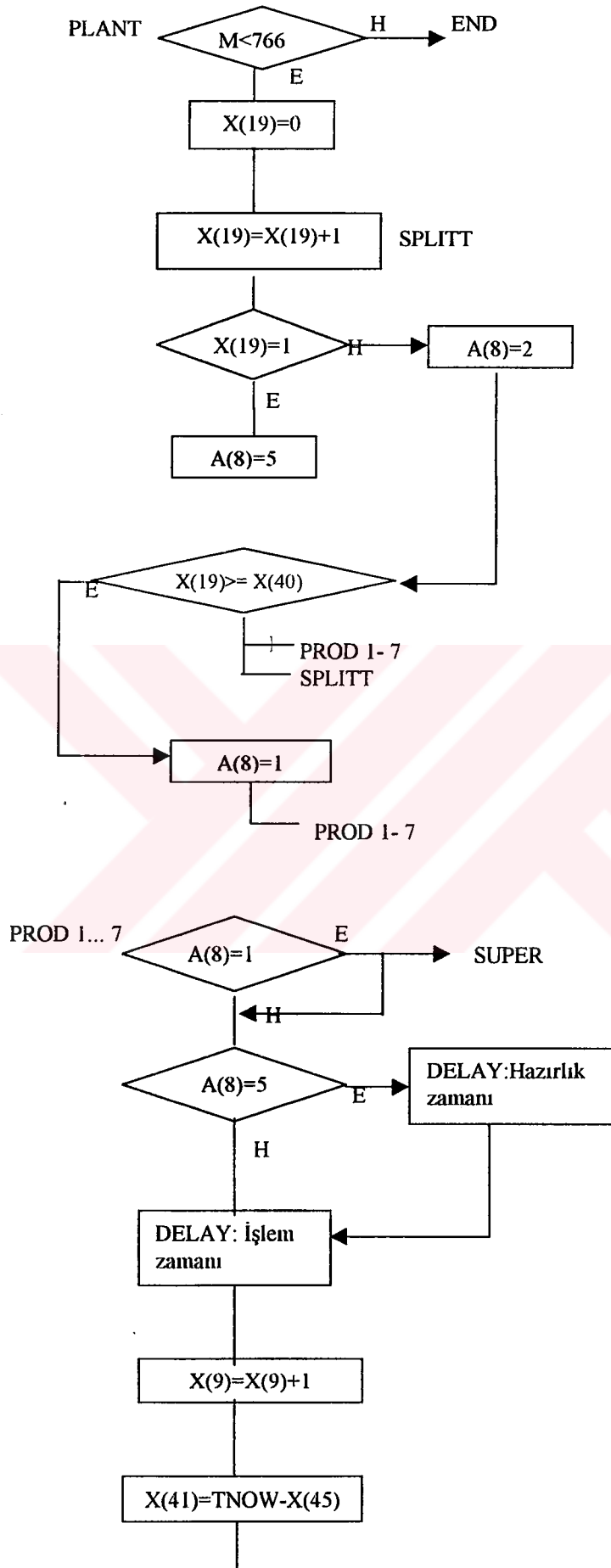
Adım 9- Hafta sayımını bir arttır. Günün vaktini sıfırla. Gerekirse istatistiği tut. Gezen birimi sistemden çıkar. Eğer koşum herhangi bir şekilde bitirilmiş ise dur. Parça Adım 2'den parti bitmeden gelmiş ise aynı zamanda Adım 2'ye git.

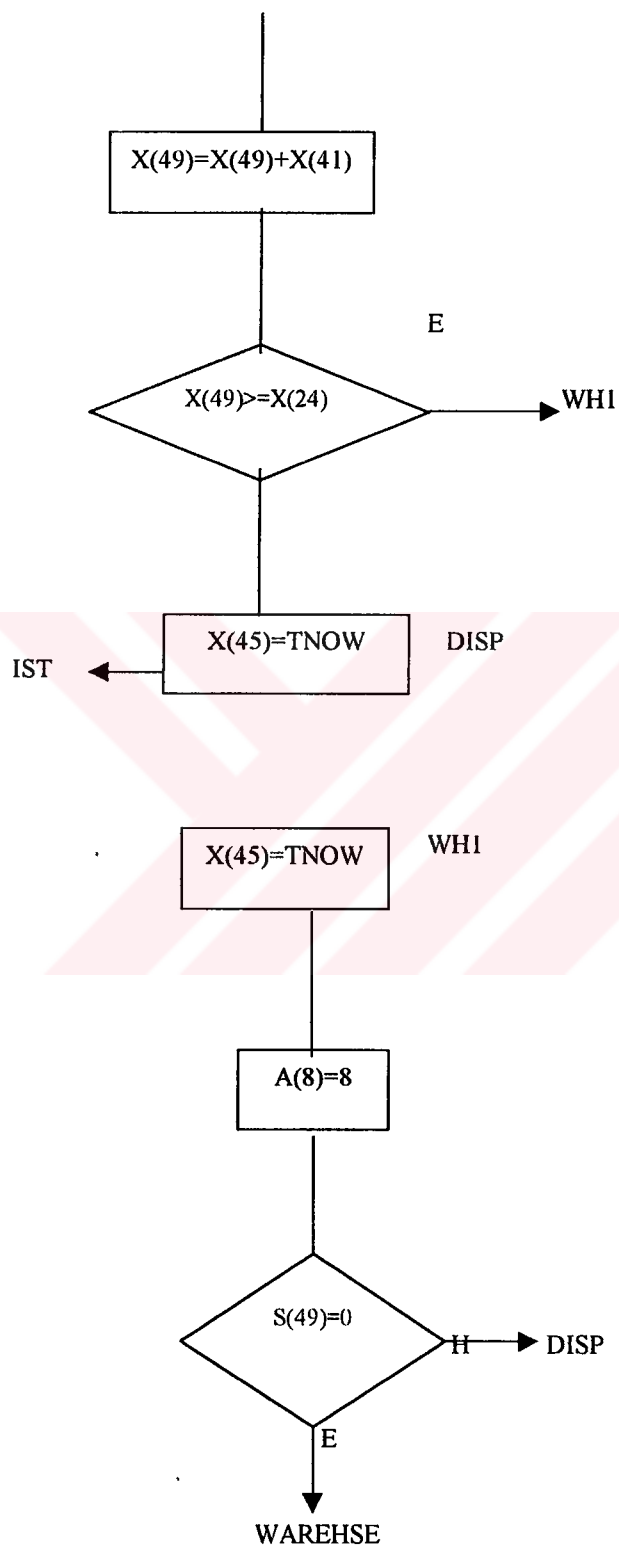
7.4.3. Algoritma II (Çekme sistemi)

Burada verilen algoritma çekme sistemine göre çalışan üretim sisteminin genel algoritmasıdır (Şekil 7.5).

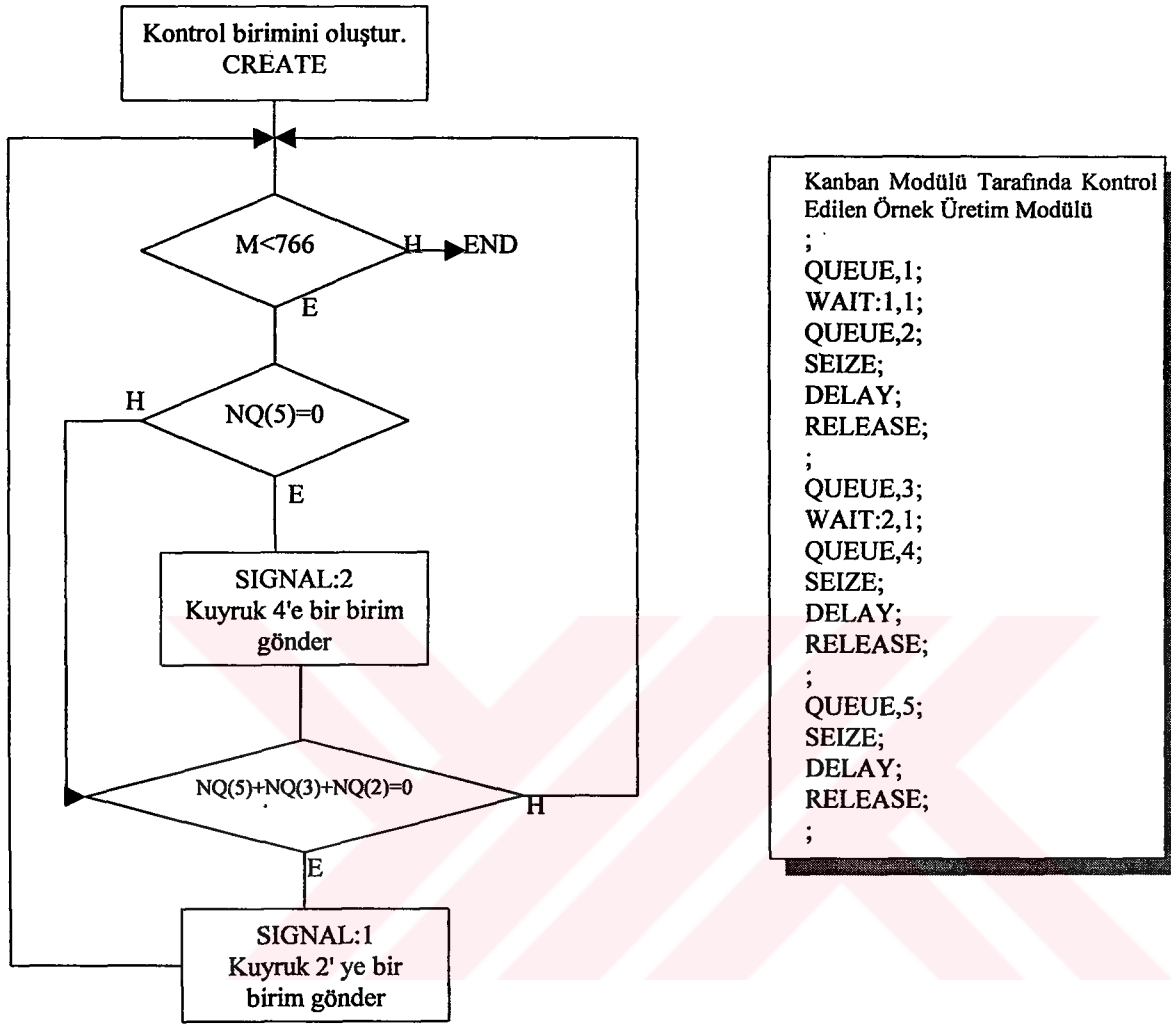
Adım 1- Gezen birimi oluşturun. Partiye ait özelliği belirle. Adım 2'ye git.







KANBAN MODÜLÜ;



Şekil 7.5 Çekme sistemi akış diyagramı.

Adım 2- Üretilen parça miktarı $X(9)$ ürünün talebinden küçük ise $X(30)$ üretilecek parti miktarını belirle ($X(40) = X(30) - X(9)$) ve üretimi başlat, Adım 3'e git. $X(9) > X(30)$ ise depoya git. Adım 7.

Adım 3- Gezen birim partinin ilk elemanıysa 5 özelliğini al, değilse 2 özelliği al.

Adım 4- Gezen birimin sisteme girdiği anı belirle.

Adım 5- İş akış şemasında belirlenen sıraya göre gerekli tezgahlara uğrayarak üretimi gerçekleştir. Parçaları kuyruklarda, belirli sinyallere göre beklet.

Adım 6- Üretim sisteminden çıkan parçanın sistemden çıktığı zamanı belirle. $X(9)$, $X(41)$ ve $X(49)$ genel değişkenlerinde gerekli değişiklikleri yap. Eğer üretim süresi (vardiya) sona ermiş ise günün vaktini belirliyerek depoya git (Adım 7). Değilse üretime devam et.

Adım 7- Talebi üretilen miktardan karşıla. Gerekli sayımları yap. Gün sayımını bir attır. Güne göre ertesi günün talebini belirle.

Adım 8- Talebi stoktan karşıla. Eğer elde kalan stok miktarı sıfırdan büyükse karşılanan talep miktarını belirle. Değilse karşılanamayan miktarı belirle.

Adım 9- Hafta sayımını bir arttır. Günün vaktini sıfırla. Gerekirse istatistiği tut. Gezen birimi sistemden çıkar. Eğer koşum herhangi bir şekilde bitirilmiş ise dur. Parça Adım 2'den parti bitmeden gelmiş ise aynı zamanda Adım 2'ye git.

Adım 10- Kanban modülü, bu modül Bölüm 4'de açıklanan kanban bilgileri doğrultusunda sistem içindeki kanban kontrolünü gerçekleştirmek için dizayn edilmiş bir modüldür. Üretim devam ederken aynı zamanda çekme sinyallerini göndererek üretimi kontrol eder.

Bu modülde bir gezen birim tezgah önündeki kuyruk boşalana kadar bekler. Eğer kuyruk oluşturan bir parti varsa, önceki işlem bu parti bitene kadar başka bir üretim yapmayacaktır ve tamamlanmış olsa bile geçerli partiyi tutacaktır (bırakmayacaktır). Kuyruk boşaldığında, önceki

tezgah, tamamlanmış parti/ürünü çevrime gönderir ve yeni bir parti/ürün üzerinde çalışmaya başlar.

