

**YALIN ÜRETİM VE VALEO DEBRİYAJ  
ENDÜSTRİSİ A. Ş.'DE BİR UYGULAMA  
DENEMESİ**

**Emre AĞIRBAŞ**  
(Yüksek Lisans Tezi)

**Eskişehir, 2000**

YALIN ÜRETİM VE VALEO DEBRİYAJ ENDÜSTRİSİ A. Ş.'DE  
BİR UYGULAMA DENEMESİ

Emre AĞIRBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İşletme Ana Bilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Hasan DURUCASU

Eskişehir  
Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Eylül 2000

# YÜKSEK LİSANS TEZ ÖZÜ

## YALIN ÜRETİM VE VALEO DEBRİYAJ ENDÜSTRİSİ A. Ş.'DE BİR UYGULAMA DENEMESİ

Emre AĞIRBAŞ

İşletme Ana Bilim Dalı

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eylül 2000

Danışman: Doç. Dr. Hasan DURUCASU

Üretim yönetimi teknolojileri konusunda son zamanlarda büyük gelişmeler gözlenmiştir. Bu gelişmelerin ardından varılan sonuç, kıt kaynakların gereken zamanda, gereken miktarda ve gereken yerde kullanılmasının gerekliliğidir. Bu amaca ulaşmayı hedefleyen günümüz üretim yönetimi teknolojilerinden birisi de “Yalın Üretim” sistemidir.

Yalın Üretim’in genel amacı, gereken miktarda, gereken zamanda, gereken yerde ve istenen kalite ve özelliklerde üretim yapmaktır. Üretim-stok boyutunun ötesinde, iş görenlere verdiği sorumluluk ile verimlilik artışı, kalite kontrolü gibi diğer alanlarda da kendine has uygulamalara sahiptir.

Bu çalışmada, başarılı bir üretim sistemine ulaşabilmek için, Yalın Üretim sisteminin kullanılabilirliği ve uygulanabilirliği gösterilmiştir.

## ABSTRACT

Important developments have been observed recently, about production management technologies. After these developments, the result that have been attained is the necessity to use of scarce resources at the time when needed, the amount how much needed and at the place where needed. One of the production management techniques that intend to reach this goal is "Lean Production" system.

The general purpose of the Lean Production is to produce at the time when needed, the amount how much needed, at the place where needed and with the quality as required. Beyond the production-inventory dimension, Lean Production has particular applications in the areas such as quality control and increase of productivity with the responsibility which is given to workers.

In this work, it is pointed out that, to reach a successful production system, the utility and the applicability of Lean Production System.

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Emre AĞIRBAŞ'ın "Yalın Üretim ve Valeo Debriyaj Endüstrisi A.Ş.'de Bir Uygulama Denemesi" başlıklı tezi 13 Kasım 2000 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, İşletme (Sayısal Yöntemler) Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı) : Doç.Dr.Hasan DURUCASU  
Üye : Prof.Dr.Yaşar HOŞCAN  
Üye : Yrd.Doç.Dr.Muharrem AFŞAR

Prof.Dr.Enver ÖZKALP  
Anadolu Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

## ÖNSÖZ

1950'li yılların başlarında Japonya'da geliştirilen ve 1980'lerle beraber Batılı şirketler tarafından yeniden keşfedilen Yalın Üretim ile üniversite yıllarımda tanıştım ve bu konu beni oldukça cezbedi. Zamanla konuyla ilgili bilgim artmasına rağmen istek duyduğum halde ilgili bir çalışma yapma fırsatım olmadı. Sonuçta bu konuyla ilgili bir tez çalışması yürütmek gerçekten zevkliydi.

Bu çalışmayı hazırlamamda bana yol gösteren ve yorumunu katan sayın hocam Doç. Dr. Hasan DURUCASU'ya ve başta SPV (VALEO Üretim Sistemi) Sorumlusu sayın Necat YILMAZ olmak üzere tüm VALEO çalışanlarına teşekkür ederim.

Emre AĞIRBAŞ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ .....	ii
ABSTRACT .....	iii
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI .....	iv
ÖNSÖZ .....	v
ÖZGEÇMİŞ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM ÜRETİM SİSTEMLERİ VE YÖNETİMİ

1. Üretim ve Üretim Sistemleri .....	3
2. Üretim Sisteminin Yönetimi .....	4
3. Geleneksel Üretim Yönetimi Yaklaşımlarından Yeni Üretim Yönetimi Yaklaşımlarına Geçiş .....	5
4. Modern Üretim Yönetimi Yaklaşımları .....	7
4.1. Malzeme İhtiyaç Planlaması – MRP (Material Requirements Planning) .....	7
4.2. Üretim Kaynakları Planlaması – MRP II (Manufacturing Resources Planning) .....	7
4.3. Eniyilenmiş Üretim Teknolojisi – OPT (Optimized Production Technology) .....	8
4.4. Esnek Üretim Sistemleri – FMS (Flexible Manufacturing Systems) .....	9
4.5. Tam Zamanında Üretim Sistemi – JIT (Just In Time) .....	11

### İKİNCİ BÖLÜM YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN TEMELLERİ

1. Yalın Üretim Sisteminin Doğuşu Ve Özellikleri .....	13
1.1. Yalın Düşünce .....	15
1.1.1. Emek Sanat Bağımlı Üretim .....	18
1.1.2. Seri Üretim .....	18
1.1.3. Yalın Üretim .....	18
1.2. Yalın Üretimin Ana İlkeleri .....	22
1.3. Yalın Üretim Sisteminin Amaçları .....	25

1.4. Yalın Üretim Sisteminin Gereklere	27
1.5. Yalın Üretim Alt Sistemleri	32
1.6. Yalın Üretim Sisteminin Tasarımı	32
1.7. Yalın Üretim Sisteminin Modellenmesi	34
1.7.1. Matematiksel Model Yaklaşımı	35

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### YALIN ÜRETİMDE TAM ZAMANINDA ÜRETİM ORGANİZASYONU

1. Stoksuz Çalışma	42
2. Kanban Sistemi	43
2.1. Kanban Tipleri	45
2.1.1. Ana Tip Kanbanlar	45
2.1.2. Diğer Tip Kanbanlar	46
2.2. Kanban Kuralları	47
2.3. Kanbanların Kullanımı	51
2.4. Çekme Sistemlerinde Toplam Kanban Sayısının Belirlenmesi	53
3. Yalın Üretim Sisteminde Kullanılan Diğer Yöntemler	56
3.1. Karışık Yükleme Ve Üretimde Düzenlilik	56
3.2. Tek Parça Akışı	58
3.3. Makineler/Atölyeler Arası Senkronizasyon	60
3.4. U-Hatları, Shojinka, İş Rotasyonu Ve İş Tanımları	62
3.5. Poka – Yoke ve Deney Tasarımı	64
3.5.1. Poka-Yoke (Otonomasyon)	65
3.5.2. Deney Tasarımı	67
3.5.2.1. Tam faktöriyel tasarım	70
3.6. Toplam Üretken Bakım – TPM (Total Productive Maintenance)	74
3.7. Bir Dakikada Kalıp Değişirme – SMED (Single Minute Exchange of Dies)	75
3.8. Kaizen ve Kalite Çemberleri	77
3.9. Emeğe, Çalışanlara Verilen Değer, İşçi Hakları	79
4. Yalın Üretim Sisteminde Yan Sanayilerin Rolü	80
4.1. Yan Sanayilerle İlişkiler	80
4.2. Stok Tutmaya Yol Açan Nedenler/Belirsizlikler	82
4.3. Satın Almada Temel İlkeler	83
5. Yalın Üretim ile Klasik Üretim Sistemleri Arasındaki Farklar	85



**DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**  
**YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN VALEO DEBRİYAJ**  
**ENDÜSTRİSİ A. Ş.'DE UYGULANIŞI**

<b>1. Giriş</b> .....	<b>92</b>
<b>2. VALEO'nun Kısa Tanıtımı</b> .....	<b>93</b>
<b>3. VALEO'da Yalın Üretim Sisteminin Tasarımı</b> .....	<b>94</b>
<b>4. VALEO'da Yalın Üretim Sisteminin Uygulanışı</b> .....	<b>95</b>
<b>4.1. Satın Alma ve Yan Sanayilerle İlişkiler</b> .....	<b>95</b>
<b>4.2. Toplam Üretken Bakım</b> .....	<b>96</b>
<b>4.3. Personelin Katılımı, Çok Görevlilik ve Çok İşlevlilik</b> .....	<b>97</b>
<b>4.4. VALEO'da Yalın Üretim Ortamında Kalite Kontrol</b> .....	<b>102</b>
<b>4.5. VALEO'da SMED</b> .....	<b>105</b>
<b>4.6. VALEO'da Kanban</b> .....	<b>106</b>
<b>4.7. U Hatları</b> .....	<b>110</b>
<b>SONUÇ</b> .....	<b>113</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>116</b>

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo-1:</b> İki Faktörlü Deney Sonucu .....	72
<b>Tablo-2:</b> Satır ve Sütun Ortalamaları .....	72
<b>Tablo-3:</b> Varyans Analizi Tablosu .....	73
<b>Tablo-4:</b> k Adet Tekrarlı Deney İçin Varyans Analizi Tablosu .....	74
<b>Tablo-5:</b> Stok Tutmaya Yol Açan Nedenler/Belirsizlikler .....	82
<b>Tablo-6:</b> Yalın Üretim ile Klasik Üretim Sistemleri Arasındaki Farklar.....	85

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil-1 : Yalın Üretim Sistemi .....	31
Şekil-2 : Genel Bir Kanban Yapısı.....	45
Şekil-3 : Ana Tip Kanbanlar.....	45
Şekil-4 : Kanban Zinciri.....	46
Şekil-5 : Stoklu Çalışmada Parça Akışı.....	59
Şekil-6 : Stoksuz Çalışmada Tek Parça Akışı.....	60
Şekil-7 : Bir U-Hattı Örneği.....	63
Şekil-8 : Faktörler Arasındaki Etkileşimler.....	71
Şekil-9 : SMED Uygulaması İçin Rulmanlı Sistem.....	77
Şekil-10: VALEO'da Kanban Sistemi.....	107
Şekil-11: VALEO'da Ürün Çekmek İçin Kullanılan Kanban.....	107
Şekil-12: VALEO'da Kullanılan Üretim Kanbanı.....	108
Şekil-13: VALEO'da U-Hattı Örneği.....	111

## GİRİŞ

Üretim; makine, insan ve malzemenin kullanımı yoluyla bir fiziksel varlığın yapımı veya bir hizmetin ortaya konulması şeklinde tanımlanabilir. Üretim yönetimi ise, bir işletmenin elinde bulunan kaynakların, istenilen kalitede ve zamanda, mümkün olan en düşük maliyet ile üretimi sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir.

Geçtiğimiz son otuz yılda, sermayenin küreselleşmesi, gümrük duvarlarının indirilmesi ve uluslararası üretim yaklaşımının ağırlık kazanması sonucunda pazarda önemli değişimler gündeme gelmiş; yine aynı dönemlerde teknolojiye de önemli gelişmeler gözlenmiştir. Pazarda ve teknolojiye yaşanan bu gelişmeler sonucunda üretim stratejilerinde köklü değişimler ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda;

- Ölçek ekonomisi, yerini kapsam ekonomisine,
- Kitle üretimi, yerini birim üretime,
- Miktar-kar güdümlü üretim, yerini kalite-servis güdümlü üretime,
- Yönetimci işletmecilik anlayışı, yerini katılımcı işletmecilik anlayışına bırakmıştır.

Üretim stratejilerindeki bu köklü değişimler sonucunda da, Toplam Kalite Yönetimi, Stoksuz Üretim, Katılımcı Yönetim, Yalın Üretim gibi değişik başlıklar altında yeni üretim modelleri ortaya çıkmıştır. Tüm bu sistemler sonuçta aynı hedefler üzerine yoğunlaşmaktadır.

Hedef, işletme içindeki küçük çalışma grupları aracılığıyla, üretim ortamında “israfa” neden olan sorunları belirleyip çözmek ve bu süreci sürdürebilmek; kısaca daha iyiyi yapmaya çalışmak ve bunu sürekli olarak tekrarlamaktır.

Günümüz üretim sistemleri artık mümkün olduğunca, günlük, hatta saatlik malzeme alımları yapmak isteyen, sisteme ait bilgileri eş zamanlı ve doğru bir biçimde elde etme imkanı olan sistemlerdir. Bu sistemlerde, ürüne değer katmayan stok, taşıma, çizelgeleme vb. unsurlar israf olarak nitelendirilmekte ve bunları yok etmek amacıyla çaba sarf edilmektedir.

