

AKÜ İMALATINDA
TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ UYGULAMALI
SIFIR STOK HEDEFİ ÜZERİNE MODEL ÖNERİSİ

DUYGU DEMİRAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ **Anabilim Dalı**

EKİM 2006

A MODEL SUGGESTION ABOUT
ZERO INVENTORY TARGET
WITH AN APPLICATION OF JUST IN TIME SYSTEM
IN BATTERY PRODUCTION

DUYGU DEMİRAL

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING

OCTOBER 2006

AKÜ İMALATINDA TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ UYGULAMALI SIFIR STOK HEDEFİ
ÜZERİNE MODEL ÖNERİSİ

Duygu Demiral

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

Danışman: Prof.Dr.Nihat Yüzügüllü

Ekim 2006

Duygu Demiral’ ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Akü İmalatında Tam Zamanında Üretim Sistemi Uygulamalı Sıfır Stok Hedefi Üzerine Model Önerisi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Prof. Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ

Üye : Doç. Dr. Müjgan SAĞIR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nuray GİRGİNER

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 14/11/2006..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

AKÜ İMALATINDA TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ UYGULAMALI SIFIR STOK HEDEFİ ÜZERİNE MODEL ÖNERİSİ

DUYGU DEMİRAL

ÖZET

Bu tez kapsamında ilk olarak tam zamanında üretim sisteminin tedarikçi ilişkileri, stok yönetimi, üretim ilkeleri, kanban sistemi ve kalite yönetimiyle ilişkileri incelenmiştir.

Tezin ikinci kısmında tam zamanında üretim sisteminde sıfır stok hedefi üzerine yapılmış çalışmalar incelenerek bir literatür araştırması yapılmıştır. Siparişe göre üretimin hedeflendiği yordamlar açıklanmıştır.

Tezin son bölümünde ise, Yiğit Akü A.Ş' de uygulanmakta olan üretim sistemiyle tam zamanında üretim sistemi belirlenen kriterler çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Farklı bir sektörde uygulanmış olan bir yordamın akü imalat sektöründeki uygulaması yapılmıştır. Uygulamada LİNGO paket programı kullanılarak oluşturulan modelin çözümü elde edilmiştir. Son olarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.

A MODEL SUGGESTION ABOUT ZERO INVENTORY TARGET WITH AN APPLICATION OF JUST IN TIME SYSTEM IN BATTERY PRODUCTION

DUYGU DEMİRAL

SUMMARY

Scope of this thesis, in the content of the first part, just in time production system of the suppliers' relationships, inventory management, production principles, kanban system and its relationships with the quality management have been examined.

In the second part of this thesis, by examining the studies about the 'Zero Inventory Target In The Production System', a literature search has been done. The methods of the production which depends on the orders have been explained.

In the last part, the production system of the Yiğit Battery Industry and just in time production system have been compared in the limitations of the defined criterias. The method applied in another sector has been put in to practice in battery production sector. In this application, the solution of the model which is formed by using a programme named LİNGO program has been obtained. Finally, the evolution of the results has been done.

TEŞEKKÜR

Yapılan tezin kapsamında tam zamanında üretim sisteminde sıfır stok hedefinin akü imalat sisteminin bir sürecinde uygulaması yapılmıştır. Çalışma Ankara Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet göstermekte olan YİĞİT AKÜ A.Ş' de yapılmış olup tez çalışmaları sırasında bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ başta olmak üzere, Sayın Doç. Dr. Müjgan SAĞIR' a, tecrübe ve bilgilerini esirgemeyen YİĞİT AKÜ Üretim Planlama Müdürü Sayın Levent TERZİOĞLU ve YİĞİT AKÜ A.Ş çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ ..	x
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ	3
2.1 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Doğuşu.....	3
2.2 İtme ve Çekme Sistemleri	4
2.2.1. İtme Sistemi	4
2.2.2. Çekme Sistemi	5
2.2.3 İtme ve Çekme Sistemlerinin Karşılaştırılması	7
2. 3 Tam Zamanında Üretim Sistemi Nedir?	8
2.3.1 Tam Zamanında Üretim Sistemi'nin Unsurları ve Kavramları	9
2.3.2 Tam Zamanında Üretim Sisteminin İlkeleri	15
2.3.3 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Tasarım ve Uygulama Evreleri	16
2.4 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Kanban.....	19
2.4.1 Temel Kanban Çeşitleri	20
2.4.2 Kanban Kuralları.....	22
2.5 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Toplam Kalite Kontrol.....	23
2.5.1. Toplam Kalite Kontrol ve Sorunların Çözümü.....	25
2.5.2. Kalite ve Güvenirlilik.....	27
2.6 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Stoklar.....	29
2.7. Stoklarla İlgili Problemlerin Ortaya Çıkarılması	31
2.8. Tam Zamanında Üretim Sisteminde Çalışanların Katılımı.....	32
2.9 Bir Kuruluş Felsefesi Olarak Tam Zamanında Üretim Sistemi	34
3. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR..	38
3.1 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Sıfır Stok Hedefi	40
3.2 Tang'ın Yordamları.....	42
3.2.1 Yordam 1.....	43
3.2.2 Yordam 2.....	44
3.3 Simone Zanonî ve Lucio Zavanella Yordamı	45
4. SİMONE ZANONİ VE LUCIO ZAVANELLA YAKLAŞIMININ PROBLEME	
UYARLANMASI VE UYGULAMASI.....	51
4.1 Uygulamanın Yapılacağı Firma Hakkında Genel Bilgiler.....	51

4.1.1 Ürünler	51
4.1.2 Çalıştığı Sektördeki Yeri.....	51
4.1.3 İthalat-İhracat Satış Durumu	52
4.1.4. Personel Bilgileri.....	52
4.2 Yiğit Akü Üretim Sisteminin İncelenmesi	52
4.2.1 Izgara Döküm Süreci	52
4.2.2 Izgara Özellikleri.....	53
4.2.3 Üretim Bilgileri	53
4.2.4 Kapasite Bilgileri	53
4.2.5 Izgara Bölümü Üretim Programının Hazırlanması	54
4.3 Yiğit Akü'deki Üretim Sistemi ile Tam Zamanında Üretim Sisteminin Karşılaştırılması	55
4.3.1 Tedarikçi İlişkileri.....	55
4.3.2 Stok	58
4.3.3 Kalite	61
4.3.4 Üretim Ön Sürelerinin Kısaltılması	62
4.3.5 Malzeme Akışı	63
4.3.6 Uzmanlaşma.....	63
4.4. Problemin Tanımlanması	64
4.5 Problem Çözüm Yaklaşımı Geliştirilmesi	65
4.5.1 Çözüm Yaklaşımı.....	65
4.5.2 Modelin Geliştirilmesi ve Uygulanması	66
4.5.3 Modelin Çözümü.....	77
4.5.4 Mevcut Durum ile Karşılaştırma.....	79
5. SONUÇ ve TARTIŞMA	82
6. KAYNAKLAR DİZİNİ	84
EKLER.....	89
EK.1.Modelin Yazılımı.....	90
EK.2. Modelin Açık Yazılımı	100
EK.3. LİNGO Raporu	114
EK.4. Mevcut Durumda Modelin Açık Yazılımı.....	119
EK.5. Mevcut Durumda LİNGO Raporu	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 İtme Sistemi	5
Şekil 2.2 Çekme Sistemi	6
Şekil 2.3 Çekme Kanbanı	21
Şekil 2.4 Üretim Kanbanı	22
Şekil 2.5 Toplam Kalite Kontrolün Anahtar Faktörleri.....	25
Şekil 2.6 Örgüt Şeması.....	33
Şekil 3.1 Çelik İmalat Sistemi	42
Şekil 4.1 Üretim Programı Hazırlama Süreci	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 JIT Sisteminden Yararlanan Firmalar.....	36
Çizelge 3.1 Tam Zamanında Üretim Çalışmalarının Yıllara Göre Dağılımı.....	38
Çizelge 4.1 Üretim Süreleri	68
Çizelge 4.2 Palet Satışlarından Elde Edilen Kar.....	69
Çizelge 4.3 Sipariş Miktarları	70
Çizelge 4.4 Başlangıç Stokları	71
Çizelge 4.5 Mevcut Duruma Göre Üretim Miktarları.....	80
Çizelge 4.6 Mevcut Duruma Göre Sevk Edilen Miktar.....	80
Çizelge 4.7 Mevcut Duruma Göre Günlük Stok Miktarları.....	81

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin hız kazanması, globalleşme ve uluslararası üretim yaklaşımının ağırlık kazanması sonucunda pazarda önemli değişimler oluşmuştur. Günümüzün işletme çevresinde, artan ürün çeşitliliği, daha kısa yaşam evreleri, daha küçük sipariş hacimleri ve daha hızlı dağıtım, talebi belirleyen başlıca özelliklerdir. Pazardaki talep artışı, mevcut üretim hızıyla karşılanamayacaktır. Talebe hızlı cevap verebilmek için, işletmelerin üretim sistemlerinde ortaya çıkan yenilikleri yakından izlemeleri gerekmektedir.

1940'lı yıllardan günümüze TOYOTA firmasında gerçekleştirilen tam zamanında üretim sistemi (Just-In-Time-JIT), bütün dünyada uygulama olanağı bulmuştur. Tam zamanında üretim sistemi, üretim ortamındaki israfın kaldırılmasını hedefleyen bir sistem olarak tanımlanabilir. Tam zamanında üretim literatürde, temelde aynı olmak üzere farklı şekillerde tanımlanmıştır. Bu tanımlardan bir tanesi ise şöyledir: 'İhtiyaç kadar talebi, mükemmel kalite ile artıksız olarak bir an önce üretmek ve istendiği zamanda doğru yere nakletmek' (Hall, 1983).

Tam zamanında üretim sisteminin uygulanması için iki temel ilke vardır. Birincisi, yüksek kaliteli parçalar ve süreçler kullanmaktadır. İkincisi, küçük işlem hacimleri kullanmaktadır. Küçük işlem hacimleri, stokları azalttığı kadar üretim süresini de kısaltır. Tam zamanında üretim sistemi ile, işi ilk seferde doğru yapacak şekilde mükemmel kaliteye ulaşmak adına imalat sürecini geliştirmek hedeflenir. Bunun yanı sıra sistem, mükemmel kalite, planlama, üretim ve stok aşamasında maliyet tasarrufu sağladığı gibi, insan psikolojisine ve güdülenmesine de olumlu etki yapar (Cheng, et al., 1993) .

Bu çalışmada; tam zamanında üretim sistemi, kuramsal ve uygulamalı olarak incelenmiştir. Tam zamanında üretim sisteminin kalite, personel, tedarikçi ilişkileri, üretim ve stok yönetimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ülkemizde tam zamanında üretim sisteminin uygulama olanaklarını değerlendirmek amacıyla akü imalatı üzerine faaliyet gösteren Yiğit Akü A.Ş. üretim sistemi incelenerek, sıfır stok üzerine çelik

imalat sektöründe uygulanmış bir yaklaşımın akü imalat sektörüne uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonucunda; tam zamanında üretim sisteminin, akü imalat sürecine kattığı siparişe göre üretim olanağı, stok alanlarının daha uygun kullanımı, sıfır stok hedefi gibi yararlar ortaya konulmuştur.

2. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ

Bu bölümde, tam zamanında üretim sisteminin doğuşu, özellikleri, unsurları, kavramları, uygulama evreleri, kalite kontrol ile olan ilişkisi ve işletmelere kattığı yararlar üzerinde durularak, sistem ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.1 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Doğuşu

İlk kez TOYOTA motor fabrikası başkanı Taiichi Ohno tarafından 1940 yıllarında geliştirilip, uygulamaya konan tam zamanında üretim yaklaşımı, Japonların savaş sonrası içinde bulundukları ekonomik koşulların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. II Dünya Savaşı sonrası zaten kısıtlı olan doğal kaynaklara işgücü ve sermaye kaynaklarının yetersizliği de eklenince Japonya, ekonomik varlığını sürdürebilmek için bu kaynakları elverdiğince düşük maliyetle kullanmayı öğrenmek zorunda kalmıştır. Tam zamanında üretim felsefesinin ortaya çıkışında, bu tür bir gereksinim yer almaktadır. Bu felsefe aslında Amerikan imalat sistemindeki temel ilkelerin Japonya ortamında şekillendirilmesiyle geliştirilmiştir. Taiichi Ohno öncelikle Amerikan süper market fikrinden etkilenmiş ve süper marketlerin işletilmesindeki temel ilkeler tam zamanında üretim sisteminin kavramsal alt yapısını oluşturmuştur. Bilindiği gibi bir süpermarkette ara aşamalar yoktur ve müşteriler doğrudan çok sayıda farklı ürünle karşı karşıya gelmektedir. Bu arada bozuk, kalitesiz ürünler ile aranan bir malın bulunmaması, değiştirme, iade gibi sorunlar doğrudan müşterilere yansımaktadır. Genellikle boşalan raflar bir mal için sipariş verme noktasını belirlerken, büyük hacimli ürünler için stok alanları ayrılmıştır. 1971 petrol krizi sonrasında tam zamanında üretim felsefesinin önemi diğer Japon firmaları tarafından da anlaşılmış ve bu yaklaşım ülke genelinde uygulanmaya başlamıştır. 1980'lerin başından itibaren tam zamanında üretim sisteminin Amerika ve Avrupa'da uygulanmaya başladığı görülmektedir. Amerika'da yapılan bir araştırmaya göre 1987 yılında bu ülkede tam zamanında üretim yaklaşımını uygulayan işletmelerin oranı %25 iken, bu oranın 1992'de %55'e yükseldiği belirlenmiştir (Acar, 1995).

Fazladan stok bulundurmamak ve akışın sürekliliğini sağlamak, gerçekleştirilmesi zor hedeflerden biridir. Tam zamanında üretim sistemini uzun

yıllardan beri kullanan TOYOTA firması bile bu hedefe ulaşamamıştır. Ancak bu yöndeki çalışmalarını hala sürdürmektedir. Tam zamanında üretim sistemi dahilinde faaliyetlerini sürdüren bir firma; verimliliğin arttırılması, atıkların azaltılması ve malzeme akışının düzenli bir hale getirilmesi yönünde sürekli bir çaba içerisinde. Bu amaca yönelik çalışmaları sonucunda firmalar, iyileştirme çalışmalarını hala devam ettirmektedirler. TOYOTA gibi firmalar önce tam zamanında üretim sistemini kendi faaliyetlerine yerleştirmekte, daha sonra ise tedarikçilerini ve hatta müşterilerini bu sistemden yararlandırmaktadırlar. Diğer taraftan talebi, tedarikçilerden müşterilere düzgün bir akış sağlayacak şekilde sabit tutmaya yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Ancak Japonya dışında bu sistem, genellikle bir stok kontrol sistemi olarak tanınmıştır. Gerçekte bu yöntem; stoksuz, başka bir ifadeyle sıfır stokla üretime karşılık geldiğinden bu özelliği ile diğer stok kontrol sistemlerinden ayrılmaktadır. Tam zamanında üretim sistemini, firmanın bütün bölümlerini etkileyen satın alma, mühendislik, pazarlama, personel, kalite-kontrol, müşteri ve satıcı arasındaki ilişkiyi de kapsayacak şekilde israfın azaltılması, verimliliğin artırılması olan bir üretim sistemi olarak tanımlamak mümkündür (Johnderembse and White, 1991: Özkan'dan 2002).

2.2 İtme ve Çekme Sistemleri

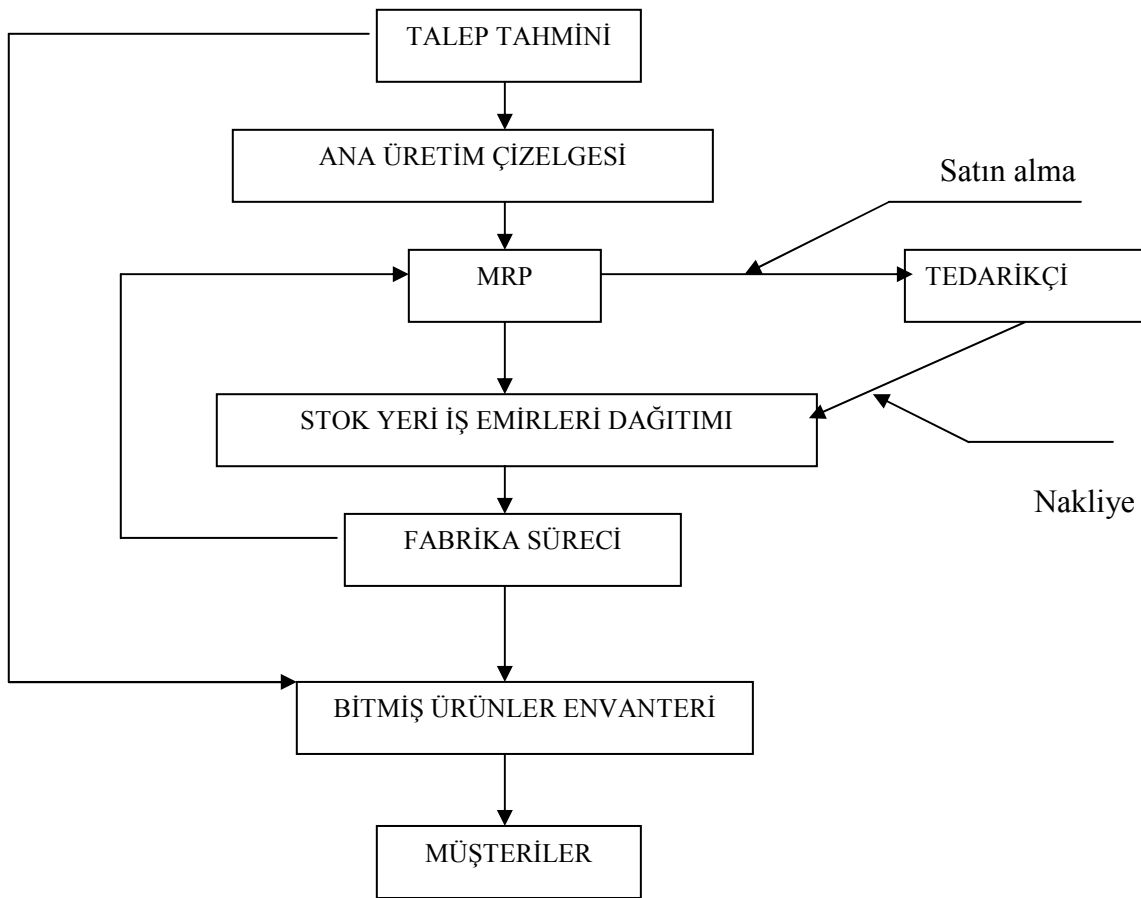
Üretim kontrol sistemleri çeken ve iten sistemler olarak iki temel grupta sınıflandırılabilir. Bu sınıflamada, geleneksel üretim sistemleri itme sistemi grubunda yer alırken, tam zamanında üretim sistemi çekme sisteminde yer almaktadır.

2.2.1. İtme Sistemi

İtme sisteminde, üretim programına göre üretilmesi gereken miktar işlem sırasındaki ilk iş istasyonuna bildirilir. Bu iş istasyonunda gerekli işlemler sağlandıktan sonra, parçalar takip eden iş istasyonuna gönderilir ve bu işlem üretim tamamlanıncaya kadar devam eder. İtme sisteminde üretici istasyon, kullanıcı istasyonun bu parçalara gerçekten ihtiyacı olup olmadığını dikkate almaksızın onları itmektedir. Bu sistemde parçayı üreten ile kullanan arasında doğrudan bir ilişki söz konusu değildir. Üretim istasyonları arasındaki ilişki üretim kontrol sistemi tarafından sağlanmaktadır. İtme sistemi çoğu zaman üretim ve kullanım miktarları arasındaki farklılık nedeniyle iş

istasyonları arasında gereksiz yarı bitmiş ürün stoklarına neden olmaktadır. Ayrıca malzemenin gerek duyulan iş istasyonlarına erken veya geç varması, üretim sürecinin uzaması, maliyetlerin artması ve müşteri memnuniyetsizliği gibi problemlere neden olmaktadır (Huang, 1996).

Aşağıda yer alan Şekil 2.1 'de bir itme sisteminin akışı gösterilmektedir.



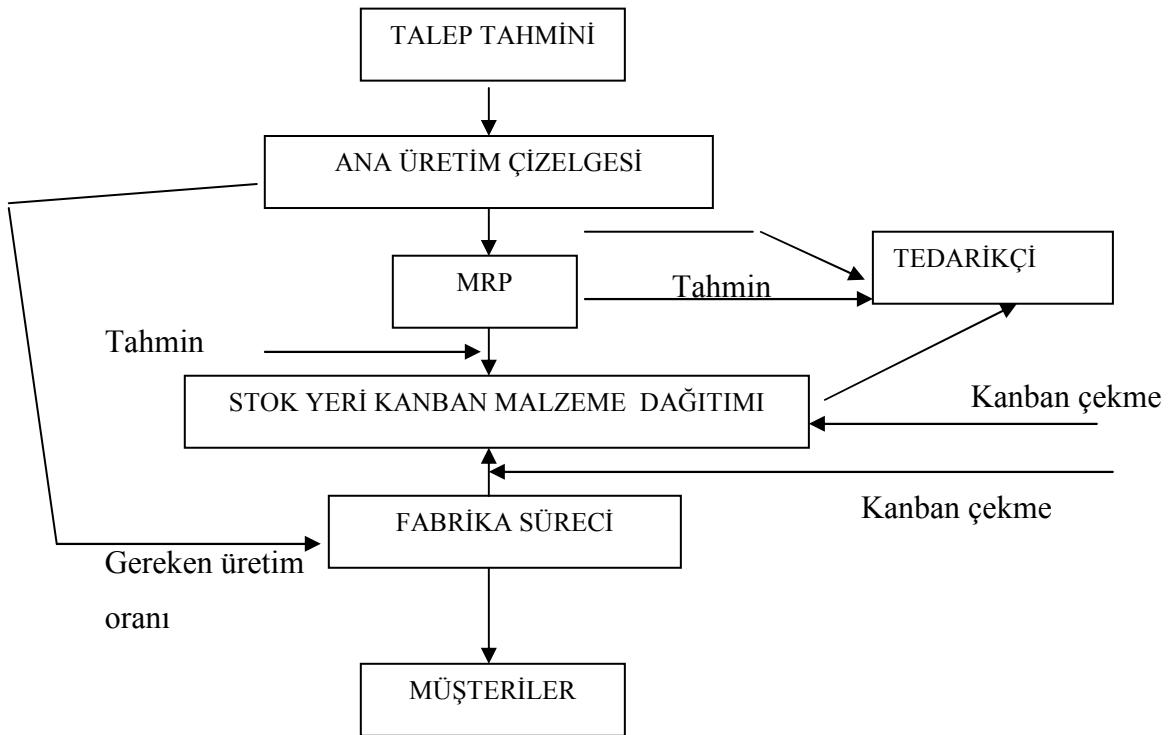
Şekil 2.1 İtme Sistemi(www.volkanderinbay.com/pull/pull.html)

2.2.2. Çekme Sistemi

Çekme sisteminde talep ürünü iş istasyonuna bildirilir. Bu istasyon gereksinim duyduğu malzemeyi bir önceki iş istasyonundan talep eder ve çeker. Bu işlem hammadde kaynaklarına kadar devam eder (Gaury, et al., 2000).

İdeal çekme sisteminde her bir üretim aşamasındaki stok bir birimdir. Bir istasyona talep geldiğinde, bu bir birim stok, talebin geldiği iş istasyonuna bildirilir. Stoğun alınması, söz konusu iş istasyonuna alınan stoğun yerine konulması için bir birim üretme yetkisi verir. Çekme sisteminde böyle bir yetki olmaksızın üretim yapılamaz (Gaury, et al., 2000).

Çekme sisteminde üretici ve kullanıcı istasyonlar arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Kullanıcı istasyonda bir sorun çıktığında, üretici istasyon bu soruna karşı duyarlı olur. Üretici istasyonda bir sorun çıktığında, kullanıcı istasyon yerine göre üretimi durdurmak zorunda kalabilir. Böylece üretici ve kullanıcı istasyonlar arasındaki farkın nedenleri görünür hale gelir (Gaury, et al., 2000). Çekme sisteminin yapısı ve malzeme akışı Şekil 2.2 'deki gibidir:



Şekil 2.2 Çekme Sistemi (www.volkanderinbay.com/pull/pull.html)

Sistem, ana çizelgeyi ve üretim oran çizelgelerini kurmak ve tedarikçilerden gereksinim duyulan parçaları tahmin etmekte malzeme gereksinim planı çıktısını kullanmaktadır. Sistem, önce son işlemin gerçekleştiği iş merkezinden başlayarak,

tahminlerde listelenen ürünlerin yapılması için gereken malzemeyi, bitmiş ürünler envanterinden çeker (Gaury, et al., 2000).

İtme sisteminde, bilgi ve malzeme akışı ilk iş istasyonundan son iş istasyonuna doğru aynı yöndeyken, çekme sisteminde, bilgi ve malzeme akışı zıt yöndedir ve üretim programı ile ilgili bilgi akışı, son istasyondan ilk istasyona doğru olacaktır. Çekme sisteminde, iş istasyonları arasında malzeme ihtiyaçları ile ilgili bilgi akışını sağlamak için kanban veya benzeri bir araç kullanılır (Gaury, et al., 2000).

2.2.3 İtme ve Çekme Sistemlerinin Karşılaştırılması

İki sistem arasındaki temel farklılık, çekme sisteminin üretimi mevcut talebe göre, itme sisteminin ise üretimi gelecekteki talep tahminine göre yönlendiriyor olmasıdır (Planert, 1986).

Talepteki önemli değişiklikler, çekme sistemlerinde sonraki işlemde öncekine artarak geçmesine karşın; itme sistemlerinde her işlem için üretim çizelgesini yenilemek çok zor ya da olanaksız olacağından bu değişiklikler, aşırı stoğa ya da ölü stoklara neden olmaktadır. Çekme sistemleri, süreç içi stoğun istenmeyen birikimini, başka bir ifadeyle işlerin gereksiz yere başlatılmasını, problemler ve hatalar ortaya çıkmadan önce çok sayıda hatalı parçanın üretilmesini engelleyen yöntemlere sahiptir. Oysa itme sistemlerinde üretim hızı ve stok düzeyini tüm durumlar için incelemek ve takip etmek zor olduğundan, safhalar arasında emniyet stokları tutulmakta ve üretim çizelgesi bu stokları da içerecek şekilde hazırlanmaktadır. Kısacası meydana çıkacak hatalı ya da eksik parçaları karşılamak amacıyla emniyet stoklarının tutulmasına razı olunmaktadır (Planert, 1986).

İtme sistemlerinde üretim kontrolü bir merkezden yönetilmekte ve her iş istasyonundaki işlem için üretim planlama ve kontrol kısmından iş emirleri dağıtılmakta; böylece birbirinden bağımsız olarak çalışan her istasyon, yine üretim planlama kontrol kısmı tarafından sürekli olarak planlanan üretim ile karşılaştırılmaktadır. Kısaca itme sistemlerinde, üretim planlama kontrol kısmı ile her iş istasyonu arasında ayrı bir bilgi akışı vardır. Çekme sistemlerinde ise merkezden

sadece son montaj hücresine iş emri verilmekte, önceki hücreler üretimlerini bu son montaj hücresine göre ayarlamaktadırlar (Krajewski, et al., 1987).

2. 3 Tam Zamanında Üretim Sistemi Nedir?

Değişik uygulamalar temelinde tam zamanında üretim sistemine çeşitli tanımlar getirilebilir. Bu tanımların bazıları, sistemi yalnızca stokların azaltılmasıyla sınırlar. Oysa, tam zamanında üretim bundan çok daha geniş kapsamlıdır. Sadece imalatla ilgili etkinliklerde değil, malzeme temininden depolamaya, bakım onarımdan mühendislik tasarımına, satıştan üst yönetime kadar üretim sisteminin diğer alanlarında da etkisini hissettirir. Çünkü tam zamanında üretim, tüm kuruluştaki zaman ve kaynak kayıplarının önlenmesi ve yok edilmesi yoluyla iş verimliliğinde önemli ölçüde ve sürekli iyileştirmeyi amaçlayan bir stratejidir. Daha genel bir ifade ile tam zamanında üretim felsefesi, tüm birimlerin katılımıyla en az maliyet ve en yüksek müşteri memnuniyetini sağlayacak sürekli iyileştirmeyi amaçlayan bir ilkedir. Birçok ekonomi teorisyeninin 1900'lerden çıkış yolu olarak tanımladığı TOYOTA firmasındaki üretim sistemi, Amerikan toplu üretim sisteminin anti-tezidir; "hep daha fazla" ve "hep daha hızlı" ideolojisinin kayıplara neden olan büyük miktarlarda satış kavramının tam tersini söylemektedir (Ohno, 1996).

Önce sat, sonra üret şeklinde özetlenebilecek bu ilkenin işleyişinde ürün-yarı ürün malzemedan oluşan gereksiz stoklar ortadan kalkmaktadır (Monden, 1986).

Tam zamanında üretim sistemi gerekli malzeme hareketini tam zamanında yapan bütün imalat faaliyetlerini kapsar (Emre, 1995: Firuzan'dan 2004). Gottesman'a göre (1991) tam zamanında üretim şöyle tanımlanmaktadır: Tam zamanında üretim, sadece gerekli olan parçaların gerekli olan miktarlarda, gerekli görülen zamanda ve yerde üretilmesidir.

Stoksuz üretim veya sıfır envanter gibi isimlerle de bilinen tam zamanında üretim, tüm üretim kaynaklarının en iyi kullanımı ilkesine dayanır. Bu sistemde kapital, donanım ve işgücü gibi girdiler, en uygun bileşkelerde kullanılır. Müşterinin kalite ve teslimat konusundaki gereksinimlerinin en düşük maliyetlerle karşılandığı bir sistemin geliştirilmesi amaçlanır (Chao, et al., 2002).