7.5 Satış Tahminlerinin Hesaplanmasında Zaman Serileri Analizi

Zaman serileri analizi, geçmişteki satış kayıtlarına bakarak bir trend olup, olmadığını tespit etmek, eğer bir trend varsa bundan yararlanarak gelecekteki talebi tahmin etmekten ibarettir (Kobu, 1996). İşletmenin son üç yıla ait aylık satışları Çizelge 7.1'de verilmiştir. Satışlar bağımlı (Y), zaman bağımsız (X) değişken olarak alınarak Şekil 7.6'daki zaman serisi elde

edilir. Noktaların dağılımı incelenirse, satışların zamanla arttığı görülebilir. Değişmelerin bir doğru etrafında meydana geldiği varsayılırsa, X bağımsız ve Y bağımlı değişken olmak üzere, X ile Y arasındaki lineer bağıntı $Y = a + b X$ denklemi ile ifade edilir. Burada a ve b verilen (X_i ; Y_i) kümesinin dağılımına göre değerler alan sabit sayılardır. Problem en uygun doğruya ait a ve b değerini bulmaktan ibarettir. Bunun için, en küçük kareler prensibine dayanan iki kritere göre hesaplama yapılır. Birinci kriter sapmaların toplamının sıfır ikinci kriter ise sapmaların kareleri toplamının minimum olmasıdır. Matematiksel ifadelerle,

$$\text{I. Kriter : } \sum_{i=1}^n [Y_i - (a + bX_i)] = 0 \quad (8.2)$$

$$\text{II. Kriter : } \sum_{i=1}^n [Y_i - (a + bX_i)]^2 \quad \min \quad (8.3)$$

Buradan;

$$a = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n} \quad (8.4)$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (8.5)$$

şeklinde yazılabilir.

a ve b değerlerinin belirlediği doğruya (X_i ; Y_i) kümesinin “*Regresyon Doğrusu*” denir. O halde regresyon doğrusunun denklemi ;

$$Y = a + b X \quad (8.6)$$

olur. (X_i ; Y_i) noktaları ile regresyon doğrusu Şekil 7.6’da gösterilmiştir. İki değişken arasında yakın bir ilişki bulunduğu görülür. Dolayısı ile ekonomik indeksin gelecekteki bir değeri için satışların ne olacağını tahmin etmek mümkündür.

Değişmelerin bir doğru etrafında meydana geldiği varsayılırsa, (8.4) ve (8.5) formülleri ile bir doğru uyandırılabilir. Gerekli işlemler yapıldığı takdirde;

$a = 1314,129$; $b = 61,791$ ve dolayısı ile regresyon (trend) doğrusu için,

$$Y_{ti} = 1314,129 + 61,791 X_i \quad (8.7)$$

denklemini bulunur.

(8.7) denklemini ile ifade edilen trend doğrusunun verdiği satış değerlerini Y_t ile gösterelim. Geçmişteki herhangi bir periyoda ait satış tahminini bulmak için (8.7) de X_i yerine o periyodun ($X_i = -15, -14, -13, \dots, 13, 14, 15, (i = 1, 2, 3 \dots 31)$) sıra numarasını koymak yeterlidir. Örneğin 1996 yılı Ocak ayı için trend doğrusunun verdiği satış değeri;

$$Y_{t1} = 1314,129 + 61,791 (-15) = 387,264$$

dir. Gerçek satış değerleri Y_g ile gösterilir ve 1996 yılı Ocak ayı için (Y_g/Y_t) oranı

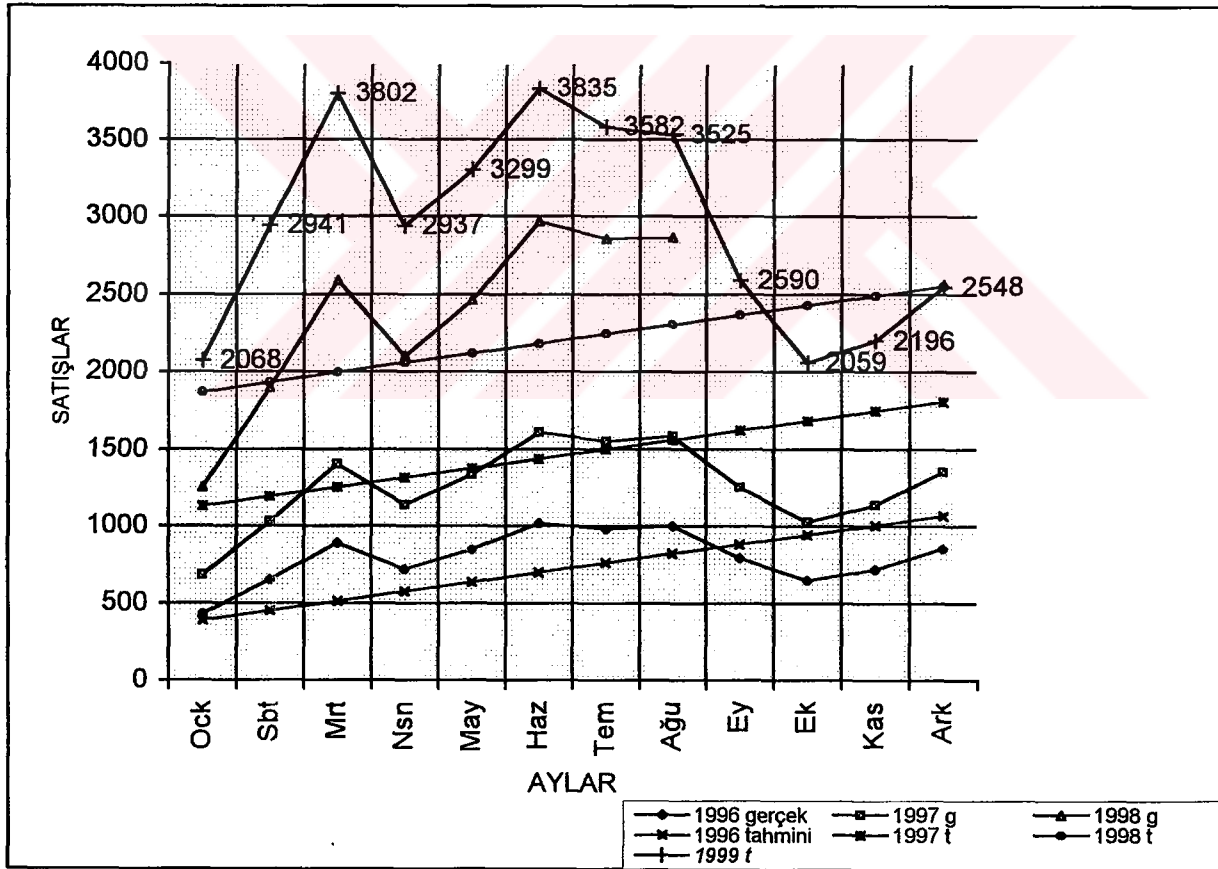
$$\frac{Y_{g1}}{Y_{t1}} = \frac{428}{387,264} = \%110,5$$

bulunur. Demek ki sözü edilen zaman için gerçek satış ile tahmin arasındaki sapma, oransal olarak % 110,5 dir. Benzer şekilde diğer periyotlar için de sapmalar hesaplanır, geçmiş yılların ortalaması bulunur. Çizelge 7.6'da son sütundaki rakamlar, gelecek yılların aylarına ait trend doğrusu değerlerini ayarlama faktörleridir. (8.7) denklemini ile gelecekteki herhangi bir periyodun satış değeri bulunur ve bu, o aya ait ortalama oranla çarpılırsa gerçeğe daha yakın bir sonuç elde edilir. 1999 yılı için ayarlanmış satış tahminleri en son sütunda görülmektedir. Şekil 7.6 da ise 1999 yılı için mevsim etkisi hesaba katılmış (ayarlanmış) satış tahminleri "1999 t" grafiği ile gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 Son üç yıla ait aylık gerçekleşen ve tahmini traktör satışları

1996-1997-1998 YILLARI AYLIK TRAKTÖR SATIŞLARI (adet/ay)											
Aylar	* Gün	1996		Gün	1997		Gün	1998		% Ort.	+ 1999
Ocak	25	Gerçek	Tahmini	26	Gerçek	Tahmini	24	Gerçek	Tahmini		
Şubat	23	428	387	26	678	1129	24	1253	1870	79.2	2068
Mart	24	649	449	22	1028	1191	24	1896	1932	110.0	2941
Nisan	24	887	511	26	1404	1252	24	2589	1994	139.0	3802
Mayıs	20	718	573	20	1137	1314	18	2097	2056	105.0	2937
Mayıs	25	843	634	26	1335	1376	25	2462	2117	115.4	3299
Haziran	25	1016	696	25	1609	1438	26	2967	2179	131.3	3835
Temmuz	18	979	758	15	1552	1500	18	2858	2241	120.1	3582
Ağustos	26	998	820	26	1583	1561	26	2864	2303	115.8	3525
Eylül	26	791	883	26	1251	1623			2365	83.4	2590
Ekim	26	648	943	26	1025	1685			2426	65.0	2059
Kasım	25	714	1005	25	1136	1747			2488	68.0	2196
Aralık	27	853	1067	27	1354	1808			2550	77.4	2548

* İşletmenin aylık fiili çalışma süresi, + Ortalama değerlere göre düzeltilmiş 1999 yılı aylık tahmini satışları,
% Trend doğrusu ayarlama faktörleri,



Şekil 7.6 Son üç yıla ait aylık gerçekleşen ve tahmini traktör satışları

7.6 Deneylerin Dizaynı

Bölüm 6.5’ de verilen bilgiler doğrultusunda bu çalışmada analiz edilen faktörler; Talep dalgalanması, yardımcı ekipman değişim zamanı, itme sistemi için emniyet stoğu, çekme sistemi için ise maksimum kuyruk uzunluğu değişimidir.

Bu çalışmanın hedefi, hangi üretim yönetim tekniğinin diğerinden daha iyi olduğunun sıralamasını bulmaktır. Bu faktörlerin değişik seviyelerindeki sistem performansı, aynı zamanda hangi tekniğin diğerinden daha iyi olduğunu gösterecektir.

1. Ürün talebi ve dalgalanmaları: TZÜ sistemi sabit talep için daha uygundur. Bununla beraber talebin değişken dalgalanması gerçek hayatta kaçınılmaz bir durumdur. Talebin dalgalanabileceği sınırları test etmek için aşağıdaki şartlar belirlenmiştir;

- (+ %0) Talep dalgalanmasının ilk seviyesi, mevcut durum (Çizelge 7.1).
- (+ %20) Talep dalgalanmasının ikinci seviyesi, talep mevcut durumun %20’si kadar arttırılmıştır.
- (- %20) Talep dalgalanmasının üçüncü seviyesi, talep mevcut durumun %20’si kadar azaltılmıştır.

2. Yardımcı Ekipman Değişim Zamanı (YED) : İşlemlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan, kaynak makinaları için elektrot, kaynak tüpü, punta vb. değişimi ve kontrol, zamanlarıdır.

- (+ %0) Yardımcı ekipman değişim zamanının ilk seviyesi , mevcut durum.
- (+ %20) Yardımcı ekipman değişim zamanının ikinci seviyesi , yardımcı ekipman değişim zamanı mevcut durumun %20’si kadar arttırılmıştır.
- (- %20) Yardımcı ekipman değişim zamanının üçüncü seviyesi , yardımcı ekipman değişim zamanı mevcut durumun %20’si kadar azaltılmıştır.

3. Emniyet stoğu (İtme sistemi için) :

- Estk. 0 : Emniyet stoğu yok,
- Estk. 20 : Emniyet stoğu 20 adet,
- Estk. 50 : Emniyet stoğu 50 adet,

4. Maksimum kuyruk uzunluğu (Çekme sistemi için) :

- Max.ku.0 : İzin verilen kuyruk uzunluğu 0 birim,
- Max.ku.1 : İzin verilen kuyruk uzunluğu 1 birim,
- Max.ku.5 : İzin verilen kuyruk uzunluğu 5 birim,

5. Programın koşum sonuçları : Programın koşum sonuçlarından řu ayrıntılı ölçümler elde edilmiştir;

- Temin süresi,
- Kuyruk süresi,
- Çevrim zamanı,
- Dönem içinde (gün bazında) elde olan ortalama stok miktarı,
- Dönem içinde (gün bazında) elde olan ortalama stok miktarı,
- Dönem içinde (gün bazında) talepler karşılandıktan sonra kalan ortalama stok miktarı,
- Dönem içindeki talep dalgalanması,
- Çalışma süresi (vardiyalı, vardiyasız, çalışma yok),
- Kuyruk uzunlukları,
- Gelen toplam talep miktarı,
- Karşılanan veya karşılanmayan talep miktarı,
- Eğer elde yeterli parça yoksa gelen talebin ne kadarının karşılanıp, karşılanmadığı,
- Toplam stok maliyeti (TSM),

Toplam Stok Maliyeti (TSM) benzetim içersinde hesaplanırken ;

$$TSM = \sum SSM + \sum SBM + \sum KSM \quad (8.8)$$

SSM = Temin süresi x Süreç içi stok maliyeti,

SBM = Elde bulunan stok x Stok bulundurma maliyeti,

KSM = Elde olmayan stok x Kayıp satış maliyeti .

Formülü kullanılmıştır.