İlk kez Toyota Motor Fabrikası Başkanı Taiichi Ohno tarafından 1950’li yıllarda geliştirilip uygulanmaya konulan “Yalın Üretim” yaklaşımı, Japonların savaş sonrası içinde buldukları ekonomik koşulların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Süpermarket ortamındaki bazı ilke ve uygulamaları başlangıç noktası olarak alan Ohno, “Toyota Üretim Sistemi” ve “Yalın Üretim” felsefesini geliştirmiştir.

Bu tez çalışmasında ilk önce konuya temel sağlaması açısından üretim, üretim sistemleri, üretim yönetimi kavramları açıklanmış ve modern üretim yönetimi yaklaşımları konusunda bilgiler verilmiştir. Daha sonra ikinci bölümde, yalın üretimin nasıl doğduğu anlatılmış, temel ilkeleri konusunda bilgiler verilmiş ve sistemin modellenmesi konusunda temel oluşturabilecek örnek bir matematiksel model üzerinde çalışılmıştır. İzleyen bölümde, yalın üretimin temel mekanizmasını oluşturan tam zamanında üretim organizasyonunun oluşturulmasında yararlanılması gereken yöntemler açıklanmış, yan sanayilerle nasıl bir entegrasyonun sağlanması gerektiği belirtilmiş ve yalın üretim sistemiyle klasik üretim sistemlerinin bir karşılaştırması verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde yalın üretim sisteminin VALEO Debriyaj Endüstrisi A. Ş.'de ne derece uygulandığı açıklanmıştır.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## ÜRETİM SİSTEMLERİ VE YÖNETİMİ

### 1. Üretim ve Üretim Sistemleri

Bilindiği gibi, bir üretim süreci, bir dizi girdi ve işlemlerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Yakın dönemlere kadar yaygın olan geleneksel üretim yönetimi anlayışına göre, üretim süreci içindeki her bir işlemin olabildiğince etkin bir biçimde yerine getirilmesi önerilmekteydi. Çağdaş üretim yönetimi anlayışına göre ise ilgi ve dikkat tek tek işlemlere yöneltilmemekte ve bunlar bağımsız bir bütünlük içinde ele alınmaktadır.<sup>1</sup>

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

Temel amacı bir ürün veya hizmet yaratmak olan üretimin gerçekleşmesi için, üretim faktörleri adı verilen unsurların bir araya getirilmesi gerekmektedir. Üretim fonksiyonunu yerine getirmek için bir araya getirilmiş ögeler ise üretim sistemini oluşturur.

Malzeme, işgücü, sermaye, bilgi gibi üretim faktörlerinin sisteme girmesinden sonra üretim faaliyetleri, üretim faktörlerini fiziksel, kimyasal, teknolojik ve ekonomik değişikliklere uğratarak ürün şekline dönüştürme amacıyla yürütülürler. Bunların sonucunda ise mal veya hizmet çıktıları elde edilir.

Üretim sistemi dinamik bir sistemdir ve çıktılarının amaca uygunluğunu belirlemek için, sınanarak elde edilen bilgilerin yönlendirici ve düzeltici olmak üzere sisteme geri iletilmesi gerekmektedir. Geri iletim yoluyla çıktılarının, yönetim sürecinin temel unsuru olan karar vericinin hazırlamış olduğu planlara ve belirlemiş olduğu performans ölçütlerine uygunluğu değerlendirilir. İşletmelerde üretim fonksiyonu, çoğunlukla iki ana alt sistem içinde toplanabilen çeşitli alt sistemlerden oluşmaktadır. Birinci grupta, sistemin tasarımına ilişkin alt sistemler yer almakta ve bunlar uzun dönemli karar alma sorunlarını ortaya koymaktadırlar. İkinci grupta ise, sistemin kontrolünü ve kısa dönemli sorunları ilgilendiren alt sistemler bulunmaktadır. Ürün tasarımı, üretim mühendisliği, iş tasarımı, kuruluş yeri seçimi, fabrika içi tasarım ve üretim

<sup>1</sup> İsmet S. Barutçugil, *Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri* (Uludağ Üniv. Yayınları, Bursa, 1989) sf 26-32

planlaması birinci gruba, üretim ve stokların kontrolü, maliyet kontrolü, bakım ve yenileme ikinci gruba giren bazı alt sistemlerdir.

Üretim sisteminin temel amacı, üretim verimliliğini artırmaktır. Bu amaca ulaşmak için, üretim yönetiminin şu üç görevi başarı ile yerine getirmesi gerekir: Üretim faaliyetlerinde çalışan personeli yönetmek, üretim faaliyetlerinde çalışan personele çağdaş üretim teknik ve yöntemlerini uygulamak ve işletmenin işlevleriyle bütünleşerek, işletmenin başarısına katkıda bulunmak.

## 2. Üretim Sisteminin Yönetimi

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

Genel olarak üretim yönetimi, bir işletmenin elinde bulunan malzeme, makine ve insan gücü kaynaklarının istenilen kalitede, istenilen zamanda ve mümkün olan en düşük maliyetle üretimi sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir. Diğer bir deyişle, üretim yönetimi, miktar, kalite, zaman, maliyet parametrelerini eniyilemeye çalışır.<sup>2</sup>

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

Üretim yapan bir kuruluşun malzeme akış sistemi özetle şu şekildedir: Firma, hammadde ve parçaları dış satıcılardan temin eder ve bunları üretimde kullanılabacakları zamana kadar stokta tutar. Üretim girdilerinin satın alınması ve girdilerin stoklarda muhafaza edilmesi fonksiyonuna satın alma işlemi denir.

Satın alma, üretim sistemine girdiyi temin eder, üretim sistemi ise bu girdileri üretim merkezlerinde işleyerek bitmiş ürünü elde eder. Her üretim merkezinde yer alacak üretim işlemleri önceden bellidir. İşlenmekte olan veya işlenmek için bekleyen malzemeler üretim ara stoklarını oluşturur. Firmanın iç kapasitesi yeterli değilse, yan üreticiler yarı işlenmiş ürünü üretim merkezlerine veya tam işlenmiş ürünü (fason üretim) bitmiş ürün stoğuna iletir.

<sup>2</sup> Nesime Acar, *Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları* (MPM Yayınları, Ankara, 1995) sf 10

Bitmiş ürün stoğunun yeri ve miktarının belirlenmesi, satış bölümünün fonksiyonları arasında yer alır. Malzeme akış sisteminin üç ana ögesi, üretim yönetimi konusunda büyük önem taşır: Bunlar miktar/zaman, kalite ve maliyettir. Miktar/zaman, belli bir zaman süreci içinde, bir üretim merkezinde işlenen malzemenin miktarını belirler. Kalite, üretilen malın belli standartlara uygunluğu ile belirlenir. Maliyet ise, bir malın üretiminde kullanılan tüm kaynakların değeridir. Üretim planlaması ve stok kontrolü ise, miktar/zaman ögesinin planlaması ve kontrolü konusunu ele alır.

Üretim yöneticisinin işi, girdileri, amaçlanan çıktılara dönüştürme sürecini yönetmektir. Üretim yöneticisi, genel yönetim işlevlerini başarıyla uygulamak zorundadır. Bunlar;

**Planlama:** Üretim yöneticisi, işletme amaçlarını göz önünde bulundurarak, üretim bölümünün amaçlarını saptar. Amaçları gerçekleştirecek şekilde ürün tasarımı, duruma göre servis, atölye ve fabrika tasarımı ve sistemi işletme tasarımları yapar. Daha sonra da amaçlara ulaşmayı kolaylaştıracak politikaları, programları ve yöntemleri belirler.

**Örgütlenme:** Üretim yöneticisi, önce üretim bölümünde yapılacak işleri tek tek belirler. Bu işleri gruplandırarak ilişkileri tanımlar. Her grup veya alt üretim biriminin yöneticisini tayin eder. Alt birim yöneticileri arasındaki yetki ve sorumlulukları tanımlar.

**Kontrol:** Üretim yöneticisinin temel görevi, üretim bölümü planlarının kusursuzca uygulanmasını sağlamaktır. Sağlıklı bir planlama yapılmadan, etkili bir kontrol sağlanamaz. Üretim sistemi, etkinliği istenildiği an görülebilecek biçimde tasarlanmalıdır. Planlanan üretim faaliyetlerinden herhangi bir sapma olduğunda, anında sisteme müdahale edilerek gerekli düzeltici eylemlerde bulunulmalıdır.

### **3. Geleneksel Üretim Yönetimi Yaklaşımlarından Yeni Üretim Yönetimi Yaklaşımlarına Geçiş**

Son kırk elli yıl içinde, özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra, geleneksel üretim yönetimi yaklaşımlarının, karmaşık ve sürekli değişen üretim ortamlarında yetersiz kalmaları bir çok sorunu ortaya çıkarmıştır. Bu sorunların başlıcaları şunlardır:



- *Kapasite Problemleri:* İşgücü ve donanım yetersizliği nedeniyle üretimin, programların gerisinde kalması; bunun sonucunda da aşırı fazla mesai, teslimatta gecikme, müşteri şikayetleri gibi problemlerle karşılaşılması.

- *Üretim Programlarının Yetersizliği:* Yetersiz üretim programlama ve çizelgeleme yöntemlerinin kullanımı ile yapılacak işlerin niteliklerindeki sürekli değişimler sonucunda, tezgah ayar ve hazırlık sürelerinin artışı, programlanmış işlerin aksaması.

- *Üretim ve Tedarik Sürelerinin Uzunluğu:* Yukarıdaki iki sorunun ortaya çıkmaması için, üretim planlama elemanlarının, genellikle sipariş sürelerini yüksek tutması, bunun sonucunda da aşırı iş yükünün ortaya çıkması, önceliklerin karışması ve üretim sürelerinin uzaması,

- *Etkin Olmayan Stok Kontrol Yöntemleri:* Stokların yüksek olmasıyla yatırım maliyetlerinin artması, gerekli malzemenin elde bulundurulmamasıyla da üretimin zamanında gerçekleştirilememesine bağlı kayıpların oluşması,

- *İş Emirlerine Uyulmaması:* İş emirleriyle belirtilen süreç ve işlemlerin, yerini özel, alışılmış üretim biçimlerine terk etmesi sonucunda, hazırlık ve ayar sürelerinin gerektiğinden fazla uzaması, süreçlerin yetersiz kalabilmesi,

- *Kalite Problemleri:* Üretilen parçalarda ve montajı tamamlanan ürünlerde, kalite hatalarının açığa çıkması sonucunda, yeniden işleme veya hurda oluşumuna bağlı olarak iş bitiminin gecikmesi.

Yukarıda sıralanan bu üretim sorunlarının çözümüne, yeni yaklaşımlar getiren bir dizi gelişmeler ortaya çıkmıştır. Bunlardan en belirgin olanı, bilgisayarlardan yararlanılmasıdır. Bunun yanı sıra, üretim yönetimi alanında ulaşılan profesyonellik de önemlidir. Üretim yönetimi ile ilgili gelişmelerden birisi de, yöneylem araştırması disiplinin ortaya çıkışıdır. Bir diğer faktör de, ulusal ve özellikle uluslararası rekabet nedeniyle, daha etkin yöntemlere olan ihtiyaçtır. Bir teknolojinin yönetim teknolojisi özelliği taşıyabilmesi için,

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

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

- Bilgi üretiminde gelişmiş teknolojilerden üst düzeyde yararlanması; yani diğer teknolojilerle bütünleşmiş olması gerekir.<sup>3</sup>

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

#### 4. Modern Üretim Yönetimi Yaklaşımları

##### 4.1. Malzeme İhtiyaç Planlaması – MRP (Material Requirements Planning)

Doğru parçayı, doğru zamanda ve doğru kalitede temin etmek üzere geliştirilen MRP sistemi, özellikle likit yatırımları en küçükleyen, üretim ve etkinliği artıran, müşteriye yapılan hizmeti geliştiren bir yönetim çizelgeleme ve kontrol sistemidir.