Tam zamanında üretim sadece gerekli malzemenin gerek duyulan yerde ve zamanda sahip olunacak şekilde taşınmasına veya hareket ettirilmesine işaret etmektedir. Malzemenin tam zamanında hareket ettirilmesini mümkün kılacak üretim sisteminin bütün faaliyetlerini işaret etmektedir. Tam zamanında üretimin hedefi; üretimde üretkenliği engelleyen, müşterilere gereksiz maliyetler yükleyen veya firmanın rekabet gücünü tehlikeye sokan her türlü ögeyi ortadan kaldırmaktır. Tam zamanında üretim sisteminin geçmiş uygulamaları yok etmek gibi bir iddiası yoktur. Kendi içinde bütünleşik bir sistem olmasına rağmen, uygulamada kuruluşun bütün birimlerini içine alması gerekmebilir. Ancak tam zamanında üretim, yan sanayi ilişkilerinden teslimata kadar, üretimle ilgili her aşamada, geleneksel yaklaşıma ters düşebilecek yeni kavram ve davranış değişiklikleri gerektiren bir sistemdir (Golhar, et al., 1991).

Tam zamanında üretim sistemi, Frederick Taylor'un zaman etüdü çalışmalarından bu yana verimliliği arttırmayı hedefleyen yönetim buluşlarının en önemlisi olarak kabul edilebilir (Gaither, 1984).

Tam zamanında üretim sistemi, Japon endüstrisindeki yüksek verimliliğin en önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilmiş; Amerika Birleşik Devletleri'nde, Avrupa'da benimsenmiş ve kısa sürede özellikle elektronik ve otomotiv endüstrisi gibi yüksek hacimli, tekrarlamalı üretim sistemlerinde savunulan, benimsenen bir üretim felsefesi haline gelmiştir (Üreten, 1990).

2.3.1 Tam Zamanında Üretim Sistemi'nin Unsurları ve Kavramları

Tam zamanında üretim ortamında, üretimin tüm aşamalarında israfın ortadan kaldırılması hedefine ulaşabilmek için bazı ikincil hedeflerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir:

1. Miktar ve çeşit açısından talepteki günlük ve aylık dalgalanmalara sistemin uyumunu sağlamak üzere kalite kontrol sisteminin geliştirilmesi.
2. Her iş istasyonundan, sonraki iş istasyonlarına hatasız parçaları göndermesini sağlamak üzere kalite güvencesi sisteminin kurulması.

3. Sistemin insan kaynağını kullanarak, maliyet azaltma hedefine ulaşabilmesini sağlamak üzere, insana saygının egemen olduğu bir örgüt kültürünün oluşturulması.
4. Kaynakların etkin kullanılması

Kaynakların etkin kullanımı ile ilgili sürece ilişkin amaç, yer, sıra, kişi ve yol ile ilgili sistematik sorular şu şekilde sıralanabilir;

AMAÇ: Ne yapılıyor? (Mevcut durum tespiti)

Niçin yapılıyor? (Mevcut durumun gerekçelerinin araştırılması)

Başka ne yapılabilir? (Seçeneklerin belirlenmesi)

Ne yapılmalıdır? (En uygun seçeneğin tespiti)

YER: Nerede yapılıyor? (Mevcut durumun tespiti)

Niçin orada yapılıyor? (Mevcut durumun gerekçelerinin araştırılması)

Başka ne yapılabilir? (Seçeneklerin belirlenmesi)

Ne yapılmalıdır? (En uygun seçeneğin tespiti)

SIRA: Ne zaman yapılıyor? (Mevcut durumun tespiti)

Niçin o zaman yapılıyor? (Mevcut durumun gerekçelerinin araştırılması)

Başka ne zaman yapılabilir? (Seçeneklerin belirlenmesi)

Ne zaman yapılmalıdır? (En uygun seçeneğin tespiti)

KİŞİ: Kim yapıyor? (Mevcut durumun tespiti)

Niçin o kişi yapıyor? (Mevcut durumun gerekçelerinin araştırılması)

Başka kim yapabilir? (Seçeneklerin belirlenmesi)

Kim yapmalıdır? (En uygun seçeneğin tespiti)

YOL: Nasıl yapılıyor? (Mevcut durumun tespiti)

Niçin o şekilde yapılıyor? (Mevcut durumun gerekçelerinin araştırılması)

Başka ne şekilde yapılabilir? (Seçeneklerin belirlenmesi)

Nasıl yapılmalıdır? (En uygun seçeneğin tespiti) (Papatya, 1997:201-202).

Tam zamanında üretim sistemine ilişkin önemli kavramlar ise kısaca aşağıdaki şekilde tanımlanabilir;

Tam zamanında: Sadece gerekli parçaların gerekli miktarlarda, gerekli olduğu zaman üretilmesi durumunu açıklar.

Otonomasyon (Jidoka): Otonom hata kontrolü olarak tanımlanabilir. Otonomasyon hatalı parçaların üretim akışına karışıp sonraki süreçlerde üretimi kesintiye uğratmasını engelleyerek tam zamanında kavramını destekler.

Esnek işgücü (Suhojinka): Talep dalgalanmaları karşısında işgücü sayısının değiştirilmesidir.

Yaratıcı düşünce (Soikufu): Çalışanların önerileriyle geliştirmenin sağlanması.

Kanban: Üretim ve envanter akışını kontrol etmek için kullanılan kart sistemidir. (http://www.erpakademi.com/bulten/ERPakademi_haziran.pdf)

Muda: Japoncada israf demektir. Tam zamanında üretim terminoloji açısından muda, ürün üzerinde katma değer yaratmayan tüm faaliyetlerdir. Mudayı iki tipte tanımlamak mümkündür:

1. Ürün üzerinde değer yaratmamasına rağmen, mevcut teknolojiler ve üretim varlıkları nedeniyle kaçınılmaz olanlar, kaliteyi sağlamak için muayene yapmak v.b.
2. Hiçbir değer yaratmayan ve hemen kaldırılabilenler. Ohno (1996), bir üretim sisteminde 7 tür muda olduğunu saptamıştır. Bunlar;
 - Üretim fazlası,
 - Ölü zamanlar,

- Nakliye ve gereksiz bakım,
- Gereksiz ya da uygun olmayan çalışma süreçleri,
- Stok fazlası,
- Gereksiz hareketler,
- Hatalı parça üretilmesi,

Tam zamanında üretimin kritik başlangıç noktası, değerdir ve değer ancak kullanıcı müşteri tarafından tanımlanabilir. Değer tanımının anlamlı olabilmesi için, müşterinin gereksinimlerini belirli bir zamanda belirli fiyattan karşılayan belirli bir ürün (mal, hizmet ya da sıklıkla ikisinin birleşimi)cinsinden ifade edilmesi gerekir (Erdem ve Kocabaş, 2004).

Mudaya karşı altı sıfır:

Tam zamanında üretim sisteminin temelini ‘bütünleşik fabrika’ tanımı oluşturur.

Bu fabrika teknik boyutlarıyla altı sıfırdan oluşan bir üretim modelidir. Sistemin hedefi olarak da tanımlanabilecek altı sıfır şu şekilde açıklanabilir;

1. Sıfır stok

Bu felsefede stoktan mümkün olduğunca kaçınılmaya çalışılır. Fazla stok, verimliliğin değil; sistemin ve ürünün kötü tasarımının, eksik iletişimin ve imalatteki işlemlerin bozukluğunun göstergesidir. Depolama süresi birkaç şekilde kısaltılabilir. Tedarikçi ile yakın ilişkide bulunarak doğrudan ilk madde ve malzemenin üretim için gerekli olduğu zaman ve gerekli miktarlarda gelmesi sağlanabilir. Böylelikle ilk madde ve malzemenin depolanmasına veya güvenlik stoklarına gerek kalmaz. Ayrıca geçiş (dönüşüm) süresi kısılacağı ve müşterilere zamanında ürün yetiştirme endişesi azalacağı için üretimi tamamlanmış ürün stokları da azalır (Yükçü, 1998:Özkan’dan 2002).

2. Sıfır hata

Geleneksel yöntemlerle üretim yapan firmalarda ‘ sıfır hata’ terimi çok az dikkate alınır. Üretimde belirli hatalara toleranslar ölçüsünde göz yumulur. Bu yüzden

geleneksel yöntemde kalite kontrolcüler belirli hata seviyesini baştan kabul etmiş olur. Hatasız mal üretmenin yolları araştırılır. Kontrol süresinin azaltılması, kalitenin iyileştirilmesi ile mümkün olabilir. Bunu sağlamak için tam zamanında üretim sistemi içindeki çalışanların kaliteye gereken önemi vermesi ve tedarikçilerin de kaliteli hammadde sağlaması gerekir. Kalite kontrol sorumluluğu tedarikçilere ve işçilere kaydırılarak kalite kontrol süresi düşürülebilir. Şayet istenen kalite yakalanamazsa, tüm üretim durur ve değer katılmayan süre uzar. Bu nedenle toplam kalite kontrolü, tam zamanında üretim sisteminin vazgeçilmez bir unsurudur (Yükçü, 1998:Özkan'dan 2002).

3. Üretimde sıfır ölü zaman

Hazırlık zamanı sıfıra indirildiğinde, tek tek her sipariş için üretim yapılabilecektir ve envanter taşıma maliyeti sıfıra indirilecektir. Tam zamanında üretim sisteminin esas amacı, değer katılmayan süreyi azaltarak işlem zamanının geçiş süresi içindeki payını artırmak olduğundan, işletmeler değer katma oranına bakarak bu oranı arttırmaya çalışırlar (Yükçü, 1998:Özkan'dan 2002).

4. Müşteri için sıfır bekleme süresi

Sıfır bekleme zamanına ulaşmak; ürünün, imalat sisteminin ve süreçlerin çok iyi tasarımlarına ve üretim emirlerinin çok kısa sürede gerçekleştirilebilmelerine bağlıdır. Geleneksel yaklaşımlar ürün ve üretim tasarımını hep ayrı düşünürler. Oysa anında üretim bunların tasarımını beraber yapar ve aralarındaki ilişkiyi çok iyi kullanır. Bu da bekleme süresini çok kısaltır. Sıfır bekleme zamanı, bir firmaya çok büyük bir rekabet gücü kazandırır. Piyasa değişikliklerinin firmayı çok az etkilemesini sağlar ve firmayı ürün bazında esnekleştirir. Bekleme süresinin kısaltılması, ancak makinelerin üretime hazırlama sürelerinin kısaltılması ve safhalar arasındaki ürün akışının düzenlenmesi ile mümkün olur. Böylece safhalarda yarı bitmiş ürün ve ilk madde ve malzemenin üretime girmeyi beklemesi gerekmez. Tam zamanında üretim sistemi az miktarda üretimi öngörmesi nedeniyle, yüksek teknoloji ve hazırlık süresini kısaltan makinelerin kullanılmasını gerektirir. Günümüzde çoğu makineler, bilgisayar desteği ile kısa sürede üretime hazırlanabilmekte ve böylece hazırlık süresi kısaltılabilmektedir. Tam zamanında üretim sisteminin bir çekme sistemi olmasının sonucu olarak, üretim

safhaları arasındaki yarı bitmiş ürün stoklarının azalmasına neden olur. Bu da bekleme süresini kısaltır. Ayrıca sözkonusu çekme sistemi, hammaddenin doğrudan üretim yerine alınması ve ürüne talep oldukça üretim yapılmasını gerektirdiğinden, bekleme ve depolama süresini ve maliyetlerini düşürür (Yükçü, 1998:Özkan'dan 2002).

5. Sıfır kağıt ve taşıma (Sıfır bürokrasi ve sıfır gereksiz iletişim)

Üretim ve montaj genellikle ürüne değer katmayan işlemleri de bünyesinde bulundurur. Taşıma da bu işlemlerdendir. Ürünün atölye içerisinde taşınması gerekli bile olsa hem zaman hem de para kaybıdır. Taşıma süresinin azaltılması, işletmenin düzenini değiştirmek suretiyle mümkün olabilir. Bu ise bölümlerin birbirine fiziksel olarak yakın olmasıyla sağlanır. Nitekim, tam zamanında üretim sistemindeki üretimin belli merkezlerde yapılması, bu amaca yöneliktir. Benzer üretim teknolojisi kullanan makinelerin bir araya getirilmesiyle hücre adı verilen bölümler oluşturulur. Bu bölümlerde çeşitli ürünlerin üretilmesi ve işçilerin birden fazla makinede çalışmaları mümkün olur. Bu durum, bekleme ve hareket süresini kısaltır. Ayrıca ürün tasarımı, üretim safhaları arasında fazla hareketi gerektirmeyecek şekilde gerçekleştirilebilir. Bu şekilde hareket süresi kısaltılmış olur (Yükçü, 1998:Özkan'dan 2002).

6. Sıfır çelişki

Mura: Düzensizlik anlamına gelen Japonca bir kelimedir. Değişen iş akışlarının, değişken üretim oranlarının durağanlaştırılması ve düzgünleştirilmesi istenir.

Muri: Gerek makine, gerekse işgücü kapasitesinin aşırı yüklenmesidir.

Tam zamanında üretim ortamında bu kavramların gerçekleştirilebilmesi aşağıda belirtilen sistemlerin devreye girmesiyle sağlanmaktadır;

1. Tam zamanında üretimi gerçekleştirebilmek için kanban sistemi.
2. Talep dalgalanmalarına uyum sağlayabilmek için üretim dengeleme yöntemleri.
3. İmalat ön sürelerini azaltmak için tezgah hazırlık sürelerini azaltma yöntemleri.
4. Hat dengesinin sağlanabilmesi için işlemlerin standartlaştırılması.

5. Esnek işgücü kavramını gerçekleştirebilmek için yerleşim planlaması ve çapraz eğitilmiş işçiler.
6. Sürekli gelişmeyi sağlamak üzere sorun çözme grupları ve öneri sistemleri.
7. Otonomasyon kavramını gerçekleştirmek üzere görsel kontrol sistemleri.
8. İşletme genelinde kalite kontrol yaklaşımını uygulayabilmek için işlevsel yönetim modeli (<http://members.fortunecity.com/cburcu/myfav3.htm>).

Kullanılan tam zamanında üretim yöntemlerinde bulunan bazı önemli unsurlar vardır;

- 1- Çalışma ekibini ve tek tip üretim çizelgesini kurma,
- 2- Çalışma alanlarını birleştirerek çekme metodunun uygulanması,
- 3- İş merkezleri arasında uyumlaştırmanın sağlanması,
- 4- Satın alma ve üretimin küçük miktarlarda yapılması,
- 5- Hızlı, çabuk, ucuz tesis kurma ve ayarlamalar,
- 6- Birden fazla becerisi olan ve esnek yeteneğe sahip işgörenler,
- 7- Yüksek kalite sevgisi ve düzeyi,
- 8- Öncelikli ve etkili bakım,
- 9- İlerlemeye yönelik çalışma.

(www.aerdogan.com/egitim_notlari/jit).

2.3.2 Tam Zamanında Üretim Sisteminin İlkeleri

Tam zamanında üretim sisteminin dayandığı temel ilkeler için Browman (1991) tarafından aşağıdaki gibi maddeler geliştirilmiştir:

- 1) Ürünlerin ekonomik üretime yönelik tasarlanması,

- 2) İmalat akşını kolaylaştırmak için iş yeri düzenlemesi yapılması,
- 3) Çalışanların desteğini içeren programlar oluşturulması,
- 4) Verilerin doğru olmasına yönelik çalışmalar yapılması,
- 5) Raporların azaltılması,
- 6) Iskartanın azaltılması,
- 7) Stokların azaltılması,
- 8) Bütün alanlarda sürekli gelişmenin ve iyileştirmenin sağlanması.

Lubben'e (1988) göre ise tam zamanında üretim sistemi aşağıdaki dört temel ilkedен oluşmaktadır:

1. Her iş istasyonu hem müşteri, hem tedarikçidir. Üretim sürecindeki malzemenin kaliteli olması gerekir.
2. Yalın bir sistemin oluşturulması temel hedef olmalıdır.
3. Sorunların giderilmesinden çok, soruna yol açan nedenlerin giderilmesi önem taşır.
4. Malzemenin gereksinim duyulunca tedarik edilmesi önemlidir. Toplam üretim miktarı ne olursa olsun parti üretim miktarlarına göre malzeme tedariki gerçekleştirilmelidir.

2.3.3 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Tasarım ve Uygulama Evreleri

Tam zamanında üretim sistemi genellikle üretim bekleme zamanını kısaltmaya yönelik çalışmalarda odaklanır. Çok kısa üretim bekleme zamanı firmaya çok büyük bir üstünlük sağlar. Ayrıca planlama açısından da firmayı çok uzun süreli tahminler yapma zorunluluğundan kurtarır ve daha kısa zaman dilimleri için planlama yapma kolaylığını getirir. Aynı zamanda üretim sürecinde piyasa ihtiyaçları nedeniyle doğabilecek tasarım değişikliklerine karşı da esneklik sağlar.

Tam zamanında üretim için gerekli bütün çalışmalar beş ana başlıkta toplanabilir.

1.İmalat Kolaylığı İçin Ürün Tasarımı: İşletmenin üreteceği ürünün fiziksel özelliklerini ve fonksiyonlarını açık seçik belirleme amacına yönelmiş bir faaliyettir. Üretilen ürünün cinsi ve bazı özellikleri genel olarak AR-GE ve Pazar araştırmaları sonucunda ortaya çıkar.

Ürün tasarımı özellikle satış, pazarlama, süreç ve planlama ile sıkı işbirliğinde bulunmak zorundadır.

2.Üretim Planlama Teknikleri:

- A. Aylık uyum: Aylık üretim miktarı düşünülerek üretim belirli devrelerde tekrarlanan süreçler haline getirilebilir.
- B. Karışık model üretimi: Belirli ürün çeşitlerini aynı anda üretmeyi amaçlar.
- C. Günlük uyum: Günlük üretim miktarı düşünülerek üretim belirli devrelerde tekrarlanan süreçler haline getirilebilir.

3. Süreci Kolaylaştırma Teknikleri:

1. Fabrika yerleşimi:

- Piyasa değişikliklerinde istasyonlara verilecek işletici sayısına esneklik getirmelidir.
- İşleticileri çeşitli fonksiyonlarda kullanabilmelidir.
- Birlik partilerde yapılan üretimin taşınmasını kolaylaştırmalıdır
- Standart işlemlerin yeniden değerlendirilmelerine ve revizyonlarına izin verilmelidir.

2. Kuyrukta Bekleme Zamanı Azaltılmalıdır:

- Küçük üretim ve taşıma partileri kullanılmalıdır.
- Hat dengelemesi çok iyi yapılmalıdır.
- Üretim seviyesi otomatik kontrol edilmelidir
- İşlemler aşağıdaki amaçlara uygun olarak standartlaştırılmalıdır

En az ara stok

Döngü zamanı ile senkronize hat dengelemesi

Döngü zamanı = Üretilebilecek günlük miktar / İstenen günlük çıktı

3. Taşıma zamanı azaltılmalıdır
4. Hazırlık zamanı kısaltılmalıdır
5. İşleme zamanı kısaltılmalıdır

4.İmalat Kaynaklarının Kullanımı: Temel iki imalat kaynağı vardır. Birisi işgücü, diğeri donatıdır. Bunların esnek bir şekilde kullanımları, zamanında üretim için önemli bir hedeftir. Bir işçinin birden fazla istasyonda kullanımı işgücünün esnekliğidir. Aynı şekilde bir istasyonun birden fazla iş yapacak hale getirilmesi de donatının esnekleştirilmesidir.

Bu yaklaşımlar MRP ve MRP II yöntemleriyle tamamen çelişir.

5.Kalite Kontrol: Zamanında üretimde hata sebepleri ortadan kaldırılarak sıfır hatalı üretim yapılmaya çalışılır (Yağar, 2001).

Makineler ürettikleri parçaları kontrol edebilecek düzeydedir. Andonlar ışıklı göstergelerden oluşur ve makine durunca mutlaka bir lamba yanar. Lambanın rengi de durma sebebini gösterir. Andon işletmede üretimin akışını izlemek amacıyla kullanılan görsel kontrol sistemlerinden biridir. Lambaların rengi aşağıdaki anlamları ifade etmektedir:

- i. KIRMIZI : Makine arızası,
- ii. BEYAZ : Üretim son,
- iii. YEŞİL :Malzeme bitti,
- iv. MAVİ : Hatalı ürün,
- v. SARI : Hazırlık gerekiyor.

Kalite kontrol açısından makinelerin bakımlarının devresel olarak yapılması oldukça önemlidir. Ancak böyle bir kontrol sistemi geliştirilirse yüzde yüz kalite sağlanabilir ve hatalı ürünler için yapılan ara stoklardan kurtulunur (Firuzan, 2004).

Tam zamanında üretim sisteminde hammadde girişinden, ürün oluşumu ve çıkışına kadar geçen süre beş aşamadan meydana gelmektedir. Bu aşamalar;

İşleme süresi: Ürünün üzerinde çalışıldığı süre.

Kontrol süresi: Ürünün istenilen kalitede bulunması, eğer bu seviyede değilse, istenilen kaliteye gelinceye kadar yapılan çalışmalar için harcanan süre.

Taşıma süresi: Ürünün bir yerden diğer yere taşınması için geçen süre.

Bekleme süresi: Ürünün işlem görme, taşıma, kontrol gibi unsurlar için beklediği süredir.

Depolama süresi: Yarı bitmiş ürün ve ürünlerin işlem görme veya sevk edilme için stok kapsamına alınıp bekletildiği süredir.

Bu aşamalardan sadece işlem süresi, ürünün değerini arttıran ve bununla ilgili çalışmaları içeren basamaktır. Diğer dördü maliyet oluşturmaktadır. Tam zamanında üretimin hedefi, işleme süresi dışındaki süreleri kaldırarak, maliyeti düşürmektir. Bu nedenle sıfır stok, sıfır makine ayarlama zamanı, sıfır temin zamanı ve sıfır malzeme taşıma üzerinde durulur. Bütün bu aşamalar içinde ürünün gerçek değerini artıran süre, sadece işleme süresidir. Diğer süreler ürünün değerine herhangi bir katkı sağlamayıp, sadece maliyeti artıran aşamalardır. Çoğu işletmede işleme süresi, toplam üretim süresinin ve maliyetinin %10'nun altındadır. Bu nedenle işleme süresi dışındaki diğer sürelerin (değer yaratmayan süre), mümkün olduğu ölçüde azaltılması veya ortadan kaldırılması toplam maliyeti azaltacaktır (Özkan ve Esmeray, 2002).

2.4 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Kanban

Tam zamanında üretim sisteminin esası, birbirini takip eden üretim faaliyetlerinin koordine edilmesine dayanır. Binlerce parçadan oluşan bir otomobilin üretiminde, çeşitli malzeme ve parçaların tam zamanında üretim hattında bulunmasının düzenlenmesi oldukça güç bir işlemdir. Tam zamanında üretim sisteminde, bir iş merkezinde çalışan işgören, ihtiyaç duyulan malzeme ve parçaları kaynağına giderek alır ve bu parçalarla ilgili işi yerine getirir. Tam zamanında üretim sisteminin uygulanabilmesi için planlananların belirli dönemler itibarıyla yapılmış olması gerekir.

Bu yöntemde Japonca kart kelimesinin karşılığı olan “kanban” kullanılır (Tütek vd, 1991:8).

Toyota tarafından geliştirilen kanban sistemi, bir üretim ortamında malzeme hareketinin ve üretimin sadece o parçanın kullanıcıları tarafından yönlendirildiği bir bilgi sistemidir. Üretim, yetki kartlarıyla kontrol altında tutularak fazla üretim engellenir. Üretim çizelgesi sadece son istasyona gönderilir, son istasyon dışındaki üretim süreçlerine üretim çizelgesi gönderilmez ve buralara çizelge bilgileri kanban aracılığıyla iletilir (Karmarker, 1988,).

Kanban sisteminin önemli üstünlüklerinden birisi görsel denetime yer vermesidir. Üretim sahasında dolaşarak sadece kanban panosuna bakarak işi denetlemek mümkündür. Kartlardaki artma, üretimdeki yavaşlamayı; azalma ise, üretimdeki hızlanmayı gösterir. Sadece gerektiği kadar üretim yapmak isteniyorsa, gerektiği kadar malzemeye ihtiyaç duyulur. Daha yüksek stok, daha fazla maliyet anlamına geleceğinden, stoksuz üretim, sistemin esasını teşkil etmektedir (Ertürk, 1998).

2.4.1 Temel Kanban Çeşitleri

Kanban sisteminde temel olarak iki çeşit kart kullanılmaktadır. Çekme kanbanı ve üretim sipariş kanbanı. Esas olarak çekme kanbanı sonraki sürecin önceki süreçten çekeceği türü ve miktarını belirlerken, üretim kanbanı önceki sürecin üretmesi gereken parça tür ve miktarını belirler. Çekme kanbanı, bir iş istasyonundan diğerine parça hareketine izin vermek için kullanılır. Çekme kanbanı bir istasyondan diğerine hareket eden parçaya eşlik eder. Çekme kanbanında raf no, parça no, parça adı, önceki sürecin adı, sonraki sürecin adı, kapasite, kutu tipi, dolaşımdaki çekme numarası gibi bilgiler yer alır. Çekme kanbanı önceki süreçten gelen parça dolu kutunun üzerinde kalır. Sonraki süreç kutudaki parçaları tüketmeye başladığında, çekme kanbanı yeni bir parça dolu kutuya eşlik etmek üzere önceki sürece gönderilir. Çekme kanbanı Şekil 2.3 ‘te görülmektedir (www.iuekk.org/Makaleler/justintime.htm).

Stok Raf No:			Önceki İşlem						
Parça No:									
Parça Adı:									
Araba Tipi:			Sonraki İşlem						
<table border="1"> <tr> <td>Kutu kapasitesi</td> <td>Kutu tipi</td> <td>Sayı</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Kutu kapasitesi	Kutu tipi	Sayı				
Kutu kapasitesi	Kutu tipi	Sayı							

Şekil 2.3 Çekme Kanbanı

Üretim kanbanının görevi önceki sürece parça üretmesi için sipariş vermektir. Bir üretim kanbanı üzerinde raf no, parça no, parça adı ve üretim süreci gibi bilgiler bulunur. İşçi çekme kanbanı ile sürece vardığında muhtemelen görülmeye hazır birkaç kutu bulacaktır. Bu kutuların üzerinde üretim kanbanı bulunacaktır. İşçi elindeki çekme kanbanını üretim kanbanı ile eşleştirdikten sonra, üretim kanbanını kutunun üzerinden çıkararak önceki sürece bırakacaktır. Daha sonra işçi çekme kanbanını kutunun üzerine takarak kutuyu sonraki sürece götürecektir. Önceki sürece bırakılan üretim kanbanı, o sürece çekilen parça kadar üretmesi için yetki verecektir. Üretim kanbanı Şekil 2.4 'te görülmektedir.

Stok Raf No:			İşlem
Parça No:			
Parça Adı:			
Araba Tipi:			

Şekil 2.4 Üretim Kanbanı

2.4.2 Kanban Kuralları

Kanban sisteminin sağlıklı bir şekilde çalışması için bir takım kurallar bulunmaktadır. Bu kurallara uyulmaması, sistemde bozulmalara neden olacaktır. Kanban sistemi uygulanmadan önce çalışanların kurallar hakkında bilgilendirilmesi gereklidir.

Kural 1: Bir kanban sadece parçaların tüketimi söz konusu olduğunda hareket ettirilmelidir. Sonraki üretim süreci, önceki süreçten gerekli parçaları gerekli miktarlarda ve gereken zamanlarda çekmelidir. Bu kuralın uygulanabilmesi için aşağıda belirtilen kuralların da birlikte uygulanması gereklidir.

- Kanban olmadan herhangi bir parçanın çekilmesine izin verilmemelidir.
- Kanbanların sayısından fazla miktarda parça çekilmesine izin verilmemelidir.
- Parçaya daima bir kanban yapıştırılmış olmalıdır.

Kural 2: Önceki süreç sonraki süreç tarafından çekilen miktarda üretim yapmalıdır.

Bu kuralın uygulanabilmesi için, birlikte uygulanması gereken diğer kurallar aşağıda verilmiştir:

- Kanbanların sayısından daha fazla üretim yapılmasına izin verilmemelidir.
- Önceki süreçte farklı parçaların üretimi söz konusuysa, bunların üretimi kanbanların geliş sırasına uygun olarak yapılmalıdır.
- Her istasyon bir sonrakini besleyecek kadar kapasiteye sahip olmalıdır.
- Bir önceki istasyon bir sonrakine düzenli üretim çerçevesinde belirlenen malı zamanında vermelidir.

Kural 3: Hatalı parçalar sonraki sürece kesinlikle gönderilmemelidir.

Üretim hattı üzerinde, herhangi bir istasyonda hatalı parçalar bulunması, ara stokların büyük ölçüde azaltılmış olduğu bu ortamdan üretim akışını durduracak ve hatalı parçalar önceki istasyona geri gönderilecektir. Hatalı parça üzerindeki problem

çözülmeden üretime devam edilmez. Devam edilmesi durumunda hatalı üretimin devamı sayılır. Bu nedenle üretim hemen kesilmelidir. Bunun için makinelerde hatalı üretim halinde üretimi hemen durduracak Poka-Yoke denilen sistemler oluşturulmuştur. Poka Yoke, hatayı baştan önlemek için tedbir almak demektir. Poke Yoke ile iş başında ürünün tasarımını üretim sürecinde hata ortaya çıkarmayacak ve “hata geçirmez” bir özellikte yapmaya çalışmak anlamına gelmektedir. Böylelikle ilgili kişilerin dikkati, zaman kaybı olmadan hemen hata üzerine çekilir. Bu sistemin olmadığı durumlarda hataya anında müdahale için işçiye gerektiği takdirde makineyi durdurma olanağı sağlanmalıdır. Hatalı parça yan sanayiden geliyorsa, bu geri gönderilir ve yenisi istenir.

Kural 4: Kanban sayısı enazlanmalıdır. Stok düzeyini belirlediği için, tam zamanında üretimde amaç bu sayıyı mümkün olan en alt düzeyde tutabilmektir.