TSM önemli bir performans göstergesidir çünkü, TZÜ felsefesinin temelinde, üretimin her aşamasında israfın önlenerek maliyetin azaltılması hedefi yer alır. TZÜ felsefesi ürünün değerini arttırmayan tüm unsurları "israf" olarak tanımlamıştır. Stoklar (hammadde, yarı mamul, bitmiş ürün stokları vb.) ile kalitesizlik (satın alınan ve üretilen parça ve mamullerdeki hatalar) en temel israf unsurları olarak belirlenmiştir. Tam zamanında uygulamasına geçebilmek için, üretimin tüm aşamasında stokların azaltılması yada ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Tam zamanında felsefesi, üretimin tüm aşamasında stokları, hem yüksek maliyetlere neden oldukları hem de sistem içindeki iyi işleyişe engel oldukları için en önemli israf unsuru olarak belirlemiştir (Acar,1997b).

Stok bulundurulmasından etkilenen maliyet unsurları; Stok bulundurma maliyetleri, elde bulundurma maliyetleri adı ile de bilinir. Bir varlığın stokta bulunması ile veya bu yolda çaba harcanması sonunda meydana gelir.

Stok bulundurmama maliyeti; Elde bulundurmama maliyetleri de denir. İstenilen varlığın stokta bulunmaması veya yeterinden az bulunması ile ortaya çıkar. Stoklarla ilgili ortaya çıkan maliyet unsurlarından her biri bu iki gruptan birine dahil edilebilir. Etkili bir stok kontrolü bu maliyetler arasında optimal denge noktasını bulan politikaların saptanması ve uygun yöntemlerle işlemlerin yürütülmesinden ibarettir (Kobu,1996). TZÜ' in temel amacı stok tutmadan müşteriler tarafından ihtiyaç duyulan ürünlerin tam istenilen zamanda ve istenilen miktarda üretilmesi olarak tanımlanabilir.

8. UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Benzetim, gerçek sistemin modelinin tasarlanması ve bu model ile, sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin belli gelecekteki belli noktada içerdikleri çözüm değeri yerine, gelecek dönem içindeki davranışlarını anlayabilmek veya farklı politikalara gösterdikleri tepkileri analiz edebilmek için deneyler yürütülmesi sürecidir.

Benzetim modeli, kurulduktan sonra sistemin farklı durumlarının incelenmesi için istenilen süre kadar kullanılabilir. Benzetim modeli kurulacak olan sistemin, ayrıntılı gözlemi, sistemin daha iyi anlaşılmasını, daha önce fark edilmemiş olan eksikliklerin giderilmesini ve daha kullanışlı, daha etkin ve daha işlevsel bir sistemin kurulmasını sağlayabilir. Buradan yola çıkılarak yapılan benzetim çalışmasında, seçilen üretim sisteminin performans göstergeleri, talep dalgalanması, yardımcı ekipman değişim zamanı, itme sistemi için emniyet stoğu, çekme sistemi için ise, müsaade edilen maksimum kuyruk uzunluğu faktörlerinin çeşitli seviyeleri için analiz edilmiştir.

Çizelge 8.1 faktörlerin değişik seviyelerinde itme sisteminin analiz sonuçlarını, Çizelge 8.2 ise çekme sistemini kullanan üretim sisteminin analiz sonuçlarını göstermektedir.

Şekil 8.1' de itme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talep altında YED zamanının, sırasıyla mevcut durumda, mevcut durumun %20'si kadar arttırılarak ve %20'si kadar azaltılarak emniyet stoğu da sırasıyla 0, 20 ve 50 birim olarak seçilerek ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Şekil 8.2' de, Mevcut talebin %20 oranında artması, Şekil 8.3' de ise, mevcut talebin %20 oranında azalması durumunda YED zamanı ve emniyet stoğu faktörlerinin analizi görülmektedir.

Şekil 8.4' de Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talep altında YED zamanının, sırasıyla mevcut durumda, mevcut durumun %20'si kadar arttırılarak ve %20'si kadar azaltılarak, müsaade edilen maksimum kuyruk uzunluğu da sırasıyla 0, 1 ve 5 birim olarak seçilerek ayrı ayrı analiz edilmiştir.

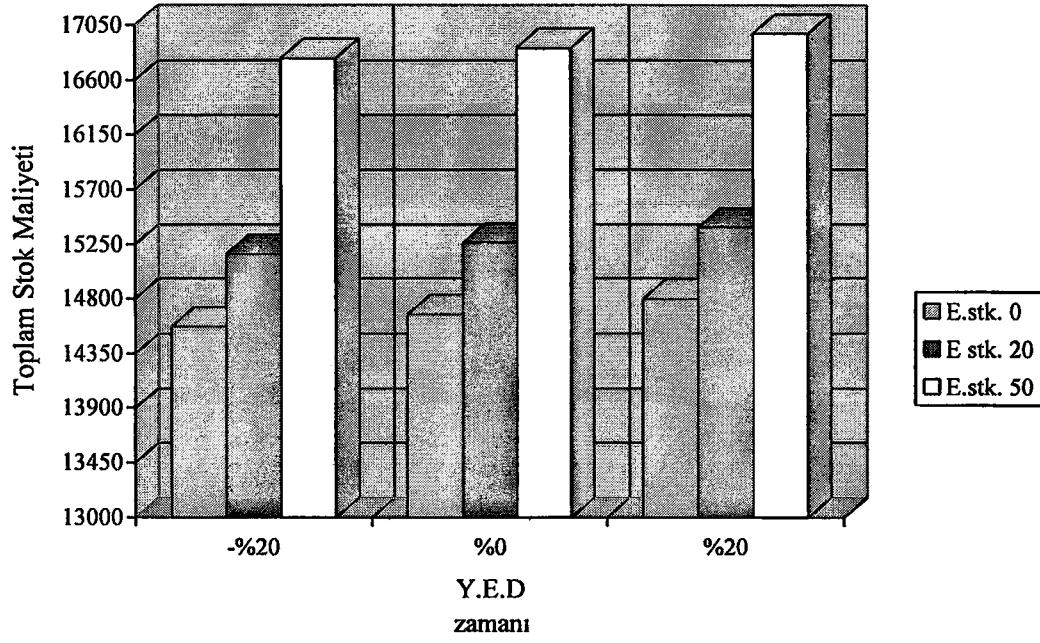
Şekil 8.5' de, Mevcut talebin %20 oranında artması, Şekil 8.6' da ise, mevcut talebin %20 oranında azalması durumunda YED zamanı ve mütade edilen maksimum kuyruk uzunluğu faktörlerinin analizi görülmektedir.

Çizelge 8.1 İtme sistemini kullanan üretim sisteminin farklı faktör seviyelerindeki performans değerleri.

		TALEP + % 0			TALEP + % 20			TALEP - % 20		
		Estk. 0	Estk. 20	Estk. 50	Estk. 0	Estk. 20	Estk. 50	Estk. 0	Estk. 20	Estk. 50
YED. + % 0	Ort.ku	57	57	58	81	85	82	38	38	38
	TS	897	900	903	1020	1034	1025	792	792	786
	ÇS	4.78	4.78	4.81	5.01	5.04	4.84	4.69	4.69	4.68
	KS	864	868	870	987	1001	992	759	759	753
	SK	81	81	81	25	125	125	91	91	91
	KTO %	77	78	83	65	74	77	80	83	89
	TSM	14669	15257	16863	21097	20785	21459	12057	12896	14074
YED. + % 20	Ort.ku	58	58	59	82	87	83	38	38	38
	TS	913	917	917	1034	1061	1039	807	806	780
	ÇS	4.83	4.83	4.80	5.05	4.90	4.88	4.74	4.73	4.72
	KS	880	884	884	1001	1028	1007	774	773	766
	SK	81	81	81	25	125	125	91	91	91
	KTO %	77	78	83	65	73	77	79	83	89
	TSM	14795	15384	16981	21243	21372	21622	12158	12984	14157
YED. - % 20	Ort.ku	57	57	57	80	83	82	37	37	37
	TS	883	887	889	1005	1017	1011	778	778	774
	ÇS	4.73	4.74	4.71	4.98	4.94	4.80	4.64	4.64	4.64
	KS	850	854	856	972	984	978	746	746	741
	SK	81	81	81	25	125	125	91	91	91
	KTO %	77	78	83	66	74	77	79	83	89
	TSM	14572	15166	16777	20924	20649	21339	11986	12825	14011

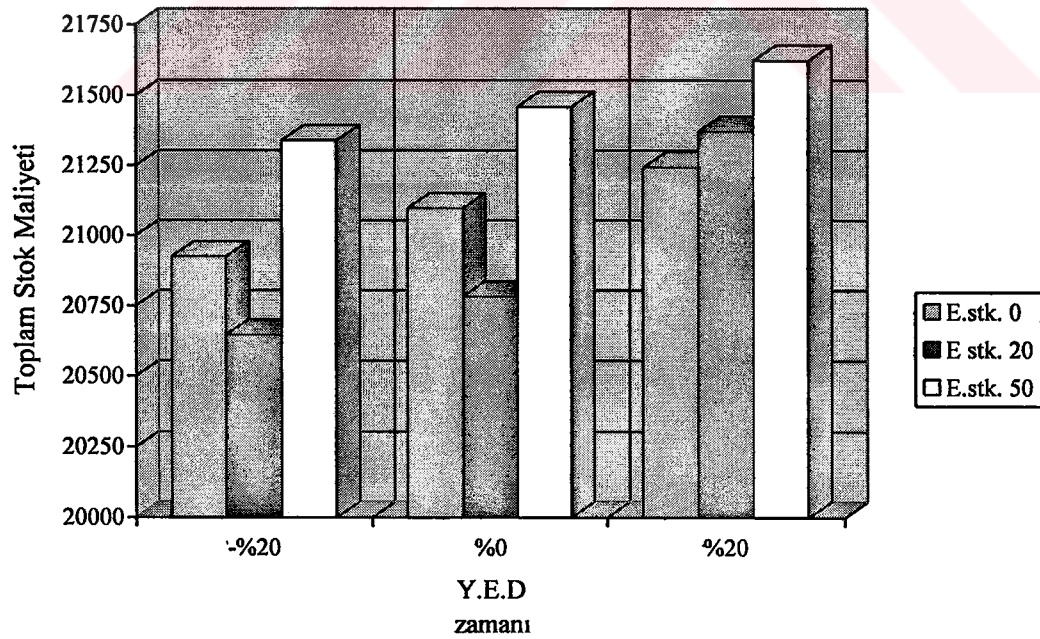
TS : Temin süresi, KS : Kuyruk süresi, KTO : % Karşılana talep oranı, YED. : Yardımcı ekipman değişim zamanı, ÇS : Çevrim süresi, SK : Kalan stok, TSM : Toplam stok maliyeti, Estk. : Emniyet stoğu, Ort.ku : Ortalama kuyruk uzunluğu.

İtme sistemi



Şekil 8.1 İtme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talep durumunda performans (TSM) değerleri.

İtme sistemi



Şekil 8.2 İtme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 arttırılması durumunda performans (TSM) değerleri.



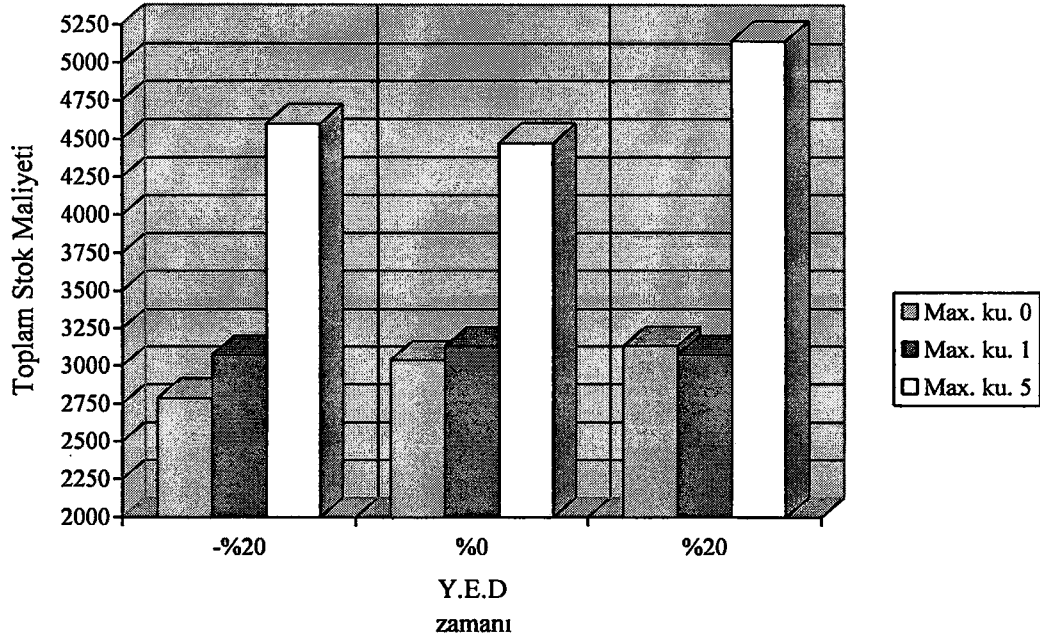
Şekil 8.3 İtme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 azaltılması durumunda performans (TSM) değerleri

Çizelge 8.2 Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin farklı faktör seviyelerindeki performans değerleri.