MRP, gerek üretilen, gerekse satın alınan parça ve yarı mamullerin, üretimde kullanılacakları aşamadan hemen önce hazır olmalarını sağlayan bir yaklaşımdır. Bu sistem, yöneticilerin, siparişleri tüm üretim süreci boyunca takip edebilmeleriyle, satın alma ve üretim kontrol bölümlerinin, üretim aşamalarına istenilen malzemeyi istenilen miktar ve zamanda dağıtabilmelerini sağlar. Bu yaklaşım, talebin değişken olduğunu varsayarak, stok sorununu ortadan kaldırmayı amaçlar. Sistemin işleyebilmesi için, her ürün ve yarı mamule ait parça listelerinin (ürün ağaçlarının) hazırlanması gerekir.

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

##### 4.2. Üretim Kaynakları Planlaması – MRP II (Manufacturing Resources Planning)

MRP II, malzeme gereksinimi ile beraber, MRP'nin sahip olmadığı kapasite gerekleri ile finansal planlamayı da içeren bir yaklaşım biçimidir.

MRP II yaklaşımı, işletme içindeki tüm çalışmaların bütünleştirilmesi ile ilgilidir. Böylece, işletme içindeki tüm malzeme hareketleri, eşzamanlı ve düzenli bir şekilde

<sup>3</sup> TÜBİTAK Esnek Üretim/Esnek Otomasyon Sistem Ve Teknolojileri, Bilim Ve Teknoloji, Strateji Ve Politika Çalışmaları (Ankara, Ekim 1996) sf 8-9

ve yerinde bilgisayar kaydına alınarak, hem muhasebe hem de planlama ve kontrol çalışmalarını yürütenlerin ortaklaşa kullandıkları tek bir veri tabanında yaşatılmaktadır.

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

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

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

### 4.3. Eniyilenmiş Üretim Teknolojisi – OPT (Optimized Production Technology)

OPT, bir işletmedeki tüm iş merkezleri için öncelik ve kapasite kısıtlarını göz önüne alarak, optimuma yakın iş çizelgelerini hazırlar. Bu sistemde amaç, kritik tezgahların kullanımını maksimize ederek, üretim miktarını artırmak; buna karşılık süreç içi envanter düzeyleri ile tezgah hazırlık zamanlarını en aza indirmektir.

OPT sisteminin uygulanabilmesi için, üretim planı ve ana üretim çizelgesinin hazırlanması ve malzeme ihtiyaçlarının belirlenmiş olması gereklidir. Bu amaçla, MRP yaklaşımını kullanarak malzeme ihtiyaçlarını planlamak ve daha sonra OPT sistemini devreye sokmak mümkündür. OPT sistemi, toplam üretim miktarının darboğaz tezgahlar tarafından kısıtlandığı görüşü üzerine geliştirilmiştir.

OPT yaklaşımında, parti büyüklüklerinin hesaplanmasındaki yaklaşım, bugüne kadar kullanılan klasik yöntemlerden farklıdır. OPT sisteminde partiler, transfer partisi (bir operasyondan diğerine taşınan miktar) ve süreç partisi (atölyeye çıkarılan toplam miktar) olarak tanımlanır. Ayrıca parti büyüklükleri değişkendir.

OPT sistemi, farklı parti miktarlarını kendi hesaplar ve darboğaz yaratan (kritik) tezgahlar için, zaman içinde ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımını kullanarak, üretim miktarını maksimize eder.

OPT, etkinlik, işletme kapasitesi, süreç içi envanter düzeyleri, tezgah hazırlık zamanları, fason üretim ve güvenlik stokları gibi faktörlere ilişkin verileri de göz önüne alarak, bu verileri çok boyutlu bir grafik üzerinde işleyerek, optimuma yakın bir kombinasyonun oluşturulmasını sağlar.

OPT yaklaşımının uygulanması aşamasında, yöneticilerin ve personelin tutumlarını değiştirmesi beklenmez. MRP sisteminin uygulanmasında ön koşul olan örgütsel destek, bu sistem için gerekli değildir. Ancak yine de sistem uygulayıcılarının yaratıcı olmaları, işletme içinde parça ve malzeme hareketini yavaşlatan uygulamaları belirleyebilmeleri ve engelleyebilmeleri gereklidir.<sup>4</sup>

#### **4.4. Esnek Üretim Sistemleri – FMS (Flexible Manufacturing Systems)**

Günümüz global pazarı, kısa ürün hayat çevrimleri, artan ürün çeşitliliği ve geniş bir esneklikle karakterize edilmektedir. Rekabetçi bir çevrede, pazar payını kaybetmemek ve artırmak için firmalar, işlemlerinde daha esnek olmalı ve farklı pazar dilimlerini tatmin etmelidir. Esneklik, stratejik bir bakış açısıyla, bir işletmenin müşterilerine geniş bir ürün çeşidi sunabilme yeteneği ile ilgilidir. Esneklik aynı zamanda, firmanın üretim süreçlerini, eski ürün çeşitlerinin üretiminden yeni ürün çeşitlerinin üretimine çevirebilme/değiştirebilme hızının bir ölçüsüdür.

Standart olarak herkesçe kabul edilebilecek bir esnek üretim sistemi tanımı yoktur. Herhangi bir esnek üretim sistemi konfigürasyonunun avantajlarından yararlanabilmek için, esnek üretim sistemlerinin, işlemsel ve kontrol karakteristiklerinin anlaşılması ve bunlara uygun olarak yönetilmesi gerekir. Tek bir tezgahtan oluşan bir sistemin işleyiş şeklinin, iki ya da daha fazla tezgahtan oluşan bir sistemden farklı olacağı açıktır.

<sup>4</sup> T. Hill ve D. Richard, **Manufacturing Strategy Text And Cases** (Irwin Inc., 1989) sf 108-111

İkinci durumda, malzeme akışı ve stok problemlerinin göz önünde bulundurulması zorunluluğu vardır. Aynı şekilde, iki ya da daha fazla tezgahtan oluşan sistemler açısından, bir tek malzeme taşıyıcısı olanla, birden fazla malzeme taşıyıcısı olan bir sistemin işlemsel karakteristikleri, birbirinden farklıdır. Buradan yola çıkarak, esnek üretim sistemi, işlemsel ve kontrol karakteristikleri açısından birbirinden farklı yapılarıdaki geniş bir üretim sistemleri yelpazesini anlatan genel bir terimdir ve otomatik bir malzeme taşıma sistemiyle birbirine bağlanmış, bilgisayar sayısal denetimli (CNC-Computer Numerical Controlled) ya da sayısal denetimli (NC-Numerical Controlled) tezgahlardan ve bunların işleyişini kontrol eden bilgisayar sisteminden oluşan ve birbirinden farklı parçalar üretebilen bir üretim sistemi olarak tanımlanabilir.

Bir esnek üretim sistemi, bilgisayar destekli üretimin (CAM-Computer Aided Manufacturing) mantıksal bir uzantısıdır. Sistem, robotlar gibi otomatik malzeme taşıma aletleriyle bağlanmış, iki ya da daha fazla bilgisayar kontrollü makineden meydana gelir. Sistemde, parçaları robotlar sevk etmekte/yüklemekte/boşaltmakta ve işi biten parçalar, bir sonraki aşamaya otomatik yönlendirmeli araçlarla taşınmaktadır. Otomatik takım değiştirme sistemleri ve bilgisayar programlarında ürün değişimleri bulunmaktadır. Bilgisayarlar, işlemlerin tüm düzen ve sıralamasını yönetir, iş parçasını doğru makineye yönlendirir, uygun takımları/aletleri seçer, yükler ve makineler tarafından gerçekleştirilen işlemleri kontrol ederler. Birden fazla iş parçası, eşzamanlı olarak işlenebilir ve bir çok farklı parça, rasgele düzende işlem görebilir.<sup>5</sup>

Esnek üretim sistemleri, bir çok farklı parçanın, çeşitli büyüklükteki hacimlerde, ekonomik olarak üretilebilmesini sağlar. Bu sistemler, bir atölyenin esneklik avantajına ve üretim hatları ile benzer yüksek verimliliğe sahiptir.

Esnek üretim sistemleri, üretim sistemleri içinde, siparişe göre üretim sistemine benzemektedir. Esnek üretim sistemlerinde en önemli üç faktör, müşteri taleplerine göre üretimde bulunmak, stok seviyesini minimum düzeye indirmek ve müşteri talebini en kısa zamanda gerçekleştirmek olarak ifade edilebilir. Müşteri talepleri açısından, aynı özelliklere sahip bu iki üretim sistemi, diğer iki özellik bakımından farklılık göstermektedir. Siparişe göre üretim modelinde, mamul stokları düşük tutulurken, ara stoklar yük-

<sup>5</sup> TÜBİTAK, a.g.e. sf 13-14

sek olmaktadır. Halbuki esnek üretim sistemlerinde, her türlü stok maliyetinden kaçınma tavsiye edilmektedir.<sup>6</sup>

Esnek üretim sistemlerinde hazırlık zamanları azdır. Bu, üreticiye yeni ürünlere ve talepteki değişimlere daha çabuk cevap verebilme olanağı sağlar. Daha kısa hazırlık süreleri sayesinde, ara stoklar azdır. İşleme ve malzeme taşıma işlemleri, bilgisayar kontrolünde olduğundan, operatörlere sadece gerekli yükleme ve boşaltma işleri için ihtiyaç duyulur; bu da önemli bir maliyet azalması sağlar.

#### 4.5. Tam Zamanında Üretim Sistemi – JIT (Just In Time)

İlk kez Toyota Motor Fabrikası Başkanı, Taiichi Ohno Tarafından 1950’li yıllarda geliştirilip uygulamaya konulan JIT (Just-in-time) yaklaşımı, Japonların savaş sonrası içinde buldukları ekonomik koşulların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

“Tam Zamanında” terimi, genellikle, sloganlaşan tanımıyla, sadece gerekli parçaların, gerekli olduğu miktarlarda, gerekli kalite düzeyinde, gerekli olduğu zaman ve yerde üretilmesi durumunu açıklar.

JIT felsefesinin temelinde, üretimin tüm aşamalarında israfın önlenerek, maliyetlerin azaltılması hedefi yer alır. Bu felsefe, ürünün değerini artırmayan tüm unsurları israf olarak değerlendirmektedir. Yani, üretimin her aşamasındaki stoklar (hammadde, ara mamul ve mal stokları) ile kalitesizlik (hatalar) en temel israf unsurlarıdır.

Bu nedenle sıfır stok ve sıfır hata, JIT felsefesinin temel hedefleridir.

Bu noktada, JIT sistemlerinin temel hedefinin, diğer üretim sistemlerinin temel hedefinden farklı olmadığı görülmektedir. Ancak JIT felsefesini, diğer klasik sistemlerden ayıran, farklı ve yeni olan taraf, bu felsefenin, üretim ortamındaki problemleri kapatmak ve olumsuzlukları azaltmaya çalışmak yerine, problemlerin temeline inerek çözmek için, sürekli çaba harcamayı özendiriyor olmasıdır.<sup>7</sup>

Bu güne kadar yapılan temel hata, belirsizlik kaynaklarını ortadan kaldırmak yerine, yüksek düzeyde envanter ve güvenlik stoğu tutarak, belirsizliğin olumsuz etkilerini kapatmaya çalışmak olmuştur. JIT sistemi, belirsizlik kaynaklarını ortadan kaldırmak konusuna odaklaşır ve bu yönüyle de, yeni bir felsefe ve amaçlar bütünüdür.

<sup>6</sup> T. Hill ve D. Richard, a.g.e. sf 212-213

<sup>7</sup> Nesime Acar, **Tam Zamanında Üretim** (MPM Yayınları, ikinci basım, Ankara, 1995) sf 3-5

MRP ile JIT arasındaki en büyük farklardan birisi, parti büyüklüğünün belirlenmesidir. MRP, siparişin büyüklüğünün herhangi bir değerine göre çalışırken, JIT, parti büyüklüğünün bir birime indirgenmesi amacını taşır. İkinci bir fark da, MRP'nin itme, JIT'in çekme sistemine göre çalışmasıdır.