Kural 5: Kanban talepteki ufak dalgalanmalar karşısında üretim hızını ayarlamak amacıyla kullanılmalıdır. Üretim planını, işletmeye uygulayan, kanban büyük değişikliklere tepki vermez. Dolayısıyla düzgün üretim sağlanmalı ki, bundan sonraki sapmalar tespit edilsin. Süreç dengeli ve mantıklı olmalıdır. Hatalı parça üretimini engelleyecek süreçler düzenlenmelidir. Çünkü hatalı parça bulunması halinde bir sonraki istasyona gönderilemez ve gerekli malı (ürün, yarı bitmiş ürün, hammadde) sağlayamama riski oluşur (www.aerdogan.com/egitim_notlari/jit).

2.5 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Toplam Kalite Kontrol

Toplam kalite kontrol, tam zamanında üretim sisteminin bir ikizi gibidir. Toplam kalite kontrolde anahtar faktörler Şekil 2.5’ te gösterilmektedir.

Yönetim Liderliği: Yönetim, işletmenin gelecekte doğru bir yönde ilerlemesine katkı sağlamalıdır. Her zaman tutarlılığın sağlanması önemli bir etmendir. Denetleme değil liderlik gereklidir.

Çabaların Birleştirilmesi: Yapılan işlemin ardından gelen işlemi yapacak kişi müşteri olarak düşünülmelidir ve onun gereksinimleri öğrenilmelidir.

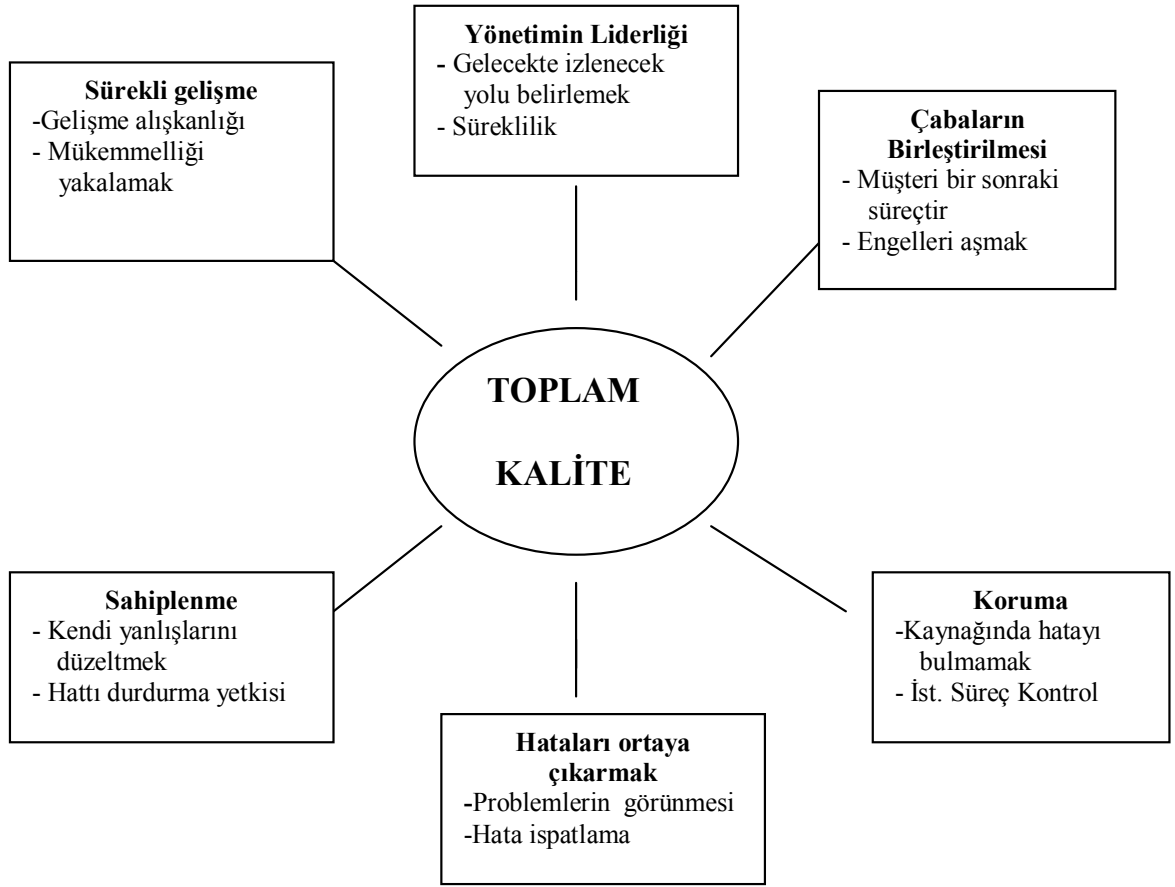
Önleme: Sürecin sonunda hatalı ürünlerin bulunması yerine, süreç sırasında hataların bulunması daha iyidir. Hataların kaynağında ortaya çıkarılması çok daha verimli bir yoldur. Bu amaçla istatistiksel süreç kontrol tekniği kullanılmaktadır.

Hataları Ortaya Çıkarmak: Hataların ortaya çıkarılması mükemmel işletmeye yönelik çalışmalarda hala gereklidir. Bir kere hatalar ortaya çıkarıldıktan sonra, hatalar sürecin karmaşıklığı ile problem çözme çalışmalarının odak noktası olmalıdır.

Sahiplenme: Bir sürecin ve ürünün hatasız olma sorumluluğu o işi yapan kişinin elindedir. Kontrol eden ve düzelten gibi bir üçüncü kişiye gerek yoktur.

Sürekli Gelişme: Bu faktör tam zamanında üretim sisteminin hedeflerinden biridir. Şu anda kabul edilen şey gelecek yıl kabul edilmeyebilir.

(<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=yalinuretim>).



Şekil 2.5 Toplam Kalite Kontrolün Anahtar Faktörleri

2.5.1. Toplam Kalite Kontrol ve Sorunların Çözümü

Üretim sürecinde hatalı imalatın söz konusu olması halinde, yapılan tüm çabalar boşa gidecektir. En az stok düzeyiyle çalışan bir sistemde hatalı bir parçanın çıkması, diğer tüm işlemleri dalga dalga etkileyen bir etki yapacaktır. Bu nedenle tam zamanında üretim sistemi, her bir malzemenin ve bileşenin spesifikasyonlara tamamen uygun olmasını gerektirir. Bunun anlamı, sipariş edilerek tedarikçilerden teslim alınan ve ya içsel olarak imal edilen tüm parçaların kusursuz olması gerektiğidir. Kalite yönündeki bu davranış şekli, geçmişteki yaklaşımlardan oldukça farklıdır. Geçmişte firmalar, bir kaç tane kusurlu parçanın hiç bir zararı olmadığını düşünerek tedarikçilerinden teslim aldıkları ya da kendilerinin ürettikleri kusurlu parçaları kabullenmişlerdir. Ancak tam zamanında üretim sistemi içerisinde, birini bırakıp

öbürünü alabileceğimiz miktarda malzeme stoğu bulunmamaktadır. Tam zamanında üretim sisteminde kalite kontrol konusunda özellikle toplam kalite kontrol ile ilgili esaslar ve bu hedefe ulaşmada önemli rol oynayan problemleri çözme konusuna daha fazla önem verilmektedir

(<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=yalinuretim>).

Sıfır hata ile üretim yapılması ve bunun sürdürülmesine yönelik çalışmaların önemli aşamalarından biri, problemlerin meydana çıktıkları anda belirlenmesi ve çözülmesidir. Bir süreç hakkında en fazla bilgisi olanlar, o süreçte görev alan kişiler olduğundan; çalışanların işlerini yaptıkları süreçlerde kendilerini ilgilendiren problemler için çözümler geliştirmeleri, tam zamanında üretimin felsefelerinden biridir. Bir makinenin hatalı üretim yapması halinde bu problemlerin nedenlerini bulma ve çözümler getirme görevi, o makinede çalışan kişilere düşecektir (<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=sifirhata>).

Sebeup-Sonuç diyagramı ya da İsikawa şeması (Kalite kontrol konusunda yetkili bir japon olan Kaoru Ishikawa'nın adıyla anılmaktadır) şeklinde isimlendirilen balık kılçığı şeması, bir problemi oluşturan muhtemel nedenlerin belirlenmesi ve bu nedenlerin aza indirgenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Genel olarak bir balık kılçığı şeması üzerinde tanımlanan muhtemel problemler dört kategoriye ayrılır; malzeme, donatılar, yöntemler ve işgörenler. Ancak özel durumlar da bu kategorilerin sayısını artırmak mümkün olmaktadır. Balık kılçığı şemasının başı, incelenmekte olan problem ya da etkiye karşılık gelir. Muhtemel problemler, bu dört kategorinin her birisi kapsamında tanımlanır (<http://www.manas.kg/pdf/sbdpdf10/Makaleler/15.pdf>).

Problem çözmeye yönelik yaklaşımların bir diğeri de kalite gruplarıdır. Kalite kontrol grubu (KKG) olarak da adlandırılan kalite grupları (KG), genellikle belirli bir sahada ya da bir tesis departmanında, üretimle ilgili problemlerin tanımlanması ve çözüm getirilmesi amacıyla bir araya getirilmiş olan kişilerden oluşur. Bu grupların ismi, kalite kelimesiyle beraber anılıyor olmakla birlikte, sadece kaliteyle ilgili problemlerle değil, üretim sistemi dahilinde problem olarak algılanan her türlü konuyla ilgilidirler. Bu gibi gruplar genellikle bir denetçi eşliğinde görev yaparlar ve makinelerin durmasından işçi banyolarının temizliğine kadar her türlü problemi ele

almaya her an hazırdırlar. Kalite gruplarının başarılı olmaları, istatistiksel çözümleme, problem çözme teknikleri (balık kılçığı şeması dahil) ve grup dinamiği konularında eğitilmelerine bağlıdır. Kalite grupları en başarılı biçimde Japonya'da çalışmaktadır. Amerika'da alınan sonuçlar ise Japonya'dakilerden biraz farklıdır. Bunun muhtemel nedeni, Japon firmalarının, firma genelinde çalışanların işlere dahil edildiği katılımcı bir yönetim uygulamaları Amerikan firmalarının ise katılımcı yönetim uygulamalarına önem vermemeleridir (<http://www.manas.kg/pdf/sbdpdf10/Makaleler/15.pdf>).

2.5.2. Kalite ve Güvenirlilik

Toplam kalite kontrol birçok üstünlükleri de beraberinde getirir. Tam zamanında üretim sisteminde toplam kalite kontrolün amacı, kaliteyi etkileyen hataların tamamen giderilmesidir. Bu da ıskarta diye bir şeyin var olmaması nedeniyle daha düşük maliyet anlamına gelir. Aynı zamanda müşteriler de mutludur, çünkü daima daha kaliteli ürünlere sahip olurlar. Ayrıca geri iade edilen mallar ve garanti kapsamı dahilinde yapılan onarımlar da azalacaktır; bu da maliyetlerin düşmesini sağlayan diğer bir özelliktir. Tam zamanında üretim felsefesinin uygulanması ile kalite iyileşir, verimlilik artar, kusurlu veya bozuk ürünlerin sayısı ve stok miktarları azalır, sipariş maliyetleri düşer, stokta birikimler olmaz, malzeme ve stok için yere duyulan ihtiyaç azalır, ekip çalışması artar, çalışanların morali ve motivasyonu yükselir, çalışanların ve makinelerin verimliliği artar. Sürekli gelişmenin hedeflenmesiyle, sonunda müşteriye daha düşük fiyatla daha değerli ürünler sunulacaktır (<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=sifirhata>).

"Sıfır Hata", özellikle ABD'de birçok firma tarafından uzun yıllardan beri kullanılmakta olan bir slogandır. Bu kavramın altında yatan fikir, kusursuz üretim yapmaktır. Sıfır hata ile aynı düşünce, toplam kalite kontrol kavramına da uygulanabilmektedir. Toplam kalite kontrolün amacı, sıfır hata ile üretim yapabilen bir sistemin geliştirilmesidir. Tam zamanında üretimde üretilebilirliği artırmak için değişimleri azaltmak önemlidir. İşletici sıfır hatadan sorumludur. Bir hata ya da problemin ortaya çıkması durumunda işletici imalat sürecinin durdurulmasını ve hemen düzeltici önlemin alınması yerine sloganlara ve komitelere güvenmektedir. Bunun bir sonucu olarak toplam kalite kontrol kullanan firma sıfır hatalı bir üretimi bir slogandan

çok; asla ulaşılmayacak, ancak ulaşmaktan vazgeçilmemesi gereken bir hedef olarak görmektedir. Toplam kalite kontrol uygulayan firmalar, sıfır hatalı üretim hedeflerine aşağıda belirtilen araçlarla ulaşmaya çalışmaktadırlar:

- 1) Kolay imal edilen ürünleri tasarımıyarak, kusurlu üretim riskini en aza indirmek,
- 2) Başarısız olması olanaksız olan süreçler geliştirerek, hatasız mal üretimini kolaylaştırmak, hatalı mal üretimini ise zorlaştırmak,
- 3) Üretilen her parçanın her iş istasyonunda kontrol edilmesini sağlayarak, hatalı birimlerin gözden kaçmasını engellemek, mümkün olan durumlarda bu sürecin otomasyona geçirilmesi,
- 4) Çalışanlara herhangi bir sorun ortaya çıktığında kusurlu üretimin engellenmesi amacıyla makineleri durdurma yetkisinin verilmesi,
- 5) Kusurlu üretim tespit edildiğinde sorumlu kişilerce anında geri besleme yapılması ve kusurların giderilmesi yönünde gerekli çalışmaların gerçekleştirilmesi,
- 6) İşçilere kusurlu üretimin nedenlerini bulacakları ve düzeltebilecekleri şekilde problem çözme teknikleri konusunda eğitim olanağı sağlamak,
- 7) Her sürecin kapasitesinin tam olarak belirlenmesi amacıyla çözümleme yapmak.

Firmalar, zaman zaman sıfır hatalı üretim gerçekleştirmektedirler. Ancak bu şekilde üretimin sürdürülmesi oldukça fazla çaba gösterilmesini gerektirir. Sıfır hatalı üretim yapıp bu üretimin sürekliliği sağlanmalıdır. Sıfır hatayla üretime devam edilmesi, dünya tenis şampiyonu olmaya benzer; zirvede kalmak uzun antrenmanlar ve zorlu uğraşlar gerektirir. Sıfır hata ile üretimi sürekli hale getirmeye yönelik en önemli yöntemlerden biri de, süreç döngüsünün sürekli biçimde değiştirilmesidir. Süreç geliştirme çabalarının sadece mevcut sorunlar üzerinde yoğunlaşması gerekmemektedir. Tersine bu kavram, başarılı bir şekilde çalışmakta olan işlemleri ele alır ve daha iyi çalışır hale gelmelerini hedefler, süreç geliştirmenin bölümlerini oluşturan faaliyetlerden bazıları aşağıda verilmiştir:

- a) Süreçler arası farklılıkların en aza indirilmesi çalışmaları. Her şey için standart yöntemler geliştirilmesi ve bunlara uyulması. Her zaman aynı kaynaktan malzemelerin kullanılması,
- b) Kaliteyle ilgili bilgilerin toplanarak bir araya getirilmesi ve herkesin görebileceği bir yere asılması. Daima daha iyisi için çaba gösterilmesi,
- c) Bir sorun ortaya çıktığında, nedenlerinin belirlenmesine yönelik verilerin toplanarak düzenlenmesi,
- d) İşlerin daha iyi yapılabilmesi için deneyleme yapılması, süreçlerle ilgili verilerin bir araya getirilmesi ve deney sonuçlarının çözümlenmesi (<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=sifirhata>).

2.6 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Stoklar

Stokların, bir firmanın başka alanlara yöneltebileceği büyük miktarlardaki parayı bağlayan bir sermaye yatırımı olduğu dikkate alınırsa; büyük miktarda stok yatırımı yapmayan bir firma, daha iyi donatılar satın alabilir, yeni ürün hatları oluşturabilir. Başka bir deyişle fazladan stoklar, firmanın çok daha yararlı alanlarda kullanılabileceği parayı farklı alanlara bağlamaktadır (Heitger, et al.,1992).

Malzeme gereksinimi planlaması (MRP) stokta kesinti yapmaya olanak veren yöntemlerden biri olarak ele alındığında, " gerektiği anda hazır bulunması" amacıyla depoda sürekli olarak malzeme ve parça bulundurulmasının pek akılcı olmadığı görülür. Bir firma MRP uygulayarak; programını, neyin ve ne zaman gerekeceğinin belirlenmesine yardımcı olacak şekilde parça ve hammadde gereksinimleri haline çevirebilir. Bu şekilde fazladan stok oluşmasının önüne geçebilir. Ancak MRP, stok düzeyini mümkün olan en düşük seviyeye indirmez. Bu sistemi kullanan firmalar, genellikle bir haftalık ya da daha uzun süreli gereksinimlerini bir defada stoklarlar. Böylelikle siparişler, bir haftalık üretimi kapsayacak şekilde planlanır. Bu nedenle kısa süreli de olsa bir miktar fazla stok bulunması, MRP sistemi dahilinde kaçınılmaz hale gelmektedir. MRP anlayışının, ilerideki birkaç haftayı göz önüne almayacak şekilde değiştirildiği düşünülün. Şu anda ne üretilmekte olduğuna bakılsın ve bu üretim miktarı için sipariş verilsin. Tam zamanında üretimin temel kavramı işte budur. Para

ve siparişler, belirli bir anda ihtiyaç duyulacak miktarlarda ve ihtiyaç duyulan o anda elde olacak şekilde sipariş edilir. Bir otomobil üreticisi için bunun anlamı, hiç bir suretle otomobil lastiği stoğu bulundurmamak olabilir. Bunun yerine her araba için beş adet lastik, arabaya tam montaj hatlarından indirileceği anda takılacak şekilde getirilebilir. Genellikle dakikada bir araba çıkarıldığından, imalatçı her dakika için beş adet lastik sipariş programı oluşturabilecektir. Sonuç olarak sıfır lastik stoğuyla çalışacaktır. Olay biraz daha genişletildiğinde ise, diğer parçalar için de stok bulundurmak gerekmeyebilecektir. Bunun yerine parçalar, arabaya takılacakları anda ve her araba için gerekli olduğu miktarlarda tedarikçilerden ya da imalat kısmından teslim alınabilir. Tüm montaj süreci boyunca fazladan stok bulundurmanın önü bu şekilde alınmış olur (Bir sonraki işleme faaliyetleri için o anda gerekli süreç içi stokları hariç). Bu sistemin nasıl çalışacağı düşünülürse; bir işçi bir karbüratör parçasının imalatını tamamladığında bunu hemen, tüm parçaları birleştirerek karbüratör haline getiren işçiye verir. Bu işçi de parçaları birleştirdikten sonra, bunu montaj hattındaki arabaya takacak olan kişiye verir. Bu işlem, süreç boyunca her parça için tekrarlanır ve ihtiyaç olduğunda, gerekli miktarlarda hemen kullanılmak üzere tüm parçalar bu şekilde hazırlanır (<http://www.iuekk.org/Makaleler/justintime.htm>).

Tam zamanında üretimin amacının bir petrol rafinesinde olduğu gibi, malzeme akışını sürekli bir akış süreci içerisinde tutmak olduğu söylenebilir. Bir rafineride süreç için çalışma stokları en azda tutulur ve malzeme bir süreç aşamasından diğerine pürüzsüz bir şekilde akar. Firmaların bundan farklı olarak tam zamanında üretimden bekledikleri, bu pürüzsüz ve kesintisiz akışın, tedarikçilerden nihai tüketicilere kadar böyle sürüp gitmesidir. Parçaları, malzemeleri, montaja hazır birleştirilmiş parçaları ve nihai ürünleri, su olarak düşünölsün. Bu suyun, stok olarak toplanacağı havuzcuklar ne kadar çok olursa, akış da o denli inişli çıkışlı ve yavaş olacaktır. Tam zamanında üretimin amacı, bu havuzcukları ortadan kaldırarak suyun, dağlardan güröl güröl akan bir nehir şeklinde akmasını sağlamaktır (<http://www.iuekk.org/Makaleler/justintime.htm>).

2.7. Stoklarla İlgili Problemlerin Ortaya Çıkarılması

Tam zamanında üretim sisteminin en önemli özelliklerinden biri olan stok seviyesinin azaltılmasının sağladığı en değerli fayda, bir firmanın faaliyetleriyle ilgili sorunlarının ve yetersizliklerinin ortaya çıkarılmasına zorlayıcı etki yapmasıdır. Bunun nedenlerini anlayabilmek için, evde kullanılan elektrik düşünölsün. Fiili elektrik akışı, bu elektriğe ihtiyaç olduğunda, başka bir deyişle düğme çevrildiğinde oluşur. Ev ile üretim tesisleri arasında herhangi bir yerde elektrik stoğı mevcut değildir. Başka bir deyişle elektrik, "Tam zamanında" üretilmektedir. Üretim tesisiyle ev arasında bir sorun meydana geldiğı düşünölsün; bu bir telin kopması ya da bir transformatörün yanması olabilir. Sorun ne olursa olsun, elektrik yanmadığında bir sorun olduğunu bilir. Aynı şey birçok kişinin sorunuysa, elektrik şirketine telefonlar edilir ve bir görevli derhal sorunu çözmek üzere görevlendirilir. Bu durum, tam zamanında üretim çerçevesinde faaliyet gösteren bir firma için de aynıdır. Çok az ya da sıfır stok düzeyi ile çalışan bir firmada malzeme akışı durduğunda malzemesizlik nedeniyle çalışmada hemen durmak zorunda kalacaktır. Tüm dikkatler bir anda sorun üzerinde yoğunlaşacak ve bu sorunun çözölmesi için tüm olanaklar seferber edilecektir. Ancak bu sorun tekrar ortaya çıktığında aynı sıkıntının yeniden yaşanacağı bilindiğinden; o an için değil de, ileriye dönük önlemler alınması yoluna gidilecektir (<http://www.iuekk.org/Makaleler/justintime.htm>).

Malzeme akışında bir aksaklığa sebep olan sorunlar, tam zamanında üretim sistemi dahilinde kolaylıkla fark edilecektir. Malzeme akışı pürüzsüz hale getirilip hızlandırıldığında ise, sistemde yetersiz kalan yönlerin teşhisi kolaylaşacaktır. Akışın pürüzsüz biçimde devamlılığının sağlanması için çalışanlar, kendi faaliyetlerini, parçalar ve montaj bileşenlerinin diğer iş istasyonlarına gereksinim duyulduğunda gönderilmelerini temin edecek şekilde geliştirecek yöntemler bulmaya başlayacaklardır (<http://www.iuekk.org/Makaleler/justintime.htm>).

2.8. Tam Zamanında Üretim Sisteminde Çalışanların Katılımı

İnsanların yeteneklerini tümüyle kullanmasını sağlamak, tam zamanında üretim sisteminin önemli bir parçasıdır. Çalışanların katılımı aşağıdaki kavramları içermektedir.

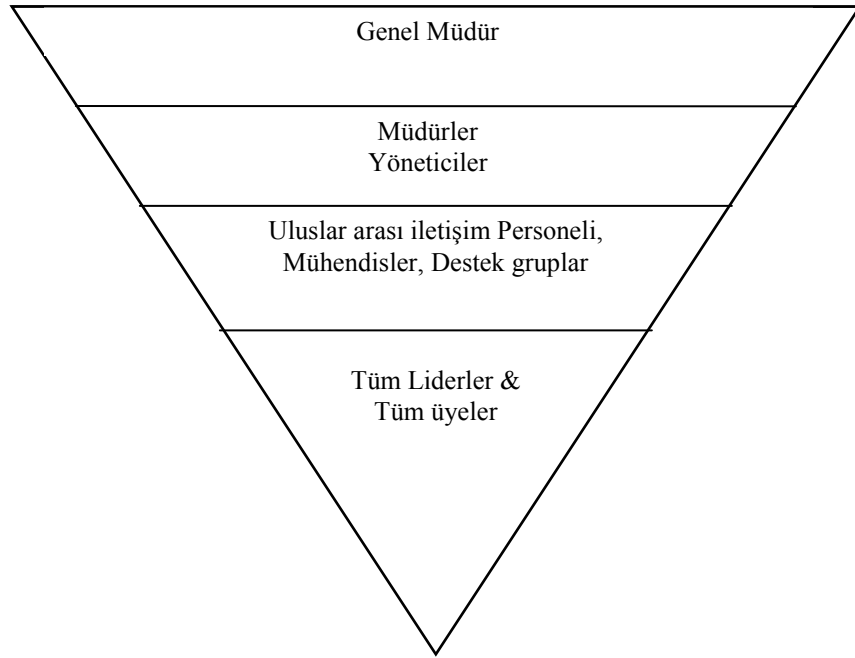
- Disiplin,
- Esneklik,
- Eşitlik,
- Özerklik,
- Personel geliştirme,
- İş yapma kalitesi,
- Yaratıcılık,

Disiplin: İş standartları, işletmede çalışanlar ve çevresinin güvenliği ve ürün kalitesi için oldukça önemlidir. Gerekli olmayan ve haksız kurallar ortadan kaldırılmalıdır.

Esneklik: Bir insanın var olan yeteneğini dışa vurabilmesi için ona sorumluluklar verilerek kendine güvenmesi sağlanmalıdır.

Eşitlik: Haksızlıklara sebep olacak işgören politikaları terk edilmelidir (maaş, sosyal hak vs.) .

Özerklik: Diğer bir ilke, işletmede gerçekleşen faaliyetlere insanların katılımını sağlayabilmek için sorumlulukları dağıtmaktır. Bunun sonucu olarak örgüt piramidi Şekil 2.6 'da ki gibi baş aşağı şekilde olmalıdır. Genel müdürden üyelere doğru gidildikçe yetki ve sorumluluklar azalmaktadır.



Şekil 2.6 Örgüt Şeması

Özerklik aşağıdaki yetkilere sahip olmayı gerektirmektedir:

- a. Hattı durdurma yetkisi,
- b. Malzeme çizelgeleme,
- c. Veri toplama,
- d. Problem çözme,

İş Yapmanın Kalitesi

A. Kapsama: İşletmede çalışanlar karar verme sürecine dahil edilirlse değişikliklere daha iyi uyum sağlayabilirler.

Katılım + Kapsama = Yönetimde Fikir Birliği

B.Güvenlik: Çalışanlara iş güvencesi sağlanmalıdır. Hizmet süresinin uzunluğu ve kıdem göz önüne alınmalıdır.

C. Zevk Alma : Çalışan kişi yaptığı işten zevk almalıdır. İş zenginleştirme ve iş basitleştirme kuralları ile çalışan kişinin yaptığı işten zevk alması sağlanmalıdır.

Yaratıcılık: Çoğu insan sadece görevini başarılı bir şekilde yapmaktan zevk almaz. Aynı zamanda gelecek için işini geliştirmeyi de ister. Duyarlı bir yönetim tarafından teşvik edilmek ve korunmak gereksinimi duyar.

Bugünkü rekabet ortamında herkesin problem çözme ve geliştirme yöntemlerine katkıda bulunması gerekmektedir. Eğer işletmede çalışanların bazıları kapsam içine alınırsa, problemlerin de birkaçı çözülecektir.

Daha çok yaratıcı çalışma yapmak için dört adım vardır:

1. İş yönergeleri, işin amacını ve ne olduğunu çok açık bir şekilde açıklayacak şekilde oluşturulmalıdır.
2. Çalışanların yaptıkları iş hakkında sorumluluk duygusu geliştirmelerine olanak sağlanmalıdır.
3. Çalışanlara fikir üretmek için zaman tanınmalıdır.
4. Fikirlerin geliştirilmesi ve gerçekleştirilmesine izin verilmelidir.

(Vollmann, 1992).

2.9 Bir Kuruluş Felsefesi Olarak Tam Zamanında Üretim Sistemi

Fazladan stok bulundurmamak ve akışın sürekliliğini sağlamak, gerçekleştirilmesi zor hedeflerden biridir. Tam zamanında üretim sistemini uzun yıllardan beri kullanan TOYOTA firması bile bu hedefe ulaşamamıştır. Ancak bu yöndeki çalışmalarını hala sürdürmektedir. Tam zamanında üretim sistemi dahilinde faaliyetlerini sürdüren bir firma, verimliliğin artırılması, israfların azaltılması ve malzeme akışının pürüzsüz bir hale getirilmesi yönünde sürekli bir çaba içersindedir. Bu amaca yönelik çalışmaları sonucunda firmalar, birçok sorunlarını ortaya çıkarmakta ve her şeyi daha pratik hale getirmenin yollarını bulmaktadır. Tam zamanında üretim sisteminde başarıya ulaşmış olan firmalar, iyileştirme çalışmalarını hala devam

ettirmektedirler. TOYOTA gibi firmalar önce sistemini kendi faaliyetlerine yerleştirmekte, daha sonra ise tedarikçilerini ve hatta müşterilerini bu sistemden yararlandırmaktadır. Örneğin TOYOTA firması, tedarikçilerinin tam zamanında üretim sistemini kullanmalarına çalışmış ve kendilerinin TOYOTA firmasının tam zamanında üretim sistemine dahil olmalarını istemiştir. Diğer taraftan talebi, tedarikçilerden müşterilere pürüzsüz bir akış sağlayacak şekilde sabit tutmaya yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Vollmann, 1992).

Tam zamanında üretimi kullanarak başarı elde etmiş firmaların teknikleri;

a- Çalışanları takım çalışmasına sevk edip, disiplini ve kalite konusunda tüketici teşviği sağlayarak, herkesin kendi işiymiş gibi çalışmasını sağlamak,

b-Tam bir kalite kontrolü sağlamak. Bu da her işgörenin üretiminin kalitesinden kendisinin sorumlu olmasıdır.

c- Tam zamanında üretimi çok düşük bir stok seviyesi ile gerçekleştirmek için de, malların ihtiyaç olacak zamandan biraz önce üretimini sağlamaktır.