		TALEP + % 0			TALEP + % 20			TALEP - % 20		
		Max.ku. 0	Max.ku. 1	Max.ku. 5	Max.ku. 0	Max.ku. 1	Max.ku. 5	Max.ku. 0	Max.ku. 1	Max.ku. 5
YED. + % 0	Ort.ku	0	1	2	0	1	2	0	1	2
	TS	206	190	240	217	238	217	174	176	276
	ÇS	12.63	12.59	8.27	10.98	10.63	9.58	15.57	15.03	6.09
	KS	195	179	218	206	227	230	163	164	266
	SK	22	21	41	25	31	44	26	30	31
	KTO %	99	100	92	100	98	95	100	100	83
	TSM	3039	3130	4471	3647	4169	4955	2370	2530	3901
YED. + % 20	Ort.ku	0	1	2	0	1	2	0	1	2
	TS	211	175	337	260	257	240	192	213	315
	ÇS	13.05	11.91	5.90	11.21	11.07	10.55	15.54	14.00	5.50
	KS	200	164	327	249	246	205	180	200	304
	SK	30	31	23	34	36	41	27	25	- 45
	KTO %	100	99	81	98	98	100	100	98	79
	TSM	3132	3073	5146	4258	4263	4430	2486	3210	4169
YED. - % 20	Ort.ku	0	1	2	0	1	3	0	1	2
	TS	175	175	239	204	236	207	169	156	224
	ÇS	12.38	11.91	7.31	10.52	10.08	9.15	10.68	14.55	7.28
	KS	164	164	229	194	225	196	159	145	213
	SK	22	31	44	31	29	42	60	26	34
	KTO %	100	99	87	99	97	96	82	100	88
	TSM	2788	3073	4597	3521	3898	4422	3451	2394	3650

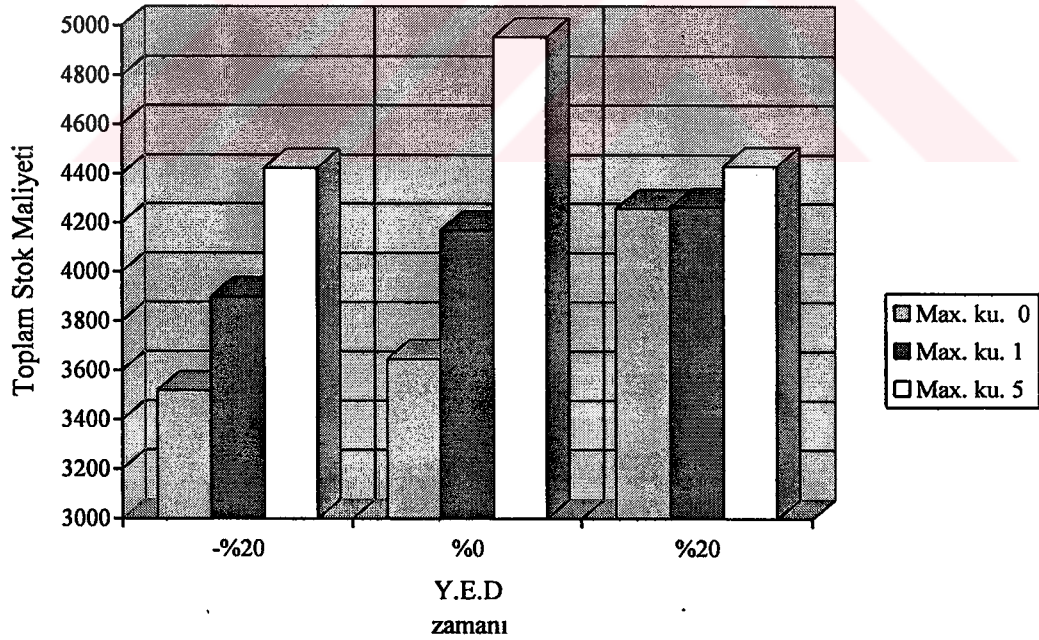
TS : Temin süresi, KS : Kuyruk süresi, KTO : % Karşılana talep oranı, YED. : Yardımcı ekipman değişim zamanı, ÇS : Çevrim süresi, SK : Kalan stok, TSM : Toplam stok maliyeti, Max.ku. : Müsade edilen maksimum kuyruk uzunluğu, Ort.ku : Ortalama kuyruk uzunluğu.

Çekme sistemi



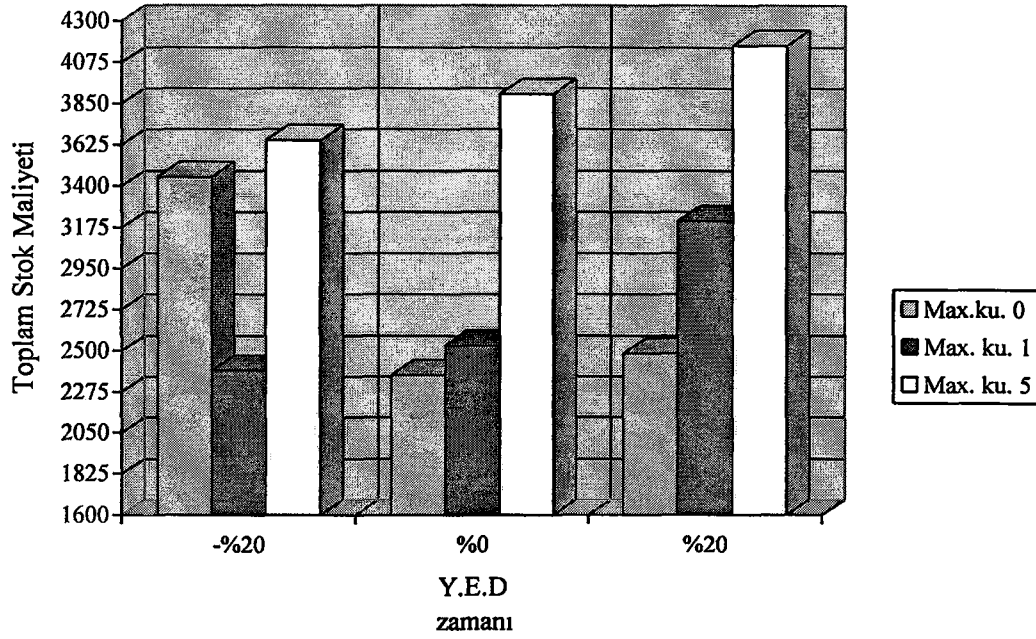
Şekil 8.4 Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talep durumunda performans (TSM) değerleri

Çekme sistemi



Şekil 8.5 Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 arttırılması durumunda performans (TSM) değerleri.

Çekme sistemi



Şekil 8.6 Çekme sistemini kullanan üretim sisteminin mevcut talebin %20 azaltılması durumunda performans (TSM) değerleri

1. İtme Sistemini Etkileyen Faktörler ve Ekonomik Çalışma Alanı : Toplam stok maliyeti ve talebin karşılanma oranı, emniyet stoğu miktarının artmasıyla beraber hemen hemen sabit bir şekilde artmaktadır. Bu da itme sisteminin genelde emniyet stoğu miktarının küçük miktarlarda seçildiğinde daha iyi sonuç verdiğini gösterir. Bununla birlikte, talep dalgalanması yüksek olduğunda eğer küçük emniyet stok miktarları seçilirse, itme tipi üretim sistemi daha iyi sonuç verir.

Mevcut talep durumunda emniyet stoğu ve yardımcı ekipman değişim zamanı azaltıldığında toplam stok maliyeti en az olmaktadır. Bu durumda minimum maliyet ve maksimum kâr elde edilir.

Talep arttığı zaman, mevcut yardımcı ekipman değişim zamanı durumunda emniyet stoğu artırılmalıdır. Bu durumda minimum maliyet ve maksimum kâr elde edilir.

Talep azaldığında ise, mevcut yardımcı ekipman değişim zamanı durumunda emniyet stoğu azaltılmalıdır. Bu durumda minimum maliyet ve maksimum kâr elde edilir.

Yardımcı ekipman değişim zamanı toplam stok maliyeti ve talebin karşılanma oranı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir.

2. Çekme Sistemini Etkileyen Faktörler ve Ekonomik Çalışma Alanı : Çekme sisteminin performansını etkileyen en önemli faktör yardımcı ekipman değişim zamanıdır.

Toyota ortamında, üretimin değişken talep koşullarına uyumlandırılma süreci üretim dengeleme (production smoothing) olarak tanımlanır. Üretim dengeleme süreci sonunda, bir üretim hattının, tek tip bir ürünün yüksek hacimlerde üretimine ayrılması söz konusu olamaz. Tam tersine, üretim hatlarının talepteki değişmelere uyumlu olarak, aynı gün içinde çeşitli ürün tiplerini ufak miktarlarda üretebilecek şekilde düzenlenmesi gereklidir. Bu çalışmada talep dalgalanması üretim sisteminin performansını itme sistemine göre fazla etkilememektedir.

Kuyruk uzunluğu da performans üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kuyruk uzunluğu arttıkça parçaların kuyrukta bekleme süresi artmakta ve süreç içi stok maliyeti yükselmektedir. Kuyruk uzunluğunun maliyeti fazla etkilememesi için yardımcı ekipman değişim zamanı azaltılmalıdır. Yardımcı ekipman değişim zamanı arttığı zaman ise temin süresi uzamakta ve performansı etkilemektedir.

Üretim sistemi mevcut talep durumunda ve hazırlık zamanları ile çekme sisteminde çalıştığı zaman ve maksimum kuyruk uzunluğu 0 olduğunda en düşük stok maliyetini, kuyruk uzunluğu 1 olduğu zaman ise en yüksek kârı elde etmektedir.

Üretim sistemi mevcut talep durumunda ve hazırlık zamanlarını ise mevcut durumdan daha aşağı çektiğinde, maksimum kuyruk uzunluğu 0 şartıyla, en yüksek kâr ve en düşük stok maliyeti elde edilmektedir.

Talep arttığı zaman, mevcut yardımcı ekipman değişim zamanı durumunda, maksimum kuyruk uzunluğu 0 şartıyla, en yüksek kâr ve en düşük stok maliyeti elde edilmektedir.

Yardımcı ekipman değişim zamanının azalması ve maksimum kuyruk uzunluğu 0 şartıyla, en düşük maliyet ve temin süresi elde edilir.

Talep azaldığında ise, mevcut yardımcı ekipman değişim zamanı durumunda , en yüksek kâr ve en düşük maliyet elde edilir.

Yardımcı ekipman değişim zamanının azalması ve maksimum kuyruk uzunluğu 1' e çıkarıldığında en düşük stok maliyeti, en düşük temin süresi ve en yüksek kâr elde edilmektedir.

Mevcut durumda talep dalgalanmasının sistemin performansını etkilememesi için hazırlık zamanları azaltılmalı, maksimum kuyruk uzunluğu 0 olmalı, sadece talep düştüğünde kuyruk uzunluğunun 1 birim olmasına izin verilmelidir.

8.1 Düzgün Atölye Yüklemesi

Benzetim sonuçlarından elde edilen verilere dayanarak, itme sisteminde mevcut durumda dönemler itibariyle talebe bağlı çevrim ,temin süreleri ve toplam stok maliyeti değişimi Çizelge 8.3'de çalışma günü dağılımı (vardiyalı, vardiyasız), Çizelge 8.4'de ise itme sisteminde çalışma günü dağılımı görülmektedir.

Çizelge 8.3 İtme sisteminde dönemler itibariyle talebe bağlı çevrim ve temin süresi değişimi

Dönem	Gün	Ortalama günlük talep (adet/gün)	σ	Çevrim süresi (dk)	Temin süresi (dk)	TSM
1	29	41	2.063	4.683	818.54	4497
2	29	38	9.064	4.683	654.52	4890
3	30	63	8.568	4.666	874.52	4510
4	28	72	0.994	4.963	994.35	6036
5	30	68	3.651	4.835	973.75	6358

Çizelge 8.4 İtme sisteminde çalışma günü dağılımı

Dönem	Gün	Tek vardiya (gün)	2 vardiya (gün)	3 vardiya (gün)	Çalışma yok (gün)	Çalışan sayısı
1	29	10	---	7	12	19-22
2	29	7	---	9	13	19-22
3	30	14	9	---	7	19-22
4	28	10	15	---	3	19-22
5	30	12	14	---	4	19-22

Toyota sisteminde, talep yükseldiğinde üretim hattına, derhal yeni işçiler alınarak ve her işçinin 10'dan daha az sayıda tezgahı çalıştırması sağlanarak tezgahların % 100 kapasite ile kullanımı gerçekleştirilecektir. Ancak bu noktada, üretim ortamında kullanılan tezgahların, deneyimi olmayan vasıfsız bir işçinin üç gün içinde öğrenip kullanabileceği şekilde seçilmiş olması önemli rol oynayacaktır. Montaj hatlarında ise, çevrim zamanları geçici işçi sayısını artırarak azaltılacak ve bu şekilde üretim miktarları arttırılabilecektir.

Talepteki kısa dönemli artışlar çalışma saatlerini artırarak başka bir anlatımla fazla mesai kullanılarak karşılanır. Bu amaçla daha çok vardiyalar arasındaki boş zamanların değerlendirilmesi yoluna gidilir ve bu şekilde kapasitede % 37.5 dolaylarında bir artış sağlanabilir. Ayrıca süreçlerde yapılacak iyileştirmeler ile artan talep dönemlerinde kullanılabilecek ilave kapasitenin oluşturulması her zaman için mümkündür.