JIT'in bir başka özelliği de, kullandığı "kanban" sistemi ile, üretim kontrolünün yanında, verimliliği geliştirici olmasıdır. Böylece, ana üretim programları kesinlik kazanır, üretim süreci basitleşir, parçaların akışı düzgünleşir, kalite artar ve hazırlık süreleri düşer. JIT'in, MRP'li ortamlarda daha başarılı olacağı ve bu iki sistemin birbirlerini bütünleyici oldukları unutulmamalıdır.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> J. Schorr ve T. Wallace, "JIT in Production", **High Performance Purchasing Manufacturing Resource Planning for the Purchasing Profession** (1986), sf 8

## İKİNCİ BÖLÜM

### YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN TEMELLERİ

#### 1. Yalın Üretim Sisteminin Doğuşu ve Özellikleri

Mal ve/veya hizmet üretmek üzere kurulan sistemlerin, öngörülen nitelik ve niceliklerde üretim yapabilmelerinin yanı sıra, verimlilik esasına göre çalışmaları da beklenir. Öte yandan, verimlilikteki uzun dönemli kazanç, işgücünün yeterliliğinden ziyade, teknolojinin yeterliliği ve yönetimin etkinliği ile sağlanabilmektedir. Günümüzde ise, teknoloji kavramı daha yaygın alanlarda kullanılmakta ve yönetim teknolojilerinden de söz edilmektedir. Söz konusu yönetim teknolojilerinden birisi de “Toyota Üretim Sistemi”, “Sıfır Stoklu Üretim” ve “Tam Zamanında Üretim” olarak da isimlendirilen “Yalın Üretim Sistemi”dir.

Endüstride, üretim-stok sistemleri, malzeme akışına göre itme ve çekme sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Geleneksel yaklaşımlar olarak bilinen itme sistemlerinin ana karakteristikleri, uzun hazırlık süreleri, uzun üretim çevrimleri ve yüksek düzeyde süreç içi stoklardır. Bu karakteristiklerinden dolayı, itme sistemleri oldukça karmaşık olmaları ve fazla işletme sermayesi gerektirmesinden dolayı, finansal bakımdan da oldukça külfetlidir. Buna karşılık, çekme sistemlerinde üretim ve malzeme kullanımı, gereksinimlere göre yapılmaktadır. Sistem oldukça basit işlemekte ve kontrolü de kolay olmaktadır. Çekme sistemleri, sonraki süreçlerin, önceki süreçlerden, sadece tükettikleri miktarda ve zamanda parça talep ettikleri ve çektikleri sistemlerdir ve bu nedenle talebin çektiği sistemler olarak da tanımlanırlar. Çekme sistemine göre çalışan yalın üretim sistemi, bu özellikleri taşımakta ve finansal bakımdan daha az külfetli olmaktadır.<sup>9</sup>

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

<sup>9</sup> Nihat Yüzügülü ve Ayfer Doyuran, “JIT Üretim Sistemi, Gereklere ve Uygulamadan Sağlanacak Sonuçlar”, *Anadolu Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, C:6, Sayı:2, (1990)



II. Dünya Savaşı'nda en çok hasar gören ülkelerden birisi olan Japonya'da firmalar, gerek yıkılan endüstriyi baştan kurmak, gerekse Amerika ve Avrupa'daki firmalarla rekabet edebilmek amacıyla, geleneksel üretim yönetim sistemlerini terk ederek çalışmalarını başlatmışlardır. Bu firmalardan biri olan Toyota Motor Fabrikası'nda yapılan çalışmalar sonucunda, yalın üretim sistemi geliştirilmiş ve sistem kısa sürede diğer ülkelere de yayılmıştır. Savaştan hemen sonra, Amerika'daki Ford fabrikalarını defalarca ziyaret eden Toyota Motor Fabrikası Başkanı Taiichi Ohno, tüm bu sistemin israf ile dolu olduğunu düşünmüştür. Buna gösterdiği sebep ise, montaj işçisinin dışındaki hiçbir uzmanın, ürünün değerine aslında hiçbir şey eklememesidir. Dahası Ohno, montaj işçilerinin, uzmanların işlevlerinin çoğunu yapabileceğini ve üretim hatındaki koşullar ile doğrudan tanışıklıkları dolayısıyla, bu işlevleri çok daha iyi yapabileceklerini düşünmüştür.<sup>10</sup>

Sistemin geliştirilme amacı, toplam verimliliği bir bütün olarak artırmanın yanı sıra, koşulların elverdiğince bütün maliyetleri azaltabilmektir. Yatırılan finansal kaynağın dönüşüm hızının artışı da bunun bir uzantısıdır.

Toyota firması, stoklardaki ve işgücündeki birikimleri yok ederek ilk aşamada amacına ulaşmıştır. Her şeyden önce, üretim yönetiminde bir devrim gerekmekteydi. Bu devrim, Taylorist düşüncenin ve Ford sisteminin (mass-assembly line: kitle-montaj hattı) Toyota'ya uyarlanmasıyla gerçekleşmiştir.<sup>11</sup>

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

Toyota'da fazla olan her şey israf olarak görülüyordu. Bu amaçla, gerek ham madde, yarımamul ve mamul stoklarının, gerekse süreç içi stokların azaltımı yoluna gidildi. Azaltılan stoklar, üretimin küçük partiler halinde yapılma zorunluluğunu getiriyordu. Parti büyüklüğü azalırken, parti sayısı artıyordu. Bunlara paralel olarak, hazırlık sürelerinde de azalmalar olmuştu. Hazırlık ve üretim sürelerinde meydana gelen

<sup>10</sup> James P. Womack, Daniel T. Jones ve Daniel Roos, **The Machine That Changed The World** (Collier McMillian, 1990) sf 57

<sup>11</sup> Yasuhiro Monden, **Toyota Production System** (Industrial Engineering and Management Press, 1986) sf. 23

azalmalar, üretimin kısa sürede yapılıp, yatırılan finansal kaynağın geri dönüşünü hızlandırıyor. Belli bir devrede elde bulundurulmuş hammadde ya da yarı mamuller, ancak o devrenin üretimine yettiğinden, stok tutma yok denecek kadar azdır. Böylece, büyük miktarlarda stoklara yatırım yapılmıyor, karsız stok yatırımlarından uzaklaşıyor.

İşgücü ve mevcut makine donanımından en iyi şekilde yararlanmak için, öncelikle tesis yerleşimi, grup teknolojisine uygun gerçekleştirildikten sonra, uygun bir iş yüklemesi yapıldı. Böylece düzgün iş akışı sağlanıyor, düşük ve monoton işgücü ortadan kaldırılıyor, çalışanlara verilen sorumluluk ve kontrol yetkisiyle kontrol, atölye bazına indirgenebiliyordu.

Tüm bunlar göz önüne alınarak bir üretim sistemi gerçekleştirildi. Her şeyden önce, bu sistemde sürekli bir iş akışı sağlanıyor ve talep değişikliklerine kısa sürede cevap verilebiliyordu.

### 1.1. Yalın Düşünce

Muda, Japonca'da israf anlamına gelen bir kelimedir; özellikle de hiçbir değer yaratmadan kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir. Yeniden işlenmeyi gerektiren hatalı ürünler, talep edilmeden üretilen ve sonuçta envanterlerde biriken üretim, gerçekten gerekli olmayan süreç aşamaları, çalışanların ve ürünlerin zorunlu olmadığı halde bir yerden başka bir yere nakledilmesi, önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işler nedeniyle, sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanlar ve müşterinin beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetler, birer mudadır.

Mudaya karşı uygulanabilecek oldukça güçlü bir teknik vardır. Bu da Yalın Düşüncedir. Yalın düşünce, değer tanımlanması, değer yaratan adımların en iyi ve doğru biçimde sıralanması, bu adımların gerektiği anda aksamaya uğramadan atılması ve giderek daha yüksek etkinlikle gerçekleştirilmesinin yollarını gösterir. Kısacası yalın düşünce, giderek daha az (emek, ekipman, zaman ve alan) harcayarak, daha fazla üretebilmeyi ve müşterilerin asıl beklentilerine daha çok yaklaşmayı sağladığı için yalındır. Yalın düşünce, mudayı değere dönüştürmeye yönelik çabalara anında geri bildirim sağlayarak, daha tatmin edici iş çıkarılmasının bir yolunu da gösterir.

Yalın düşüncenin kritik başlangıç noktası değerdir ve değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir. Değer tanımının anlamlı olabilmesi için, müşterinin ihtiyaçlarının, belli bir zamanda, belli bir fiyattan karşılayan, belli bir ürün cinsinden ifade edil-

mesi gerekir. Burada önemli olan nokta, gerçekten neye ihtiyaç duyulduğu konusunda berrak bir görüşün oluşabilmesidir. Aksi takdirde, değer tanımının çarpıtılması hemen hemen kaçınılmazdır. Kısaca, değer doğru tanımlanması, yalın düşüncenin ilk kritik adımudur. Yanlış ürün ya da hizmetin doğru biçimde üretilmesinin sonucu da mudadır.

Değer akımı, belli bir ürünün işletmedeki üç kritik yönetim görevinden geçirilmesi için gerekli olan tüm belli adımları gösterir: Kavramsal boyutla başlayıp, ayrıntılı tasarım ve mühendislik çalışmalarından üretimin başlamasına kadarki süreci içeren problem çözme görevi, siparişlerin alınmasından başlayıp, ayrıntılı çizelgeleme çalışmaları ile teslimatın yapılmasını içeren bilişim yönetimi görevi ve hammaddeden müşteriye ulaşan, nihai ürüne dönüşümü içeren fiziksel dönüşüm görevi.<sup>12</sup> Yalın düşüncenin bir sonraki aşaması, her ürün için değer akımının bütünüyle tanımlanmasıdır. Firmaların nadiren gerçekleştirme girişiminde buldukları bu aşama, hemen her zaman inanılmaz boyutlarda mudanın varlığını ortaya koyar. Değer, tam olarak tanımlanınca, belli bir ürün için değer akımı haritası hazırlanmalı ve akım üzerinde israfa yol açan aşamalar kaldırılmalıdır.

Yalın düşüncenin bir sonraki aşaması, değer yaratan aşamaların akış halinde olmasının sağlanmasıdır. Bu şekilde, üretim için gerekli olan çaba, büyük oranda azaltılabilir. Bilindiği gibi, çalışma hayatında verimliliğin artırılabilmesi ve yönetimin kolaylaştırılabilmesi için, faaliyetlerin tiplerine göre gruplandırılması gerektiğine yönelik bir görüş hakimdir. Ek olarak, görevlerin departmanlar içinde daha verimli biçimde yapılması için, birbirine benzeyen faaliyetlerin partiler halinde gerçekleştirilmesi, daha mantıklı gibi görünür. Ancak, bu yaklaşım her zaman uzun bekleme süreleri içerir. Ne var ki bu yaklaşım, iş gücü ve ekipmanın atıl kalmamasını sağladığı için, özel amaçlı, hızlı ekipmanların kullanılmasını haklı çıkarır. Dolayısıyla, verimli olduğu düşünülür. Oysa bu nokta tamamen yanlıştır ve çoğumuzun bunu görmesi çok zor hatta olanaksızdır.

Küçük bir örnek ile bunu daha kolay görebiliriz: Hepsi birbirinin aynı olan ve gönderilmesi gereken mektupların olduğunu ve mektupların katlanması, zarfa yerleştirilmesi, üzerlerine adres yazılması, hepsine pul yapıştırılması ve postaya verilmesi aşamalarından oluşan işi, en iyi nasıl yapabileceğimizi düşünelim. Çoğumuzun kısa bir düşünmeden sonra bulacağı ilk çözüm, önce tüm mektupların katlanması, sonra zarflara yerleştirilmesi, ardından adreslenmesi ve son olarak pullarının yapıştırılması olacaktır.

<sup>12</sup> James P. Woomack ve Daniel T. Jones, *Yalın Düşünce* (Sistem Yayıncılık, 1998) sf 17

Peki ama neden önce bir mektubu alıp katladıktan sonra, zarfa yerleştirip, adreslemiyor ve pul yapıştırmıyoruz? Bu şekilde her mektubu dört kere alıp bırakmak gibi gereksiz bir işlemde kurtulmuş olmaz mıyız? Neden probleme, en az çabayla ve en kısa zamanda postalanmak istenen mektup açısından bakmıyoruz? Burada çarpıcı olan nokta, çoğumuzun, görevlerin partiler halinde yapılmasının en iyi yol olduğuna – bir masa üzerinde bir departmandan diğerine göndererek – yönelik yargımızın kesinliği ve yapılacak işi sadece yeniden düşünerek, sürekli bir akış ve daha yüksek verimliliğin sağlanabileceğini görmememizdir. Yine de hepimizin zihinlerimizdeki departmanlaşmış biriktirme düşüncesi ile savaşması gerekmektedir. Çünkü, hammaddeden son ürüne kadar, bir iş parçasının üzerinde kesintisiz biçimde çalışarak, görevleri çok daha doğru ve verimli bir şekilde gerçekleştirebilmek mümkündür. Kısacası, tasarım, sipariş ve imalat aşamaları için gerekli faaliyetlerin, sürekli bir akış içinde gerçekleşmelerini sağlayacak şekilde, ürün ve ürünün gerektirdiği işlemlere odaklanıldığı zaman, işlerin bir hayli yoluna girdiği görülecektir.