İşletmelerin üretim sistemlerinde tam zamanında üretimin kullanılması durumunda bir takım yararlar sağlanması mümkün olacaktır. Tam zamanında üretimin uygulanmasıyla elde edilecek yararları şu şekilde özetlemek olurludur:

-Yatırım ve uygunsuz çalışma ortamından hızlı bir düşüş, malın üretimi ve sonrası satışında bekletme zamanı az olacağından fazla yer ihtiyacı olmaması,

-Malın kalitesi artar ve israf maliyetleri azalır. İsrar maliyetinin düşmesinin nedeni ise az miktarda üretim olacağından, yapılacak bir hatada israf da az olacaktır,

- Küçük parti üretimler sayesinde hem üretilen malın, hem de stoklanacak hammadde ve malzemenin bakım ve benzeri maliyetleri düşük olur,

- Bir arada çalışma sayesinde de işgörenler birbirlerini görür, işlerini tanır, birbirlerine yardımcı olur, iletişim hızlanır. Bunlar da takım çalışmasının temellerindendir.

- Merkezi üretim şekli sayesinde, üretim sorunları ve üretim esasları çabuk halledilebilir,
- Üretim maliyetleri azalır, işgücü verimliliği artar ve ürün kalitesi gelişir,
- Tüketici hizmetlerinde gelişme olur,
- Daha küçük iş çevrimleri oluşur.

Günümüzde birçok üretim sistemi, talebin miktar ve niteliklerindeki değişkenlik sorunuyla karşı karşıyadır. Bu denli değişken ve çeşitli talep değişikliklerine uyum göstererek müşterinin tam doyumunu ile beraber işletmenin karlılığını sağlayabilmesi, çeşitlilik ekonomisidir. Bu yapının sağlanması da esnek teknolojik yatırımlarda mümkündür (www.aerdogan.com/egitim_notlari/jit)

Tam zamanında üretim kullanarak yarar elde eden bazı firmalar Çizelge 2.1’ de görülmektedir

FİRMA	TAM ZAMANINDA ÜRETİM'E BAĞLI OLARAK ELDE EDİLEN FAYDALAR
Hewlett-Packard	Ara ürün tedariklerini 3 haftadan, 3 güne düşürmüş ve stok ambarlarını küçültmüştür.
General Electric	Bulaşık makineleri için malzeme temin zamanını 8 günden, 8 saate düşürmüş, hurda oranını ve yeniden işleme oranının %51 oranında düşürmüştür
3M Corporation	Esnek disk ürünlerinin birim maliyetlerini %30 oranında düşürmüş ve üretim etkinliğini %60'a çıkarmıştır.
Baylock Manuf.Corp.	Bilgisayar bütünleşik tam zamanında üretim sistemini uygulayarak, gelişmiş çizelgeleme sayesinde satışlarını %400 oranında arttırmıştır.

Çizelge 2.1 JIT Sisteminden Yararlanan Firmalar

Günümüzde firmalar üretimin otomasyonu ve bütünleşmesi ile ilgili programlar üzerinde durmaktadır. Otomasyon, insan gücünün makine ile ikame edilmesidir. Bu da sermaye yoğun bir yapı gerektirmektedir. Sermaye yoğun teknolojilere yapılan yatırımlar, birim üretim maliyetlerinin düşmesini ve üretimde standartlığı sağlar.

Bütünleşme; işletme içindeki işlevsel birimler arasındaki fiziksel ve bürokratik stokların azaltılması, mümkünse ortadan kaldırılmasıyla firmanın bütünleşmiş bir yapıda olmasını ifade eder.

Üretim tesislerinde esnek üretim sistemlerinin devreye sokulması ve satış, üretim, satın alma fonksiyonlarının bütünleşmesi işletmenin ürün, servis dolayısıyla rekabet gücünü artırır.

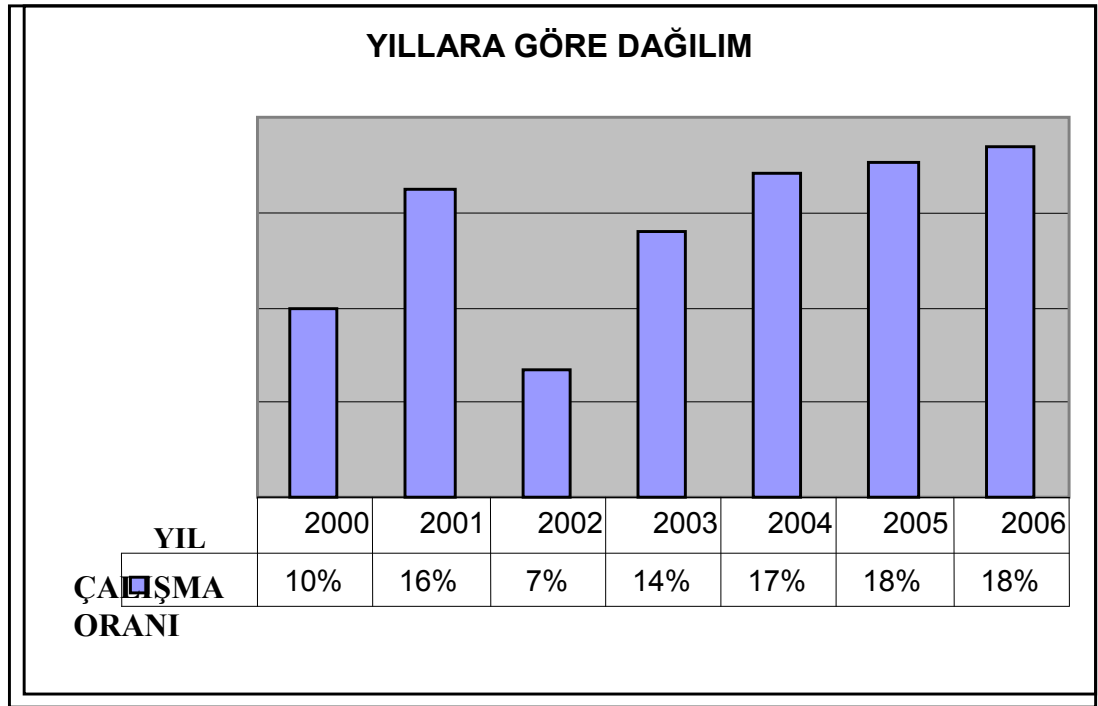
Örneğin: satış-üretim bütünleşmesini gerçekleştirmiş olan TOYOTA firması müşterilerine satın alacakları arabaların birçok özelliğini saptama olanağı vermektedir.

İşçiler büyük partiler yerine küçük partilerle çalıştığında, ürünlerdeki hatayı görmeleri kolaylaşır. Özellikle işçiler uzmanlıklarına göre bölümleştirildilerse, işçi bir öncekinden kendisine ulaşan parçadaki hatayı anında görüp buna anında müdahale edebilir. Bu da hatalı parça oranını düşürür. Ayrıca ürüne değer katmayan herşey israftır. Tam zamanında üretim felsefesinde israfın tanımı, üretilecek miktar için gerekli olan en az düzeyde donatı, malzeme, işçi ve alan dışında kalan her şeydir (Vollmann, 1992).

3. TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tam zamanında üretim sisteminin amacı; stok düzeylerinin enküçüklenmesi, siparişlerin zamanında teslimi(yok satma kabul edilmez), hazırlık sürelerinin düşürülmesi ve her türlü ürüne değer katmayan bütün işlemlerin minimize edilmesi olduğu düşünülürse, büyük partiler halinde üretimin bu sisteme uymadığı görülür. Çünkü büyük partiler halinde üretim, yüksek stok düzeylerini, gereksiz taşımayı, fazla üretimi beraberinde getirir ve tam zamanında üretim yaklaşımı bunlardan tamamen kurtulmayı amaçlar.

1987 yılında Amerika’da yapılan bir araştırmaya göre, bu yılda tam zamanında üretim yaklaşımını uygulayan işletmelerin oranı %25 iken, bu oranın 1992’de %55’e yükseldiği belirlenmiştir. Günümüzde de tam zamanında üretim sistemine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Yapılan literatür araştırmasına göre, son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde bu oranın giderek arttığı gözlenmektedir. 2000’li yıllarda yapılan 222 çalışmanın yıllara göre dağılımı Çizelge 3.1’de görülmektedir.



Çizelge 3.1 Tam Zamanında Üretim Çalışmalarının Yıllara Göre Dağılımı

Tam zamanında üretim ortamında geliştirilen yaklaşımlar farklı konuları ele almaktadır.

Tahat (2005) ve Mukattash (2005), tam zamanında üretim ortamında, üretim kontrol çizelgesinin kanban sistemine dayalı olarak tasarım ve analizinin yapıldığı bir çalışma yapmışlardır. Tek süreç, tek ürün için üretim hattını kontrol eden kanban sistemi, üzerinde çalışmışlardır. Kanban üretim hattını kuyruk modeli ile geliştirmişlerdir. Kuyruk modelini inceleyen yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Moghaddam (2006) ve Vahed (2006), tam zamanında üretim sisteminde, bir montaj hattı için çizelgeleme problemi geliştirmişlerdir. Üretilen ürün çeşitliliğinin fazla olduğu montaj hatları karma modellenli montaj hatlarıdır. Bu hatlarda üretim yapılması için gerekli olan parametre çeşitliliği de fazladır. Parametrelerin, bu hatların verimli kullanılmasında önemli bir etkisi vardır. Yapılan çalışmada, toplam işgücü maliyeti, toplam üretim maliyeti, toplam hazırlık süresi maliyeti parametreleri göz önüne alınarak, bu parametreler önem derecesine göre ağırlıklandırılarak yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Model memetik algoritma ile çözülerek LİNGO programı ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Cepek (2004) ve Sung (2004), paralel makinelerde, tam zamanında üretimin yapıldığı işleri arttırmak için bir algoritma geliştirmişlerdir. Her iş için üretim zamanlarının ve terminlerin belli olduğu bir çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Bir iş termin zamanında bitiriliyorsa eğer, o iş tam zamanında demektir.

Fonseca (2003) ve Chen (2005), tam zamanında üretim sisteminde erken-geç tamamlanan üretim planı için algoritma geliştirmişlerdir. Malzeme gereksinimi planlaması ve tam zamanında üretim felsefesi arasındaki ilişkiyi inceleyerek erken ve geç bitirilen üretim planları problemini ele almışlardır.

Moghaddam (2004) ve Azaron (2004), tam zamanında üretim ortamında, tek makine için en iyi çizelgeyi oluşturmak için bir çalışma yapmışlardır. Amaç, toplam boşa geçen zamanı en aza indirmektir. Algoritmanın sağladığı yararları göstermek amacıyla, değişik büyüklükteki ortalama 1020 problemde algoritmanın uygulaması yapılmıştır.

3.1 Tam Zamanında Üretim Sisteminde Sıfır Stok Hedefi

Stok maliyetlerinin nakit akışları üzerindeki olumsuz etkisi olduğu gibi stok alanlarının yeterliliği de önemli bir konudur. Ürünlerin depolanması üretim sürecinin bir parçası ve onun üzerinde önemli bir etkindir. Tam zamanında üretim ortamında depo en kısa sürede boşaltılmalı ve elverişli alan elde edilmelidir.

Faria, et al.,2005, süreç içinde tampon stoklarla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Müşterilerin talep ettikleri ürünlerin terminlerin kısa olması, tampon stokların bulundurulmasını etkilemektedir. Aynı zamanda, tampon stokların artması, maliyetleri de etkilemektedir. Yapılan çalışmada tam zamanında üretim ortamında tampon stoklar ele alınmıştır.

Grünvald (2003) ve Fortuin (2003), sıfır stok üzerine aşamalar adlı çalışmalarında, tam zamanında üretim ile sıfır stoğun ilişkisini inceleyerek, bir firmanın, hammaddeden ürüne kadar olan stoklarını nasıl düşürebileceği üzerinde çalışmışlardır.

Lai (2003) ve Ip (2003), tam zamanında üretim sisteminde yaptıkları çalışmalarıyla, gerekli kadar ürün ve hizmet verilmesi gerektiği ve bunun en az stok miktarlarıyla yapılması gerektiği üzerinde durmuşlardır. Bu şekilde yapılan bir üretimle verimliliğin artırılması ve üretim süreçlerinde boşa geçen zamanın azaltılması amaçlanmıştır. Çalışmada sistem dinamiği araçları kullanılarak kanban modeli oluşturulmuştur. Stok kontrol, kalite ve üretimin geliştirilmesine yönelik adımlar oluşturulmuştur.

Pan (2001) ve Hsio (2001), değişik üretim süreleri olan ürünlerin üretildiği bir üretim süreci için, stokların seviyeleri, en iyi sipariş verme zamanları ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Tam zamanında üretim sisteminde stok sistemini inceleyerek, sipariş verme miktarlarının önemini vurgulamışlardır. Çalışmada iki çeşit talep dikkate alınarak, iki çeşit stok modeli üzerinde çalışılmıştır.

Salameh (2001) ve Ghattas (2001), tam zamanında üretim sisteminde düzenli bakım faaliyetlerinin yapılabilmesi için gerekli olan optimum tampon stok miktarını belirleyen bir çalışma yapmışlardır. Bakım faaliyetlerinin yapıldığı sırada, normal

sürecin devam edebilmesi için stok gereklidir. Stokta kalma maliyeti ve stok dışı kalma maliyetini göz önüne alarak, en düşük stok düzeyini belirleyici bir yordam geliştirmişlerdir.

Bivin (2002), tam zamanında üretim ortamında firma performansını inceleyen, karı enbüyükleyen bir araştırma yapmıştır. Stok yönetimi ile stok düzeyini enküçüklemeyi amaçlamıştır. Stokların enküçüklenmesiyle stok taşıma maliyeti düşürülmekte ve kar arttırılmaktadır.

Lovell (2002), tam zamanında üretim sisteminde enbüyük parti büyüklüğü, stoklar, maliyetler üzerine bir çalışma yapmıştır. Tam zamanında üretim sisteminin ürün çeşitliliği ve fiyatlar üzerindeki etkisini yöneylem araştırması ile çözümlemiştir. Hazırlık sürelerinin düşürülerek, müşteri memnuniyetinin sağlanması ve taşıma maliyetlerinin düşürülmesi için model geliştirmiştir.

Üretim programını en iyilemeyi amaçlayan, müşteri taleplerini temel alan matematiksel modeller üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar yeni değildir. 1958 yılında Tibor hammadde ve enerji tüketimini eniyileyen matematiksel bir model geliştirmiştir. Daha sonra çelik imalatı üzerinde benzer çalışmalar yapılmıştır. Bu amaca dayalı çelik imalatı alanında yapılan çalışmalar döküm, gıda, tekstil, kağıt sanayi gibi bir çok alanda uygulanabilecek çalışmalardır. Lally tarafından tamsayılı doğrusal modeller geliştirilmiştir. Mohanty (1987), ve Singh (1992), üretim programının iki aşaması için hiyerarşik sistem geliştirmiştir. Bu problem dinamik algoritmayla çözülen bir modeldir.

Konu üzerinde yakın zamanlarda yapılan diğer bir çalışma, Tang tarafından 2000 yılında gerçekleştirilmiştir. Model Lagrangian yaklaşımıyla çözülmüştür. 2002’de ise Tang önceki modelini geliştirerek karma tamsayılı doğrusal bir model oluşturmuştur.

Çelik imalatı üzerinde yapılan bu çalışmalar çelik imalatının çeşitli aşamalarını eniyilemeyi amaçlayan modeli kapsar. Eniyileme sistemin bütünü veya aşamaları için yapılabilir.

3.2 Tang'ın Yordamları

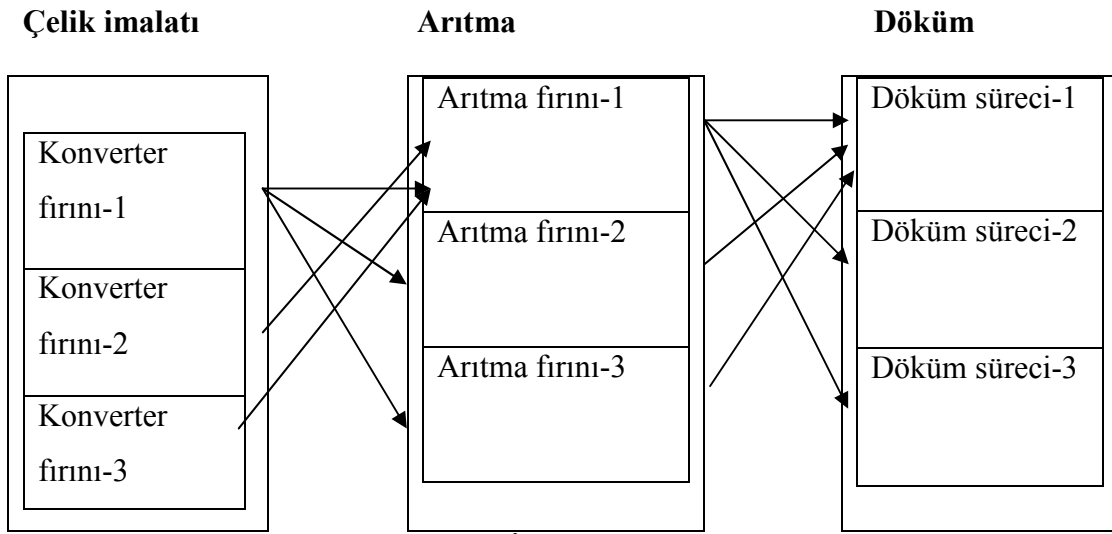
Tang tarafından yukarıda bahsedilen modeller çelik imalatında yapılan modellerdir.

Kısaca çelik imalat sistemi şu şekilde açıklanabilir:

Çelik imalat sistemi 3 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar;

- Çelik imalatı
- Arıtma
- Döküm aşamalarıdır.

Her aşama Şekil 3.1 'de görüldüğü gibi paralel makinelerden oluşmaktadır.



Şekil 3.1 Çelik İmalat Sistemi (Tang, et al., 2002)

Elektrik ark fırınında karbon, kükürt, silikon ve diğer erimiş demir katkı maddeleri oksijenle yakılarak erimiş çelik elde edilmektedir.

İlk sürecinin en temel birimi “bilya”dır. Çelik imalatı çizelgelemede bilya “iş” olarak ifade edilir. Hazırlık zamanı ve bakım zamanları bu aşamada oldukça kısadır. Değişik siparişleri karşılamak için bilyalar değişik ölçülerde dökülebilir. Bilyaların tasarlama işlemi yapılırken dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- Bir süreç için siparişlerin aynı ölçü ve ayarda olması,

- Bu siparişler için bilya boyutlarının aynı olması,
- Siparişlerin terminlerinin birbirine yakın olması,
- Toplam ölçünün fırın kapasitesinin %95 - %100 arasında değişmesi gerekmektedir.

Arıtma aşamasında ilk aşamadan gelen erimiş çelik kepçenin içine boşaltılır. Buradan arıtma için vinçle arıtma fırınına gelir. Erimiş çeliğin gerekli arındırma işlemleri yapılır ve eklenmesi gereken karışımlar eklenir.

Eğer arıtma fırını işlem için hazır değilse bilyalar işlem için beklemek zorunda kalır. Bekleme zamanı sıcaklığın düşmesine neden olur ve tekrar ısıtma işleminin yapılması gerekir. Bekleme zamanı arttıkça harcanan enerjide artar. Arıtma sürecinden sonra erimiş çelik döküm aşamasına geçer.

Tang'ın çelik imalat sisteminde uygulamak üzere geliştirdiği yordamlar izleyen bölümlerde anlatılmıştır.

3.2.1 Yordam 1

Tang'ın değinilecek olan ilk yordamı çelik imalat sisteminde döküm süreci üzerinde geliştirilen bir matematiksel modeldir. Bu çalışmaya göre stok alanı üretim sisteminin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Tang'a göre yöneylem araştırması, genetik algoritmalar, insan-makine ilişkisine dayalı sistemler üretim planlamayı destekleyen yaklaşımlardır.

Yordam döküm sürecinin üretim programında makine uyumsuzluklarını çözmek için geliştirilmiş tam zamanında üretim sistemine dayanan matematiksel bir modeldir.

Model; zamanında teslim ve en iyi üretim programını elde etmeye dayanan, üretim sürekliliğini sağlayan, doğrusal olmayan bir model olarak geliştirilmiştir.

Döküm sürecinin üretim programı problemleri çelik imalatının ilk aşamasından döküm aşamasına kadar ki üretim aşamalarında malzemenin hangi sırada hangi zamanda ve hangi makinelerde döküleceğini belirler.

Bu çalışmanın amacı döküm üretim programı problemlerini araştırmak ve en iyi çizelgelemeyi oluşturmak için bir çizelgeleme sistemi geliştirmektir. Çizelgeleme sisteminin amacı gereksiz üretimi önlemek ve gereksiz stoğu ortadan kaldırmaktır.

Çalışmada üretim süreci açıklanmış, matematiksel model kurulmuş ve daha sonrada kurulan bu doğrusal olmayan model doğrusal modele dönüştürülmüştür.

Model döküm sürecinin gerektirdiği bazı varsayımlar içermektedir. Bu varsayımlar şu şekildedir:

- Bir makinede aynı zamanda en fazla bir iş yapılabilir
- Modelde sadece üç çeşit makine vardır: Çelik imalat fırını, arıtma fırını, döküm.
- Diğer makineler kapasitelerinin oldukça yüksek olması dolayısıyla modele katılmamaktadır. Örneğin taşıma sırasında kullanılan vinç gibi.
- Bütün ürünler aynı süreci takip etmektedir.

Her bilyanın her işlemi için kullanılan makineler sabittir. Model, i. bilyanın j. Makinede ne zaman yapılacağıının belirlendiği bir modeldir.

Bu model için amaç, bitmiş ürünün zamanında teslimini sağlamak ve üretim sürecinin sürekliliğini sağlamaktır.

3.2.2 Yordam 2

İkinci bir yordam lagrange yaklaşımının kullanılarak yapıldığı bir çizelgelemedir. Amaç, bitmiş ürünün tam zamanında teslim edilmesi ve üretim sürecinin sürekliliğinin sağlanmasıdır. Her bir aşamada ne zaman ve nerede üretim yapılacağı belirlenir.

Yapılan varsayımlar şu şekildedir:

- Bütün bilyalar aynı süreci takip edeceklerdir. Her aşamada bilya o aşamadaki sadece bir makine tarafından üretilebilir.

- Bir makine aynı zamanda en fazla bir iş yapabilir.

Hazırlık süresi ve termin gereklidir. Aşamalar aralarındaki taşıma süreleri bilinmelidir. Bu süreler üretim sürelerinden ayrılmalıdır. Farklı aşamalarındaki süreçler arasındaki bekleme süreleri ısının düşmesine ve tekrar ısıtılması için maliyete yol açmaktadır. Gecikme ve erken bitirme zamanları maliyete neden olmaktadır. Belirlenen bu kriterler matematiksel modelin geliştirilmesi için bir taban oluşturmaktadır. Bir vardiyada üretilen bilya sayısı kapasiteyi geçemez.

3.3 Simone Zaroni ve Lucio Zavanella Yordamı

2004 yılında Simone Zaroni ve Lucio Zavanella; Tang'ın bu çalışmalarından yola çıkarak yine çelik imalat sistemi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Üretim ve stok sisteminin bütünleştirilmesiyle ilgili çözümleme yaparak model geliştirmişlerdir.

Çalışma çelik imalatı alanında başlatılmış bununla birlikte birçok alanda uygulanabilir niteliktedir (Döküm, gıda, tekstil, kağıt sanayi,).

Çelik imalatının en önemli evresi ürünün soğutulmasıdır (Kağıdın kurutulması, gıdanın olgunlaşması gibi). Bu evre farklı yollarla tamamlanabilir, ancak bitmiş ürün deposuna taşınmalı ve üretim eniyilenmeli ve müşteri gereksinimlerini karşılamalıdır.

Çalışma, üretim sistemlerinin parametrelerine dayalı olarak en iyi üretim programını bulmak için matematiksel bir model önermektedir.

Stok maliyetlerinin nakit akışları üzerindeki olumsuz etkisi aynı zamanda soğutma sürecindeki gerekli alana da bağlıdır. Diğer bir ifadeyle, bitmiş ürün depolanması üretim sürecinin bir parçası ve onun üzerinde önemli bir etkendir.

Çelik fabrikalarında tam zamanında üretim ortamında depo en kısa sürede boşaltılmalı ve elverişli alan elde edilmelidir.

Sonlu kapasiteli imalat-stok sistemlerinde stok maliyetlerinin etkisi incelenmelidir. Bu çalışma, problemle ilgili parametrelerdeki değişimlerin etkilerini araştırmak için deneysel bir çözümlemeyle tamamlanmıştır.

Burada incelenen durum, son ürün deposundaki alan problemlerindeki verimlilik artışında ve küçük çelik fabrikasının üretim planlamasıyla ilgilidir.

Bu alanda müşteri çekmeden önce ürünün soğutulması yapılmaktadır.

İşin son amacı ise ürün için eniyi üretim çizelgesini oluşturmaktır. Müşteri tarafından verilen siparişle bu çizelgeler oluşturulur. Çelik fabrikalarında kullanılan üretimi eniyilemek için geliştirilen matematiksel modeller yeni değildir. Bu çalışma üretim programını eniyilemeyi amaçlamaktadır (ne zaman, ne, ne kadar üretilecek).

Model çelik imalat sisteminin döküm evresine dayanmaktadır. Döküm evresi çelik imalatının yapıldığı fabrikalarda en önemli evre olma özelliğine sahiptir. Programı çözmek için karma tamsayılı model önerilmekte; modelin çözümü için ise Lagrange yöntemine dayanan bir yordam önerilmektedir.

Döküm sürecinin teknolojisi 1970 lerde geliştirilmiştir. Bugün İtalyan çelik imalatı yapanlarca geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Ergime sürecinin sonunda erimiş çelik kepçede ilerleyerek döküm süreci başlamaktadır.

Sürecin özeti;

1. Demir kırıntılarının ve alaşımlarının hazırlanması,
2. Ergime,
3. Döküm,
4. Soğutma.

Çalışmanın sonucu çelik atölyesinde döküm imalat sürecinde üretim planlama için bir matematiksel model oluşturmaya dayanmaktadır.

Üretim programının otomatik olarak eniyilenmesi için yazılım geliştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar çeşitli kısıtların üretim programı üzerinde nasıl etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar;

- Planlama döneminde her gün üretilmesi gereken bilya çeşidini ve miktarını,
- Her siparişin tamamlanma zamanını,
- Her siparişin tamamlanması için gereken gün sayısını,
- Günlük üretilen sipariş miktarını,
- Karı vermektedir.

Çalışma üretim sistemlerinin parametrelerine dayalı olarak en iyi üretim programını bulmak için matematiksel bir model önemektedir. İncelenen durum son ürün deposundaki alan problemlerindeki verimlilik artışında ve küçük çelik fabrikasının üretim planlamasıyla ilgilidir. Modelde kullanılan parametreler aşağıda açıklanmıştır.

Parametreler;

i :Bilya türü ($i=1,...,n$ adet);

1.Tür:100 m²

2.Tür:115 m²

3.Tür:120 m²

4.Tür:130 m²

5.Tür:140 m²

6.Tür:160 m²

j :Planlama devreleri ($j=1,...,m$ gün)

28 gün

H :Planlama dönemi (4 hafta);

- l_i : i. bilya türünün uzunluğu (1,6 - 6 m);
- s_i : i. bilya türünün alanı (115,120,130,140,160m²);
- NBC_i : Her kalıp için üretilen i. bilya türünün miktarı (en fazla kapasite);
- $Layer_i$: i. bilya türü için ayrılan alan;
- P_t : i. bilya türü için üretim süresi (40 dakika);
- H_d : Üretim için ayrılabilir süre (dk)
- I_c : Ortalama elde tutma maliyeti (\$)
- P_r : Birim başına düşen ortalama kar (\$)
- S_t : Ortalama hazırlık süresi (dk)
- O_{ij} : j. gün için sipariş verilen i. bilya miktarı (adet)
- L_{inv} : Alan uzunluğu (m)
- H_{inv} : Alan genişliği (m)
- I_{o_i} : i. bilyanın başlangıç stoğu (adet)
- $Cool_{ik}$: i. bilyanın soğuma süresi. (dk)
- M : Büyük sayı (Günlük üretilebilecek miktardan daha büyük bir sayı):
- aux_i : i bilyanın kaplayacağı alan hesaplamada kullanılan bir değişken
- C_s : Geciken sipariş için ceza maliyeti (\$)

Karar Değişkenleri

- P_{ij} : j.günde üretilecek i.bilya türünün miktarı (adet);
- I_{ij} : j. günde ambarda bulunan i. bilya türünün miktarı (adet);

S_{ij} : j. günde müşteriye ulaştırılan i. bilya türünün miktarı (adet)

y_{ij} : 1 i nin j. günde üretimi var

0 i nin j.günde üretimi yok

Amaç fonksiyonu bilya satışından elde edilen karı maliyetleri gözönüne alarak eniyilemeyi amaçlamaktadır. Gözönüne alınan maliyetler elde tutma maliyeti, üretim maliyeti, ceza maliyetidir.

Model;

$$ENB[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [Pr.S_{ij} - I_{ij}.Ic.Hd] - C_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{h/4} (O_{ij} - S_{ij}) - C_2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=h/4+1}^{h/2} (O_{ij} - S_{ij}) - C_3 \sum_{i=1}^n \sum_{j=h/2+1}^{3-h/2} (O_{ij} - S_{ij}) - C_4 \sum_{i=1}^n \sum_{j=3h/4+1}^h (O_{ij} - S_{ij})]$$

Pr.S_{ij} : Satıştan elde edilen kar

I_{ij}. Ic. Hd: Stokta tutma maliyeti

CΣΣ(O_{ij}-S_{ij}): Termin süresinin gecikmesiyle oluşan ceza maliyeti

Kısıtlar;

$$\sum_{i=1}^n [Pt.P_{ij} + St.y_{ij}] \leq Hd \quad \forall j = 1, \dots, m; \quad (1)$$

1. kısıt, üretim için kullanılabilir süre kısıtıdır. Üretimin yapılabileceği belli bir zaman dilimi vardır ve bu süre aşılamaz.

$$I_{i1} = Io_j + P_{i1} - S_{i1} \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad (2)$$

$$I_{ij} = I_{i,j-1} + P_{ij} - S_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad j = 2, \dots, m; \quad (3)$$

2 ve 3. kısıt her bir çeşit için ambarda tutulacak stok miktarı kısıtıdır.

$$\sum_{j=1}^h P_{ij} = \sum_{j=1}^h (O_{ij} - Io_i) \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad (4)$$

4. kısıt planlama dönemi içindeki üretime bir limit getirmektedir. Gelen sipariş miktarından stok miktarları düşülerek net ihtiyaç üzerinden üretim yapılmaktadır.

$$S_{i,j+coolik} \leq P_{ij}, \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m; \quad (5)$$

5. kısıt soğuma süresi göz önüne alarak satışı yapılacak miktarı göstermektedir. Ürün soğuma süresi geçtikten sonra müşteriye gidebilir.

$$y_{ij} \geq \frac{P_{ij}}{M} \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, m; \quad (6)$$

6. kısıt ikili değişkeni tanımlamak için kullanılan bir kısıttır.

$$\sum_{i=1}^n I_{ij} \cdot s_i \cdot NBC_i \cdot aux_i \leq L_{inv}; \quad \forall j = 1, \dots, m; \quad (7)$$

7. kısıt stok alanı kapasite kısıtıdır. Üretim bu kısıtla belli bir limitte yapılmaktadır.