Diğer taraftan talebin azalması durumunda adaptasyon daha zordur; ancak belirli önlemlerle bu sorun da çözümlenecektir. Bu durumda, imalat süreçlerinde bir işçinin kullandığı tezgah sayısı artırılarak geçici işçiler çıkarılacaktır. Montaj hatlarında ise azalan talebe orantılı olarak çevrim zamanları artırılacaktır. Ancak bu noktada boş kalan işgücünün nasıl kullanılacağı çok önemlidir. Toyota uygulamasında işgücünün düşük talep dönemlerinde stoğa üretim yapmasına izin verilmez. Böyle dönemlerde işçilerin boş durmasının, stoğa üretim yapmaktan daha az maliyetli olduğu kabul edilmektedir. Ancak düşük talep dönemlerinde boş kalan işçiler için genellikle çeşitli faaliyetler düzenlenir ve bu sürenin en verimli bir şekilde geçirilmesi sağlanır (Acar,1997b).

Bu uygulamada çekme sistemini kullanacak üretim sistemi mevcut talep ve yardımcı ekipman değişim zamanı altında müsaade edilen maksimum kuyruk uzunluğu 0 olmak şartıyla dengelenmiştir. Yukarıda bahsedilen bilgiler doğrultusunda her işçinin 10'dan daha az sayıda tezgahı çalıştırması sağlanarak, benzetim sonuçlarından elde edilen verilere göre aşağıdaki çizelgeler oluşturulmuştur.

Çizelge 8.5 Çekme sisteminde dönemler itibariyle talebe bağlı çevrim ve temin süresi değişimi

Dönem	Gün	Ortalama günlük talep (adet/gün)	σ	Çevrim süresi (dk)	Temin süresi (dk)	TSM
1	30	41	2.441	16.485	172.064	558
2	30	40	9.895	16.667	170.437	952
3	28	64	8.634	11.504	195.303	1199
4	28	72	0.995	10.739	206.332	1586
5	28	67	1.260	10.399	248.031	1680

Bu verilere göre;

Çizelge 8.6 Çekme sisteminde çalışma günü dağılımı

Dönem	Gün	Çalışma yok	2 vardiya (gün)	3 vardiya (gün)	Önerilen çalışan sayısı
1	30	---	29	1	3-4
2	30	---	28	2	3-4
3	28	---	28	---	4-5
4	28	---	28	---	4-5
5	28	1	21	6	4-5

Mevcut sistem Çizelge 8.4 'de görüldüğü dengeli bir çalışma süresiyle üretim yapmamakta stoğa üretim yapmakta daha sonra bu stoklardan talep karşılanmaktadır.

Çekme sisteminde ise gelen talep dengeli bir çalışma sağlanarak karşılanmaktadır. Çekme sisteminde hiç çalışılmayan gün yoktur.

Çizelge 8.7 Dönemler itibariyle, işlemlerin işçiler arasında dağılımı

Dönem	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	Tezgah Gruplarında çalışacak hesaplanan işçi sayısı *	Tezgah Gruplarında çalışacak önerilen işçi sayısı **
1	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 130, 140, 150-200, 210, 220, 230, 100	110, 240, 250, 260, 120	270, 280, 290	----	1. G: 3 2. G: 2 3. G: 1 Toplam : 6 kişi	1. G: 1 2. G: 1 3. G: 1 Toplam : 3 kişi
2	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 130, 140, 150-200, 210, 220, 230, 100	110, 240, 250, 260, 120	270, 280, 290	----	1. G: 3 2. G: 2 3. G: 1 Toplam : 6 kişi	1. G: 1 2. G: 1 3. G: 1 Toplam : 3 kişi
3	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 130, 140, 150-200, 210	100, 110, 220, 230, 240	250, 120, 260	270, 280, 290	1. G: 3 2. G: 2 3. G: 1 4. G: 1 Toplam : 7 kişi	1. G: 1 2. G: 1 3. G: 1 4. G: 1 Toplam : 4 kişi
4	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 130, 140, 150-200	100, 110, 210, 220, 230, 240	250, 120, 260	270, 280, 290	1. G: 3 2. G: 2 3. G: 1 4. G: 1 Toplam : 7 kişi	1. G: 1 2. G: 1 3. G: 1 4. G: 1 Toplam : 4 kişi
5	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 140, 150-200	100, 110, 130, 210, 220, 230, 240	250, 260	120, 270, 280, 290	1. G: 3 2. G: 2 3. G: 1 4. G: 1 Toplam : 7 kişi	1. G: 1 2. G: 1 3. G: 1 4. G: 1 Toplam : 4 kişi

* 90, 110, 240 numaralı işlemleri yapacak olan kaporta işçileri özel olarak yetişmiş elemanlardır. Bu yüzden bu bölümde iki eleman görevlendirilmesi zorunluluğu vardır,

** İyileştirme yapılarak (Çok yönlü eğitilmiş personel kullanılarak), azaltılmış eleman sayısı.

Çizelge 8.5' de benzetim sonuçlarından elde edilen verilere göre 1. dönem çevrim zamanı birim başına 16.485 dk. olarak bulunmuştur. Bu çevrim zamanına göre süreçte 6 işçi çalışmalıdır (Çizelge 8.7)

2. dönem çevrim zamanı birim başına 16.667 dk. olarak bulunmuştur. Bu çevrim zamanına göre çalışacak işçi sayısı aynıdır.

3. dönem çevrim zamanı birim başına 11.504 dk.' ya düşmüştür. Bu çevrim zamanına göre süreçte çalışacak işçi sayısı 7 dir.

4 ve 5 dönemlerde çevrim zamanları birim başına 10.739 ve 10.399 dk. dır. Bu çevrim zamanına göre süreçte çalışacak işçi sayısı 7 dır.

Sonuçlar toplu olarak Çizelge 8.7'de görölmektedir. Bu sonuçlar göstermiştir ki, üretim hattında azalan talebe orantılı olarak çevrim zamanı ve bir işçinin kullandığı tezgah sayısı artırılarak, grup sayısı azaltılacaktır.

Talep arttığı zaman ise çevrim zamanı ve bir işçinin kullandığı tezgah sayısı azaltılarak, grup sayısı arttırılacaktır.

Bu çalışmalarda temel hedef en az işçi sayısı ile talebi karşılayacak şekilde süreçlerin geliştirilmesidir.



9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çekme sisteminin amaçlarından biri, üretim miktarını arttırmayan fakat maliyeti yükselten tüm kayıpların önlenmesidir. Grup teknolojisi (GT), bir hücreden diğerine taşımayı, hazırlık zamanlarını, parti büyüklüklerini ve atölyede bulunan yarı mamul ve mamul depolama alanlarını azaltarak veya ortadan kaldırarak bu amaca yardım eder (Welke ve Overbeeke, 1988).

Çekme sisteminde üretim hücrelerinin dizaynı önemlidir. Hücresel yerleşim çalışanların bir takım gibi hücre içinde bir işten diğer işe kolayca hareket etmesine müsaade ederek, esnekliğe elverişli olmalıdır (Inman, 1994; Baudin, 1996). Hücre, istenen iş büyüklüğü ne dayanarak, değişik sayıda eleman tarafından işletilebilir. GT hücrelerinin yerleşim şekli çok önemlidir. İşlemin başladığı ve bittiği noktalar birbirine yakın olduğu için “U” veya “C” şeklindeki yerleşim en iyisidir. Malzeme hareketini ve yürümeyi en aza indirir, esneklik sağlar ve her biri ardı sıra gelen hareketleri ve çalışanlar arasındaki işbirliğini teşvik eder (Wantuck, 1991).

Bu tip yerleştirme sayesinde bir çekme sisteminin ihtiyacı olan, kayıpların önlenmesi, basitleştirme (kolaylaştırma) ve üretimin her seviyesinde düzgün bir iş akışı ve atölye yüklemesi sağlanır (Park, 1993).

Bu düzenin en önemli yanı, giriş ve çıkışın beraber olmasıdır. Talep değişikliğine göre çalışan işçi sayısının azaltılması veya arttırılması (tezgah sayısına kadar) esnekliğini sağlar. Alanın içindeki işçi sayısının azaltılması veya arttırılması ile, üretilen ürün sayısı arttırılıp azaltılabilir.

Kullanılan tezgahların büyük ve yüksek kapasiteli olması yerine, küçük ve esnek olması tercih edilir. Böylece her üretim merkezinde bir tane bulundurarak, gerekli üretimin gerektiğinde yapılması kolaylaşır, taşımak için vakit harcanması gerekmez. Amerika’da birçok firma çekme tipi üretim uygulamasına geçerken ellerindeki yüksek kapasiteli büyük tezgahlardan şikayetçi olmuşlardır.

Bu yerleşim sisteminden bir ürün çıktığı zaman, yeni bir parça içeri girer, bir ürünün bütün veya belli kısımlarını aynı işçi yaptığı için üretimdeki stok miktarı bu düzen içinde her zaman

sabittir. Her tezgahda belli stok olması, işçiler arasındaki çalışma yükü dengesizliğini de ortaya çıkaracağından, işlemde gelişmeler yapılabilir.

“U” düzeninde alanlar işçiler için düzenlenebilir. Sözelimi, bir işçi hem giren hem de çıkan ürünler üzerinde çalışabilir.

Belli iş bölgeleri oluşturmak, aynı türden işlerin aynı işçi tarafından yapılmasını sağladığı için avantajlı olacaktır. Mesela bir “U” düzeninin girişinde askıya yüklenen parça, çıkışta da indirilecekse; bu, iki benzer işin aynı kişi tarafından yapılmasını sağlayacağından, faydalı olacaktır (Monden, 1983).

Hücresele üretimin bazı ek avantajları da şunlardır:

1. Üretim hücresinde çalışan personel, her görev için çok yönlü eğitilmiş olmalıdır. Çok yönlü eğitilmiş personel, işletmede daha büyük esneklik sağlar (Inman, 1994).
2. Üretim oranı, hücredeki çalışan sayısı ile ayarlanabilir. Hücrede tam kapasite üç kişiyle elde edilebiliyorsa, daha düşük üretim düzeylerine iki ya da bir kişiyle bile ulaşılabilir. Böylece, atölyedeki iş yükünü dengelemek kolaylaşır; çünkü üretim oranı, çalışanları bir hücreden diğerine hareket ettirmekle kolayca ayarlanabilir (Wantuck, 1991).
3. Bir üretim hücresi, hücre personelinin ürün kalitesinden sorumlu olmasıyla, bir sorumluluk merkezine dönüştürülebilir. Üretim kontrolü, işlemin bir parçası haline gelir; çünkü kalitenin sağlanması, üretimi yapan kişilerin sorumluluğudur.
4. Kalite problemleri çok erken belirlenir, çünkü hücredeki bir parça tamamlanır tamamlanmaz ikinci basamağa geçirilir. Eğer ikinci basamak bir kalite problemi belirlerse, hücre durdurulup problem çözülebilir. Geleneksel yaklaşım, tüm yığın imal edilene kadar kalite problemlerini belirlemez; bu kusur, daha yüksek israf oranlarına götürür.
5. Üretim hücreleri, üretim faaliyetlerine göre organize olmuş fabrikalardan daha az yer kaplar. Bu yer tasarrufu, stok azaldığından da artar; yarı yarıya azaltılmış süreç içi stok, atölyedeki yerinin yarısını kaplayacaktır.

Hücresel üretime başlarken, bazı engellerin aşılması gerekir;

1. Bazı tezgahlar, kir, gürültü, titreşim ve özel tesisat ihtiyacı (elektrik kaynağı, havalandırma, vb. problemleri gibi) yüzünden diğer tezgahlar ile gruplandırılmazlar. Daha uzun dönemde, hücresel üretim uyarlanabilen tezgahlar satın alınabilir. Özel tesisat gerektirmeyen daha küçük ve daha esnek tezgahlar, daha büyük ve uzmanlaşmış tezgahların yerini alabilir.
2. Atölye yerleşimini yeniden düzenlemek, ana görevdir ve bazı üretim teçhizatını hareket ettirmek çok güçtür. Hücre yaklaşımına en uygun endüstri, hafif montajdır; çünkü teçhizat oldukça hareketlidir ve işler kolaylıkla öğrenilebilir.
3. Grup içerisinde tezgah kullanımı düşük olabilir, çünkü ekipmanlar %100 zaman için planlanmamıştır. Çekme sisteminin temellerinden biri, sadece ihtiyaç duyulan şeyin yapılmasıdır. Parti boyutu küçüktür, stok düşüktür ve üretim müşteri taleplerine uyar. Boşta bekleyen bir tezgaha sahip olmak, gereksiz üretim yapılmasından daha iyidir. Tezgah kullanımını en iyi hale getirmek, çekme sistemi üretimin amacı değildir. Tezgah yüksek etkinlik ve maliyet iyileşmesi gösterse bile (yüksek kullanımda), bununla ilgilenilmez. Çekme sistemi, düşük stok, dengelenmiş üretim ve kalite güvencesiyle ilgilenir (Maskell, 1989).

Gerçek bir üretim ortamı ve verileriyle yapılan bu çalışmanın sonuçları yardımcı ekipman değişim zamanları düşük seviyede tutulabildiği veya daha alty seviyeye düşürülebildiği sürece çekme sisteminin en ekonomik üretim yönetim tekniği olduğunu gösterir.

İtme sisteminde ise temin süreleri ve toplam stok maliyetinin emniyet stoğundaki ve talepteki artışla beraber hemen hemen sabit bir şekilde arttığını gösterir.