Departmanlar içinde partiler halinde yapılan üretimden, akış sistemine geçmenin ilk gözle görülür etkisi, kavramdan fiili gerçekleşmeye, satıştan teslimata ve hammaddeden müşteriye uzanan toplam geçiş zamanındaki çarpıcı azalmadır. Dahası, üretimdeki tüm ürünler, her türlü kombinasyonda üretilerek, talepteki değişmelere anında uyum sağlanacaktır. Bu gelişmeden sonra, envanterlerdeki azalmadan dolayı nakit birikiminde bir kerelik umulmadık bir artış sağlanacak ve yatırımın getiri hızı artacaktır. Bu, devrimci sayılabilecek bir başarıdır; çünkü, müşterinin gerçekten istediği şeyleri, tam da istediği anda tasarlayabilme, çizelgeleme ve üretebilme becerisini kazanmak demek, satış tahminleri işini tümüyle bir yana bırakıp, sadece müşterinin sizden istediği şeylerin üretimine odaklanabilmeniz demektir. Yani müşteriye, çoğunlukla da istemediği ürünlerin itilmesi yerine, müşteri istediğinde, ürünün sizden çekilmesini sağlanmaktadır. Dahası, müşteriler, beklentilerinin tam olarak karşılanacağından emin oldukları için ve üreticiler, kimse istemediği için, stoklarda kalmış ürünleri elden çıkarmaya yönelik indirim kampanyalarından vazgeçtiklerinde, talep daha istikrarlı bir yapıya kavuşacaktır.<sup>13</sup>

Organizasyonlar, değeri doğru tanımlamaya başlayıp, değer akımının tümünü belirleyerek, ürün bazında değer yaratan aşamaların, sürekli akmasını ve müşterilerin değeri işletmeden çekmelerini sağladıklarında, çalışanlar bir taraftan ürünleri müşterilere

<sup>13</sup> Taiichi Ohno, *Toyota Ruhü* (Scala Yayıncılık, 1996) sf 87

rin gerçek ihtiyaçlarına yakınlaştırma, diğer taraftan iş yükleri, zaman, maliyetler ve hataları azaltma süreçlerinin sonunun olmadığını görmeye başlarlar ve yalın düşüncenin son ilkesi olan mükemmellik, ulaşılmaz bir fikir olarak görünmemeye başlar.

Yalın üretim nedir? Belki de bu yenilikçi üretim sistemini tarif etmenin en iyi yolu, onu insanların mal üretmek için icat ettikleri diğer iki metot olan, emek sanat bağımlı üretim ve seri üretim ile karşılaştırmaktır.

### **1.1.1. Emek Sanat Bağımlı Üretim**

Emek sanat türü üretici, (her defasında bir tane olmak üzere) tüketicinin isteğini yapmak için, usta seviyesindeki işçiler ve basit fakat değişken aletler kullanır. Ismarlama mobilya, dekoratif sanat çalışmaları ve birkaç egzotik spor araba bugünkü örnekleridir. Hepimiz el sanatı üretim fikrini severiz, ancak buradaki sorun açıktır: Eskiden özellikle otomobillerde olduğu gibi, el yapımı üretilen mallar, bir çoğumuzun gücünün yetemeyeceği kadar pahalıya mal olmaktadır. Dolayısıyla, yirminci yüzyılın başlangıcında buna bir alternatif olarak seri üretim geliştirilmiştir.

### **1.1.2. Seri Üretim**

Seri üretici, pahalı ve tek amaçlı makineler kullanan, vasıfsız ve yarı vasıflı işçilerin yaptığı ürünlerin tasarımı için, dar alanda eğitilmiş uzmanlar kullanır. Bunlar, standardize edilmiş ürünleri, çok büyük miktarlarda hiç durmadan üretirler. Makine maliyetleri çok yüksek ve kesintilere karşı çok müsamahasız olduğundan, seri üretici, sorunsuz bir üretim akışı sağlamak için, bir çok ilave yedekleri (ilave stoklar, işçiler ve alan) tampon olarak bulundurmaya zorundadır. Yeni bir ürüne geçmek, çok fazla bir maliyet getireceğinden, seri üretici, standart tasarımları mümkün olduğunca uzun bir müddet üretimde tutar. Sonuçta tüketici, çeşitlilik pahasına ve çoğu çalışanların sıkıcı ve kırıcı bulunduğu iş metotları vasıtasıyla, düşük fiyata malı elde eder.

### **1.1.3. Yalın Üretim**

Yalın üretici, emek sanat bağımlı ve seri üretimin avantajlarını birleştirir ve bu sayede, öncekinin yüksek maliyetinden ve sonuncusunun katılığından sakınmış olur. Bu

uçta, yalın üreticiler, muazzam çeşitlilikte ürün hacimleri üretmek için, kuruluşun her düzeyinde çok yönlü eğitilmiş işçi ekipleri çalıştırırlar ve yüksek düzeyde esnekliği olan, otomasyonu gittikçe artan makineler kullanırlar.

Yalın üretim “yalın”dır; çünkü seri üretimle kıyaslandığında, her şeyin daha azını kullanır (Fabrikadaki insan gücünün yarısını, imalat alanının yarısını, araç gereç yatırımının yarısını, yeni bir ürünün geliştirilmesi için gereken mühendislik saatlerinin yarısını gibi). Ayrıca, yerinde ihtiyaç duyulan stokların yarısından çok daha azının bulundurulmasını gerektirir, çok daha az bozuk mal çıkar ve daha fazla ve gittikçe de artan çeşitlilikte ürünler üretir.

Belki de seri üretimle yalın üretim arasındaki en çarpıcı farklılık, onların asıl amaçlarında yatmaktadır. Seri üreticiler, kendilerine sınırlı bir hedef tayin ederler: “yeterince iyi.” Bu da, kabul edilebilir sayıda bozuk mal, azami kabul edilebilir sayıda stoklar, çeşidi az sayıda standardize edilmiş ürünler anlamına gelir. Daha iyisini yapmak, onların ileri sürdüğü fikre göre çok pahalıya mal olacaktır ve insanın doğal yeteneklerini aşacaktır.

Diğer tarafta, yalın üreticiler kesin olarak kusursuzluğu hedef almışlardır: Devamlı düşen maliyetler, sıfır bozuk mal, sıfır stok ve sonu gelmeyen ürün çeşitliliği gibi. Tabii hiçbir yalın üretici buna ulaşamamıştır ve belki hiçbir zaman ulaşamayacaktır; fakat sonu gelmeyen mükemmellik arayışı, sürpriz değişiklikler üretmeye devam edecektir.

Yalın üretim sisteminin geliştirilme nedenini anlamak için, Japonların ekonomik ve sosyal koşullarına bakmakta yarar vardır. Japonya, ekonomik kaynakları son derece sınırlı, buna karşılık nüfusu çok fazla olan bir ülkedir. Dolayısıyla, Japon işletmeciliğinde temel hedefin, israfla mücadele olduğu söylenebilir. Ayrıca, Japonlar için diğer bir zorunluluk da, nüfus yoğunluğu yüksek bir alanda, birlikte, düzenli bir yaşam ve verimli çalışmak yönünde, birbirlerini gözetmek ve uyarmak zorunda kalmalarıdır. Yalın üretim çalışma sistemi, şu üç temel ilkeye dayanır:

- Tüm alanlarda ve oluşumlarda israfın minimizasyonu,
- Mevcut süreç ve sistemlerin devamlı olarak daha iyi ve ileriye götürülmesi,
- Tüm çalışanların katılımını sağlayarak, karşılıklı saygı ve eşit davranışa dayalı bir oto-kontrol sisteminin sürdürülmesi.

Gerçekten de, Japon üretim sistemlerinde, hammadde, malzeme, yer ve işçilik israfından sürekli olarak kaçınıldığı görülür. Mevcut süreç ve sistemler, verimliliği artırmak, geliri çoğaltmak ve israfı daha da azaltmak için, sürekli bir iyileştirmeye, geliştirmeye ve uyumlaştırmaya tabi tutulur. Tüm çalışanlara eşit işlem yapılarak, işletme statüleri minimize edilerek ve katılım sağlanarak, personelin birbirlerine karşı saygı ve sevgilerinin korunmasına çalışılır.

Yalın üretim çalışma felsefesi, bütün işletme faaliyetlerine uygulanabilir. Bu anlamda, yalın üretim sistemi, stok birikimini önleyerek, taşıma uzaklıklarını azaltarak, iskartalı ve hatalı ürünleri en aza indirerek, kıt yerlerin maksimum kullanımını sağlayarak ve benzeri iyileştirmeleri yaparak, alımlardan üretime, üretimden dağıtım ve tüketilere kadar tüm iş akışının kesintisiz, ard arda, ne erken ne de geç, tam zamanında olmasını sağlamayı sürdürme çabasıdır.

Japonların yalın çalışma felsefesi, ürünlerin, üretim sürecinde “bir suyun akışı” gibi akmasını gerçekleştirme girişimidir. Bu akış, akıcı üretim sistemlerinde bir oranda başarılıdır. Ancak, atölye türü üretim süreçlerinde bunu gerçekleştirmek henüz zor olmakla birlikte, gerekli yaklaşımın yapılmasında büyük yararlar vardır.<sup>14</sup>

Yalın üretim felsefesi, malzeme akışı ve üretim kontrol sistemi olarak kullanıldığı gibi, üretkenlik artırımında da kullanılmaktadır. Bu noktada, üretkenliği artırmak için yapılan iş, her an sistemde darboğaz yaratan işlemleri bulup, bunları çözümlenmektedir. Eğer sistem kalıcı durumda ise, bir takım envanterler sistemden çekilerek yeni darboğaz yaratan işlemler bulunur ve bu işlemler, ana amaç olan sıfır envantere erişene kadar tekrar edilir.<sup>15</sup>

Sistemin kurucusu Taiichi Ohno, öncelikle, maliyeti artırmadan, küçük miktarlarda üretim hedefine yönelik teknik örgütlenme koşullarını oluşturmaya yönelmiş, ardından da makine parçaları ve donanımlarının değiştirilmesine harcanan zamanı olabildiğince azaltma çabası içine girmiştir.

Bütün bunlar “entegre fabrika”, “yalın üretim” ve “toplam kalite” kavramları ile şekillenen üretim modelinin, yani Toyota Üretim Sistemi’nin temel fikirleridir.

<sup>14</sup> Mehmet Şahin ve Gülten Eren, “İşletmelerde Sıfır Stokla Çalışma Sistemi”, *Anadolu Üniv. Açıköğretim Fak. Dergisi*, cilt 1 (Haziran 1994) sf 42-43

<sup>15</sup> Ceyda Oğuz ve Cemal Dinçer, “Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Talep Değişikliklerine Göre Bazı Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi Problemi”, *Tam Zamanında Üretim Sistemi Türkçe Makaleler* (Fren Yayınları, 1996 İstanbul) sf 5

Entegre fabrika, teknik boyutları ile 6 sıfırdan oluşan bir üretim modelidir. Entegre fabrika ile sıfır stok (sıfır mal fazlası, sıfır depo), sıfır hata, sıfır çelişki, üretimde sıfır ölü zaman, müşteri için sıfır bekleme süresi ve sıfır kağıt, başka bir deyişle sıfır bürokrasi ve sıfır gereksiz iletişim hedeflenmektedir.

Entegre fabrika, Toyota üretim sisteminin iki temel taşı olan “just-in-time”(tam zamanında) ve “otonomasyon” gibi, son derece basit iki prensip üzerine oturmaktadır.

Toyota Üretim Sistemi’nde just-in-time, her iş etkinliğinin istenen parçalarla, istenen zamanda ve istenen miktarlarla beslenmesi temeline dayanan bir iş örgütlenmesi ilkesidir. Her parça, montaj zinciri üzerindeki ilgili alanına, doğru zamanda gelmektedir ve depolama ihtiyacı ortaya çıkmamaktadır.

Otonomasyon kavramı ise, makinelerin doğru kullanımına ilişkin bir prensiptir ve insan-makine ilişkisinin, iş etkinliğinin azami düzeyde sağlanması yönünde kurulması ilkesine dayanmaktadır. Otonomasyon sözcüğü, otomasyon ve otonomi sözcüklerinin kombinasyonu sonucunda türetilmiş bir terimdir ve ürünlerin kalite kontrolünde, doğrudan işçilerin oto-aktivasyonu kavramını ifade etmektedir.