4. SİMONE ZANONİ VE LUCİO ZAVANELLA YAKLAŞIMININ PROBLEME UYARLANMASI VE UYGULAMASI

İncelenen yordamlardan Simone Zanoni ve Lucio Zavanella‘ ya ait yordam farklı bir sektörde uyarlanarak modelin uygulaması yapılmıştır.

4.1 Uygulamanın Yapılacağı Firma Hakkında Genel Bilgiler

Uygulamanın yapılacağı firma Yiğit Akü A.Ş‘dir. Yiğit Akü A.Ş., 1976 yılında Ankara‘da kurulmuştur. Türkiye‘nin en büyük otomotiv tipi akü üreticilerinden biridir. Halen 14.000 m²‘si kapalı, 22.500 m² alan üzerinde faaliyetlerini sürdürmektedir.

Yiğit Akü A. Ş. sürekli yeni yatırımlar yaparak, güncel teknolojiyi takip etmekte ve üretim kapasitesini artırmaktadır. Yapılan bu yatırımlar, dünyadaki en ileri teknoloji olan, Expanded Metal yatırımlarıdır. Bu teknoloji ile hiç bakım gerektirmeyen, sulu şarjlı Ca/Ca aküleri üretilmektedir. Gerçekleştirilen yatırımların sonucunda yıllık 1.100.000 adet olan kapasitesini 2.100.000 adete çıkarmıştır.

4.1.1 Ürünler

Yiğit Akü A.Ş bünyesinde 3 marka bulunmaktadır. Bunlardan Platin akü ihraç markası, Yiğit Akü ve Tunç Akü ise iç piyasada pazarladığı markalardır.

Her üç marka akü;

12 V 88 Ah (dahil) ‘a kadar Expanded Metal (Ca/Ca) ve sulu şarjlı,

12 V 90 Ah (dahil) ve üzerindeki aküler Hybrid (Sb/Ca) ve sulu şarjlı,

olarak üretilmektedir.

4.1.2 Çalıştığı Sektördeki Yeri

Yiğit Akü A.Ş., akü sektöründe 30 yıldır faaliyet göstermektedir. Firmanın bulunduğu sektör incelenecek olursa özellikle iç pazarda Mutlu Akü ve İnci Akü gibi

önemli iki rakibe sahiptir. Ayrıca sektördeki diğer firmalarla rekabet edebilmek için TSE, ISO 9002 ve QS 9000 belgelerine sahiptir. Aküler, TSE ve diğer uluslararası (DIN, EN, JIS.....) standartlara uygun olarak üretilmektedir.

4.1.3 İthalat-İhracat Satış Durumu

Satışların %50'den fazlasını, başta Romanya, Ukrayna, Rusya, Danimarka, Yunanistan, Gürcistan, Azerbaycan olmak üzere 26 ülkede 40 dağıtıcıya yapılan dış satış oluşturmaktadır.

Otomotiv müşterileri, New Holland (Türk Traktör), Massey Ferguson (Uzel), MAN ve Universal (Hema Endüstri)'dir.

Ülke içinde 1600 adet bayi ve servis ağıyla, her noktaya ulaşılmaktadır. Garanti ve satış sonrasındaki hizmet anlayışı, Yiğit Akü A.Ş.'nin en güçlü yanlarından biridir.

4.1.4. Personel Bilgileri

Yiğit Akü A.Ş.'de alanlarında uzman, 40'ı idari personel olmak üzere 325 kişi çalışmaktadır.

4.2 Yiğit Akü Üretim Sisteminin İncelenmesi

Fabrikada incelemenin yapıldığı, problemin ortaya çıkarıldığı ve tam zamanında üretim sisteminin hedeflerinden biri olan sıfır stok üzerine çözümün araştırıldığı süreç; akü imalat sürecinin ilk bölümü olan ızgara döküm sürecidir.

Izgara döküm sürecinde uygulanan itme sisteminde yaşanan problemler ortaya çıkarılarak, bu bölümde çekme sistemi uygulanması üzerine çalışmalar yapılmıştır.

4.2.1 Izgara Döküm Süreci

Izgara, akünün iskeletini oluşturan yarı bitmiş üründür. Izgara dökümü 10 döküm makinesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu makinelerin 8'i Wirtz firmasına, geri kalan 2'si Ascaster firmasına ait makinelerdir. Ascaster makinelerinde kalsiyumlu

ızgaraların dökümü, Wirtz makinelerinde ise antimuanlı ızgaraların dökümü yapılmaktadır. Makinelerden kalsiyumlu ızgara üreten iki makine bir potaya, antimuanlı ızgara üreten makinelerse dörderli olarak birer potaya bağlıdır.

4.2.2 Izgara Özellikleri

Izgaralar pozitif ve negatif olarak ikiye ayrılırlar. Kalsiyumlu negatif ızgaralar Ascaster makinelerinde, antimuanlı pozitif ve negatif ızgaralarsa Wirtz makinelerinde dökülmektedir. Antimuanlı ve kalsiyumlu ızgaraların akü içinde kullanımlarına göre çeşitleri vardır. Akünün amper değerine göre, içinde kullanılan ızgaraların büyüklükleri birbirinden farklıdır. Amper değeri arttıkça kullanılan ızgara büyüklüğü de artar. İstenilen ızgara çeşitlerine göre kalıplar değişmektedir. Antimuanlı makinelerde kullanılan 9 çeşit ızgara kalıbı vardır.

Wirtz makinelerinde döküm, Ascaster makinelerindekine göre daha kolay gerçekleşmektedir. Çünkü Wirtz makinelerinde kurşunun erime sıcaklığı kalsiyumlu kurşundan daha düşüktür. Buna rağmen antimuanlı ızgaralardan yapılan akülerde su kaybı daha fazladır. Bundan dolayı bu akülere periyodik olarak bakım yapılması gereklidir.

4.2.3 Üretim Bilgileri

Dökümün gerçekleştirilmesi için potalar hammaddeyle, kurşunla beslenir. Besleme işlemi işleticiler tarafından yapılır. 3 vardiya olarak çalışılmaktadır. Vardiyada 6 işçi çalışmakta ve her işçi 2 makineye bakmaktadır.

4.2.4 Kapasite Bilgileri

Çalışmada, Wirtz makinelerinde yapılan döküm süreci incelenecektir. Toplam 8 adet makine vardır. Makinelerin kapasiteleri birbiriyle aynıdır. Kapasite olarak günlük üretim süresi 24 saat olduğundan 8 makine için bu süre 8×24 saat olarak alınacaktır.

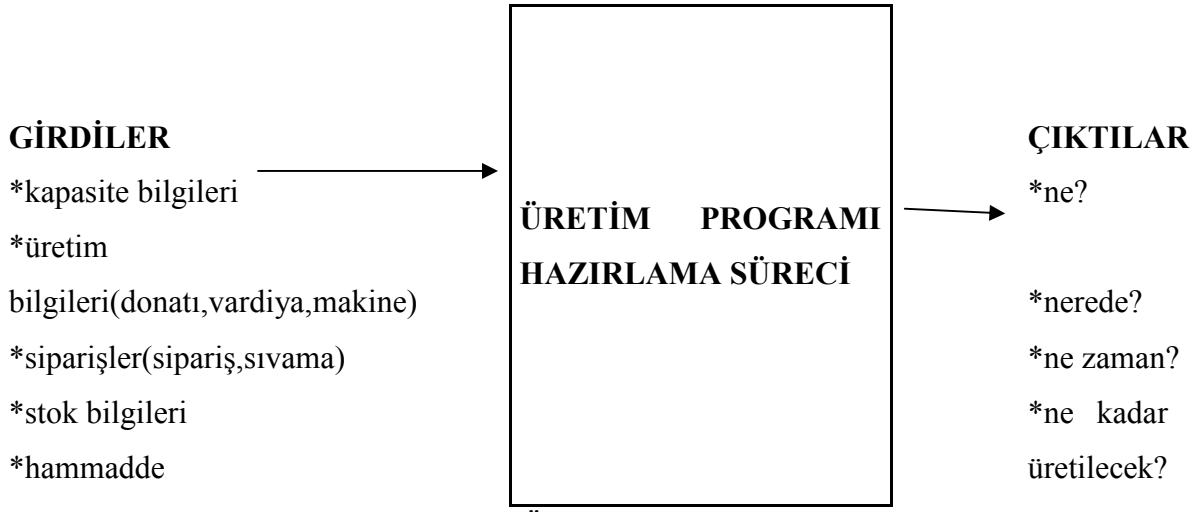
Kalıp değiştirme süresi 105 dakikadır. Hazırlık için bir de mantarlama işlemi vardır. Mantarlama işlemi için geçen süre ise 15 dakikadır.

Izgaralar döküm makinelerden çıktıktan sonra 100'erli gruplar halinde paletlere dizilirler. 100 adet ızgaranın sayılması masterlar sayesinde yapılır. İşleticiler her kalıba göre sayım makasının ayarını yaparlar. Paletlere koyulan ızgara miktarları ızgara çeşidine göre farklılık göstermektedir.

- Palet kapasiteleri büyük kalıplar (NY, EF1, EF2, 45J) için 4200 adet
- Küçük kalıplar (A) için ise 5400 adet çiftli ızgaradır.

4.2.5 Izgara Bölümü Üretim Programının Hazırlanması

Izgara üretim bölümünün üretim programı haftalık olarak hazırlanmaktadır. Ancak hafta içinde değişen ihtiyaçlar, üretimde meydana gelen aksamalar ve yeni gelen siparişler doğrultusunda hafta içinde programda düzeltmeler yapılmaktadır. Bir sonraki süreç olan sıvama bölümünden gelen ihtiyaç ve satış bölümlerinden gelen ızgara siparişleri doğrultusunda gerekli olan ızgara adetleri belirlenir. Stok miktarları göz önünde bulundurularak üretilmesi gereken miktar belirlenir. Kapasite, üretim (arıza vs.), üretim süresi bilgilerine göre ne zaman, hangi kalıbın takılarak hangi tip ızgaranın dökümünün yapılacağına karar verilir. Üretim programının hazırlanmasına ait süreç Şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1 Üretim Programı Hazırlama Süreci

4.3 Yiğit Akü'deki Üretim Sistemi ile Tam Zamanında Üretim Sisteminin Karşılaştırılması

Çalışmada öncelikli olarak Yiğit Akü'deki üretim sistemiyle tam zamanında üretim sisteminin karşılaştırılması yapılarak firmanın bütün bölümlerindeki -satın alma, mühendislik, pazarlama, personel, kalite-kontrol, müşteri hizmetleri- uygulamalar açıklanmıştır.

4.3.1 Tedarikçi İlişkileri

Satın alma sisteminde 8 temel faaliyet üzerinde mevcut uygulama ve tam zamanında üretim açısından karşılaştırmalar yapılmıştır.

- *Satın alma parti büyüklüğünün belirlenmesi*

Yiğit Akü: Yiğit Akü satınalma sisteminde alımlar taşıma maliyetinden kaçınmak için büyük partiler halinde yapılmaktadır. Örneğin üretim için gerekli hammaddeler tırlarla taşınmakta ve bir tıra kapasitesinin altında da yükleme yapılsa, kapasitesi kadar yükleme de yapılsa aynı para verilmektedir. Bundan dolayı firma büyük partiler halinde alım yapıp üretimde ihtiyacı kadar olanını kullanıp, kalanını stoklamakta ve bu da stok maliyetine yol açmaktadır.

Tam zamanında üretim sistemi: Tam zamanında üretim sisteminde sıfır stok hedefine ulaşabilmek için az sayıda satıcıdan, istenilen kalite düzeyindeki ürünlerin, küçük miktarlarda ve zamanında satın alınması gerekmektedir.

- ***Tedarikçi seçimi***

Yiğit Akü: Firma tedarikçi seçimine çok önem vermemektedir. Kaliteden çok maliyet bazlı bir tedarikçi seçimi yapmaktadır.

Tam zamanında üretim sistemi: Küçük partilerle, yüksek kaliteli parça teslim edebilecek tedarikçiler seçilmelidir. Az sayıda tedarikçi ile sağlam ilişkiler kurulup uzun dönemli anlaşmalar yapılmalıdır. Firma-tedarikçi ilişkilerinin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Tam zamanında üretim uygulamasına geçen bir işletme, satıcılardan belirli bir kapasiteyi kendisi için sürekli korumasını isteyecektir. Bu da satıcının gelecekteki iş potansiyelinin bir bölümünden vazgeçmesi anlamına gelmektedir. Sonuçta, satıcının böyle bir üretim kalıbını benimsemesi için kendi kar marjını koruyabilecek işlem tasarrufları elde etmesini sağlayacak bazı ayrıcalıklara sahip olması gerekmektedir. Alıcı açısından ise bu ayrıcalıkların herhangi bir maliyet artışı içermemesi gereklidir, aksi halde tam zamanında üretim yaklaşımı ile elde edilecek kazançlarda bir azalma söz konusu olabilecektir. Bu durumda, alıcı açısından fazla riskli olamayan ve ek bir maliyet içermeyen ve satıcıya uzun dönemli sözleşmelerin dışında başka üstünlükleri sağlayan ayrıcalıkların belirlenmesi gereklidir. Dolayısıyla bu şartları yerine getirmeyi taahhüt eden tedarikçiler seçilmelidir.

- ***Tedarikçi değerlendirilmesi***

Yiğit Akü: Firma tedarikçi değerlendirilmesinde yukarıdaki kriterleri dikkate alan belirli bir yöntem izlememektedir. Satın almadan sorumlu kişiler tedarikçileri deneyimleri doğrultusunda değerlendirmektedirler.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Tedarikçi değerlendirilmesinde tedarikçiden alınan ürünün kaliteli olması, tedarik süresinin kısa olması, istenildiği anda istenilen ürünün istenilen miktarda tedarik edilebilmesi gibi kriterler göz önüne alınmalıdır.

- ***Kabul muayenesi***

Yiğit Akü: Firma gönderilen parçaları istatistiksel kontrol sürecine tabi tutmaktadır. Bu işlemleri sonunda partinin kabul ya da reddine karar verildiğinden belirli bir kalite kontrol maliyetine katlanılmaktadır.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Kabul muayenesinden, yapılan anlaşmalar doğrultusunda tedarikçiler sorumludur. Gönderilen parçaların hatasız olduğu kabul edilir. Böylece kalite kontrol maliyetlerinde önemli bir azalma kaydedilir.

- ***Müzakere ve öneri süreci***

Yiğit Akü: Tedarikçilerle yalnızca ürün miktarı ve kalitesi gibi konularda müzakereler yapılmakta, bu da işbirliğinin getirebileceği kazançtan firmayı mahrum bırakmaktadır.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Tedarikçi ile kurulan uzun dönemli ve sağlam ilişkiler doğrultusunda firma üreteceği ürünlerin tasarımı, ürün performansı, sağlanması gereken kalite düzeyi, ürün spesifikasyonları gibi konularda tedarikçiyi bilgilendirmeli ve bu konularla ilgili önerilerini almalıdır. Hatta ürün tasarımı gibi konularda ortak çalışmalar yapılarak ürün verimliliği artırılabilir. Yeni projelerin uygulama aşamasında önce satıcıların katılımı sağlanmalı ve satıcılar programın başarısına katkıda bulunma yönünde motive edilmelidir.

- ***Ulaşım yöntemleri***

Yiğit Akü: Hammadde ve parça alımları serbest nakliyatçılarla yapılmaktadır. Bu da firmanın teslim tarihleri, süreleri, taşıyıcı tipleri ve güzergahlar gibi sevkiyat sürecine ilişkin değişkenleri kontrol altında tutamamasına yol açmaktadır. Bu, sözleşmeli nakliyatçılara göre belirli bir maliyet artışı anlamına gelir.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Tam zamanında üretim ortamında, tedarikçiden üreticiye malzeme taşıyan nakliye firmaları da sistemin bir parçası olarak değerlendirilmek zorundadır. Özellikle tedarikçilerin belirli bir bölgede toplanmadığı ve işletmeler arasında fiziksel uzaklığın sözkonusu olduğu ortamlarda tam zamanında

teslimatları sağlayabilmek için genel nakliyecilerden sözleşmeli nakliyecilere geçmek ve tedarik sistemini bir bütün olarak koordine etmek çok önemlidir. Bu uygulamayla taşıma maliyetleri azaltarak nakliyecilerin çok daha yakından kontrol edilmeleri sağlanmış olacaktır. Bunun yanında ara ürün nakil yöntemleri ve maliyetleri de önemlidir. Taşımada standart konteynırlar kullanılmalıdır.

- ***Ürün sertifikasyonlarının belirlenmesi***

Yiğit Akü: Tedarikçi seçiminde firmanın koşulları göz önünde bulundurularak istenilen spesifikasyonları istenilen kalitede karşılayıp karşılayamayacağına bakılır.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Bu süreç çerçevesinde, öncelikle satın alan firma kalite kontrol teknikleri ve kalite güvenilirliği konularında tedarikçileri eğitmek ve onlara spesifikasyonlarını bildirmek zorundadır. Yapılan eğitimler sonrasında, tedarikçi firma eğer kalite spesifikasyonlarını karşılayabilecekse satın alan firmanın koşullarını onaylayarak süreci başlatacaktır.

- ***Paketleme***

Yiğit Akü: Akü sektöründe paketleme önemli bir maliyet oluşturmadığı için bu açıdan bir sorun göze çarpmamaktadır.

Tam Zamanında Üretim Sistemi : Tam zamanında üretim ortamında taşıma konusuyla birlikte ele alınması gereken bir diğer konu da paketlemedir. Stok düzeylerinin azaltıldığı bu ortamda artık uzun süreli koruyucu ambalaja gerek yoktur. Tam zamanında üretim ortamında ambalajlar ürünü sadece gereği olduğu süre boyunca koruyacak şekilde olmalıdır.

4.3.2 Stok

Yiğit Akü: Yiğit Akü firması üretimde kullanacağı hammaddeleri taşıma maliyetinden kaçınmak için büyük partiler halinde almaktadır. Firma bunun sonucu ortaya çıkan stok maliyetlerine katlanmayı göze almakta ve hammadde stoklarının bir kısmı fabrika içinde, bir kısmı da fabrika dışında tutulmaktadır. Üretim sistemi siparişe göre üretimdir. Akü bazında montaj üretim programı siparişe göre hazırlanmakta,

ancak yarı bitmiş ürün üretiminde itme sistemlerinde olduğu gibi ara ürün stoklarına rastlanmaktadır. Halbuki tam zamanında üretim sisteminde ardıl istasyon öncül istasyondan parça talep etmedikçe öncül istasyon ara ürün yollamayacağından böyle bir sorunla karşılaşilmamaktadır.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Tam zamanında üretim sisteminde hammaddenin sevkiyatı, kalitesi, talepteki dalgalanmalardan, ara ürünün tezgahdaki arıza, hatalı imalat, uzun hazırlık süreleri ve işgücünden, ürünün talepteki dalgalanmalar ve hatalı üretiminden kaynaklanan stoklar oluşmaktadır. Bu stoklar aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

- ***Hammadde Stokları***

Sevkiyat: Hammadde stoklarının temel sebebi büyük miktarlarda alım sonucunda büyük maliyetlere yol açan stokların birikmesidir. Tam zamanında üretim sistemi zaten buna kesin bir çözüm bulacağı iddiasındadır. Tedarikçiyle kurulan iyi ilişkiler ve hatta tedarikçinin de sistem içinde düşünülmesi sonucunda gereken anda gerektiği kadar alım yapılabilmektedir. Bu sevkiyattan doğan gecikmelerin ve stok tutma gereksinmesinin ortadan kalkması demektir.

Kalite: Geleneksel sistemlerde kalite spesifikasyonlarına uyumsuzluk sonucu oluşan fazla ıskarta tehlikesine karşı da bir hammadde stoğu tutulur. Oysa toplam kalite yönetimi anlayışını benimseyen bir tedarikçiden alım yapan bir tam zamanında üretim üreticisi, bu stoğu tutmaya gerek duymayacaktır.

Talepte Dalgalanmalar: Geleneksel üretici üretimini talep tahminlerine göre yapacaktır. Talepteki dalgalanmalar her zaman istenen kadar olmayacağı için elinde belirli bir miktar stok tutmayı düşünecektir. Oysa bir tam zamanında üretim sisteminde, talep kadar üretim yapılacağı için böyle bir stok tutma ihtiyacı söz konusu değildir.

- ***Ara Ürün Stokları***

Tezgah Arızaları: Bir üretim hattında akışı kesintiye uğratan en önemli sebeplerden biri de tezgah arızalarıdır. Bu nedenle tam zamanında üretim ortamında

sistemdeki tüm makinelerin toplu olarak periyodik koruyucu bakıma girdiği toplam koruyucu bakım çok önemlidir. Bu uygulama işçilerin çalıştıkları makinelerin bakım ihtiyaçları ve bakım işlemleri konusunda eğitilmeleri gerektirmektedir.

Hatalı İmalat: Tam zamanında üretimi gerçekleştirmek için bir üretim aşamasından diğerine hatasız parçaların akması ve akışın kesintisiz olması gereklidir. Kusurlu parça üretimine izin vermeyecek şekilde süreç tasarımı yapılmalıdır. Eğer kusurlu parça üretimi engellenemiyorsa, sorumlu denetçiler ve işçiler uyarılmalıdır.

Uzun Hazırlık Süreleri: Hazırlık sürelerinin azaltılması, parti üretim süresini dolayısıyla parti büyüklüklerini de önemli ölçüde azaltacağından, işletmenin talep değişikliklerine hızla uyum sağlama becerisi artacaktır.

İşgücü: Eğitilmiş ve toplam kalite bilincine sahip işçiler, devamsızlık ve verimlilik gibi konularda daha bilinçli hareket edeceklerdir.

- ***Son Ürün***

Talepteki Dalgalanmalar: Talep belirsizliği üretim sistemlerinde stok tutmaya yol açan önemli nedenlerden biridir. Tam zamanında üretim yaklaşımı, bu belirsizliği en aza indirmek amacıyla, tüm üretim hatlarının bağlandığı son üretim istasyonundaki üretim değişikliklerini enküçüklemeye çalışır. Bunu başarabilmek için genellikle belirli bir zaman dilimi için talep edilen miktar, üretim miktarı olarak dondurulur, bu miktara göre üretim çizelgesi saptanarak bu çizelgeler bir ay boyunca her ay tekrarlanır. Bu şekilde ay boyunca günlük üretim miktarlarının dalgalanma göstermeden aynı kalması sağlanır.

Hatalı Ürün: Hatalı ürünler son ürün stoğunu arttıırırlar. Yönetici hatalı parçalar yüzünden teslimatın yapılamaması riskini göze alarak bir miktar son ürün stoğunu elinde tutmak isteyecektir. Oysa toplam kalite yönetiminin uygulandığı bir işletmede hatalı parça bir sonraki istasyondan geri çevrileceği için hatalı bir son ürünün oluşması çok küçük bir olasılıktır.

4.3.3 Kalite

Yiğit Akü: Firmada istatistiksel süreç kontrol ve oto kalite kontrol teknikleri uygulanmaktadır. Çalışanlara yeterli düzeyde kalite bilinci yerleştirilmesi için çalışılmakta ve bu yönde eğitimler verilmektedir. Gerek üretim aşamalarında, gerekse kalite kontrol aşamalarında firma çalışanları ürün spesifikasyonlarına uyma ve kalitenin sağlanması konusunda yeterli düzeyde duyarlılık göstermektedirler.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Tam zamanında üretim sisteminde kalite konusundaki en önemli etken, firmanın en üst yöneticisinden en alt düzey çalışanına kadar firma bütününe bir kalite bilincinin yerleştirilmesidir. Üretimin her aşamasında çalışanların öneri ve yorumları alınarak onlara değer verildiğinin gösterilmesi, çalışanın kendini tüm sistemin önemli bir parçası olarak görüp güdülenmesini sağlayacaktır. Firmada bu tür bir ortamın sağlanabilmesi için kalite çemberleri, öneri ve istek sistemi gibi olgulardan yararlanılabilir. Kısacası firmanın genelinde Kaizen-Sürekli Gelişme felsefesi benimsenmelidir.

Kaizen-Sürekli Gelişme;

Kaizen'in özü basit ve açıktır. Kaizen "iyileştirme" demektir. Kaizen, yöneticilerden işçilere herkesi içeren sürekli iyileştirmelerdir. Kaizen felsefesi işyerinde olsun, sosyal ilişkilerde veya aile yaşantısında olsun, yaşam tarzımızın sürekli iyileştirilmesini ifade eder.

Toplam kalite kontrol ya da firma çapında kalite kontrol kavramları Japon firmalarının sürece öncelik veren bir düşünce tarzı oluşturmaya ve örgüt hiyerarşisinin her düzeyindeki çalışanların katılımıyla sürekli iyileştirmeyi sağlayan stratejiler geliştirmesine yardımcı olmuştur. Firmanın herhangi bir biriminde herhangi bir gelişmenin olmadığı tek bir gün dahi geçirilmemelidir. Kaizen stratejisinin verdiği mesaj, budur.

4.3.4 Üretim Ön Sürelerinin Kısaltılması

Yiğit Akü: Firmada üretim ön sürelerinin düşürülmesi amacıyla ürün çeşitliliği ve ürün kalıp çeşitliliğinin azaltılması yönünde çalışmalar yapılmakta; ayrıca, montaj hattı dengeleme ve tampon stok uygulamaları bulunmaktadır. Bunlardan başka herhangi bir çalışma yapılmamakta ve özellikle hazırlık sürelerinin fazla olması nedeniyle sistem verimi düşmektedir. Ayrıca bazı süreçler arası geçişlerde mecburi bekleme süreleri çok uzun olduğundan bu süreçler arası stok oluşmakta ve üretim süreçleri arası dengesizlik oluşmaktadır. Örneğin plakalar üretildikten sonra şarj için bir gün süreyle şarj tanklarında bekletilmektedir. Bu üretim süresi indirilememektedir.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Tam zamanında üretim ortamında, üretimin dengelenmesi, öncelikle esnek imalat sistemlerinin devreye girmesini ve üretim ön sürelerinin kısaltılmasını gerektirmektedir.

Tam zamanında üretimin gerçekleştirebilmesi üretim hatlarının, talepteki değişmelere uyumlu olarak, aynı gün içinde çeşitli ürün tiplerini küçük miktarlarda üretebilecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Çeşitli ürün tiplerinin üretilmesi için üretim ön sürelerinin de kısaltılması gerekmektedir. Başka bir deyişle, bir siparişin anında üretime dönüştürülebilmesi, üretim hazırlık zamanlarını düşürülmesine bağlıdır.

Ön sürelerinin kısaltılmış olmasının temel yararları aşağıda özetlenmiştir:

- Kısalan üretim ön süreleri, bir işletmenin siparişe göre üretim yapma becerisini artırır.
- İşletme, talep dalgalanmalarına hızlı bir şekilde uyum sağlayabildiğinden, bitmiş ürün stok düzeyleri enküçülenmiş olacaktır.
- Değişik süreçler arasındaki dengelenmemiş üretim zamanları ve parti büyüklükleri azaltılmış olduğundan, süreç içi stok düzeyleri azalacaktır.
- Bir model değişikliği söz konusu olduğunda, eldeki ıskarta miktarı en az düzeyde olacaktır.

4.3.5 Malzeme Akışı

Yiğit Akü: Yiğit Akü A.Ş' de üretim sistemi iki bölüm halinde düşünülebilir. Ürün üretiminde çekme sistemi uygulanırken; yarı bitmiş ürün üretiminde itme sistemi uygulanmaktadır. Yarı bitmiş ürün üretiminde depo sevkiyat bölümüyle sıkı bir haberleşme vardır.

Tam Zamanında Üretim Sistemi: Tam zamanında üretim felsefesinde yarı ürün kuyruklarının oluşmayacağından emin olmak için, üretim çizelgeleme ve kontrol sisteminde bilgi akışı sondan başa, malzeme akışı baştan sonadır. Diğer taraftan, eğer hatta yavaş işlemler varsa, yarı ürün oluşma riski tehlikeli boyuttadır. Bu felsefede talep edilenden bir birim fazla üretmek, talep edilenden bir birim az üretmeye denktir. Bu sistemde malzeme gereksimi planlaması (MRP) malzemelerin zamanında fabrikaya geldiğini belirlemek için kullanılabilir, ancak emrin fabrikaya verilmesi için kullanılmamalıdır. Üretim planlama en önemli faktörlerden biridir. Planlamacılar fazla değişikliğe gitmemeye ve atıl kapasite yaratmamaya dikkat etmelidirler. Yapılan üretim planları dengeli olmalıdır.

4.3.6 Uzmanlaşma

Yiğit Akü: İşletmenin geleceği hakkında karar verme ve alınacak önlemleri, izlenecek yöntemleri belirleme, yönetim ve mühendislerin görevidir. Bu insanlar yüksek öğrenimli ve yüksek ücretlidir. Firmada, işçiyi karar verme mekanizmasının bir parçası olarak görmek yerine, onlara alınan kararları yerine getiren kişiler olarak gören bir anlayış vardır.