Talep dalgalanması bir dışsal faktör olduğundan kontrol altında tutulamaz. Bununla birlikte, veriler talep dalgalanması yüksek olduğunda eğer küçük emniyet stok miktarları seçilirse, itme tipi üretim sistemin daha iyi sonuç verdiğini gösterir.

Bu çalışma mevcut üretim sisteminin tek kart kanban sistemi kullanan çekme sistemine geçtiği zamanki davranışını incelemek için yapılmıştır. Çift kart kanban sisteminin seçilen

değişik faktör seviyeleri altında tek kart kanban sisteminden farklı işleyip işlemediğini belirlemek bir araştırma konusu olabilir.

Farklı bir çalışma, bu üretim yönetim teknikleri içerisine itme ve çekme sistemleri arasında bir köprü olarak düşünülen Optimum Üretim Tekniği (OÜT) dahil edilerek de yapılabilir.

Toyota ortamında, üretimin değişken talep koşullarına uyumlandırılma süreci üretim dengeleme (production smoothing) olarak tanımlanır. Üretim dengeleme süreci sonunda, bir üretim hattının, tek tip bir ürünün yüksek hacimlerde üretimine ayrılması söz konusu olamaz. Tam tersine, üretim hatlarının talepteki değişmelere uyumlu olarak, aynı gün içinde çeşitli ürün tiplerini ufak miktarlarda üretebilecek şekilde düzenlenmesi gereklidir.

Yukarıda ki değerlendirmeden şu soru ortaya çıkar. Talep dalgalanmasının sistemin performansını etkilememesi için çekme sistemi tarafından üretilecek ürünlerin sayısı kaç olmalı, bir başka deyişle, sistemin başarılı olması için çekme sistemi üretim hattında kaç farklı ürün hangi sırada üretilmelidir ?

KAYNAKLAR

- Adair, H.C., (1991), *The Human Side of Just-In-Time: How to Make the Techniques Really Work*, Amocom, New York.
- Adam, E.E., ve Ebert, R.J., (1992), *Production and Operations Management*, Fifth Edition, Prentice-Hall: 567-571.
- Albino, V., Carella, G., ve Okogbaa, O.G., (1992), "Maintenance Policies in Just-In-Time Manufacturing Techniques", *International Journal of Production Research*, Vol.30, No.2: 369-382.
- Ansari, A., ve Modarress, B., (1990), *Just-In-Time Purchasing*, The Free Press, New York.
- Ansari, A., ve Modarress, B., (1995), "Wireless Kanban", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter: 60-64.
- Anwar, M.F., ve Nagi, R., (1997), "Integrated Lot-Sizing and Scheduling for Just-In-Time Production of Complex Assemblies With Fine Set-Ups", *International Journal of Production Research*, Vol.35, No.5: 1447-1470.
- Arnaldo, H., (1989), *Just-In-Time Manufacturing - A Practical Approach*, Prentice Hall, Inc.: 123-143.
- Arogyaswamy, B., ve Simmons, R.P., (1991), "Thriving on Interdependence: The Key to Jit Implementation", *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter: 56-60.
- Bandyopadhyay, J.K., (1990), "Product Design to Facilitate Jit Production", *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter: 71-76.
- Baudin, M., (1996), "Supporting Jit Production With The Best Wage System", *IIE Solutions*, February: 30-35.
- Benson, A.J., (1989), "Controlling Material Movement With An Automated Pick-List Subsystem", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 35-39.
- Bermudez, J., (1991), "Using MRP System to Implement JIT in Continuous Improvement Effort", *Industrial Engineering*, November : 37-38.
- Billesbach, T., (1991), "Implementation of Jit in The United States", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 1-4.
- Billesbach, T.J., ve Schniederjans, M.J., (1989), "Applicability of Just-In-Time Techniques in Administration", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 40-44.
- Bockerstette, J.A., (1988), "Misconceptions Abound Concerning Just-In-Time Operating Philosophy", *Industrial Engineering*, September: 54-58.
- Bose, G.J., ve Rao, A., (1988), "Implementing JIT With MRP II Creates Hybrid Manufacturing Environment", *Industrial Engineering*, September: 49-53.

Brown, J., Harhen, J., ve Shivnan, J., (1988), *Production Management Systems*, Addison-Wesley Publishing, Inc., GB.

Buffa, E.S., (1983), *Modern Production / Operations Management*, John Wiley & Sons, Los Angeles: 371-374.

Bukey, A., ve Davies, B., (1991), "Sequenced Delivery: A True Application of Just-In-Time", *Industrial Engineering*, December: 25-27.

Chapman, S., (1990), "Schedule Stability and The Implementation of Just In Time", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 66-70.

Chin, L., ve Rafuse, B.A., (1993), "A Small Manufacturer Adds Jit Techniques to MRP", *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter: 18-21.

Chu, C.H., ve Shih, W.L., (1992), "Simulation Studies in JIT Production", *International Journal of Production Research*, Vol.30, No.11: 2573-2586.

Clouse, V.G.H., ve Gupta, Y.P., (1990), "Just-In-Time and The Trucking Industry: Implications of The Motor Carrier Act", *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter: 7-12.

Co, H.C., ve Jacobson, S.H., (1994), "The Kanban Assignment Problem in Serial Just-In-Time Production Systems", *IIE Transactions*, March: 76-80.

Crawford, K.M., ve Cox, J.F., (1991), "Addressing Manufacturing Problems Through The Implementation of Just-In-Time", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter: 33-36.

Deleersnyder, M.H., Hodgson, T.J., Muler, H., ve O'Grady, P., (1989), "Kanban Controlled Pull Systems", *Management Science*, No.9, September: 1079-1091.

Deshpande, S.P., ve Golhar, D.Y., (1995), "HRM Practices in Canadian Jit Manufacturing Firms", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter: 15-19.

Dicasali, R.L., (1986), "Job Shop can Use Repetitive Manufacturing Methods to Facilitate Just-In-Time Production", *Industrial Engineering*, June: 48-52.

Ding, F.Y., (1992), "Kitting in Jit Production: A Kitting Project at a Tractor Plant", *Industrial Engineering*, September: 42-43.

Ding, F.Y., ve Puvitharan, B., (1990), "Kitting in Just-In-Time Production", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 25-28.

Edward, D.K., Edgell, R.C., ve Richa, C.E., (1993), "Standard Operations – Key to Continuous Improvement in A Just In Time Manufacturing System", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 7-13.

Fawcett, S.E., ve Birou L.M., (1993), "Just-In-Time Sourcing Techniques", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter: 18-24.

Finch, B.J., ve Cox, J.F., (1986), "An Examination of Just-In-time Management for The Small Manufacturer: With An Illustration", *International Journal of Production Research*, Vol.24, No.2: 329-342.

Flapper, S.D.P., Miltenburg, G.J., ve Wijgaard, J., (1991), "Embedding JIT Into MRP", *International Journal of Production Research*, Vol.29, No.2: 329-341.

Forbes, R.S., Jones, D.F., ve Marty, S.T., (1989), "Managerial Accounting and Vendor Relations for Jit : A Case Study", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter: 76-81.

Fox, K.A., (1984), "MRP II Providing A Natural 'Hub' for Computer Integrated Manufacturing System", *Industrial Engineering*, October: 44-50.

Freeland, J.R., (1991), "A Survey of Just-In-Time Purchasing Practices in The United States", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 43-49.

Gaither, N., (1992), *Production and Operation Management*, Fifth Edition, HBJ Publisher, USA.

Gilbert, J.P., (1990), "The State of JIT Implementation and Development in The USA", *International Journal of Production Research*, Vol.28, No.6: 1099-1109.

Giunipero, L.C., ve Law, W.K., (1990), "Organisational Changes and Jit Implementation", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 71-73.

Golhar, D.Y., Stamm, C.L., ve Smith W.P., (1990), "Jit Implementation In Small Manufacturing Firms", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 44-48.

Golhar, D.Y., ve Deshpande, S.P., (1993), "An Empirical Investigation of HRM Practices in Jit Firms", *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter: 28-31.

Golhar, D.Y., ve Stamm, C.L., (1991), "The Just-In-Time Philosophy: A Literature Review", *International Journal of Production Research*, Vol.29, No.4: 657-676.

Golhar, D.Y., ve Stamm, C.L., (1993), "Jit Purchasing Practices in Manufacturing Firms", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 75-79.

Gottesman, K., (1991), "JIT Manufacturing is More Than Inventory Programs and Delivery Schedules", *Industrial Engineering*, May: 19-22.

Groover, M.P., (1987), *Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*, Prentice-Hall. Inc., USA.

Harris, E., (1990), "The Impact of Jit Production on Product Costing Information Systems", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter: 44-48.

Harrison, A., (1992), *Just-In-Time Manufacturing in Perspective*, Prentice Hall, Inc., UK.

Hay, E.J., (1988), *The Just-In-Time Breakthrough*, John Wily & Sons, Inc., USA.

Heiko, L., (1989), "A Simple Frame Work for Understanding Jit", Production and Inventory Management Journal, Fourth Quarter: 61-63.

Helms, M., (1990), "Communication: The Key to Jit Success", Production and Inventory Management Journal, Second Quarter: 18-21.

Henderson, I., (1990), "MRP-II and JIT- Friends or Foes ?", CAD/CAM'90 Conference Proceedings, 27-29 March, The Strathclyde Institute Ltd., Birmingham: 143-150.

Henderson, R., ve Kiran, A.S., (1993), "Kitting Elimination Supports Just-In-Time Principles", Industrial Engineering, March: 46-48.

Hohner, G., (1988), "JIT/TQC: Integrating Product Design With Shop Floor Effectiveness", Industrial Engineering, September: 42-46.

Hong, J.D., Hayya, J.C., ve Kim, S.L., (1992), "JIT Purchasing and Set Up Reduction in An Integrated Inventory Model", International Journal of Production Research, Vol.30, No.2: 255-266.

Hung, J.S., Fun, Y.P., ve Li, C.C., (1995), "Inventory Management in The Consignment System", Production and Inventory Management Journal, Fourth Quarter: 1-6.

Hutchins, D., (1989), Just-In-Time , Grower Technical Press, England.

Hyde, R.A., Gempesaw II, C.M., ve Sundaresan, I., (1994), "Procurement Policies in The U.S. Broiler Industry: Shall We Call Them Jit ?", Production and Inventory Management Journal, Second Quarter: 11-15.

Im, J.H., Hartman, S., ve Bondi, P., (1994), "How Do Jit Systems Affect Human Resource Management ?", Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 1-4.

Inman, R.A., (1990), "Quality Certification of Suppliers by Jit Manufacturing Firms", Production and Inventory Management Journal, Second Quarter: 58-61.

Inman, R.A., (1994), "Using Group Technology in Jit Firms: Comparing Small and Large Manufacturers", Industrial Management, Vol.36, No.5, September/October: 31-32.

Inman, R.A., ve Mehra, S., (1989), "Potential Union Conflict in Jit Implementation", Production and Inventory Management Journal, Fourth Quarter: 19-21.

Inman, R.A., ve Bulfin, R.L., (1991), "Sequencing JIT Mixed-Model Assembly Lines", Management Science, Vol.37, No.7 : 901-904.

Jacobs, F.R., (1984), "OPT Uncovered: Many Production Systems and Scheduling Concepts can be Applied With or Without The Software", Industrial Engineering, October: 32-41.

Johnston, S.K., (1989), "Jit: Maximising Its Success Potential", Production and Inventory Management Journal, First Quarter: 82-86.

Jones, G., (1990), Optimised Production Technology, IFS Publication, UK.

- Kabaş, E., (1998), "MRP' den ERP' ye", Makina Magazin Dergisi, Şubat, 89-90.
- Kamenetzsky, R.D., (1985), "Succesful MRP-II Implementation can be Coplmented by Smart Scheduling, Sequencing System", Industrial Engineering, October: 44-52.
- Keane, P.T., ve King, J.P., (1990), Failing in The Factory: A Shop Floor Perspective on Correcting American's Misunderstanding and Misuse of Just-In-Time , Brown House Communications, USA.
- Keaton, M., (1995), "A New Look at The Kanban Production Control system", Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 71-78.
- Keys, D.E., (1991), "Five Critical Barriers to Successful Implementation of Jit and Total Quality Control", Industrial Engineering, January: 22-24.
- Kim, G.C., ve Schniederjans, M.J., (1990), "An Evaluation of Computed-Integrated Just-In-Time Production Systems", Production and Inventory Management Journal, First Quarter: 4-6.
- Kimball, H., (1987), "Just-In-Time: Meeting The Competitive Challenge", Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 11-16.
- Kimura, O., ve Terada, H., (1981), " Design and Analysis of Pull System, A Method of Multi-Stage production Control", International Journal of Production Research, Vol.19, No.3: 241-253.
- Kobu, B., (1996), Üretim Yönetimi, Avcıol Basım -Yayın, Dokuzuncu Baskı, İstanbul.
- Krajewski, L.J., King, B.E., Ritzman, L.P., ve Wong, D.S., (1987), "Kanban, MRP, and Shaping The Manufacturing Environment", Management Science, Vol.33, No.1, January: 39-57.
- Krajewski, L.J., Ritzman, B., (1993), Opreration Management Strategy and Analysis, Addison-Wesley Publishing Company, USA.
- Kupanyhy, L., (1995), "Classification of Jit Techniques and Their Implications", Industrial Engineering, February: 62-67.
- Lamb, G., (1996), "The Missing Player in Manufacturing Competitiveness", Industrial Engineering, January: 35-40.
- Lawrence, J.J., ve Deshpande, S.P., (1993), "Jit Manufacturing in Mexico", Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 31-35.
- Lockamy, A., ve Cox, J.F., (1991), "Using V-A-T Analysis for Determining The Priority and Location of JIT Manufacturing Techniques", International Journal of Production Research, Vol.29, No.8: 1661-1672.
- Lu, D.J., (1989), Kanban /Just-In-Time at Toyota, Productivity Press, Inc., Cambridge.
- Lubben, R.T., (1988), Just-In-Time Manufacturing, Mc Graw Hill Int. Editions, USA.