Fordist sistemin tipik özelliği olan ve montaj zincirinin, her koşulda çalışmasını sürdürmesi şeklindeki dogma, yalın üretim sisteminde ortadan kaldırılmıştır. Her işçi, üretimde herhangi bir hata gördüğünde ya da işini doğru biçimde gerçekleştiremediğinde, iş alanının hemen yanında konumlandırılan bir kolu çekerek ya da daha basit bir şekilde, yalnızca bir düğmeye basarak üretim bandını durdurmaktadır. Bunun anlamı, üründe herhangi bir hata söz konusu olduğunda, sistemde anında müdahale gerçekleşmesi, hatanın reel zaman içinde düzeltilmesidir. Bu reel zaman, iş süreci içinde hatanın tam olarak oluştuğu andır.

Gerek just-in-time, gerekse otomasyon, toplu üretimde oluşan bir dizi tipik yapısal engel ve sınırlamayı aşmaya yönelik ilkelerdir.

Just-in-time, büyük miktarlarda seri üretimin tipik sorunu olan, yüksek stoklama maliyetini düşürmeyi hedef almakta ve ürüne katma değer ekleyerek, fabrikanın faaliyetlerine değer kazandırmaktadır.

Otonomasyon ise, toplu üretimin diğer iki önemli sorununa karşı temel bir önlem mekanizması olarak karşımıza çıkmaktadır. Fordist sistemde montaj zincirini ne olursa olsun durdurumama eğilimi hakimdir. Bu, Fordist sistemin tipik bakış açısıdır. İş akışında herhangi bir hata ortaya çıkması halinde bile müdahale, bir sonraki sürece bi-



rakılır. Durum böyle olunca da, hata nedenlerini ortadan kaldırmak zorlaşır ya da mümkün olmaz. Büyük miktarlarda üretim söz konusu olduğunda, hata oranı da o denli yüksek olmakta; sonuçta, sonradan düzeltilmeye mahkum, büyük miktarlarda parçanın depolanma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.<sup>16</sup>

## 1.2. Yalın Üretimin Ana İlkeleri

Bugün yalın üretim olarak adlandırılan üretim ve yönetim sisteminin temel ilkeleri, ilk kez Japon Toyota firmasında atılmıştır. Toyoda ailesinin bireylerinden Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno'nun 1950'de Ford firmasını incelemek üzere Amerika'ya yaptıkları gezilerinde edindikleri bilgilerin ışığında, Ford'un yüzyılım başlarından itibaren öncülük ettiği kitle üretim sisteminin, Japonya için hiç de uygun olmadığına karar vermişlerdir. İkilinin saptamaları özetle şöyledir: Kitle üretiminde, her üretim faktörü ya da unsuru olabildiğince çok sayıda kullanılıp, üretim pek çok gereksizlik ya da israf içermektedir. İsrafin kaynağı, sistemin aşırı bir iş bölümüne dayanması, yani gerek makineler, gerekse işçilerin, çoğu kez sadece tek bir ürün için, tek bir operasyon gerçekleştirecek şekilde organize edilmeleridir. Üretim organizasyonuna bu şekilde yaklaşılması, bir yandan üretim faktörlerinin gereksiz yere kitlesel boyutta kullanılmasına yol açmakta, öte yandan da, üretime aşırı bir rijidite ve hiyerarşi getirip, üretimde esnekliğe set çekmektedir. Ayrıca işçiler, birer el gücü olarak algılanıp, beyin güçleri üretimin iyileştirilmesine kanalize edilmemekte; en kötüsü de, değişken maliyet olarak görülüp, işlerin kötü gittiği dönemlerde rahatlıkla işten çıkarılabilmektedirler. Sonuç, üretim faktörlerinin azami potansiyellerinden yararlanılmamasıdır. Gözlenen diğer bir önemli nokta, yukarıdakilerin doğal bir sonucu olarak, kalıp değiştirmenin – ya da bir üründen diğerine geçebilmek için gerekli ayarlamaların (setup) – çok uzun sürmesi, dolayısıyla yığın üretim zorunluluğu doğmasıdır.

Yalın üretim, “En az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de bire bir uyabilecek/yanıt verecek şekilde, en az israfla (daha doğrusu israfsız) ve nihayet, tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yaralanarak nasıl gerçekleştiririz?” arayışının bir sonucudur. Yalın üretim, bu hedeflerin tümünü aynı anda gerçekleştirme ilkesine dayanır ve Batı'da 1900'lerin ba-

<sup>16</sup> Taiichi Ohno, a.g.e. sf 17-19

şından beri hakim olmuş konvansiyonel kitle üretimi yaklaşımını ters yüz eden, bir anlamda her şeye alışılmışın tersi yönünde yaklaşan bir sistemdir.

Yalın üretim sisteminin geliştirilmesi sırasında, çalışanlara rehberlik etmek amacıyla konulabilecek beş ana ilkeyi şöyle ifade edebiliriz:

- Her çalışan ve çalışma birimi hem müşteri hem de sunucudur,
- Müşteriler ve sunucular, üretim sürecinin bir uzantısıdır,
- Sürekli olarak basite giden yollar aranmalıdır,
- Problemleri çözmektense, onları önlemek daha önemlidir,
- Bir şey daima ihtiyaç duyulduğu anda (tam zamanında) üretilir ya da elde edilir.<sup>17</sup>

Ayrıca bir işletmeyi yalın işletme yapan yalın ilkeler şunlardır:

**1. Değer:** Daha önce de bahsedildiği üzere, yalın düşüncenin kritik başlangıç noktası değerdir ve değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir. Geçmişte, bütün işletmelerin (günümüzde pek çok işletme), değeri, ürünü satın alacak müşterinin belirlemesi yerine, kendilerinin, müşterilerinin neye ihtiyacı olduğunu tahmin etmesi ve üretilen ürünü müşteriye dayatması, israfi üst düzeylere çıkarmış ve müşteri açısından değeri olmayan malların üretilmesine neden olmuştur.

Dolayısıyla, yalın düşünce, değer, belli müşterilerle oluşturulan diyalog sonucunda, belli fiyatlarla sunulan, belli yetkinliklere sahip olan, belli ürünler cinsinden tam ve doğru olarak tanımlanmasına yönelik bilinçli bir çabayla başlamalıdır. Bunu gerçekleştirmenin yolu, mevcut varlıklar ile teknolojileri görmezden gelerek ve firmaları güçlü, ürün odaklı ekiplere dayalı ürün grupları temelinde yeniden düşünmektir. Bu da, firmadaki teknik uzmanların rollerinin yeniden tanımlanmasını ve değer, nerede yaratılacağı konusunun yeniden düşünülmesini gerektirir.

Kısaca değer, doğru tanımlanması, yalın düşüncenin ilk kritik adımıdır. Yanlış ürün ve hizmetin, doğru biçimde üretilmesinin sonucu israf olacaktır.

**2. Değer Akımı:** Değer akımı, belli bir ürünün, işletmedeki üç kritik yönetim görevinden geçirilmesi için gerekli olan tüm belli adımları gösterir: Kavramsal boyutla başlayıp, ayrıntılı tasarım ve mühendislik çalışmalarından, üretimin başlamasına kadarki süreci içeren problem çözme görevi, siparişlerin alınmasından başlayıp, ayrıntılı

<sup>17</sup> Cemal Dinçer, Nesime Erkip, "Tam Zamanında Üretim Sistemleri: Felsefesi ve Öngördüğü İyileştirmenin Modellenmesi", *Tam Zamanında Üretim Sistemi Türkçe Makaleler* (Fren Yayınları, 1996 İstanbul) sf 33-34

çizelgeleme çalışmaları ile teslimatın yapılmasını içeren bilişim yönetimi görevi ve hammaddeden müşteriye ulaşan nihai ürüne dönüşümü içeren fiziksel dönüşüm görevi. Yalın düşüncenin bu adımında, her ürün ya da ürün grubu için değer akımının bütünüyle tanımlanması gereklidir. Bir çok şirket tarafından atlanan bu aşama ile, süreçte fark edilemeyen bir çok israf ortaya çıkar.

Değer akımının tanımlanması, her işletmede üç tip hareketin olduğunu ortaya çıkarır. Bunlardan ilki, ürünün üretilebilmesi için gerekli olan ve ürüne değer kazandıran faaliyetlerdir. Örneğin, bir arabaya motorunun monte edilmesi. İkincisi, ürüne bir değer katmadığı halde, mevcut teknolojiler ve üretim varlıkları nedeniyle, yapılması, üretimin gerçekleştirilmesi için zorunlu olan faaliyetlerdir. Örneğin, hatalı tesis yerleşimi nedeniyle ortaya çıkan, ürüne değer kazandırmayan, fabrika içi envanter taşıma maliyetleri. (Bu tip faaliyetler birinci tip muda olarak adlandırılmaktadır. Ortadan kaldırılmaları zor ve kimi zaman pahalıdır.) Üçüncüsü ise, üretim sürecinin pek çok aşamasında görülen, ürüne bir değer katmayan ve hemen ortadan kaldırılabilir tipteki faaliyetlerdir. Örneğin, bir çalışanın yaptığı kontrol faaliyetlerinin aynı amaç ve kapsamda tekrar yapılması. (Bu tip faaliyetler ikinci tip muda olarak adlandırılmaktadır. Ortadan kaldırılmaları kolay ve ucuzdur.)

**3. Akış:** Eğer değer tanımı yapılmış ve değer akımı tanımlanmış ise, bir sonraki aşama olan akışı yaratmaya geçilebilir. Bu aşamada amaç, önceki aşamalarda belirlenen değer yaratan aşamaların, akış halinde olmasının sağlanmasıdır. Bu aşama, önceki aşamalardan farklı olarak, kimi zaman yüksek maliyetlerle gerçekleştirilebilmektedir.

Yalın üretimin, seri üretimden ayrıldığı en önemli noktalardan birisi de, akışa verdiği önemdir. Klasik seri üretim yaklaşımında, makinelerin hazırlık zamanlarının çok uzun olduğu bahane edilerek, belli bir parça, siparişi olmadan, gereğinden fazla miktarda üretilmekte, bu da yüksek stok seviyelerinin oluşmasına ve siparişi olan parçanın hatta beklemesine yol açmaktadır. Yalın üretim yaklaşımında ise, makine hazırlık zamanları oldukça düşürülerek, hatta mal beklemesinin önüne geçilmiş, ayrıca sipariş edilen mallar, tam zamanında üretilerek, stok maliyetinden de kaçınılmıştır.

Yalın üretimin kritik noktalarından birisi de, tek parçalı akış sistemidir. Bu şekilde, ara stokların önüne geçilmekte, ayrıca parçanın tek hat boyunca sürekli akışı ile, günümüzde büyük önem kazanan, sipariş edilen malı hızlı üretim ve teslimat ilkesi de başarıyla gerçekleştirilmektedir.

**4. Çekme Sistemi:** Yukarıdaki başarıların kazanılmasında en büyük etkenlerden biri de çekme sistemidir. Çekme sistemi, müşteriye, çoğu zaman istemediği ürünlerin istenmeden itilmesi yerine, müşteri istediğinde, ürünün sizden çekilmesidir. Bu şekilde, müşteri tam kendisinin istediği ürünün üretileceğini bilir ve beklentilerinin tam olarak karşılanacağından emin olur; dolayısıyla talep istikrarlı bir yapıya kavuşur. Yalın üretim sisteminde, çekiş işini senkronize etmek için, hem fabrika içi işleyişte, hem de yan sanayicilerle çalışmada “kanban” denilen ve tümüyle bir bilişim sistemi olan kartlardan yararlanır. Bu sistemde, herhangi bir aşamada üretilcek her parçanın bir kanban kartı vardır. Aslında, işletme içinde iki tür kanban kartından yararlanılmaktadır. Birincisi “çekme kanbanı”, diğeri de “üretim kanbanı”dır. Çekme kanbanı, montaj hattından başlayarak, değişik atölyeler arasında parça çekilmesi sırasında kullanılır. Üretim kanbanı ise, üretime geç sinyalini verir ve her atölyenin ya da yan sanayi firmasının kendi içinde, üretimin gerçekleşmesi sırasında kullanılır. Merkezi bir bilgisayar sisteminin bile başa çıkmakta zorlanacağı ve gereken esnekliğe adapte olamayacağı bu bilgi iletişimini, kanban sistemi kolaylıkla halledebilmektedir.