Tam Zamanında Üretim: Tam zamanında üretim felsefesine göre işletme, üretimi ilk seferde doğru yapmak istiyorsa bunu işçiler yapmalıdır. Üretimde kaliteyi sağlayan işçilerdir (hatta montajı yapan işçiler, malzemeleri test eden işçiler, malzemeleri sevk eden işçiler). Bu felsefe içinde problemleri bilen ve ilk seferde işi doğru yapacak olanlar işçilerdir. Problemin ne olduğunu bilmelerine rağmen nasıl çözülmesi gerektiğini bilmeyebilirler. İşçi tarafından belirlenen bu problemlerin

yöneticiler ve mühendisler yardımıyla çözülmesi gerekir. Kalite üretim çemberleri ve kalite yönetiminde de bu ruhla hareket edilir. Bu, işçiyi örgütün merkezine oturtur.

4.4. Problemin Tanımlanması

Çalışmalar problemlerin yaşandığı antimuanlı ızgara üreten Wirtz makinelerindeki üretim üzerine yapılacaktır.

Önceki bölümde belirtildiği gibi net gereksinimlerin elde edilmesiyle makinelerde hangi tip ızgaraların ne zaman ve ne miktarda üretileceğine karar verilir. Ancak bu miktarların belirlenmesinde bazı kısıtların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu kısıtlar özellikle üretim bilgileriyle ızgara özelliklerine dayanan kısıtlardır.

Üretim programı hazırlanırken; ızgaraların dökümü yapıldıktan sonra, bir sonraki sürece geçmesi için gerekli olan kürlleme süresi göz önünde bulundurulmalıdır. Izgaralar için 3 gün kür süresi vardır. Kür süresi, dökümü yapılan ızgaraların sertleşmeleri için 3 gün stokta bekletilmeleridir. Bu süre doldurulmadan diğer sürece geçildiğinde, diğer süreçte fire oranları artmakta ve üretim hızı düşmekte ve istenilen spesifikasyonlar elde edilememektedir.

Diğer bir dikkat edilmesi gereken nokta ise stok miktarlarıdır. Gereğinden fazla stok yapılması ve kullanılmaması halinde ızgaralarda bozulmalar meydana gelir. Antimuanlı ızgaralar için bekleme süresi en fazla 7 gündür. Stokta kalabilecekleri süreyi dolduran ızgaralar atıl duruma geçerler ve potaya tekrar atılırlar. Her ne kadar bu ızgaralar tekrar değerlendirilse de üretimin ikinci kez yapılacak olması, verimsizlik olacaktır. Bu durum, boşa geçen zamanı ve maliyeti arttırır.

İstenilenden az üretim yapılması halinde ise sipariş karşılanamaz ya da diğer sürece geçiş olmaz; bunun sonucunda ara stok olmamasından dolayı üretimde aksamalar olur.

Diğer bir sorun ise kullanılacak stok alanının sınırlı olmasıdır. Izgara stok alanı her rafa 1 paletin konabileceği raflardan oluşmaktadır. Stok alanının kapasitesi aşılmamalıdır.

Çalışmanın problemi şu şekilde özetlenebilir; Yiğit Akü A.Ş'nin antitünel izgara üretiminde kullanılan Wirtz makineleriyle üretimde, istenilen zamanda ve istenilen miktarlarda üretimi gerçekleştirecek üretim programının hazırlanması ve böylelikle, stok dışı kalmanın ya da fazla stoğun engellenmesidir.

4.5 Problem Çözüm Yaklaşımı Geliştirilmesi

Problemin tanımlanmasıyla problemin çözülmesi için probleme uygun çözüm yaklaşımları incelenerek yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir.

4.5.1 Çözüm Yaklaşımı

İncelenen bölümde problemler tam zamanında üretim sisteminin uygulanması gereğini ortaya koymaktadır. Stok fazlası ya da stoksuz kalmanın yarattığı bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla siparişe göre yani öncül bölümden gelen gereksinime göre üretim yapılması gerekmektedir. Çözüm geliştirilmesinden önce aynı imalat tekniğinin –döküm- uygulandığı başka süreçler ve bu süreçlerde yapılan uygulamalar araştırılarak incelenmiştir.

Döküm tekniğinin uygulandığı diğer bir imalat süreci çelik imalat sürecidir ve çelik imalat sürecinde tam zamanında üretim sistemine dair bazı uygulamalar yapılmıştır.

Yapılan çalışmada tam zamanında üretim sisteminin uygulandığı çelik imalat sürecinde uygulanan bir model incelenmiş ve bu modelin izgara döküm sürecine uyarlanıp uyarlanamayacağı araştırılmıştır. Araştırmalar yapılırken modelin ve izgara döküm sürecinin incelenmesi birlikte sürdürülmüştür. İncelemeler sonucunda modelin akü imalat sürecinin ilk kısmı olan izgara döküm sürecine uygun olduğu belirlenmiştir.

Araştırmalara modelin ortaya çıkmasında kullanılan diğer modeller araştırılarak ve bu modellerde ne gibi değişiklikler yapılarak yeni yöntemlerin geliştirildiği üzerinde durularak devam edilmiştir. Izgara döküm süreci için eldeki modellerden yararlanılarak ve modelin uyarlanmasına çalışılarak ızgara döküm sürecinde stoksuz üretim hedeflenmiştir.

Model zamanında teslim ve en iyi üretim programını elde etmeye dayanan üretim sürekliliğini sağlayan bir modeldir.

Bu model için amaç, ürünün zamanında teslimini, üretim sürecinin sürekliliğini sağlamak ve üretim programını eniyilemektir (Ne, ne zaman, ne kadar üretilecek).

Stok maliyetlerinin nakit akışları üzerindeki olumsuz etkisi aynı zamanda soğutma sürecindeki gerekli alana bağlıdır. Diğer bir ifadeyle, bitmiş ürün depolanması üretim sürecinin bir parçası ve onun üzerinde önemli bir etkidir.

Tam zamanında üretim sisteminin uygulandığı ortamda depo en kısa sürede boşaltılmalı ve elverişli elde edilmelidir.

4.5.2 Modelin Geliştirilmesi ve Uygulanması

Stok kısıtları, üretim kapasiteleri, stok alanı kısıtı ve üretim süresi kısıtları ele alınarak matematiksel bir model üzerinde çalışılmıştır. Modelin amacı istenilen zamanda, istenilen miktarda üretimin gerçekleştirilmesidir.

Modelin uygulanması için LİNGO programı kullanılmıştır. Parametrelere firmanın değerleri verilerek model çözülmüştür.

Önerilen modelin parametreleri, kısıtları ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Kullanılacak olan parametreler:

i :Izgara türü (i=1,...,n);

Üretimde 9 çeşit ızgara bulunmaktadır. Üretilen ızgaralar paletlere yerleştirilmektedir. Her çeşitten bir palette bulunan miktarlar aşağıda verilmiştir:

<u>IZGARA TİPİ</u>	<u>PALET BÜYÜKLÜĞÜ (Adet)</u>
A+	5400
A-	5400
NY+	4200
NY-	4200
N+	4200
N-	4200
EF1	4200
EF2	4200
45J	4200

(i=1 9)

j :Planlama devreleri (j=1,...,m gün)

(j=1,..., 7)

h :Planlama dönemi (hafta)

Izgara bölümü üretim planları haftalık olarak oluşturulduğundan planlama dönemi 1 hafta olarak alınmıştır.

A :Toplam stok alanı (raf)

Izgara stok alanı raf sistemidir. Toplam stoklanabilecek raf sayısı 120 dir. Stoklama işlemi her rafa bir palet yerleştirilecek şekildedir.

Pa :Bir paletin kapladığı alan (raf)

Her çeşit ızgara türünün, bir paletin kapladığı alan 1 raftır. Izgara çeşitlerine göre paletlerin kapladıkları alan değişmemekte, paletlere koyulan ızgara miktarları değişmektedir.

Pt_i : ızgara türünün 1 paleti için üretim süresi (dk)

Izgaraların çeşitlerine göre üretim süreleri farklılık gösterebilmekte olup Çizelge 4.1 'de görülmektedir.

Pt_i	Üretim Süresi (Adet / Dakika)	Üretim Süresi (dakika/palet)
Pt_{A+}	18	300
Pt_{A-}	18	300
Pt_{NY+}	14	300
Pt_{NY-}	14	300
Pt_{N+}	13	323
Pt_{N-}	13	323
Pt_{EF1}	12	350
Pt_{EF2}	12	350
Pt_{45J}	16	262

Çizelge 4.1 Üretim Süreleri

Hd : Günlük üretim için kullanılabilir süre (üretimin yapılabileceği zaman dilimi-saat)

Üretim 3 vardiya olarak yapılmaktadır. Yemek ve çay saatleri dönüşümlü olarak uygulanmakta dolayısıyla makineler 24 saat çalışmaktadır.

Hd değeri zaman kısıtında 11520 dakika olarak alınmıştır. Üretim için kullanılan makine sayısı 8 olduğundan kapasite 8 kat olarak düşünülmüştür. Makine

kapasiteleri ve özellikleri aynı olduğundan hangi çeşit ızgaranın hangi makinde üretildiği önemli değildir. Önemli olan hangi ızgaranın hangi gün ne kadar üretilceğidir.

Amaç fonksiyonunda yer alan H_d değeri ise bir saat stokta tutma maliyeti hesabı için gerekli olan bir parametredir. Burada değer 24 saat olarak alınır ve 1 günlük stokta tutma maliyeti hesaplanır.

Pr_i :i.ızgara türünün bir paletinden elde edilen ortalama kar (YTL)

Paletlerde bulunan ızgara miktarı farklılık gösterdiğinden ızgara çeşidine göre paletlerin ortalama karıda farklılık göstermektedir. Izgara çeşitlerine göre paletlerin satışından elde edilen ortalama kar Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Pr_i	Ortalama Kar (YTL/Adet)	Ortalama Kar (YTL/Palet)
Pr_{A+}	0.0416	225
Pr_{A-}	0.0416	225
Pr_{NY+}	0.0467	201
Pr_{NY-}	0.0467	201
Pr_{N+}	0.0493	209
Pr_{N-}	0.0493	209
Pr_{EF1}	0.0413	174
Pr_{EF2}	0.0467	201
Pr_{45J}	0.0400	218

Çizelge 4.2 Palet Satışlarından Elde Edilen Kar

I_c :Bir paleti ortalama elde tutma maliyeti (saat)

Bir paleti elde tutma maliyeti her palet için ortalama 4,9128YTL / saat

Bu değerin hesaplanmasında dikkat edilecek nokta ızgaraların bekleme süresinin 7 gün olmasıdır. 7 gün sonra ızgaralarda meydana gelen bozulmalardan dolayı ızgaralar potaya tekrar atılmaktadır. Geri dönüşüm olmaktadır. Potaya tekrar atılan ızgaraların üretimi boşuna yapılmış olup maliyete sebep olmaktadır. Bir paletin maliyeti ortalama olarak 827 YTL dir. Bu paletin üretimi yapıp 7 gün beklediğinde potaya tekrar atılacaktır. Bu durumda paleti elde tutma maliyeti 4,9128 YTL/saattir.

St :Süreç için ortalama hazırlık süresi (kalıp değiştirme, mantarlama vs.)

Ortalama hazırlık süresi her ızgara çeşidinin dökümü için aynıdır. Bu süre toplam 120 dakikadır.

O_{ij} :i. ızgara türünün j.gün için verilen sipariş miktarı (palet)

Her ızgara çeşidi için gelen talep farklıdır. Sipariş miktarları için üretim programının yapılacağı haftanın sipariş miktarları alınacaktır. Modelin çözülmesinde örnek olarak geçmiş döneme ait 5 haftalık sipariş miktarlarının ortalaması alınmıştır. Izgara çeşidine göre sipariş miktarları Çizelge 4.3 ‘teki gibidir.

O_{ij}(PALET)	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
O_{A+}	2	2	2	2	2	2	2
O_{A-}	1	1	1	1	1	1	1
O_{NY+}	3	3	3	3	3	3	3
O_{NY-}	3	3	3	3	3	3	3
O_{N+}	1	1	1	1	1	1	1
O_{N-}	1	1	1	1	1	1	1
O_{EF1}	2	2	2	2	2	2	2
O_{EF2}	1	1	1	1	1	1	1
O_{45J}	1	1	1	1	1	1	1

Çizelge 4.3 Sipariş Miktarları

I_{oi} :i.ızgara türünün başlangıç stoğu (palet)

Emniyet stoğu olarak tutulan miktarlar Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Io_i	Başlangıç Stoğu (Palet)
Io_{A+}	1
Io_{A-}	1
Io_{NY+}	2
Io_{NY-}	2
Io_{N+}	1
Io_{N-}	1
Io_{EF1}	1
Io_{EF2}	1
Io_{45J}	1

Çizelge 4.4 Başlangıç Miktarları

Cool :Kürleme süresi (gün)

Izgaraların döküm işleminden sonra bir sonraki sürece yani sıvama bölümüne gitmesi için soğuyup kurumaları gerekmektedir. Izgaranın sağlam olabilmesi ve diğer sürece geçmesi için 3 gün beklemesi gerekmektedir. Bu nedenle bu değer 3 gün olarak alınacaktır.

C :Ceza maliyeti (siparişin termin tarihinden sonra gönderilmesinden kaynaklanan maliyet-YTL)

Bir siparişin termin tarihinde gönderilmemesi halinde oluşan ceza maliyeti 10,31 YTL/palettir.

Karar Değişkenleri:

Gösterim kolaylığı sağlaması açısından sayfa 67’de verilen ızgara tipleri sırasıyla 1,,,,,9 numaralarıyla eşleştirilmiş ve ilerideki sayfalarda model indisi yerine bu numaralar kullanılmıştır. Örnek NY+ →3, 45J→9 şeklinde.

P_{ij} :i. ızgara türünün j.günde üretilen miktarı (palet)

I_{ij} :i.ızgara türünün j.günde stokta bulunan miktarı (palet)

S_{ij} :i.ızgara türünün j.günde müşteriye teslim edilen miktarı (palet)

y_{ij} :1 i.ızgara türünün j.günde üretimi var

0 i.ızgara türünün j.günde üretimi yok

Kısıtlar:

Zaman kısıtı:

Günlük üretim süresi, üretim için günlük kullanılabilecek süreyi geçemez.

$P_{ti}.P_{ij}$: i.ızgara türünün 1 paleti için üretim süresi* i.ızgara türünün j.günde üretilen miktarı

$$\sum_{i=1}^n P_{ti}.P_{ij} + St.y_{ij} \leq Hd \quad \forall j = 1, \dots, m,$$

Aşağıda örnek olması açısından 1. günün toplam üretim süresinin, günlük üretim kapasitesini aşmamasına yönelik kısıt verilmiştir. Diğer günler için kısıtlar EK.1’de verilmiştir.

$$(Pt1 * P11 + St*y11) + (Pt2*P21 + St*y21) + (Pt3*P31 + St*y31) + (Pt4*P41 + St*y41) + (Pt5*P51 + St*y51) + (Pt6*P61 + St*y61) + (Pt7*P71 + St*y71) + (Pt8*P81 + St*y81) + (Pt9*P91 + St*y91) \leq Hd$$

Stok kısıtları:

j.günde ambarda bulunan i.ızgaranın palet miktarı=i ızgaranın (j-1). günlük başlangıç stoğu + i. ızgara türünün j.günde üretilen miktarı - i.ızgara türünün j.günde müşteriye teslim edilen miktarı

Io1, Io2, ...,Io9, ızgaraların planlama dönemi başında elde bulunan stok miktarlarıdır. Aşağıda örnek olarak 1. ve 2. gün kısıtları verilmiştir. Diğer günler için kısıtlar benzer şekilde EK.1’de verilmiştir.

$$I_{i1} = I_{oi} + P_{ij} - S_{i1} \quad \forall i = 1, \dots, n,$$

$$I11=Io1+P11-S11$$

$$I21=Io2+P21-S21$$

$$I31=Io3+P31-S31$$

$$I41=Io4+P41-S41$$

$$I51=Io5+P51-S51$$

$$I61=Io6+P61-S61$$

$$I71=Io7+P71-S71$$

$$I81=Io8+P81-S81$$

$$I91=Io9+P91-S91$$

$$I_{ij} = I_{i,j-1} + P_{ij} - S_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad j = 2, \dots, m;$$

$$I12=I11+P12-S12$$

$$I22=I21+P22-S22$$

$$I32=I31+P32-S32$$

$$I42=I41+P42-S42$$

$$I52=I51+P52-S52$$

$$I_{62}=I_{61}+P_{62}-S_{62}$$

$$I_{72}=I_{71}+P_{72}-S_{72}$$

$$I_{82}=I_{81}+P_{82}-S_{82}$$

$$I_{92}=I_{91}+P_{92}-S_{92}$$

Üretilmesi gereken miktar:

i.ızgara türünden haftalık üretilen toplam miktar=i.ızgara türünden sipariş verilen toplam miktar-i ızgara türünün toplam başlangıç stoğu

$$\sum_{j=1}^m P_{ij} = \left(\sum_{j=1}^m O_{ij} \right) - Io_i \quad \forall i = 1, \dots, n;$$

1. ızgara türü için üretilmesi gereken miktar aşağıda verilmiştir. Diğer ızgara türleri için üretilmesi gereken miktarlar Ek.1’de verilmiştir.

$$P_{11}+P_{12}+P_{13}+P_{14}+P_{15}+P_{16}+P_{17}=(O_{11}+O_{12}+O_{13}+O_{14}+O_{15}+O_{16}+O_{17})-Io_1$$

Gönderilen miktar –Sipariş miktarı uyum kısıtı:

i.ızgara türünden j.gün gönderilen miktar, i.ızgara türünden j.gün gönderilmesi gereken miktarı aşamaz.

$$\sum_{j=1}^m S_{ij} \leq \sum_{j=1}^m O_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m;$$

1. ızgara türü için örnek, aşağıda verilmiştir. Diğer ızgara türü ve günler için kısıtlar EK.1’de verilmiştir.

$$S_{11} \leq O_{11}$$

$$S_{12} \leq O_{12}$$

$$S_{13} \leq O_{13}$$

$$S_{14} \leq O_{14}$$

$$S_{15} \leq O_{15}$$

$$S_{16} \leq O_{16}$$

$$S_{17} \leq O_{17}$$

Kürleme süresi:

i. ızgara türünün j.gün üretilmesinden sonra kürleme süresi dahil müşteriye giden miktarı $\leq$ i. ızgara türünün j.günde üretilen miktarı

$$S_{i,j+cool} \leq P_{ij}, \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m;$$

1. ızgara türünün kürleme süresi sonunda müşteriye giden miktarları aşağıda verilmiştir. Diğer ızgara türleri için kısıtlar EK.1’de verilmiştir.

$$S_{14} \leq P_{11}$$

$$S_{15} \leq P_{12}$$

$$S_{16} \leq P_{13}$$

$$S_{17} \leq P_{14}$$

Stok alanı kısıtı:

Stokta bulunan palet sayısı* Bir paletin alanı $\leq$ Toplam stok alanı

$$\sum_{i=1}^n I_{ij} \cdot Pa \leq A; \quad \forall j = 1, \dots, m;$$

$$Pa * (I_{11} + I_{21} + I_{31} + I_{41} + I_{51} + I_{61} + I_{71} + I_{81} + I_{91}) \leq A$$

$$Pa * (I_{12} + I_{22} + I_{32} + I_{42} + I_{52} + I_{62} + I_{72} + I_{82} + I_{92}) \leq A$$

$$Pa * (I_{13} + I_{23} + I_{33} + I_{43} + I_{53} + I_{63} + I_{73} + I_{83} + I_{93}) \leq A$$

$$Pa * (I_{14} + I_{24} + I_{34} + I_{44} + I_{54} + I_{64} + I_{74} + I_{84} + I_{94}) \leq A$$

$$Pa * (I_{15} + I_{25} + I_{35} + I_{45} + I_{55} + I_{65} + I_{75} + I_{85} + I_{95}) \leq A$$

$$Pa^*(I16+I26+I36+I46+I56+I66+I76+I86+I96) \leq A$$

$$Pa^*(I17+I27+I37+I47+I57+I67+I77+I87+I97) \leq A$$

Amaç fonksiyonu:

Sürece göre ızgara döküm makinelerinde yapılan üretim sonrası üretilen ızgaralar, paletlere dizilerek diğer sürece alınmaktadır. Diğer süreç olan sıvama bölümüne giden ızgara paletleri öncelikle ızgara stok alanlarına koyulmakta ve bu alanlarda diğer sürece gitmeden önce beklemesi gereken 3 günlük kürlleme süresini doldurmaktadır. Aynı zamanda, ızgaraların yarı bitmiş ürün olarak da satışı yapılmaktadır. Dolayısıyla müşteri olarak hem sıvama bölümü hem de sipariş veren müşteriler alınmak durumundadır. Bu duruma göre;

$Pr_i.S_{ij}$:i.ızgara türünün bir paletinden elde edilen ortalama kar * i.ızgara türünün j.günde müşteriye teslim edilen miktarı

Üretilen ızgaraların kürlleme süresini doldurmalarıyla diğer sürece geçmeleri istenir. Bu sürenin uzaması durumunda ızgaralarda bozulma görülür ve üretime tekrar girmesi gerekmektedir. Stokta durma süresi maliyet oluşturmaktadır.

$I_{ij}.Ic.Hd$: i.ızgara türünün j.gün stokta kalan miktarı (I_{ij})’ndan doğan stok tutma maliyeti (Hd , saat cinsinden günlük üretim süresi olduğundan, günlük stok maliyeti hesabı için 24 ile çarpılmıştır).

$C\S\S (O_{ij}-S_{ij})$: Termin süresinin veya diğer sürece geçmenin gecikmesiyle oluşan ceza maliyeti

$$ENB[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [Pr_i.S_{ij} - I_{ij}.Ic.Hd] - C \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (O_{ij} - S_{ij})]$$

Amaç fonksiyonu, 1.ızgara türü için örnek olarak aşağıda verilmiştir. Diğer ızgara türlerine EK.1’de yer verilmiştir.

$$Enb= ((Pr1*S11-I11*Ic*Hd)+(Pr1*S12-I12*Ic*Hd)+ (Pr1*S13-I13*Ic*Hd)+ (Pr1*S14-I14*Ic*Hd)+ (Pr1*S15-I15*Ic*Hd)+ (Pr1*S16-I16*Ic*Hd)+ (Pr1*S17-I17*Ic*Hd))-$$

$$C*((O11-S11)+(O12-S12)+ (O13-S13)+ (O14-S14)+ (O15-S15)+ (O16-S16)+ (O17-S17))$$

4.5.3 Modelin Çözümü

LINGO programından elde edilen çözüm raporuna göre model, 258 kısıttan ve 315 değişkenden oluşmaktadır. Çözümde en iyi sonuç elde edilmiştir. Model belirlenen değerlerle çözüldüğünde alınan en iyi sonuç 21462 YTL dir. Sonuç, modele göre yapılacak olan üretimle elde edilecek karı vermektedir. Modelin LINGO programında yazılmış açık modeli EK.2’de, çözüm sonucunda elde edilen rapor ise EK 3’de verilmiştir.

Sonuç raporunda indirgenmiş maliyet bölümünde verilen değerler temel olmayan değişkenlerin 1 birim değişmesiyle amaç fonksiyonun indirgenmiş maliyet değeri kadar azalmasına neden olan değerlerdir. Herhangi bir temel dışı değişkenin indirgenmiş maliyeti, değişkenin temel değişken olması (en iyi çözüme giren değişken) için amaç fonksiyon katsayısında yapılacak iyileştirme miktarıdır. Doğrusal programlama modelinin i. kısıtının gölge fiyatı söz konusu kısıtın sağ taraf değerinin 1 birim çoğaltılması durumunda, en iyi amaç fonksiyon değerinin ne kadar iyileştiğini (enbüyükleme sorununda ne kadar arttığını, enküçükleme sorununda ne kadar azaldığını) gösterir (Winston,1991).

Örneğin modelde; I_{11} temel olmayan değişkeninin 1 birim değişmesiyle, amaç fonksiyonunda 117 YTL değerinde bir azalma olacaktır. Gölge fiyatlarında ise örnek olarak 9.kısıtı ele alacak olursak, kısıtın sağ taraf değerinin 1 birim çoğaltılmasıyla amaç fonksiyonunda 235.31 değerinde bir artma olacaktır.

Modelde P_{ij} değerleri hangi gün hangi ızgara türünden ne kadar üretileceğini göstermektedir. Örneğin P_{11} değeri 1.ızgara türünden 1. günde 13 palet üretileceğini göstermektedir. Diğer günlerde yapılan üretim miktarları ise aşağıdaki gibidir:

<u>P_{ij}</u>	<u>Palet</u>
P ₁₁	13
P ₂₁	6
P ₃₁	19
P ₅₁	6
P ₈₁	6
P ₉₁	6
P ₄₃	19
P ₆₃	6
P ₇₃	13

S_{ij} değerleri i. ızgara türünden j.gün müşteriye sevk edilecek olan miktarları göstermektedir. Örneğin S_{11} , değerine göre,1.ızgara türünden 1. gün müşteriye gidecek olan miktar 14 adettir. Diğer günlerde müşteriye sevk edilecek olan miktarlar aşağıdaki gibidir:

<u>P_{ij}</u>	<u>Palet</u>
S ₁₁	14
S ₂₁	7
S ₃₁	21
S ₄₁	2
S ₄₃	19
S ₅₁	7
S ₆₂	1
S ₆₃	6
S ₇₁	1

S_{73}	13
S_{81}	7
S_{91}	7

I_{ij} değerleri ise stok miktarlarını ifade etmektedir. Bu değişkenlerin değerlerinin 0 olmasıyla da stoksuz üretimin gerçekleştirildiği görülmektedir.

O_{ij} değerleri i.ızgara türünden j.gün için verilen sipariş miktarlarını göstermekte olup, bu değerlerle S_{ij} değerlerinin eşit olması j. gün sevk edilen miktarların, sipariş miktarları ile aynı olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, toplam üretim miktarı ile eldeki stok miktarlarının, toplam sipariş miktarını karşılıyor olması, sipariş miktarına göre üretim yapıldığının bir göstergesidir.

Sipariş miktarları değişkenlik gösterdiğinden ve programlar haftalık olarak yapıldığından program haftalık olarak uygulamaya alınabilir. Uygulamayla fazladan üretim engellenerek stoksuz üretim gerçekleşmektedir.

4.5.4 Mevcut Durum ile Karşılaştırma

Stoksuz ve siparişe göre üretim yapılması için uygulanan modelin, mevcut durum ile bir karşılaştırılması yapılarak, uygulanan modelin sağladığı faydalar üzerinde durulmuştur.

Mevcut durum incelendiğinde, eldeki sipariş miktarlarına göre gerçekleştirilen üretim Çizelge 4.5'te, sevk edilen miktarlar Çizelge 4.6' da, günlük eldeki stok miktarları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

P_{ij}(PALET)	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
P_{A+}	7	7	-	-	-	-	-
P_{A-}	-	3	4	3	-	-	-
P_{NY+}	7	7	3	-	-	-	-
P_{NY-}	-	9	12	-	3	-	-
P_{N+}	-	-	7	3	-	-	-
P_{N-}	4	-	-	3	3	-	-
P_{EF1}	-	5	-	5	5	-	-
P_{EF2}	-	-	-	7	3	-	-
P_{45J}	-	-	-	-	7	7	-

Çizelge 4.5 Mevcut Duruma Göre Üretim Miktarları

S_{ij}(PALET)	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
S_{A+}	7	7	-	-	-	-	-
S_{A-}	-	3	4	3	-	-	-
S_{NY+}	7	7	3	-	-	-	-
S_{NY-}	-	9	12	-	3	-	-
S_{N+}	-	-	7	3	-	-	-
S_{N-}	4	-	-	3	3	-	-
S_{EF1}	-	5	-	5	5	-	-
S_{EF2}	-	-	-	7	3	-	-
S_{45J}	-	-	-	-	7	7	-

Çizelge 4.6 Mevcut Duruma Göre Sevk Edilen Miktarlar

I_{ij}(PALET)	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
I_{A+}	2	2	2	2	2	2	2
I_{A-}	1	1	1	1	4	4	4
I_{NY+}	-	-	-	-	5	5	5
I_{NY-}	-	-	-	-		3	3
I_{N+}	-	-	-	-	4	4	4
I_{N-}	-	-	-	-	-	3	3
I_{EF1}	-	-	-	-	-	3	3
I_{EF2}	-	-	-	-	-	-	3
I_{45J}	-	-	-	-	-	-	3

Çizelge 4-7 Mevcut Duruma Göre Günlük Stok Miktarları

Mevcut duruma göre modelin açık yazılımı EK.4' te verilmiştir. Çözüm sonucunda elde edilen LİNGO raporu EK.5' te verilmiş olup, rapora göre en iyi çözüm değerinin 7922 YTL olduğu görülmektedir.

Mevcut durum ile önerilen durumun karşılaştırılması yapılacak olursa, 7922 YTL olan elde edilen kar, önerilen durum ile 21462 YTL olmuştur.

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Tam zamanında üretim sistemi kavramı ülkemiz için uygulamada yeni sayılabilecek bir kavramdır. Kısaca "Stoksuz Üretim" olarak da adlandırılan bu sistemin kullanımı Japonya ve Amerika'daki bazı firmalarla sınırlıdır. Ancak konu tüm işletmeler için çok önemli olup dünyada bu sistemle ilgili yoğun araştırmalar ve tartışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde bu sistem IBM, TOYOTA gibi çokuluslu firmalar tarafından uygulanmaktadır. Ancak sisteme bütün firmalar tarafından büyük bir ilgi gösterilmekte ve en kısa zamanda bu sistemin uygulamaya konulmasının firmaya her alanda tasarruf ve fayda sağlayacağına inanılmaktadır. Bu alanda yapılan araştırma ve yayınların çok az olması nedeniyle, konunun önemini iktisadi bir bakış açısı ile firmaların ilgisine sunmak; bu sistemin uygulamaya konmasının firma ve ülkemiz ekonomisine kalkınma ve refah açısından önemli katkılarda bulunacağına önemini vurgulamaktadır.