- Macbeth, D.K., Baxter, L.F., Ferguson, N., ve Neil, G.C., (1988), "Buyer-Vendor Relationships With Just-In-Time: Lessons From U.S. Multinationals", *Industrial Engineering*, September: 38-41.
- Maskell, B.H., (1989), *Just-In-Time : Implementing The New Strategy*, Hitchcock Publishing, USA.
- Mejabi, O., ve Wasserman, G.S., (1992a), "Basic Concepts of JIT Modelling", *International Journal of Production Research*, Vol.30, No.1: 141-149.
- Mejabi, O., ve Wasserman, G.S., (1992b), "Simulation Constructs for JIT Modelling", *International Journal of Production Research*, Vol.30, No.5: 1119-1135.
- Miltenburg, G.J., (1990), "Changing MRP's Costing Procedures to Suit Jit", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 77-83.
- Miltenburg, G.J., ve Wijngaard, J., (1991), "Designing and Phasing in Just-In-Time Production Systems", *International Journal of Production Research*, Vol.29, No.1: 115-131.
- Mitra, D., ve Mitrani, I., (1990), "Analysis of A Kanban Discipline for Cell Co-ordination in Production Lines", *Management Science*, Vol.36. No.12, December: 1548-1566.
- Monden, Y., (1983), *Toyota Production System - Practical Approach to Production Management*, IIE Press, Georgia.
- Montagno, R.V., Ahmed, N.U., ve Firenze, R.J., (1995), "Perceptions of Operations Strategies and Technologies in U.S. Manufacturing Firms", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 22-27.
- Moore, S.W., (1988), "The Evolution of Just-In-Time Environment at Northern Telecom Inc.'s Customer Service Centre", *Industrial Engineering*, September: 60-63.
- Natarajan, R., ve Winrauch, J.D., (1990), "Jit and The Marketing Interface", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 42-46.
- Nesime, A., (1997a), *Malzeme İhtiyaç Planlaması*, MPM: 323, Ankara.
- Nesime, A., (1997b), *Tam Zamanında Üretim*, MPM: 542, Ankara.
- Norris, D.M., Swanson, R.D., ve Chu, Y.L., (1994), "Just-In-Time Production System", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 63-66.
- O'Grady, P.J., (1988), *Putting The Just-In-Time Philosophy Into Practice: A Strategy For Production*, Billing and Son Ltd., GB.
- Oceña, L.G., ve Yokota, T., (1991), "Modelling of An Automated Guided Vehicle System (AGVS) in A Just-In-Time (JIT) Environment", *International Journal of Production Research*, Vol.29, No.3: 495-511.
- Ohno, T., ve Mito, S., (1988), *Just-In-Time for Today and Tomorrow*, Productivity Press, Connecticut.

- Orth, D., Hybil, R., ve Korzan, D., (1990), "Analysis of A Jit Implementation at Dover Corporation", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 79-82.
- Özkok ,B., (1997), "İşletmelerde MRP II Uygulamaları", *Mühendis ve Makina Dergisi*, Sayı: 454, 43-45.
- Park, P.S., (1993), "Uniform Plant Loading Through Level Production", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 12-17.
- Payne, T., (1991), "ACME Manufacturing: A Case Study in Implementation", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 82-86.
- Pegden, C.D., (1983), *Introduction to SIMAN Systems Modelling Corporation*, State College, PA,
- Plenert, G., (1990), "Three Differing Concept of Jit", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 1-2.
- Plenert, G., ve Best, T.D., (1986), "MRP, JIT and OPT: What's Best ?", *Production and Inventory Management*, Vol.27: 22-29.
- Ptak, C.A., (1991), "MRP, MRP II, OPT, JIT and CIM- Succession, Evolution, or Necessary Combination", *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter: 7-11.
- Ramasesh, R.V., (1990), "Recasting The traditional Inventory Model to Implement Just in Time Purchasing", *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter: 71-75.
- Ramesh, R., Prasad, S.Y., ve Thirumuthy, M.V., (1997), "Flow Control in Kanban Based Multicell Manufacturing", *International Journal of Production Research*, Vol.35, No.8: 2327-2342.
- Ramsey, M.L., Brown, S., ve Tabibzadeh, K., (1990), "Push, Pull and Squeeze Shop Floor Control With Computer Simulation", *Industrial Engineering*, February: 54-65.
- Rao, A., (1989), "A survey of MRP-II Software Suppliers' Trends in Support of Just-In-Time", *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter: 14-17.
- Romero, B., (1991), "The Other Side of Jit in Supply Management", *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter: 1-2.
- Rona, N., (1994), "Üretim Kaynakları Planlaması (MRP II) Uygulamalarında PC Kullanımı", *Otomasyon Dergisi*, Şubat, 88-89.
- Sandras, W.A., (1989), *Just-In-Time : Making It Happen*, Oliver Wight Limited Publications, USA.
- Savsar, M., (1996), "Effects of Kanban Withdrawal Policies and Other Factors on The Performance of JIT Systems-A Simulation Study", *International Journal of Production Research*, Vol.34, No.10: 2879-2899.
- Scanzon, L., (1989), "JIT Theory Goes on Lines at Sundstrand Data Control", *Industrial Engineering*, August: 31-34.

Schniederjans, M.J., (1993), Topics in Just-In-Time Management, Allyn and Bacon, Massachusetts.

Schonberger, R.J., (1984), "Just-In-Time Production Systems: Replacing Complexity With Simplicity in Manufacturing Management", Industrial Engineering, October: 52-63.

Schroer, B.J., vd., (1984), "Microcomputer Analyses 2-Card Kanban System For 'Just-In-Time' Small Batch Production", Industrial Engineering, 54-65.

Shin, D., ve Min, H., (1993), "A Line-Stop Strategy For The JIT/TOC Production System", Production and Inventory Management Journal, Second Quarter: 43-47.

Soysal, A., (1989), "İmalat Kaynakları Planlaması", Yöneylem Araştırması Bildiriler'89, Bilkent Üniversitesi, Ankara: 187-192.

Spencer, M.S., Daugherty, P.J., ve Rogers, D.S., (1994), "Towards A Deeper Understanding of Jit, Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 23-28.

Sumichrast, R.T., Russel, R.S., ve Taylor, B.W., (1992), "A Comparative Analysis of Sequencing Procedures for Mixed-Model Assembly Lines in A Just-In-Time Production System", International Journal of Production Research, Vol.30, No.1: 199-214.

Sümen, H.,(1996a), "Bilgisayar Bütünleşik Üretim ve Kavramsal MRP II", Üretim Kaynakları Planlaması Semineri, TMMOB, İstanbul.

Sümen, H.,(1996b), "MRP II ve MRP ", Üretim Kaynakları Planlaması Semineri, TMMOB, İstanbul.

Swann, D., (1984), "Execution in The Key to Success of Any System for Manufacturing Material Flow Control", Industrial Engineering, October: 26-31.

Temponi, C., ve Pandya, S., (1995), "Implementation of Two Jit Elements in Small – Sized Manufacturing Firms", Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 23-29.

Terry, L., Susan, A., (1992), MRP, Integrating Material Requirements Planing and Modern Business,USA.

Titone, R., (1996), "Moving Beyond Jit to Logistics Planning", IIE Solutions, February: 22-24.

Ulusoy, G., (1991), "Bilgisayar Destekli Üretim Planlama ve Kontrol", CIM Bilgisayar Tümüleşik Üretim Seminer Notları, TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 21-25 Ocak, İstanbul: 180-217.

Vickery, S.K., (1989), "International Sourcing: Implications for Just-In-Time Manufacturing", Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 66-71.

Villeda, R., Dudek, R., ve Smith, L.M., (1988), "Increasing The Production Rate of A Just-In-Time Production System With Variable Operation Times", International Journal of Production Research, Vol.26, No.11: 1749-1768.

Vollman, T.E., Berry, W.L., ve Whybark, D.C., (1988), Manufacturing Planning and Control Systems, Dow Jones-Irwin Publishing, Illinois: 240-295.

Vora, J.A., Saraph, J.V., ve Petersen, D.L., (1990), "Jit Implementation Practices", Production and Inventory Management Journal, Third Quarter: 57-59.

Voss, C., ve Clutterbuck, D., (1989), Just-In-Time : A Global Status Report, IFS Publications, USA.

Wantuck, K.A., (1989), Just-In-Time for America: A Common Sense Production Strategy, KWA Media, Michigan.

Welke, H.A., ve Overbeeke, J., (1988), "Cellular Manufacturing: A Good Technique for Implementing Just-In-Time Production and Total Quality Control", Industrial Engineering, November: 36-41.

White, R.E., (1993), "An Empirical Assessment of Jit in U.S. Manufacturers", Production and Inventory Management Journal, Second Quarter: 38-42.

Wight, O., (1984), Manufacturing Resource Planning: MRP II, Wight Limited Publications, Inc., USA.

Willis, T.H., Huston, C.R., ve Pohlkamp, F., (1993), "Evaluation Measures of Just-In-Time Supplier Performance", Production and Inventory Management Journal, Second Quarter: 1-5.

Willis, T.H., ve Suter, C.W., (1989), "The Five M's of Manufacturing: A Jit Conversion Life Cycle", Production and Inventory Management Journal, First Quarter: 53-56.

Woodgate, H.S., (1990), "MRP III: Shortening Manufacturing Lead Times", CAD/CAM'90 Conference Proceedings, 27-29 March, The Strathclyde Institute Ltd., Birmingham: 318-336.

Zangwill, W.I., (1987a), "Eliminating Inventory in Series Facility Production System", Management Science, Vol.33, No.9, September: 1150-1165.

Zangwill, W.I., (1987b), "From EOQ Towards ZI", Management Science, Vol.33, No.10, September: 1209-1223.

---, (1992), Tam Zamanında Üretim (Just - In -Time Production), Koç Holding A.Ş. , Malzeme Koordinatörlüğü .

EKLER**EK-1 STATGRAPHICS (Statistical Graphics Corp. Version: 2.1) Paket Programı Kullanılarak Verilen Uygunluk Test Sonuçları (10 ve 20. Operasyonlar için).**

Variable: OP10.SAMPLES

Sample size	65
Average	0.489158
Median	0.486273
Mode	0.486273
Geometric mean	0.474574
Variance	0.0136899
Standard deviation	0.117004
Standard error	0.0145126
Minimum	0.261084
Maximum	0.739934
Range	0.47885
Lower quartile	0.393934
Upper quartile	0.57789
Interquartile range	0.183956
Skewness	-0.0303369
Standardized skewness	-0.0998509
Kurtosis	-0.748017
Standardized kurtosis	-1.23101

Frequency Tabulation

Lower Class	Upper Limit	Limit	Midpoint	Relative Frequency	Cumulative Frequency	Cum. Rel. Frequency	Rel. Frequency
at or below		.260		0	.0000	0	.0000
1	.260	.308	.284	3	.0462	3	.0462
2	.308	.356	.332	7	.1077	10	.1538
3	.356	.404	.380	10	.1538	20	.3077
4	.404	.452	.428	4	.0615	24	.3692
5	.452	.500	.476	10	.1538	34	.5231
6	.500	.548	.524	6	.0923	40	.6154
7	.548	.596	.572	9	.1385	49	.7538
8	.596	.644	.620	12	.1846	61	.9385
9	.644	.692	.668	1	.0154	62	.9538
10	.692	.740	.716	3	.0462	65	1.0000
above	.740			0	.0000	65	1.0000

Mean = 0.489158 Standard Deviation = 0.117004 Median = 0.486273

Chisquare Test

Lower	Upper Limit	Observed Limit	Expected Frequency	Frequency	Chisquare
at or below		.339	7	6	.0427
	.339	.392	9	7	.8179
	.392	.444	8	10	.2786
	.444	.471	4	6	.4620
	.471	.497	5	6	.1140
	.497	.523	6	6	.0128
	.523	.549	1	5	3.5541
	.549	.602	12	9	1.1345
	.602	.655	9	6	1.8166
above	.655		4	5	.2385

Chisquare = 8.47172 with 7 d.f. Sig. level = 0.292839

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.0758933

Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.089497

Estimated overall statistic DN = 0.089497

Approximate significance level = 0.999734

Variable: OP20.SAMPLES

Sample size	55
Average	0.673897
Median	0.670526
Mode	0.670526
Geometric mean	0.6568
Variance	0.0221898
Standard deviation	0.148962
Standard error	0.0200861
Minimum	0.338696
Maximum	0.976066
Range	0.637371
Lower quartile	0.565429
Upper quartile	0.781601
Interquartile range	0.216172
Skewness	-0.0430457
Standardized skewness	-0.130327
Kurtosis	-0.596587
Standardized kurtosis	-0.903128