**5. Mükemmellik:** Akışın yaratılması ve çekme sisteminin gerçekleştirilmesi, bir işletmede radikal değişimler olarak görülür. Bu radikal değişimlere “kaikaku” adı verilir. Kaikaku çalışmaları, bir üretim sürecinin baştan aşağıya tekrar gözden geçirilmesini gerektirir. Üretim sistemi, yalın üretim ilkelerine göre yeniden düzenlendikten sonra, mükemmellik çalışmalarında geçilebilir. Ancak bu çalışmalar, kaikaku çalışmaları gibi radikal ve büyük başarılar getiren çalışmalar olmayıp, sürekli devam eden ve süreci geliştirme yolunda daha basit gelişmeleri amaç edinen çalışmalardır. İşletmelerdeki bu tür faaliyetlere de “kaizen” denilmektedir. Kaizen faaliyetleri, bir işletmede sıfır hata gibi ulaşılması mümkün görülmeyen amaçları olduğundan, sonu olmayan devamlı iyileştirme faaliyetleridir.

### 1.3. Yalın Üretim Sisteminin Amaçları

Ürün maliyetlerinin azaltılması, özellikle ürüne değer katmayan işlemler üzerinde durularak, her türlü israfı önlemek üzere, gerekli parçalardan, gerekli miktarlarda ve gerekli zamanlarda üretimin yapılması ve üretimde çalışan işçilerin yeteneklerinin ortaya çıkarılması şeklinde bir üretim felsefesine sahip olan yalın üretim sisteminin amaçlarından bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Üretim sürecindeki stokları enküçükmek,
- Süreç stoklarındaki kontrolü basitleştirmek için, üretim miktarlarını enküçükmek,
- Bir işlem noktasından diğeri bir işlem noktasına geçebilecek talep sapmalarını önlemek, üretimdeki dengesizliğı enküçükmek,
- Kontrolü daha iyi sağlayabilmek için, atölye kontrolünü merkezi olmayan bir şekilde gerçekleştirmek,
- Kusurlu parça ve ürün sayısını azaltmak (sıfıra indirmek).

Yalın üretimin en önemli hedefi, israf olarak gördüğü her şeyi ortadan kaldırmaktır. İsrif, ürüne değer katan malzeme, makine ve işgücü gereklerini azaltmaktan öteye bir kavramdır. Değer, bir ürün üzerine gerçek bir işlemin yapılmasıyla eklenir. Tezgahta işleme, montaj, boyama, bir ürüne değer katar. Taşıma, depolama, sayma, sıralama, çizelgeleme gibi faaliyetler ise, değer değil maliyet ekler. Değer kazandırmayan maliyetler israftır. Bir ürüne doğrudan değer kazandırmayan bir şey, yok edilemezse bile en aza indirgenmelidir.

Çizelgeleme, +/- sıfır performans ile, gerekli zamanda, gerekli miktarda üretimin programlanmasıdır. Yani, eksik üretilen parça kadar, fazla üretilen bir parça da istenmez. Gerekli miktar üzerinde olan her şey israf olarak nitelendirilir; çünkü, şu anda kullanılmayacak şeyler için çaba ve malzeme tüketmek israftır.

Yalın üretim sistemi, stok değerinin reddeder. Onu, problemleri örten, ürün kalitesini engelleyici, değeri olmayan olumsuz bir moda olarak görür. Japon yöneticileri, stokları, kayalarla dolu bir göldeki suya benzetmektedirler. Stoklar, sistemli olarak azaltıldığında, esas problemler su yüzüne çıkmaya başlar ve problemlerin çözülmesini mümkün kılar.<sup>18</sup>

Yalın üretim sisteminde hammadde, süreç içi ve bitmiş mamul stokları, olabildiğince azaltılmaktadır. Stokların azaltılması, üretim tedarik süreleri ile üretim sürelerinin azaltılmasına bağlıdır. Sürelerde azaltım yapıldığında, sistemde geri besleme hızı artmakta, hızlanan geri besleme, süreçteki problemleri daha çabuk ve sık ortaya çıkartarak, küçük partileri içeren üretim hattını tamamen durdurarak, problemin, kaynağında ve derhal çözülmesini sağlamaktadır. Bu da kalite düzeyini artırmaktadır.

<sup>18</sup> Thomas E. Vollmann, William L. Berry ve D. Clay Whybark, **Manufacturing Planning and Control Systems** (McGraw-Hill, 1997) sf 95-96

Stok seviyesi düşürüldüğünde, stoklama alanlarına olan gereksinim ile stoklama maliyetleri de düşmektedir. Gereksiz olan şeyler, değerli kaynakları tüketerek yer işgal etmektedirler.

Süreç içi stoklarda yapılan azaltım, atölye akış kontrolünü kolaylaştırmakta, istenmeyen yığılmalar ortadan kalkarak, bunların durum bilgilerini öğrenmek için harcanan zaman ve bilişim harcamaları ortadan kaldırılmaktadır.

Yalın üretim ortamında, üretimin tüm aşamalarında israfın ortadan kaldırılması hedefine ulaşılabilmesi için, aşağıda belirtilen ikincil hedeflerin gerçekleştirilmesi gereklidir:

- Miktar ve çeşit açısından, talepteki aylık ve günlük dalgalanmalara, sistemin adaptasyonunu sağlamak üzere, kalite kontrol fonksiyonunun geliştirilmesi,
- Her sürecin, sonraki süreçlere, sadece iyi (hatasız) parçaları göndermesini sağlamak üzere, kalite güvencesi sisteminin kurulması,
- Sistemin, insan kaynağını kullanarak, maliyet azaltma hedefine ulaşabilmesini sağlamak üzere, insana saygının egemen olduğu bir örgüt kültürünün oluşturulması.

Yalın üretim sisteminin temel hedefine ulaşabilmek için, öncelikle bu ikincil hedeflerin, birbirleriyle olan ilişkileri de göz önüne alınarak gerçekleştirilmesi gereklidir.<sup>19</sup>

Yalın üretim sisteminin amaçlarından bir diğeri de, değişik talep koşullarına, anında ve düşük üretim değişim maliyetleriyle cevap verebilmektir. Parti büyüklüğünün ve stokların küçük olduğu bu sistem, talep değişimine hemen uyarlanabilmektedir. Talep değişimi söz konusu olduğunda, elde stok bulundurulmadığından ya da az bulundurulduğundan, hareketsiz stoklar çok az olmakta, üretim değişim geçişi için uzun süreli bekleyişler gerekmemektedir. Ancak, yalın üretim sisteminin amaçlarına ulaşabilmesi için, içinde bulunduğu sistemde bazı özelliklerin bulunması gerekmektedir.<sup>20</sup>

#### 1.4. Yalın Üretim Sisteminin Gereklileri

Japonlar tarafından geliştirilen yalın üretim kavramı, öncelikle tekrarlı üretim süreçlerine uygulanır. Ancak, bu yaklaşımın başarılı olması için, tekrarlı üretim şart değildir. Yalın üretim sisteminin pek çok yönü, atölye tipi ya da kitle tipi üretim ortamlarına da uygulanabilir. Tekrarlı üretimlerde başarılı olmasının nedeni, tekdüze bir üretim yük-

<sup>19</sup> Nesime Acar, a.g.e. sf 5

<sup>20</sup> Mehran Sepehri, *Just-in-time not Just in Japan* (American Production and Inventory Control Society Inc, 1986) sf 58

lemesinin yapılabilmesidir. Yalın üretim uygulaması için, büyük hacimler gerekmemekte, üretilenlerin tekrarlı olacak şekilde üretilmesi yeterli olmaktadır.

Yalın üretimin uygun olması için, önceden bir takım ortamlar hazırlanır. Yalın üretim, görünüşte birbirine bağlı olmayan kavram ve teknikleri içermekte ve çeşitli yollarla bunları birleştirmektedir. Fakat, bunlar aynı anda genel bir amaca doğru işletilmezler; bunlar, çoğaltılarak birbirlerinin sonuçlarını etkileyerek oluşurlar.<sup>21</sup> Bunlardan birisi grup teknolojisidir.

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

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

Ancak, grup teknolojisinin oluşturulmadığı ya da henüz geçişin yapılamadığı sistemlerde, tesis yerleşimi ya da üretim hattı, düzgün iş akışını sağlayacak şekilde olmalıdır.

Yalın üretim sisteminin temel çerçevesi, **Şekil-1**'de görüldüğü gibi, sistemin çıktıları olan maliyetler, kalite ve insana saygı olarak özetlenebilir. Bu çıktıların elde edilmesinde, dört temel kavramdan yararlanılmaktadır:

Tam zamanında kavramı, sadece gerekli parçaların, gerekli miktarlarda, gerekli olduğu zaman üretilmesi durumunu açıklar.

Otonomasyon kavramı, otonom hata kontrolü olarak tanımlanabilir. Otonomasyon, hatalı parçaların, üretim akışına karışıp, bir sonraki süreçlerde üretimi kesintiye uğratmasını engelleyerek, tam zamanın kavramını destekler.

Esnek işgücü kavramı, talep dalgalanmaları karşısında, işgücü sayısının değiştirilebilmesidir.

Yaratıcı düşünce kavramı, çalışanların önerileri ile, sürekli gelişmenin sağlanmasıdır.

<sup>21</sup> Michael J. Stahl, **Perspectives in Total Quality** (Blackwell Publishers Ltd. 1999) sf 286-287

Bu kavramların gerçekleşmesi ise, aşağıdaki sistemlerin devreye girmesi ile sağlanmaktadır:

- Tam zamanında üretimi gerçekleştirebilmek için, üretim dengeleme yöntemleri,
- Talep dalgalanmalarına uyum sağlayabilmek için, üretim dengeleme yöntemleri,
- Üretim ön sürelerini azaltmak için, tezgah hazırlık zamanlarını azaltma yöntemleri,
- Hat dengesinin sağlanabilmesi için, operasyonların standardizasyonu,
- Esnek işgücü kavramını gerçekleştirebilmek için, yerleşim planlaması ve çok fonksiyonlu işçiler,
- Sürekli gelişmeyi sağlamak üzere, sorun çözme grupları ve öneri sistemleri,
- Otonomasyon kavramını gerçekleştirmek üzere, görsel kontrol sistemleri,
- İşletme genelinde kalite kontrol yaklaşımını uygulayabilmek için, işlevsel yönetim modeli.<sup>22</sup>

Sonuçta yalın üretim sisteminin gerekleri şöyle sıralanabilir:

- Kararlı ve tekrarlı üretim çevrimi. Bu gereksinim, hazırlık sürelerinin azaltılması, kaynağında kalite kontrolünün yapılması ve makine arızalarının enazlanması ile karşılanabilir,
- Malzeme taşıma ve stoklama elverdiğince en düşük düzeyde tutulmalıdır. Bu gereksinim, mevcut donanımın, iş akışına göre düzenlenmesi ile gerçekleştirilebilir,
- Eş zamanlı bir üretim yapılmalıdır. Bunun için, çok fonksiyonlu işçilere ihtiyaç vardır. Ayrıca, düzgün üretim yüklemesi yapılmalı, üretim çizelgeleri ile üretim uyusmalıdır,
- Çekme sistemi yerleştirilmelidir. Bunun için, tüketilen oranda üretim yapılması gereklidir. Bunun için, kanban sistemi kullanılabilmesi gibi, bilgisayarlı kontrol sistemlerinden de yararlanılabilir.