Stoklar, gelecekte yapılacak üretimlerin alternatifidir. Yüksek maliyetler ve tanımlanabilir üstünlükler, stok bulundurma ile yakından ilgilidir. Bir firmanın elinde ne kadar stok bulunduracağını belirlemesi için bu maliyet ve üstünlükleri çok iyi değerlendirmesi gerekir.

Bir kuruluşun elinde stok bulundurma nedenleri olarak; üretimin tüketimden ayrılması, üretim sistemi içerisinde pürüzsüz bir iş akışı sağlanması, fiyatlardaki kısa dönem dalgalanmalarından faydalanma ve tedarik sırasında meydana gelebilecek olası kesintilerin etkilerinin giderilmesi gibi faktörler sayılabilir. Tam zamanında üretim uygulamasında "Akıllı" depolama sistemleri, insansız olarak çalıştırılabilen, bilgisayar kontrollü depolama ve stoktan alma sistemleri önemlidir. Bir dağıtım sistemi, tedarikçi ile müşteri arasındaki fiziksel bağıdır. Dağıtım sistemleri, çok sayıda müşteri ve tedarikçiyi bir üretim zinciri oluşturacak şekilde birbirine bağlar. Tam zamanında üretim sistemi, gereksiz olan her şeyin ortadan kaldırılmasına yönelik bir felsefedir. Tam zamanında üretim sistemi, talep edilen parçaları en az sayıda üreterek ara stok düzeylerini azaltmayı amaçlar. Bu yönüyle sistem daha çok bir "talep-çekme" sistemi olarak adlandırılır. Oysa günümüz endüstrilerinde " çizelge-itme " sistemi kullanılmaktadır. Tam zamanında üretim sisteminin amacı, stok seviyelerini düşük

tutarak, bu stokların üzerini örttüğü problemleri meydana çıkarmaktır. Bu sistem de toplam kalite kontrolü, kalite kavramının kaynaktan ele alındığı, firma genelinde gösterilen çabalar bütünüdür. Sonuç olarak tam zamanında üretim sistemi uygulaması, stok seviyeleri ve maliyetlerin düşürülmesi, işletme içerisindeki problemlerin kolaylıkla ortaya çıkarılıp çözümlenmesi açısından, firmanın zaman ve yer tasarrufu yapması bakımından büyük faydalar sağlar. Daha akıcı ve istenilen zamanda malzeme tedariki ve pürüzsüz bir parça akışının temin edilmesiyle, üretim süreci ve imalatını kolaylaştırmaktadır. Bu sistem sayesinde işletmenin kâr marjı yükselmekte, rekabet etkinliği artmakta, firma ekonomisi ve ülkenin refaha ulaşması açısından fayda sağlanmaktadır. Sanayide tam zamanında üretim sisteminin uygulanmaya konması kişi başına reel geliri artırmakta ve ülkenin kalkınmasına önemli katkılarda bulunmaktadır.

Yapılan çalışmada tam zamanında üretim sisteminin bir hedefi olan sıfır stok, Yiğit Akü fabrikasında bir süreç için uygulanmıştır. Uygulama sonucunda gereksiz yere yapılan stok ortadan kaldırılmış, siparişe dayalı bir üretim süreci geliştirilmiş ve istenilen miktarda üretim, istenilen zamanda yapılarak, stokta kalma maliyeti, yok satma maliyeti önlenmiştir. Problemin tanımlanmasında belirtildiği gibi ihtiyaçtan fazla stok bulundurulmaması ve kullanılmaması halinde ızgaralarda bozulmalar meydana gelmekteydi. Bozulan ızgaraların potaya tekrar atılması üretimin ikinci kez yapılmasına neden olduğundan, verimsizliğe ve ikinci bir maliyete sebep olmaktaydı. Üretimin düzenli yapılmamasından dolayı müşterinin istekleri zamanında karşılanamazken, stoklarda ihtiyaç olunmayan ürünler bulunmaktaydı ve bu ürünlerin stok alanlarını doldurmalarından dolayı alan sıkıntısı ortaya çıkmaktaydı. Uyarlanan modelle siparişe göre bir üretim sistemi geliştirilmiş ve bu sistemde stok alanı kısıtı da göz önüne alınarak bir üretim programı yapılmıştır. Bu program sonucunda müşteriye doğru bir termin verildiğinden stokta kalma ve ceza maliyeti önlenmiştir.

Yapılan çalışmayla, sıfır stok hedefi üzerine çelik imalat sektöründe uygulanmış olan bir yaklaşımın, akü imalat sektöründeki uygulaması yapılmıştır

6. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar, N., 1995 ,Tam Zamanında Üretim, MPM Yayınları, 7, 8.s.
- Amasaka, K.,2002, “New **JIT**”: A new management technology principle at Toyota, International Journal of Production Economics, 2, 80, 135-144.
- Azadeh, A.,Bidokhti, B. and Sakkaki, S.M.R.,2005, Design of practical optimum **JIT** systems by integration of computer simulation and analysis of variance, Computers & Industrial Engineering, 4, 49, 504-519.
- Betts, J. and Johnston, R.B.,2005, Just-in-time component replenishment decisions for assemble-to-order manufacturing under capital constraint and stochastic demand, International Journal of Production Economics, 1, 95,51-70.
- Browman, J., 1991, If you don't understand jit how can you implement it?, Industrial Engineering , 3 , 2, 38-39.
- Callen, J. L., Fader, C. and Krinsky, I., 2000, Just-in-time: A cross-sectional plant analysis, International Journal of Production Economics, 3, 63, 277-301.
- Carnes ,T. A., Jones ,J.P., Biggart, T.B.and Barker, K. B., 2003, Just-in-time inventory systems innovation and the predictability of earnings, International Journal of Forecasting, 4, 19, 743-749.
- Chan, F. T. S., 2001, Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems, Journal of Materials Processing Technology, 2-3, 116, 146-160.
- Cheng, T.C.E. and Podosky, S., 1993,Just-in-Time manufacturing: an introduction, Chapman&Hall, USA,225.
- Chun-Che Huang,1996, Overview of Kanban systems ,International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 9,3 169 – 189.
- Chuang, B.R., Ouyang L.Y. and Chuang, K. W., 2004, A note on periodic review inventory model with controllable setup cost and lead time, Computers & Operations Research, 4, 31, 549-561.
- Emre, A., TZÜ Sistemlerinin ülkemizdeki uygulamalar ve sorunlar , MPM Yayınlar, 543, Ankara, 1995.
- Emre, A., 1995,TZÜ sistemlerinin ülkemizdeki uygulamalar ve sorunlar , MPM Yayınlar, 143 .

- Erdem, R. ve Kocabaş, İ., 2004, Sosyal Bilimler Dergisi, Manas Üniversitesi, 10, 175- 191.
- Firuzan, A. ve Ayvaz, Y. 2004, Yeni bir felsefe anlayışında yan sanayilerden beklenenler ve tam zamanında üretim, Yönetim Ve Ekonomi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 11,1,19-26.
- Fullerton, R. R. and McWatters, C. S., 2001, The production performance benefits from **JIT** implementation, Journal of Operations Management, 1, 19, 81-96.
- Fullerton, R. R. and McWatters, C.S., 2002, The role of performance measures and incentive systems in relation to the degree of **JIT** implementation, Accounting, Organizations and Society, 8, 27, 711-735.
- Gaither, N., Production And Operations Management , The Dryden Press, 1984
- Gaury, E. G. A. and Pierreval , 2000, An evolutionary approach to select a pull system among Kanban, Conwip and Hybrid ,Journal of Intelligent Manufacturing ,11,2,157-167.
- Gélinas, R., 1999, The Just-In-Time implementation Project, International Journal of Project Management, 3, 17, 171-179.
- Golhar, D.Y., and Stamm, C.L., 1991, The Just-in-Time Philosophy: A Literature Review, International Journal of Production Research, 29, 4, 657-676.
- Gottesman, K., 1991, Jit manufacturing is more than inventory programs and delivery schedules , Industrial Engineering, 23, 5, 19-20.
- Gunasekaran, A., 1999, Just-in-time purchasing:: an investigation for research and applications, International Journal of Production Economics, 59, 1, 77-84.
- Hall, R. W., 1983, Zero inventories , Dow Jones-Irwin , USA, 157.
- Husseini, S., Brien, C. and Hosseini, S.T., 2006, A method to enhance volume flexibility in **JIT** production control, International Journal of Production Economics, 2, 102, 653-665.
- Jason Chao-Hsien Pan and Jin-Shan Yang , 2002 , A study of an integrated inventory with controllable lead time, International Journal of Production Research, 40, 5, 1263 – 1273.

- Karmarker,J., 1988,The Pull Of Kanban,Production And Inventory Management Journal, 17,2,54)
- Krajewski,J.L.,King,B.E.,and Ritzman,L.P.,Wong,D.S., 1987,Kanban, Mrp, And Shaping The Manufacturing Environment,Management Science, 33, 1, 25.
- Kim, K. H. and Kim, J. B., 2002, Determining load patterns for the delivery of assembly components under **JIT** systems, International Journal of Production Economics, 1, 77, 25-38.
- Lamouri, S. and Thomas, A., 2000, The two level master production schedule and planning bills in a just in time MRP context, International Journal of Production Economics, 1-3, 64, 409-415.
- Lovell, M.C., 2003, Optimal lot size, inventories, prices and **JIT** under monopolistic competition, International Journal of Production Economics, 81, 82, 59-66.
- Lubben, R.T., 1988, JIT Manufacturing:an aggressive manufacturing strategy, Mcgraw-Hil,U.S.A, 156.
- Mohanty, R.and ., Singh, R., 1992, A hierarchical production planning for a steel manufacturing system. International Journal Of Operation&Production Management 12, 5, 69-78.
- Ohno , T.,1996, TOYOTA Ruhu, Scala Yayıncılık. İstanbul, 203.
- Oral, E. L., Mısıkoğlu, G. and Erdis, E., **JIT** in developing countries—a case study of the Turkish prefabrication sector, Building and Environment, 6, 38, 853-860.
- Özkan, A. ve Esmeray,M.,2002, Bir maliyet kontrol sistemi olarak Jıt üretim sistemi ve muhasebe uygulamaları, C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi,3,1,129.
- Papatya, N., 1997, Küreselleşme Sürecinde Maliyetleme Sistemlerinde Çağdaş Yaklaşımla, SDÜ İ.İ.B.F. Dergisi, Isparta, 201,207)
- Planert,G.,and Best,T.D., 1986,MRP,JIT And OPT:what's best?,production and inventory, Management Journal, 27, 2, 27-29.
- Tang, T., Liu, J., Rong, A. and Yang, Z., 2000, A mathematical programming model for

scheduling steelmaking-continuous casting production, European Journal of Operational Research, 2, 120, 423-435.

Takahashi, K., Morikawa, K. and Nakamura, N., 2004, Reactive **JIT** ordering system for changes in the mean and variance of demand, International Journal of Production Economics, 2, 92, 181-196.

Tütek, H. ve Öncü, S., 1991, JIT (Just In Time) felsefesinin işletme fonksiyonları ve verimlilik üzerindeki etkileri, Verimlilik Dergisi, 4.

Üreten, S., 1990, Modern üretim planlaması ve denetiminde uygulanan modern sistemler, Gazi Üniversitesi, 54.

Vollmann, T., 1992, Manufacturing Planning And Control Systems, 685.

Yang, P. C. and Wee, H. M., 2003, An integrated multi-lot-size production inventory model for deteriorating item, Computers & Operations Research, 5, 30, 671-682.

Yasin, M. M., Small, M. H. and Wafa, M. A., Organizational modifications to support **JIT** implementation in manufacturing and service operations, Omega, 3, 31, 213-226.

Wang, W., Fung, R. and Chai, Y., 2004, Approach of just-in-time distribution requirements planning for supply chain management, International Journal of Production Economics, 2, 91, 101-107.

White, R. E. and Prybutok, V., 2001, The relationship between **JIT** practices and type of production system, Omega, 2, 29, 113-124.

Winston, W., 1994, Operations Research Applications and Algorithms, Belmont, CA: Duxbury Pres.

Zanoni, S. and Zavanella, L., 2005, Model and analysis of integrated production-inventory system: the case of steel production, International Journal of Production Economics, 93-94, 8, 197-205.

<http://members.fortunecity.com/cburcu/myfav3.htm#> (Erişim : Ekim 2005)

http://www.erpakademi.com/bulten/ERPakademi_haziran.pdf (Erişim Ekim 2005)

<http://www.manas.kg/pdf/sbdpdf10/Makaleler> (Erişim Ocak 2005)

<http://www.iuekk.org/Makaleler/justintime.htm> (Erişim Ocak 2005)

<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=yalinuretim>, (Erişim Mart 2005)

<http://www.ytukvk.org.tr/arsiv/makaletop.php?makale=sifirhata>, (Erişim Mart 2005)

[www.aerdogan.com/egitim notlari/jit](http://www.aerdogan.com/egitim_notlari/jit)(Erişim Ağustos 2005)

www.volkanderinbay.com/pull/pull.html(Erişim Temmuz 2005)

EKLER

EK.1. Modelin Yazılımı

EK.2. Modelin Açık Yazılımı

EK.3. LİNGO Raporu

EK.4. Mevcut Durumda Modelin Açık Yazılımı

EK.5. Mevcut Durumda LİNGO Raporu

EK.1.Modelin Yazılımı

$$\begin{aligned} \text{Enb} = & ((\text{Pr1} * \text{S11} - \text{I11} * \text{Ic} * \text{Hd}) + (\text{Pr1} * \text{S12} - \text{I12} * \text{Ic} * \text{Hd}) + (\text{Pr1} * \text{S13} - \text{I13} * \text{Ic} * \text{Hd}) + \\ & (\text{Pr1} * \text{S14} - \text{I14} * \text{Ic} * \text{Hd}) + (\text{Pr1} * \text{S15} - \text{I15} * \text{Ic} * \text{Hd}) + (\text{Pr1} * \text{S16} - \text{I16} * \text{Ic} * \text{Hd}) + (\text{Pr1} * \text{S17} - \\ & \text{I17} * \text{Ic} * \text{Hd}) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pr2}*\text{S21-I21}*\text{Ic}*\text{Hd})+ & (\text{Pr2}*\text{S22-I22}*\text{Ic}*\text{Hd})+ & (\text{Pr2}*\text{S23-I23}*\text{Ic}*\text{Hd})+ \\ & (\text{Pr2}*\text{S24-I24}*\text{Ic}*\text{Hd})+ & (\text{Pr2}*\text{S25-I25}*\text{Ic}*\text{Hd})+ & (\text{Pr2}*\text{S26-I26}*\text{Ic}*\text{Hd})+ & (\text{Pr2}*\text{S27-I27}*\text{Ic}*\text{Hd})+ \end{aligned}$$

$$(\text{Pr}3^*\text{S}31\text{-I}31^*\text{Ic}^*\text{Hd})+(\text{Pr}3^*\text{S}32\text{-I}32^*\text{Ic}^*\text{Hd})+(\text{Pr}3^*\text{S}33\text{-I}33^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ (\text{Pr}3^*\text{S}34\text{-I}34^*\text{Ic}^*\text{Hd})+(\text{Pr}3^*\text{S}35\text{-I}35^*\text{Ic}^*\text{Hd})+(\text{Pr}3^*\text{S}36\text{-I}36^*\text{Ic}^*\text{Hd})+(\text{Pr}3^*\text{S}37\text{-I}37^*\text{Ic}^*\text{Hd})+$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pr4*S41-I41*Ic*Hd})+ & (\text{Pr4*S42-I42*Ic*Hd})+ & (\text{Pr4*S43-I43*Ic*Hd})+ \\ & (\text{Pr4*S44-I44*Ic*Hd})+ & (\text{Pr4*S45-I45*Ic*Hd})+ & (\text{Pr4*S46-I46*Ic*Hd})+ & (\text{Pr4*S47-I47*Ic*Hd})+ \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccccccc} (\text{Pr5}^*\text{S51-I51}^*\text{Ic}^*\text{Hd})^+ & & (\text{Pr5}^*\text{S52-I52}^*\text{Ic}^*\text{Hd})^+ & & (\text{Pr5}^*\text{S53-I53}^*\text{Ic}^*\text{Hd})^+ & & \\ (\text{Pr5}^*\text{S54-I54}^*\text{Ic}^*\text{Hd})^+ & & (\text{Pr5}^*\text{S55-I55}^*\text{Ic}^*\text{Hd})^+ & & (\text{Pr5}^*\text{S56-I56}^*\text{Ic}^*\text{Hd})^+ & & (\text{Pr5}^*\text{S57-I57}^*\text{Ic}^*\text{Hd})^+ \end{array}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pr6}^*\text{S61-I61}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr6}^*\text{S62-I62}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr6}^*\text{S63-I63}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \\ & (\text{Pr6}^*\text{S64-I64}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr6}^*\text{S65-I65}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr6}^*\text{S66-I66}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr6}^*\text{S67-I67}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pr7*S71-I71*Ic*Hd})+ & (\text{Pr7*S72-I72*Ic*Hd})+ & (\text{Pr7*S73-I73*Ic*Hd})+ \\ & (\text{Pr7*S74-I74*Ic*Hd})+ & (\text{Pr7*S75-I75*Ic*Hd})+ & (\text{Pr7*S76-I76*Ic*Hd})+ & (\text{Pr7*S77-} \\ & \text{I77*Ic*Hd})+ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pr8}^*\text{S81-I81}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+(\text{Pr8}^*\text{S82-I82}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & & (\text{Pr8}^*\text{S83-I83}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \\ & (\text{Pr8}^*\text{S84-I84}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr8}^*\text{S85-I85}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr8}^*\text{S86-I86}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ & (\text{Pr8}^*\text{S87-I87}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pr9}^*\text{S91-I91}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \quad (\text{Pr9}^*\text{S92-I92}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \quad (\text{Pr9}^*\text{S93-I93}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \\ & (\text{Pr9}^*\text{S94-I94}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \quad (\text{Pr9}^*\text{S95-I95}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \quad (\text{Pr9}^*\text{S96-I96}^*\text{Ic}^*\text{Hd})+ \quad (\text{Pr9}^*\text{S97-} \\ & \text{I97}^*\text{Ic}^*\text{Hd})) - \end{aligned}$$

$$\text{C}^*((\text{O11-S11})+(\text{O12-S12})+ (\text{O13-S13})+ (\text{O14-S14})+ (\text{O15-S15})+ (\text{O16-S16})+ (\text{O17-S17})+)$$

$$(\text{O21-S21})+ (\text{O22-S22})+ (\text{O23-S23})+ (\text{O24-S24})+ (\text{O25-S25})+ (\text{O26-S26})+ (\text{O27-S27})+)$$

$$(\text{O31-S31})+ (\text{O32-S32})+ (\text{O33-S33})+ (\text{O34-S34})+ (\text{O35-S35})+ (\text{O36-S36})+ (\text{O37-S37})+)$$

$$(\text{O41-S41})+ (\text{O42-S42})+ (\text{O43-S43})+ (\text{O44-S44})+ (\text{O45-S45})+ (\text{O46-S46})+ (\text{O47-S47})+)$$

$$(\text{O51-S51})+ (\text{O52-S52})+ (\text{O53-S53})+ (\text{O54-S54})+ (\text{O55-S55})+ (\text{O56-S56})+ (\text{O57-S57})+)$$

$$(\text{O61-S61})+ (\text{O62-S62})+ (\text{O63-S63})+ (\text{O64-S64})+ (\text{O65-S65})+ (\text{O66-S66})+ (\text{O67-S67})+)$$

$$(\text{O71-S71})+ (\text{O72-S72})+ (\text{O73-S73})+ (\text{O74-S74})+ (\text{O75-S75})+ (\text{O76-S76})+ (\text{O77-S77})+)$$

$$(\text{O81-S81})+ (\text{O82-S82})+ (\text{O83-S83})+ (\text{O84-S84})+ (\text{O85-S85})+ (\text{O86-S86})+ (\text{O87-S87})+)$$

$$(\text{O91-S91})+ (\text{O92-S92})+ (\text{O93-S93})+ (\text{O94-S94})+ (\text{O95-S95})+ (\text{O96-S96})+ (\text{O97-S97}))$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pt1} \quad * \quad \text{P11}+\text{St}^*\text{y11}) \quad + \quad (\text{Pt2}^*\text{P21}+\text{St}^*\text{y21}) \quad + \quad (\text{Pt3}^*\text{P31}+\text{St}^*\text{y31}) \\ & +(\text{Pt4}^*\text{P41}+\text{St}^*\text{y41})+ (\text{Pt5}^*\text{P51}+\text{St}^*\text{y51})+ (\text{Pt6}^*\text{P61}+\text{St}^*\text{y61})+ (\text{Pt7}^*\text{P71}+\text{St}^*\text{y71})+ \\ & (\text{Pt8}^*\text{P81}+\text{St}^*\text{y81})+ (\text{Pt9}^*\text{P91}+\text{St}^*\text{y91}) \leq \text{Hd} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Pt1} \quad * \quad \text{P12}+\text{St}^*\text{y12}) \quad + \quad (\text{Pt2}^*\text{P22}+\text{St}^*\text{y22}) \quad + \quad (\text{Pt3}^*\text{P32}+\text{St}^*\text{y32}) \\ & +(\text{Pt4}^*\text{P42}+\text{St}^*\text{y42})+ (\text{Pt5}^*\text{P52}+\text{St}^*\text{y52})+ (\text{Pt6}^*\text{P62}+\text{St}^*\text{y62})+ (\text{Pt7}^*\text{P72}+\text{St}^*\text{y72})+ \\ & (\text{Pt8}^*\text{P82}+\text{St}^*\text{y82})+ (\text{Pt9}^*\text{P92}+\text{St}^*\text{y92}) \leq \text{Hd} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (Pt1 * P13 + St*y13) + (Pt2*P23 + St*y23) + (Pt3*P33 + St*y33) \\ & + (Pt4*P43 + St*y43) + (Pt5*P53 + St*y53) + (Pt6*P63 + St*y63) + (Pt7*P73 + St*y73) + \\ & (Pt8*P83 + St*y83) + (Pt9*P93 + St*y93) \leq Hd \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (Pt1 * P14 + St*y14) + (Pt2*P24 + St*y24) + (Pt3*P34 + St*y34) \\ & + (Pt4*P44 + St*y44) + (Pt5*P54 + St*y54) + (Pt6*P64 + St*y64) + (Pt7*P74 + St*y74) + \\ & (Pt8*P84 + St*y84) + (Pt9*P94 + St*y94) \leq Hd \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (Pt1 * P15 + St*y15) + (Pt2*P25 + St*y25) + (Pt3*P35 + St*y35) \\ & + (Pt4*P45 + St*y45) + (Pt5*P55 + St*y55) + (Pt6*P65 + St*y65) + (Pt7*P75 + St*y75) + \\ & (Pt8*P85 + St*y85) + (Pt9*P95 + St*y95) \leq Hd \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (Pt1 * P16 + St*y16) + (Pt2*P26 + St*y26) + (Pt3*P36 + St*y36) \\ & + (Pt4*P46 + St*y46) + (Pt5*P56 + St*y56) + (Pt6*P66 + St*y66) + (Pt7*P76 + St*y76) + \\ & (Pt8*P86 + St*y86) + (Pt9*P96 + St*y96) \leq Hd \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (Pt1 * P17 + St*y17) + (Pt2*P27 + St*y27) + (Pt3*P37 + St*y37) \\ & + (Pt4*P47 + St*y47) + (Pt5*P57 + St*y57) + (Pt6*P67 + St*y67) + (Pt7*P77 + St*y77) + \\ & (Pt8*P87 + St*y87) + (Pt9*P97 + St*y97) \leq Hd \end{aligned}$$

$$I11 = Io1 + P11 - S11$$

$$I21 = Io2 + P21 - S21$$

$$I31 = Io3 + P31 - S31$$

$$I41 = Io4 + P41 - S41$$

$$I51 = Io5 + P51 - S51$$

$$I61 = Io6 + P61 - S61$$

$$I71 = Io7 + P71 - S71$$

$$I81 = Io8 + P81 - S81$$

$$I91 = Io9 + P91 - S91$$

$$I12 = I11 + P12 - S12$$

$$I22 = I21 + P22 - S22$$

$$I32 = I31 + P32 - S32$$

$$I42 = I41 + P42 - S42$$

$$I52 = I51 + P52 - S52$$

$$I62=I61+P62-S62$$

$$I72=I71+P72-S72$$

$$I82=I81+P82-S82$$

$$I92=I91+P92-S92$$

$$I13=I12+P13-S13$$

$$I23=I22+P23-S23$$

$$I33=I32+P33-S33$$

$$I43=I42+P43-S43$$

$$I53=I52+P53-S53$$

$$I63=I62+P63-S63$$

$$I73=I72+P73-S73$$

$$I83=I82+P83-S83$$

$$I93=I92+P93-S93$$

$$I14=I13+P14-S14$$

$$I24=I23+P24-S24$$

$$I34=I33+P34-S34$$

$$I44=I43+P44-S44$$

$$I54=I53+P54-S54$$

$$I64=I63+P64-S64$$

$$I74=I73+P74-S74$$

$$I84=I83+P84-S84$$

$$I94=I93+P94-S94$$

$$I15=I14+P15-S15$$

$$I25=I24+P25-S25$$

$$I35=I34+P35-S35$$

$$I45=I44+P45-S45$$

$$I55=I54+P55-S55$$

$$I65=I64+P65-S65$$

$$I75=I74+P75-S75$$

$$I85=I84+P85-S85$$

$$I95=I94+P95-S95$$

$$I16=I15+P16-S16$$

$$I26=I25+P26-S26$$

$$I36=I35+P36-S36$$

$$I46=I45+P46-S46$$

$$I56=I55+P56-S56$$

$$I66=I65+P66-S66$$

$$I76=I75+P76-S76$$

$$I86=I85+P86-S86$$

$$I96=I95+P96-S96$$

$$I17=I16+P17-S17$$

$$I27=I26+P27-S27$$

$$I37=I36+P37-S37$$

$$I47=I46+P47-S47$$

$$I57=I56+P57-S57$$

$$I67=I66+P67-S67$$

$$I77=I76+P77-S77$$

$$I87=I86+P87-S87$$

$$I97=I96+P97-S97$$

$$P11+P12+P13+P14+P15+P16+P17=(O11+O12+O13+O14+O15+O16+O17)-$$

Io1

$$P21+P22+P23+P24+P25+P26+P27=(O21+O22+O23+O24+O25+O26+O27)-$$

Io2

$$P31+P32+P33+P34+P35+P36+P37=(O31+O32+O33+O34+O35+O36+O37)-$$

Io3

	$P41+P42+P43+P44+P45+P46+P47=(O41+O42+O43+O44+O45+O46+O47)-$
Io4	
	$P51+P52+P53+P54+P55+P56+P57=(O51+O52+O53+O54+O55+O56+O57)-$
Io5	
	$P61+P62+P63+P64+P65+P66+P67=(O61+O62+O63+O64+O65+O66+O67)-$
Io6	
	$P71+P72+P73+P74+P75+P76+P77=(O71+O72+O73+O74+O75+O76+O77)-$
Io7	
	$P81+P82+P83+P84+P85+P86+P87=(O81+O82+O83+O84+O85+O86+O87)-$
Io8	
	$P91+P92+P93+P94+P95+P96+P97=(O91+O92+O93+O94+O95+O96+O97)-$
Io9	
	$S11 \leq O11$
	$S11 \leq O11$
	$S11 \leq O11$
	$S11 \leq O11$
	$S11 \leq O11$
	$S11 \leq O11$
	$S21 \leq O21$
	$S22 \leq O22$
	$S23 \leq O23$
	$S24 \leq O24$
	$S25 \leq O25$
	$S26 \leq O26$
	$S27 \leq O27$
	$S31 \leq O31$
	$S32 \leq O32$
	$S33 \leq O33$