Frequency Tabulation

Lower Class	Upper Limit	Limit	Midpoint	Relative Frequency	Cumulative Frequency	Cum. Rel. Frequency	Rel. Frequency
at or below		.330		0	.0000	0	.0000
1	.330	.419	.374	2	.0364	2	.0364
2	.419	.508	.463	6	.1091	8	.1455
3	.508	.597	.552	10	.1818	18	.3273
4	.597	.686	.641	11	.2000	29	.5273
5	.686	.774	.730	12	.2182	41	.7455
6	.774	.863	.819	7	.1273	48	.8727
7	.863	.952	.908	6	.1091	54	.9818
8	.952	1.041	.997	1	.0182	55	1.0000
9	1.041	1.130	1.086	0	.0000	55	1.0000
above	1.130			0	.0000	55	1.0000

Mean = 0.673897 Standard Deviation = 0.148962 Median = 0.670526

Chisquare Test

Lower Class	Upper Limit	Observed Limit	Expected Frequency	Frequency	Chisquare
at or below		.508	8	7	.0709
	.508	.597	10	9	.0477
	.597	.641	4	6	.7204
	.641	.686	7	7	.0374
	.686	.730	7	6	.0650
	.730	.774	5	6	.0828
	.774	.863	7	8	.1611
above	.863		7	6	.3525

Chisquare = 1.53798 with 5 d.f. Sig. level = 0.908646

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS = 0.0432764
 Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.0635077
 Estimated overall statistic DN = 0.0635077
 Approximate significance level = 1

EK-2 Çekme Sistemi Benzetim Sonuçları (Mevcut durum)

SIMAN Summary Report

Run Number 1 of 1

Project: TZU
Analyst: BG
Date : 10/17/1998

Run ended at time .1042E+06

Tally Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1 TEMIN SURESI	206.51000	89.80619	52.07422	681.39060	8145
2 KALAN STOK	23.17361	11.03227	-61.00000	77.00000	144
3 ELDE OLAN	23.76224	8.50431	2.00000	77.00000	143
4 ELDE OLMAYAN	-61.00000	.00000	-61.00000	-61.00000	1
5 TALEP D.	56.40972	14.94344	34.00000	73.00000	144
6 CEVRIM SURESI	12.62712	45.60080	2.18750	699.46290	8113
7 CALISMA YOK	.00000	.00000	.00000	.00000	0
8 IKI VARDIYA	696.49570	174.34810	13.25781	959.97660	131
9 UC VARDIYA	970.40	10.73	961.48	1003.38	13
10 KUYRUK SURESI	195.57150	90.41455	44.03516	672.87500	8145
11 STOK MALIYETI	3039.23	2097.00	45.89	7024.26	144

Discrete Change Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1 T80	.11	.31	.00	1.00	104231.20
2 T170	.05	.22	.00	1.00	104231.20
3 T210	.08	.27	.00	1.00	104231.20
4 T240	.37	.81	.00	3.00	104231.20
5 T260	.34	.68	.00	4.00	104231.20
6 T290	.19	.56	.00	4.00	104231.20

Counters

Number Identifier	Count	Limit
1 G.TALEP	8123	Infinite
2 TOP.TALEP	144	144
3 KARS.TALEP	144	Infinite
4 KARS.MIKTAR	8062	Infinite
5 KARSILANMAYAN T.	1	Infinite
6 KARS.MIKTAR	-61	Infinite
7 TALEBIN	1	Infinite
8 KARSILANAN	10	Infinite
9 KARSILANMAYAN	-61	Infinite
10 KALAN STOK	22	Infinite

Run Time : 35 Second(s)

SIMAN Summary Report

Run Number 1 of 5

Project: TZU
 Analyst: BG
 Date : 10/17/1998

Run ended at time .2085E+05

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	TEMİN SURESI	172.06380	60.34067	53.02295	295.45410	1264
2	KALAN STOK	19.93333	2.39156	13.00000	24.00000	30
3	ELDE OLAN	19.93333	2.39156	13.00000	24.00000	30
4	ELDE OLMAYAN	.00000	.00000	.00000	.00000	0
5	TALEP D.	41.20000	2.44103	34.00000	42.00000	30
6	CEVRİM SURESI	16.48561	61.68264	2.83691	645.37300	1254
7	CALISMA YOK	.00000	.00000	.00000	.00000	0
8	İKİ VARDIYA	678.37590	221.58600	369.48830	946.30080	29
9	UC VARDIYA	973.70700	.00000	973.70700	973.70700	1
10	KUYRUK SURESI	160.49920	60.55479	44.03516	286.56740	1264
11	STOK MALİYETİ	557.96	310.51	45.89	1050.09	30

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	T80	.11	.31	.00	1.00	20846.00
2	T170	.04	.21	.00	1.00	20846.00
3	T210	.08	.28	.00	1.00	20846.00
4	T240	.35	.82	.00	3.00	20846.00
5	T260	.30	.67	.00	4.00	20846.00
6	T290	.17	.56	.00	4.00	20846.00

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	G.TALEP	1236	Infinite
2	TOP.TALEP	30	144
3	KARS.TALEP	30	Infinite
4	KARS.MIKTAR	1236	Infinite
5	KARSILANMAYAN T.	0	Infinite
6	KARS.MIKTAR	0	Infinite
7	TALEBİN	0	Infinite
8	KARSILANAN	0	Infinite
9	KARSILANMAYAN	0	Infinite
10	KALAN STOK	28	Infinite

Run Time : 6 Second(s)

SIMAN Summary Report

Run Number 2 of 5

Project: TZU
 Analyst: BG
 Date : 10/17/1998

Run ended at time .4169E+05

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	TEMIN SURESI	170.43710	58.71574	53.50586	284.29300	1245
2	KALAN STOK	18.56667	3.16972	13.00000	25.00000	30
3	ELDE OLAN	18.56667	3.16972	13.00000	25.00000	30
4	ELDE OLMAYAN	.00000	.00000	.00000	.00000	0
5	TALEP D.	39.86666	9.89508	34.00000	56.00000	30
6	CEVRIM SURESI	16.66658	61.68625	2.64063	698.77150	1243
7	CALISMA YOK	.00000	.00000	.00000	.00000	0
8	IKI VARDIYA	651.00160	187.44670	321.84180	937.33200	28
9	UC VARDIYA	968.74220	11.87006	960.34960	977.13480	2
10	KUYRUK SURESI	158.90090	59.20515	44.63281	275.45120	1245
11	STOK MALIYETI	1509.86	281.59	1070.86	2029.95	30

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	T80	.10	.30	.00	1.00	20846.00
2	T170	.04	.20	.00	1.00	20846.00
3	T210	.08	.27	.00	1.00	20846.00
4	T240	.33	.78	.00	3.00	20846.00
5	T260	.30	.69	.00	4.00	20846.00
6	T290	.19	.59	.00	4.00	20846.00

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	G.TALEP	1196	Infinite
2	TOP.TALEP	30	144
3	KARS.TALEP	30	Infinite
4	KARS.MIKTAR	1196	Infinite
5	KARSILANMAYAN T.	0	Infinite
6	KARS.MIKTAR	0	Infinite
7	TALEBIN	0	Infinite
8	KARSILANAN	0	Infinite
9	KARSILANMAYAN	0	Infinite
10	KALAN STOK	49	Infinite

Run Time : 7 Second(s)

SIMAN Summary Report

Run Number 3 of 5

Project: TZU
 Analyst: BG
 Date : 10/17/1998

Run ended at time .6254E+05

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	TEMİN SÜRESİ	195.30250	63.04836	50.91406	327.01560	1810
2	KALAN STOK	24.67857	3.32280	18.00000	32.00000	28
3	ELDE OLAN	24.67857	3.32280	18.00000	32.00000	28
4	ELDE OLMAYAN	.00000	.00000	.00000	.00000	0
5	TALEP D.	63.89286	8.63387	56.00000	73.00000	28
6	CEVRİM SÜRESİ	11.50406	36.90891	2.73047	465.36720	1810
7	CALISMA YOK	.00000	.00000	.00000	.00000	0
8	İKİ VARDIYA	748.19850	104.37310	550.57810	900.92580	28
9	UC VARDIYA	.00000	.00000	.00000	.00000	0
10	KUYRUK SÜRESİ	184.61390	63.59437	44.11328	317.89840	1810
11	STOK MALİYETİ	2708.39	419.82	2071.17	3450.78	28

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	T80	.11	.31	.00	1.00	20846.00
2	T170	.06	.23	.00	1.00	20846.00
3	T210	.08	.28	.00	1.00	20846.00
4	T240	.39	.82	.00	3.00	20846.00
5	T260	.36	.70	.00	4.00	20846.00
6	T290	.20	.59	.00	4.00	20846.00

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	G.TALEP	1789	Infinite
2	TOP.TALEP	28	144
3	KARS.TALEP	28	Infinite
4	KARS.MIKTAR	1789	Infinite
5	KARSILANMAYAN T.	0	Infinite
6	KARS.MIKTAR	0	Infinite
7	TALEBİN	0	Infinite
8	KARSILANAN	0	Infinite
9	KARSILANMAYAN	0	Infinite
10	KALAN STOK	21	Infinite

Run Time : 7 Second(s)

SIMAN Summary Report

Run Number 4 of 5

Project: TZU
 Analyst: BG
 Date : 10/17/1998

Run ended at time .8338E+05

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	TEMİN SURESI	206.33240	65.64716	53.65625	318.63280	1951
2	KALAN STOK	27.10714	2.54354	22.00000	31.00000	28
3	ELDE OLAN	27.10714	2.54354	22.00000	31.00000	28
4	ELDE OLMAYAN	.00000	.00000	.00000	.00000	0
5	TALEP D.	71.78571	.99469	71.00000	73.00000	28
6	CEVRİM SURESI	10.73934	34.86356	2.71094	454.04690	1951
7	CALISMA YOK	.00000	.00000	.00000	.00000	0
8	İKİ VARDIYA	763.62930	124.93760	563.99220	954.71090	28
9	UC VARDIYA	.00000	.00000	.00000	.00000	0
10	KUYRUK SURESI	195.77750	66.28362	45.00000	310.08590	1951
11	STOK MALİYETİ	4294.33	478.70	3502.64	5072.20	28

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	T80	.11	.32	.00	1.00	20846.00
2	T170	.06	.23	.00	1.00	20846.00
3	T210	.08	.28	.00	1.00	20846.00
4	T240	.40	.83	.00	3.00	20846.00
5	T260	.38	.68	.00	4.00	20846.00
6	T290	.19	.55	.00	4.00	20846.00

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	G.TALEP	2010	Infinite
2	TOP.TALEP	28	144
3	KARS.TALEP	28	Infinite
4	KARS.MIKTAR	2010	Infinite
5	KARSILANMAYAN T.	0	Infinite
6	KARS.MIKTAR	0	Infinite
7	TALEBIN	0	Infinite
8	KARSILANAN	0	Infinite
9	KARSILANMAYAN	0	Infinite
10	KALAN STOK	-59	Infinite

Run Time : 8 Second(s)

SIMAN Summary Report

Run Number 5 of 5

Project: TZU
 Analyst: BG
 Date : 10/17/1998

Run ended at time .1042E+06

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	TEMİN SURESI	248.03070	111.33810	53.77344	621.67970	1902
2	KALAN STOK	25.53572	22.26354	-59.00000	74.00000	28
3	ELDE OLAN	28.66667	15.15560	7.00000	74.00000	27
4	ELDE OLMAYAN	-59.00000	.00000	-59.00000	-59.00000	1
5	TALEP D.	67.42857	1.25988	67.00000	71.00000	28
6	CEVRİM SURESI	10.39975	37.44603	2.38281	592.78910	1890
7	CALISMA YOK	.00000	.00000	.00000	.00000	1
8	İKİ VARDIYA	697.68010	150.73670	422.20310	936.48440	21
9	UC VARDIYA	990.64	55.70	961.40	1103.99	6
10	KUYRUK SURESI	237.50310	111.87060	45.07031	612.67190	1902
11	STOK MALİYETİ	5974.80	566.48	5136.71	6942.93	28

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	T80	.11	.31	.00	1.00	20846.00
2	T170	.06	.23	.00	1.00	20846.00
3	T210	.08	.27	.00	1.00	20846.00
4	T240	.39	.82	.00	3.00	20846.00
5	T260	.38	.69	.00	4.00	20846.00
6	T290	.20	.56	.00	4.00	20846.00

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	G.TALEP	1888	Infinite
2	TOP.TALEP	28	144
3	KARS.TALEP	28	Infinite
4	KARS.MIKTAR	1829	Infinite
5	KARSILANMAYAN T.	1	Infinite
6	KARS.MIKTAR	-59	Infinite
7	TALEBIN	1	Infinite
8	KARSILANAN	8	Infinite
9	KARSILANMAYAN	-59	Infinite
10	KALAN STOK	14	Infinite

Run Time : 7 Second(s)

Stop - Program terminated.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	3.1.1968	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1978-1984	Kadıköy Kâzım İşmen Lisesi
Lisans	1984-1988	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliğı Bölümü
Yüksek Lisans	1989-1992	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliğı Programı
Doktora	1992-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliğı Programı
Çalıştığı Kurumlar	1989-1990 1990-Devam ediyor	ESKA İnşaat A.ř. YTÜ Endüstri Mühendisliğı Bölümü Araştırma Görevlisi