$S34 \leq O34$

$S35 \leq O35$

$S36 \leq O36$

$S37 \leq O37$

$S41 \leq O41$

$S42 \leq O42$

$S43 \leq O43$

$S44 \leq O44$

$S45 \leq O45$

$S46 \leq O46$

$S47 \leq O47$

$S51 \leq O51$

$S52 \leq O52$

$S53 \leq O53$

$S54 \leq O54$

$S55 \leq O55$

$S56 \leq O56$

$S57 \leq O57$

$S61 \leq O61$

$S62 \leq O62$

$S63 \leq O63$

$S64 \leq O64$

$S65 \leq O65$

$S66 \leq O66$

$S67 \leq O67$

$S71 \leq O71$

$S72 \leq O72$

$S73 \leq O73$

$S74 \leq O74$

$S75 \leq O75$

$S76 \leq O76$

$S77 \leq O77$

$S81 \leq O81$

$S82 \leq O82$

$S83 \leq O83$

$S84 \leq O84$

$S85 \leq O85$

$S86 \leq O86$

$S87 \leq O87$

$S91 \leq O91$

$S92 \leq O92$

$S93 \leq O93$

$S94 \leq O94$

$S95 \leq O95$

$S96 \leq O96$

$S97 \leq O97$

$S14 \leq P11$

$S15 \leq P12$

$S16 \leq P13$

$S17 \leq P14$

$S24 \leq P21$

$S25 \leq P22$

$S26 \leq P23$

$S27 \leq P24$

$S34 \leq P31$

$S35 \leq P32$

$S36 \leq P33$

$S37 \leq P34$

$S44 \leq P41$

$S45 \leq P42$

$S46 \leq P43$

$S47 \leq P44$

$S54 \leq P51$

$S55 \leq P52$

$S56 \leq P53$

$S57 \leq P54$

$S64 \leq P61$

$S65 \leq P62$

$S66 \leq P63$

$S67 \leq P64$

$S74 \leq P71$

$S75 \leq P72$

$S76 \leq P73$

$S77 \leq P74$

$S84 \leq P81$

$S85 \leq P82$

$S86 \leq P83$

$S87 \leq P84$

$S94 \leq P91$

$S95 \leq P92$

$S96 \leq P93$

$$S97 \leq P94$$

$$Pa^*(I11+I21+I31+I41+I51+I61+I71+I81+I91) \leq A$$

$$Pa^*(I12+I22+I32+I42+I52+I62+I72+I82+I92) \leq A$$

$$Pa^*(I13+I23+I33+I43+I53+I63+I73+I83+I93) \leq A$$

$$Pa^*(I14+I24+I34+I44+I54+I64+I74+I84+I94) \leq A$$

$$Pa^*(I15+I25+I35+I45+I55+I65+I75+I85+I95) \leq A$$

$$Pa^*(I16+I26+I36+I46+I56+I66+I76+I86+I96) \leq A$$

$$Pa^*(I17+I27+I37+I47+I57^*+I77+I77+I87+I97) \leq A$$

EK.2. Modelin Açık Yazılımı

$$\begin{aligned}
 \text{Max} = & ((225 \cdot S_{11} - I_{11} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{12} - I_{12} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{13} - I_{13} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (225 \cdot S_{14} - I_{14} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{15} - I_{15} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (225 \cdot S_{16} - I_{16} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{17} - I_{17} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (225 \cdot S_{21} - I_{21} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{22} - I_{22} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{23} - I_{23} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (225 \cdot S_{24} - I_{24} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{25} - I_{25} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (225 \cdot S_{26} - I_{26} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (225 \cdot S_{27} - I_{27} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{31} - I_{31} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{32} - I_{32} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{33} - I_{33} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{34} - I_{34} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{35} - I_{35} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{36} - I_{36} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{37} - I_{37} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{41} - I_{41} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{42} - I_{42} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{43} - I_{43} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{44} - I_{44} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{45} - I_{45} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{46} - I_{46} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{47} - I_{47} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (209 \cdot S_{51} - I_{51} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{52} - I_{52} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{53} - I_{53} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (209 \cdot S_{54} - I_{54} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{55} - I_{55} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (209 \cdot S_{56} - I_{56} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{57} - I_{57} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (209 \cdot S_{61} - I_{61} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{62} - I_{62} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{63} - I_{63} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (209 \cdot S_{64} - I_{64} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{65} - I_{65} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (209 \cdot S_{66} - I_{66} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (209 \cdot S_{67} - I_{67} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (174 \cdot S_{71} - I_{71} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (174 \cdot S_{72} - I_{72} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (174 \cdot S_{73} - I_{73} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (174 \cdot S_{74} - I_{74} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (174 \cdot S_{75} - I_{75} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (174 \cdot S_{76} - I_{76} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (174 \cdot S_{77} - I_{77} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{81} - I_{81} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{82} - I_{82} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{83} - I_{83} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{84} - I_{84} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{85} - I_{85} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (201 \cdot S_{86} - I_{86} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (201 \cdot S_{87} - I_{87} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (218 \cdot S_{91} - I_{91} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (218 \cdot S_{92} - I_{92} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (218 \cdot S_{93} - I_{93} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (218 \cdot S_{94} - I_{94} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (218 \cdot S_{95} - I_{95} \cdot 4.9128 \cdot 24) + \\
 & (218 \cdot S_{96} - I_{96} \cdot 4.9128 \cdot 24) + (218 \cdot S_{97} - I_{97} \cdot 4.9128 \cdot 24) - 10.31 \cdot ((2 \cdot S_{11}) + (2 \cdot S_{12}) + \\
 & (2 \cdot S_{13}) + (2 \cdot S_{14}) + (2 \cdot S_{15}) + (2 \cdot S_{16}) + (2 \cdot S_{17}) + \\
 & (1 \cdot S_{21}) + (1 \cdot S_{22}) + (1 \cdot S_{23}) + (1 \cdot S_{24}) + (1 \cdot S_{25}) + (1 \cdot S_{26}) + (1 \cdot S_{27}) +
 \end{aligned}$$

(3-S31)+(3-S32)+(3-S33)+(3-S34)+(3-S35)+(3-S36)+(3-S37)+
 (3-S41)+(3-S42)+(3-S43)+(3-S44)+(3-S45)+(3-S46)+(3-S47)+
 (1-S51)+(1-S52)+(1-S53)+(1-S54)+(1-S55)+(1-S56)+(1-S57)+
 (1-S61)+(1-S62)+(1-S63)+(1-S64)+(1-S65)+(1-S66)+(1-S67)+
 (2-S71)+(2-S72)+(2-S73)+(2-S74)+(2-S75)+(2-S76)+(2-S77)+
 (1-S81)+(1-S82)+(1-S83)+(1-S84)+(1-S85)+(1-S86)+(1-S87)+
 (1-S91)+(1-S92)+(1-S93)+(1-S94)+(1-S95)+(1-S96)+(1-S97));

(100 * P11+120*y11) + (100*P21+120*y21) + (150*P31+120*y31)
 +(150*P41+120*y41)+ (323*P51+120*y51)+ (323*P61+120*y61)+
 (350*P71+120*y71)+ (350*P81+120*y81)+ (262*P91+120*y91) <= 11520;

(100 * P12+120*y12) + (100*P22+120*y22) + (150*P32+120*y32)
 +(150*P42+120*y42)+ (323*P52+120*y52)+ (323*P62+120*y62)+
 (350*P72+120*y72)+ (350*P82+120*y82)+ (262*P92+120*y92) <= 11520;

(100 * P13+120*y13) + (100*P23+120*y23) + (150*P33+120*y33)
 +(150*P43+120*y43)+ (323*P53+120*y53)+ (323*P63+120*y63)+
 (350*P73+120*y73)+ (350*P83+120*y83)+ (262*P93+120*y93) <= 11520;

(100 * P14+120*y14) + (100*P24+120*y24) + (150*P34+120*y34)
 +(150*P44+120*y44)+ (323*P54+120*y54)+ (323*P64+120*y64)+
 (350*P74+120*y74)+ (350*P84+120*y84)+ (262*P94+120*y94) <= 11520;

(100 * P15+120*y15) + (100*P25+120*y25) + (150*P35+120*y35)
 +(150*P45+120*y45)+ (323*P55+120*y55)+ (323*P65+120*y65)+
 (350*P75+120*y75)+ (350*P85+120*y85)+ (262*P95+120*y95) <= 11520;

(100 * P16+120*y16) + (100*P26+120*y26) + (150*P36+120*y36)
 +(150*P46+120*y46)+ (323*P56+120*y56)+ (323*P66+120*y66)+
 (350*P76+120*y76)+ (350*P86+120*y86)+ (262*P96+120*y96) <=11520;

$$\begin{aligned}
 & (100 * P17 + 120 * y17) + (100 * P27 + 120 * y27) + (150 * P37 + 120 * y37) \\
 & + (150 * P47 + 120 * y47) + (323 * P57 + 120 * y57) + (323 * P67 + 120 * y67) + \\
 & (350 * P77 + 120 * y77) + (350 * P87 + 120 * y87) + (262 * P97 + 120 * y97) \leq 11520;
 \end{aligned}$$

$$I11 = 1 + P11 - S11;$$

$$I21 = 1 + P21 - S21;$$

$$I31 = 2 + P31 - S31;$$

$$I41 = 2 + P41 - S41;$$

$$I51 = 1 + P51 - S51;$$

$$I61 = 1 + P61 - S61;$$

$$I71 = 1 + P71 - S71;$$

$$I81 = 1 + P81 - S81;$$

$$I91 = 1 + P91 - S91;$$

$$I12 = I11 + P12 - S12;$$

$$I22 = I21 + P22 - S22;$$

$$I32 = I31 + P32 - S32;$$

$$I42 = I41 + P42 - S42;$$

$$I52 = I51 + P52 - S52;$$

$$I62 = I61 + P62 - S62;$$

$$I72 = I71 + P72 - S72;$$

$$I82 = I81 + P82 - S82;$$

$$I92 = I91 + P92 - S92;$$

$$I12 = I11 + P12 - S12;$$

$$I22 = I21 + P22 - S22;$$

$$I32 = I31 + P32 - S32;$$

$$I42 = I41 + P42 - S42;$$

$$I52 = I51 + P52 - S52;$$

$$I62 = I61 + P62 - S62;$$

$$I72 = I71 + P72 - S72;$$

$$I_{82}=I_{81}+P_{82}-S_{82};$$

$$I_{92}=I_{91}+P_{92}-S_{92};$$

$$I_{13}=I_{12}+P_{13}-S_{13};$$

$$I_{23}=I_{22}+P_{23}-S_{23};$$

$$I_{33}=I_{32}+P_{33}-S_{33};$$

$$I_{43}=I_{42}+P_{43}-S_{43};$$

$$I_{53}=I_{52}+P_{53}-S_{53};$$

$$I_{63}=I_{62}+P_{63}-S_{63};$$

$$I_{73}=I_{72}+P_{73}-S_{73};$$

$$I_{83}=I_{82}+P_{83}-S_{83};$$

$$I_{93}=I_{92}+P_{93}-S_{93};$$

$$I_{14}=I_{13}+P_{14}-S_{14};$$

$$I_{24}=I_{23}+P_{24}-S_{24};$$

$$I_{34}=I_{33}+P_{34}-S_{34};$$

$$I_{44}=I_{43}+P_{44}-S_{44};$$

$$I_{54}=I_{53}+P_{54}-S_{54};$$

$$I_{64}=I_{63}+P_{64}-S_{64};$$

$$I_{74}=I_{73}+P_{74}-S_{74};$$

$$I_{84}=I_{83}+P_{84}-S_{84};$$

$$I_{94}=I_{93}+P_{94}-S_{94};$$

$$I_{15}=I_{14}+P_{15}-S_{15};$$

$$I_{25}=I_{24}+P_{25}-S_{25};$$

$$I_{35}=I_{34}+P_{35}-S_{35};$$

$$I_{45}=I_{44}+P_{45}-S_{45};$$

$$I_{55}=I_{54}+P_{55}-S_{55};$$

$$I_{65}=I_{64}+P_{65}-S_{65};$$

$$I_{75}=I_{74}+P_{75}-S_{75};$$

$$I_{85}=I_{84}+P_{85}-S_{85};$$

$$I_{95}=I_{94}+P_{95}-S_{95};$$

$$I16=I15+P16-S16;$$

$$I26=I25+P26-S26;$$

$$I36=I35+P36-S36;$$

$$I46=I45+P46-S46;$$

$$I56=I55+P56-S56;$$

$$I66=I65+P66-S66;$$

$$I76=I75+P76-S76;$$

$$I86=I85+P86-S86;$$

$$I96=I95+P96-S96;$$

$$I17=I16+P17-S17;$$

$$I27=I26+P27-S27;$$

$$I37=I36+P37-S37;$$

$$I47=I46+P47-S47;$$

$$I57=I56+P57-S57;$$

$$I67=I66+P67-S67;$$

$$I77=I76+P77-S77;$$

$$I87=I86+P87-S87;$$

$$I97=I96+P97-S97;$$

$$P11+P12+P13+P14+P15+P16+P17=(2+2+2+2+2+2+2)-1;$$

$$P21+P22+P23+P24+P25+P26+P27=(1+1+1+1+1+1+1)-1;$$

$$P31+P32+P33+P34+P35+P36+P37=(3+3+3+3+3+3+3)-2;$$

$$P41+P42+P43+P44+P45+P46+P47=(3+3+3+3+3+3+3)-2;$$

$$P51+P52+P53+P54+P55+P56+P57=(1+1+1+1+1+1+1)-1;$$

$$P61+P62+P63+P64+P65+P66+P67=(1+1+1+1+1+1+1)-1;$$

$$P71+P72+P73+P74+P75+P76+P77=(2+2+2+2+2+2+2)-1;$$

$$P81+P82+P83+P84+P85+P86+P87=(1+1+1+1+1+1+1)-1;$$

$$P91+P92+P93+P94+P95+P96+P97=(1+1+1+1+1+1+1)-1;$$

$$S11 \leq O11;$$

$$S12 \leq O12;$$

$$S13 \leq O13;$$

$$S14 \leq O14;$$

$$S15 \leq O15;$$

$$S16 \leq O16;$$

$$S17 \leq O17;$$

$$S21 \leq O21;$$

$$S22 \leq O22;$$

$$S23 \leq O23;$$

$$S24 \leq O24;$$

$$S25 \leq O25;$$

$$S26 \leq O26;$$

$$S27 \leq O27;$$

$$S31 \leq O31;$$

$$S32 \leq O32;$$

$$S33 \leq O33;$$

$$S34 \leq O34;$$

$$S35 \leq O35;$$

$$S36 \leq O36;$$

$$S37 \leq O37;$$

$$S41 \leq O41;$$

S42<=O42;

S43<=O43;

S44<=O44;

S45<=O45;

S46<=O46;

S47<=O47;

S51<=O51;

S52<=O52;

S53<=O53;

S54<=O54;

S55<=O55;

S56<=O56;

S57<=O57;

S61<=O61;

S62<=O62;

S63<=O63;

S64<=O64;

S65<=O65;

S66<=O66;

S67<=O67;

S71<=O71;

S72<=O72;

S73<=O73;

S74<=O74;

S75<=O75;

S76<=O76;

S77<=O77;

S81<=O81;

S82<=O82;

S83<=O83;

S84<=O84;

S85<=O85;

S86<=O86;

S87<=O87;

S91<=O91;

S92<=O92;

S93<=O93;

S94<=O94;

S95<=O95;

S96<=O96;

S97<=O97;

S14<=P11;

S15<=P12;

S16<=P13;

S17<=P14;

S24<=P21;

S25<=P22;

S26<=P23;

S27<=P24;

S34<=P31;

S35<=P32;

S36<=P33;

S37<=P34;

S44<=P41;

S45<=P42;

$S_{46} \leq P_{43};$

$S_{47} \leq P_{44};$

$S_{54} \leq P_{51};$

$S_{55} \leq P_{52};$

$S_{56} \leq P_{53};$

$S_{57} \leq P_{54};$

$S_{64} \leq P_{61};$

$S_{65} \leq P_{62};$

$S_{66} \leq P_{63};$

$S_{67} \leq P_{64};$

$S_{74} \leq P_{71};$

$S_{75} \leq P_{72};$

$S_{76} \leq P_{73};$

$S_{77} \leq P_{74};$

$S_{84} \leq P_{81};$

$S_{85} \leq P_{82};$

$S_{86} \leq P_{83};$

$S_{87} \leq P_{84};$

$S_{94} \leq P_{91};$

$S_{95} \leq P_{92};$

$S_{96} \leq P_{93};$

$S_{97} \leq P_{94};$

$100 \cdot y_{11} \geq P_{11};$

$100 \cdot y_{12} \geq P_{12};$

$100 \cdot y_{13} \geq P_{13};$

$100 \cdot y_{14} \geq P_{14};$

$100*y_{15} \geq P_{15};$

$100*y_{16} \geq P_{16};$

$100*y_{17} \geq P_{17};$

$100*y_{21} \geq P_{21};$

$100*y_{22} \geq P_{22};$

$100*y_{23} \geq P_{23};$

$100*y_{24} \geq P_{24};$

$100*y_{25} \geq P_{25};$

$100*y_{26} \geq P_{26};$

$100*y_{27} \geq P_{27};$

$100*y_{31} \geq P_{31};$

$100*y_{32} \geq P_{32};$

$100*y_{33} \geq P_{33};$

$100*y_{34} \geq P_{34};$

$100*y_{35} \geq P_{35};$

$100*y_{36} \geq P_{36};$

$100*y_{37} \geq P_{37};$

$100*y_{41} \geq P_{41};$

$100*y_{42} \geq P_{42};$

$100*y_{43} \geq P_{43};$

$100*y_{44} \geq P_{44};$

$100*y_{45} \geq P_{45};$

$100*y_{46} \geq P_{46};$

$100*y_{47} \geq P_{47};$

$100*y_{51} \geq P_{51};$

$100*y_{52} \geq P_{52};$

$100*y_{53} \geq P_{53};$

$100*y_{54} \geq P_{54};$

$100*y55 \geq P55;$
 $100*y56 \geq P56;$
 $100*y57 \geq P57;$

$100*y61 \geq P61;$
 $100*y62 \geq P62;$
 $100*y63 \geq P63;$
 $100*y64 \geq P64;$
 $100*y65 \geq P65;$
 $100*y66 \geq P66;$
 $100*y67 \geq P67;$

$100*y71 \geq P71;$
 $100*y72 \geq P72;$
 $100*y73 \geq P73;$
 $100*y74 \geq P74;$
 $100*y75 \geq P75;$
 $100*y76 \geq P76;$
 $100*y77 \geq P77;$

$100*y81 \geq P81;$
 $100*y82 \geq P82;$
 $100*y83 \geq P83;$
 $100*y84 \geq P84;$
 $100*y85 \geq P85;$
 $100*y86 \geq P86;$
 $100*y87 \geq P87;$

$100*y91 \geq P91;$
 $100*y92 \geq P92;$
 $100*y93 \geq P93;$
 $100*y94 \geq P94;$

$100*y95 \geq P95;$

$100*y96 \geq P96;$

$100*y97 \geq P97;$

$I11*1+I21*1+I31*1+I41*1+I51*1+I61*1+I71*1+I81*1+I91*1 \leq 120;$

$I12*1+I22*1+I32*1+I42*1+I52*1+I62*1+I72*1+I82*1+I92*1 \leq 120;$

$I13*1+I23*1+I33*1+I43*1+I53*1+I63*1+I73*1+I83*1+I93*1 \leq 120;$

$I14*1+I24*1+I34*1+I44*1+I54*1+I64*1+I74*1+I84*1+I94*1 \leq 120;$

$I15*1+I25*1+I35*1+I45*1+I55*1+I65*1+I75*1+I85*1+I95*1 \leq 120;$

$I16*1+I26*1+I36*1+I46*1+I56*1+I66*1+I76*1+I86*1+I96*1 \leq 120;$

$I17*1+I27*1+I37*1+I47*1+I57*1+I67*1+I77*1+I87*1+I97*1 \leq 120;$

@BIN(y11);

@BIN(y12);

@BIN(y13);

@BIN(y14);

@BIN(y15);

@BIN(y16);

@BIN(y17);

@BIN(y21);

@BIN(y22);

@BIN(y23);

@BIN(y24);

@BIN(y25);

@BIN(y26);

@BIN(y27);

@BIN(y31);

@BIN(y32);

@BIN(y33);

@BIN(y34);

@BIN(y35);

@BIN(y36);

@BIN(y37);
@BIN(y41);
@BIN(y42);
@BIN(y43);
@BIN(y44);
@BIN(y45);
@BIN(y46);
@BIN(y47);
@BIN(y51);
@BIN(y52);
@BIN(y53);
@BIN(y54);
@BIN(y55);
@BIN(y56);
@BIN(y57);
@BIN(y61);
@BIN(y62);
@BIN(y63);
@BIN(y64);
@BIN(y65);
@BIN(y66);
@BIN(y67);
@BIN(y71);
@BIN(y72);
@BIN(y73);
@BIN(y74);
@BIN(y75);
@BIN(y76);
@BIN(y77);
@BIN(y81);
@BIN(y82);
@BIN(y83);

@BIN(y84);

@BIN(y85);

@BIN(y86);

@BIN(y87);

@BIN(y91);

@BIN(y92);

@BIN(y93);

@BIN(y94);

@BIN(y95);

@BIN(y96);

@BIN(y97);

END

EK.3. LİNGO Raporu

Global optimal solution found at iteration: 19
 Objective value: 21462.00

Variable	Value	Reduced Cost
I11	0.000000	117.9072
I12	0.000000	117.9072
I13	0.000000	117.9072
S15	0.000000	117.9072
I15	0.000000	235.8144
I16	0.000000	117.9072
I17	0.000000	353.2172
S21	7.000000	0.000000
I21	0.000000	117.9072
I22	0.000000	117.9072
I23	0.000000	117.9072
I24	0.000000	117.9072
I25	0.000000	235.8144
I27	0.000000	353.2172
S31	21.000000	0.000000
I31	0.000000	117.9072
I32	0.000000	117.9072
I33	0.000000	117.9072
I34	0.000000	117.9072
S36	0.000000	117.9072
I36	0.000000	235.8144
I37	0.000000	329.2172
S41	2.000000	0.000000
I41	0.000000	117.9072
I42	0.000000	117.9072
S43	19.000000	0.000000
S44	0.000000	117.9072
I44	0.000000	235.8144
I45	0.000000	117.9072
I46	0.000000	117.9072
I47	0.000000	329.2172
S51	7.000000	0.000000
S52	0.000000	117.9072
I52	0.000000	235.8144
I53	0.000000	117.9072
I54	0.000000	117.9072
I55	0.000000	117.9072
I56	0.000000	117.9072
I57	0.000000	337.2172
S61	1.000000	0.000000
I61	0.000000	117.9072
I62	0.000000	117.9072
S63	6.000000	0.000000
S64	0.000000	117.9072
S65	0.000000	235.8144
I65	0.000000	353.7216
I66	0.000000	117.9072

I67	0.000000	337.2172
S71	1.000000	0.000000
71	0.000000	117.9072
I72	0.000000	117.9072
S73	13.000000	0.000000
I73	0.000000	117.9072
S75	0.000000	117.9072
I75	0.000000	235.8144
I76	0.000000	117.9072
I77	0.000000	302.2172
S81	7.000000	0.000000
S82	0.000000	117.9072
I82	0.000000	235.8144
I83	0.000000	117.9072
I84	0.000000	117.9072
S86	0.000000	117.9072
S87	0.000000	235.8144
I87	0.000000	565.0316
S91	7.000000	0.000000
I91	0.000000	117.9072
S93	0.000000	117.9072
I93	0.000000	235.8144
I94	0.000000	117.9072
S96	0.000000	117.9072
S97	0.000000	235.8144
I97	0.000000	582.0316
P11	13.000000	0.000000
Y11	1.000000	0.000000
P21	6.000000	0.000000
Y21	1.000000	0.000000
P31	19.000000	0.000000
Y31	1.000000	0.000000
P51	6.000000	0.000000
Y51	1.000000	0.000000
P81	6.000000	0.000000
Y81	1.000000	0.000000
Y91	1.000000	0.000000
Y52	0.000000	-11790.72
Y82	0.000000	-11790.72
Y23	0.000000	-11790.72
P43	19.000000	0.000000
Y43	1.000000	0.000000
P63	6.000000	0.000000
Y63	1.000000	0.000000
P73	13.000000	0.000000
Y73	1.000000	0.000000
Y93	0.000000	-11790.72
Y44	0.000000	-11790.72
Y64	0.000000	-11790.72
Y15	0.000000	-11790.72
Y65	0.000000	-23581.44
Y75	0.000000	-11790.72
P26	0.000000	117.9072
Y36	0.000000	-11790.72
Y86	0.000000	-11790.72
Y96	0.000000	-11790.72
Y87	0.000000	-23581.44
Y97	0.000000	-23581.44

O11	14.000000	0.000000
O21	7.000000	0.000000
O31	21.000000	0.000000
O41	2.000000	0.000000
O43	19.000000	0.000000
O51	7.000000	0.000000
O61	1.000000	0.000000
O63	6.000000	0.000000
O71	1.000000	0.000000
O73	13.000000	0.000000
O81	7.000000	0.000000
O91	7.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	21462.00	1.000000
2	440.0000	0.000000
3	11520.00	0.000000
4	1822.000	0.000000
5	11520.00	0.000000
6	11520.00	0.000000
7	11520.00	0.000000
8	11520.00	0.000000
9	0.000000	235.3100
10	0.000000	235.3100
11	0.000000	211.3100
12	0.000000	211.3100
13	0.000000	219.3100
14	0.000000	219.3100
15	0.000000	184.3100
16	0.000000	211.3100
17	0.000000	228.3100
18	0.000000	235.3100
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	211.3100
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	337.2172
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	184.3100
25	0.000000	329.2172
26	0.000000	228.3100
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	235.3100
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	211.3100
31	0.000000	0.000000
32	0.000000	219.3100
33	0.000000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	235.3100
37	0.000000	235.3100
38	0.000000	211.3100
39	0.000000	211.3100
40	0.000000	219.3100
41	0.000000	219.3100
42	0.000000	184.3100
43	0.000000	211.3100
44	0.000000	346.2172

45	0.000000	235.3100
46	0.000000	235.3100
47	0.000000	211.3100
48	0.000000	329.2172
49	0.000000	219.3100
50	0.000000	337.2172
51	0.000000	184.3100
52	0.000000	211.3100
53	0.000000	228.3100
54	0.000000	353.2172
55	0.000000	235.3100
56	0.000000	211.3100
57	0.000000	211.3100
58	0.000000	219.3100
59	0.000000	455.1244
60	0.000000	302.2172
61	0.000000	211.3100
62	0.000000	228.3100
63	0.000000	235.3100
64	0.000000	117.4028
65	0.000000	329.2172
66	0.000000	211.3100
67	0.000000	219.3100
68	0.000000	219.3100
69	0.000000	184.3100
70	0.000000	329.2172
71	0.000000	346.2172
72	0.000000	235.3100
73	0.000000	235.3100
74	0.000000	211.3100
75	0.000000	211.3100
76	0.000000	219.3100
77	0.000000	219.3100
78	0.000000	184.3100
79	0.000000	447.1244
80	0.000000	464.1244
81	0.000000	235.3100
82	0.000000	235.3100
83	0.000000	211.3100
84	0.000000	211.3100
85	0.000000	219.3100
86	0.000000	219.3100
87	0.000000	184.3100
88	0.000000	211.3100
89	0.000000	228.3100
153	13.00000	0.000000
157	6.000000	0.000000
159	0.000000	117.9072
161	19.00000	0.000000
167	19.00000	0.000000
169	6.000000	0.000000
175	6.000000	0.000000
179	13.00000	0.000000
181	6.000000	0.000000
185	6.000000	0.000000
189	87.00000	0.000000
193	0.000000	-117.9072
196	94.00000	0.000000

198	0.000000	-117.9072
203	81.00000	0.000000
208	0.000000	-117.9072
212	81.00000	0.000000
213	0.000000	-117.9072
217	94.00000	0.000000
218	0.000000	-117.9072
226	94.00000	0.000000
227	0.000000	-117.9072
228	0.000000	-235.8144
233	87.00000	0.000000
235	0.000000	-117.9072
238	94.00000	0.000000
239	0.000000	-117.9072
244	0.000000	-235.8144
245	94.00000	0.000000
247	0.000000	-117.9072
250	0.000000	-117.9072
251	0.000000	-235.8144
252	120.0000	0.000000
253	120.0000	0.000000
254	120.0000	0.000000
255	120.0000	0.000000
256	120.0000	0.000000
257	120.0000	0.000000
258	120.0000	0.000000

EK.4. Mevcut Durumda Modelin Açık Yazılımı

$$\begin{aligned}
 \text{Max} = & ((225*0-2*4.9128*24)+(225*0-2*4.9128*24)+ (225*0-2*4.9128*24)+ \\
 & (225*0-2*4.9128*24)+ (225*7-2*4.9128*24)+ (225*7-2*4.9128*24)+ (225*0- \\
 & 2*4.9128*24)+ \\
 & (225*0-1*4.9128*24)+ (225*0-1*4.9128*24) + (225*0-1*4.9128*24)+ \\
 & (225*0-1*4.9128*24)+ (225*0-1*4.9128*24)+ (225*3-1*4.9128*24)+ (225*4- \\
 & 1*4.9128*24)+ \\
 & (201*0-0*4.9128*24)+(201*0-0*4.9128*24)+(201*0-0*4.9128*24)+ \\
 & (201*0-0*4.9128*24)+ (201*7-5*4.9128*24)+ (201*7-5*4.9128*24)+ (201*7- \\
 & 5*4.9128*24)+ \\
 & (201*0-0*4.9128*24)+ (201*0-0*4.9128*24)+ (201*0-0*4.9128*24)+ \\
 & (201*0-0*4.9128*24)+ (201*0-0*4.9128*24)+ (201*9-3*4.9128*24)+ (201*14- \\
 & 3*4.9128*24)+ \\
 & (209*0-0*4.9128*24)+ (209*0-0*4.9128*24)+ (209*0-0*4.9128*24)+ \\
 & (209*0-0*4.9128*24)+ (209*0-4*4.9128*24)+ (209*0-4*4.9128*24)+ (209*7- \\
 & 4*4.9128*24)+ \\
 & (209*0-0*4.9128*24)+ (209*0-0*4.9128*24)+ (209*0-0*4.9128*24)+ \\
 & (209*0-0*4.9128*24)+ (209*5-0*4.9128*24)+ (209*0-3*4.9128*24)+ (209*0- \\
 & 3*4.9128*24)+ \\
 & (174*0-0*4.9128*24)+ (174*0-0*4.9128*24)+ (174*0-0*4.9128*24)+ \\
 & (174*0-0*4.9128*24)+ (174*0-0*4.9128*24)+ (174*0-3*4.9128*24)+ (174*1- \\
 & 3*4.9128*24)+ \\
 & (201*0-0*4.9128*24)+(201*0-0*4.9128*24)+ (201*0-0*4.9128*24)+ \\
 & (201*0-0*4.9128*24)+ (201*0-0*4.9128*24)+ (201*1-0*4.9128*24)+ (201*0- \\
 & 3*4.9128*24)+ \\
 & (218*0-0*4.9128*24)+ (218*0-0*4.9128*24)+ (218*0-0*4.9128*24)+ \\
 & (218*0-0*4.9128*24)+ (218*0-0*4.9128*24)+ (218*1-0*4.9128*24)+ (218*0- \\
 & 3*4.9128*24))-10.31*((2-0)+(2-0)+ (2-0)+ (2-0)+ (2-7)+ (2-7)+ (2-0)+ \\
 & (1-0)+ (1-0)+ (1-0)+ (1-0)+ (1-0)+ (1-3)+ (1-4)+
 \end{aligned}$$

(3-0)+(3-0)+(3-0)+(3-0)+(3-7)+(3-7)+(3-7)+
 (3-0)+(3-0)+(3-0)+(3-0)+(3-0)+(3-9)+(3-14)+
 (1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-7)+
 (1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-5)+(1-0)+(1-0)+
 (2-0)+(2-0)+(2-0)+(2-0)+(2-0)+(2-0)+(2-1)+
 (1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-1)+(1-0)+
 (1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-1)+(1-0));

END
 @GIN (y)

EK.5. Mevcut Durumda LİNGO Raporu

Global optimal solution found at iteration: 0
Objective value: 7922.932

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	7922.932	1.000000