Bu gereklerin yanında, sistemde bazı varsayımlar da bulunmaktadır. Bunlar:

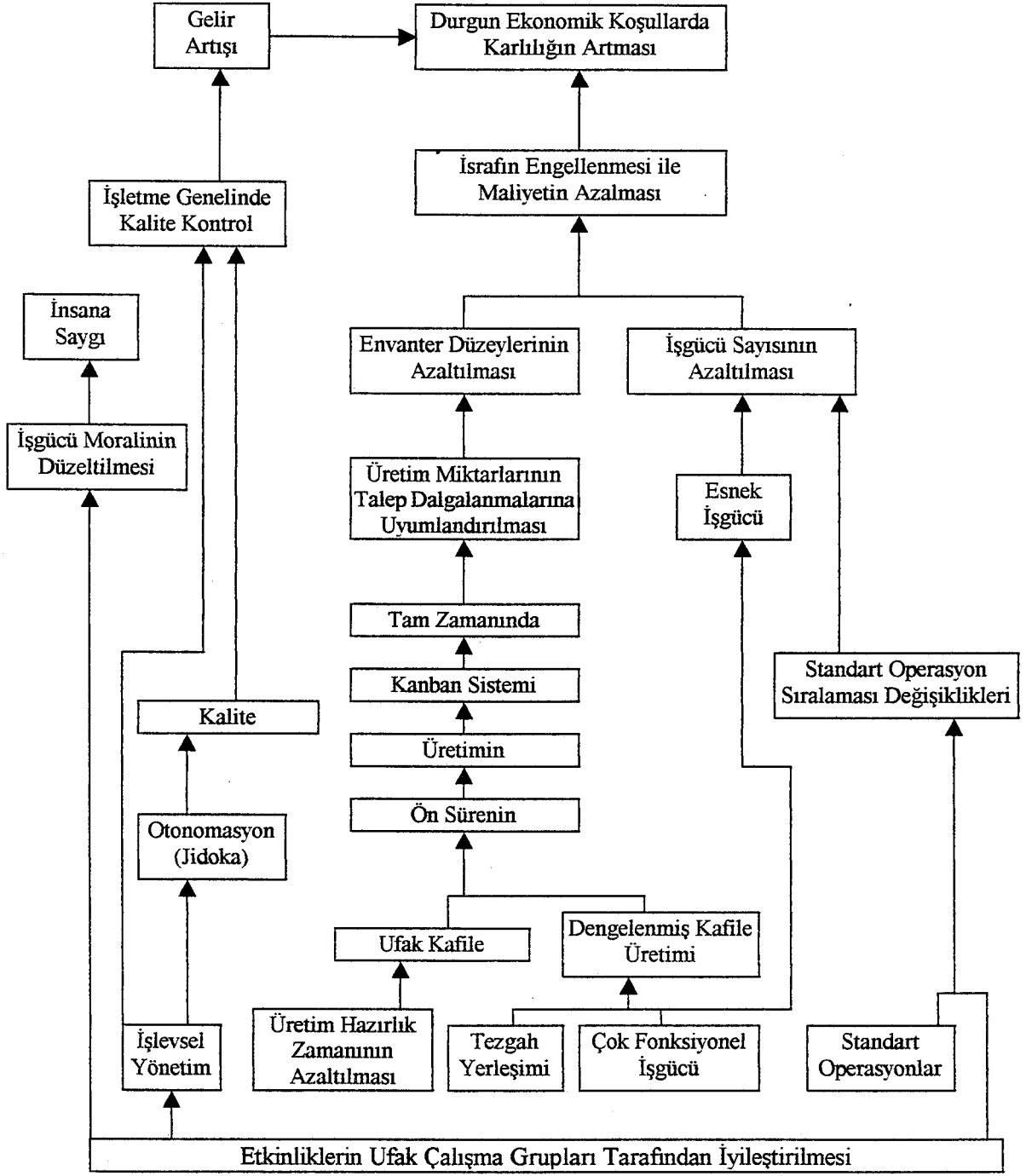
<sup>22</sup> Nesime Acar, a.g.e. sf 6-7



- Üretim kanbanı olmadan, hiçbir aşamada üretim başlatılamaz. Benzer şekilde, malzeme kanbanı olmadan da hiçbir safha malzeme çekemez,
  - Her dönemin çizelgelemesi hemen hemen birbirinin aynıdır,
  - Gerçekleşen üretim ile çizelgelemedeki üretim birbirine eşit ya da çok yakındır,
  - Safhalar arasında taşınan miktarlar mümkün olduğunca küçüktür.<sup>23</sup>
- Bu özelliklere sahip olan bir sistem, yalın üretim sistemi için idealdir.

---

<sup>23</sup> O. Kimura, H. Tereda, "Design and Analysis of Pull Systems a Method of Multi-Stage Production Control", **The Journal of Production Research**, c:19, s:3, (1981) sf 242



**Şekil-1: Yalın Üretim Sistemi**

**Kaynak:** Yasuhiro Monden, *Toyota Production System* (Industrial Engineering and Management Press, 1986)

## 1.5. Yalın Üretim Alt Sistemleri

Sistem, temelde iki alt sistemden oluşmaktadır. Her ikisi de aynı felsefenin ürünü olarak doğmuş ve gelişmiştir. Birbiriyle ilintili olan bu alt sistemleri, 1) üretime dar anlamıyla yaklaştığımızda, yani herhangi bir fabrikanın iç işleyişi ve organizasyonuna baktığımızda gördüğümüz teknikler, ilkeler, modeller, 2) günümüzde giderek daha da önem kazanan, hatta üretimin çoğu yükünü omuzlarında taşıyan yan sanayilerin, üretim entegrasyonu, yani ana sanayi-yan sanayi ilişkilerinde gözlemlediğimiz teknikler ve ilkeler olarak gruplandırabiliriz.

Yalın üretimde, her iki alt sistem de eşit derecede etkin ve önemlidir ve her ikisinde de başlı başına ele alınmayı hak eden sayısız teknik ve yaklaşım tarzları vardır. Burada ikinci alt sistem üzerinde özellikle durulmalıdır. Türkiye dahil çoğu ülkede görülen odur ki, yalın üretim sürecine giren firmalar, genellikle birinci alt sistemin bileşenlerini bünyesine almakla yetinmekte, ikinci alt sistemi arka planda tutmaktadırlar. Oysa yalın üretimde, yan sanayi yönetimi, bugün başlı başına ele alınan, olmazsa olmaz önemde bir konudur.

## 1.6. Yalın Üretim Sisteminin Tasarımı

Yalın üretim felsefesinin uygulanacağı bir sistemde, öncelikle düzgün ve kesiksiz üretim akışı sağlayabilecek grup teknolojisine ve esnek üretim sistemi felsefesine uygun bir yerleşim yapılmalı, daha sonra da, operasyon, donanım ve ürün özelliğine göre süreçteki istasyonlar belirlenmelidir. Bu istasyonlardan her biri, safha olarak tanımlanmaktadır.

Süreçteki safhaların üretim kapasitesi, üretim yoğunluğu ve birim yükleri farklı olabilir. Bunun sonucunda, bir safhadan diğer safhaya parça akışı olduğunda, safhalar arası parça yığılmaları veya bir önceki safhadan parça bekleyerek boş duran üretim istasyonları ile karşılaşılabilir. Bunun için, bazı istasyonlarda düşük seviyede tampon stoklarına göz yumulabilir.<sup>24</sup>

Üretimin dengeli olabilmesi için, birim yük büyüklüğünün ve tampon stokların belirlenmesi gerekmektedir. Bunun dengelenmesinde,

- Her bir aşamada belirli bir düzeyde stok bulundurulabilir,

<sup>24</sup> Nihat Yüzügülü ve Ayfer Doyuran, a.g.e. sf 91-92

- Mevcut süreç, bir önceki süreçte tüketilen miktarlar kadar sipariş verir ve malzemeler bu şekilde yenilenir,

Ancak bunun sağlanması için,

- Yeniden sipariş verme noktasının ve miktarının belirlenmesi,
- Her durum için stok seviyesinin ve siparişin geri dönüş hız ve süresinin bilinmesi,
- Yeniden sipariş verme noktasının altındaki parçaların kontrolünde, sürekliliğin sağlanması gerekmektedir.

Sistem, yukarıda açıklanan gereksinimleri karşılayabilecek bir biçimde tasarlanmalıdır. Üretim sistemi tasarımında, birim yük miktarı tasarlandıktan sonra, safhalar arasında, bu miktardaki malzemeleri taşıyacak taşıyıcılar (konteynerler) tasarlanır.

Yalın üretim sistemi tasarımında dikkat edilecek noktalardan birisi de, çalışacak işçilerin çok fonksiyonlu olmaları gerektiğidir. Birden fazla iş istasyonunda çalışabilecek nitelikte veya bu şekilde eğitilmiş işçiler sayesinde, elde edilecek verim daha yüksek olacaktır. Üretim sisteminin bu şekilde tasarımı yapıldıktan sonra, atölye bilgi akışı ve safhalar arası üretim kontrolünü sağlamak üzere, kanban sistemi geliştirilir. Kanban, son montaj sırasından gelen talep ve üretimin olduğu sistemlerde, sipariş çekme tipidir. Aynı zamanda, malzeme akış kontrol sistemi olup, fonksiyonları aşağıda sıralanmıştır:

- Üretim kontrolü, son montaj hattına, son üretim sıralamasını verir,
- Son montaj hattı, kendisini besleyen iş merkezlerinden, gerektiği zaman küçük miktarlarda parça çeker,
- İş merkezleri, son montaja parça verdikten sonra, son montajın çektiği miktar kadar parça üretirler,
- Son montaja parça yollayan iş merkezleri, kendilerinden önce gelen ve kendilerini besleyen iş merkezlerinden küçük miktarlarda parça çekerler,
- Bunlar olurken, her bir iş merkezi, gereken zamanda ve gereken miktarda kendilerini besleyen iş merkezlerinden parça çekerler.<sup>25</sup>

Yalın üretim sistemi için,

- Kararlı bir kesikli üretim,
- Esnek makineler ve çok fonksiyonlu işçiler,

<sup>25</sup> O. Kimura ve H. Tereda, a.g.e. sf 243

- Teknoloji ayarlaması ve örgütsel değişiklikler,
- Esnek çalışma saatleri,
- Montaj çizelgelemede doğru ürün karışımı,
- Karar vermede yeterli miktarda atölye grup çalışması,
- Küçük hazırlık zamanı ve maliyeti dolayısıyla, öbek büyüklüğünde ve ön sürelerde azalma sağlanmalıdır.<sup>26</sup>

Yukarıda sayılan özelliklere sahip olan kesikli üretim, yalın üretim sistemi için idealdir. Fakat, yalın üretim sisteminin kesikli üretime uygulanabilir olmasındaki en önemli etken, kararlı tesis yükü olduğundan, eğer bu özellik diğer sistemlerde de yerleştirilebilirse, yalın üretim sistemi bu sistemlerde de başarılı olabilir.

### 1.7. Yalın Üretim Sisteminin Modellenmesi

Yalın üretim sisteminin felsefesi gereği, üretim dışında her türlü harcamanın, israf olarak kabul edildiği bir sistemde, sermaye, işgücü ve donanım kaynaklarının talebi karşılamak üzere, en iyi şekilde kullanılması zorunludur.

Safhalar arasında ara stoklar, bir başka deyişle tampon stoklar bulunmaktadır. Bu stok miktarları öyle saptanmalıdır ki,

- İzleyen safha, izlenen safhadan parça çekimi yaptığında, bu çekim talebi karşılamalı,
- Kendi safhasından gelen, üretimi yapılmış parçaların eklenmesiyle, yığılmalar olmamalı ve maliyet açısından uygun olmalı,
- Üretim istasyonlarına, kanban tarafından verilen sipariş büyüklükleri, öncelikle bu istasyonun kapasitesine uygun olmalı,
- Diğer taraftan, kendisinden sonra gelen iş istasyonunun taleplerine karşılık verebilecek şekilde belirlenmeli,
- Ayrıca, üretim akışı esnasında, belli iş istasyonlarında yığılmalara ya da boş veya az kapasiteli çalışmalara izin verilmeyecek bir iş yüklemesi, iş akışı ve sipariş büyüklükleri belirlenmelidir.

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

<sup>26</sup> Ceyda Oğuz, ve Cemal Dinçer, a.g.e. sf 6

amaçla, yalın üretim sisteminin tasarımına yönelik olarak, matematiksel modellerden ve benzetim yaklaşımlarından yararlanılabilir.

### 1.7.1. Matematiksel Model Yaklaşımı

Yalın üretim kavramı için geliştirilen model, öncelikle doğrusal olmayan bir yapıya sahip olan, çok safhalı, çok devreli, tek hatlı, tek parça üretim sistemleri için uygulanabilir özelliğe sahiptir.<sup>27</sup>

#### Modelin varsayımları:

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

#### Modelin tanımlanması:

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

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

Bu veriler ışığında, toplam maliyeti en küçükleyecek biçimde, birim yük büyüklüğü, üretim miktarı, üretim kapasitesi, stok seviyesi, yok satma miktarı ve stok kapasitesi, modelin çözümüyle elde edilmeye çalışılır.

#### Tanımlamalar:

İndisler:

n : üretim safha sayısı ( $n = 1, 2, \dots, N$ )

t : devreler ( $t = 1, 2, \dots, T$ )

#### • Parametreler:

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

$S^n$  : n safhasında yok satma maliyeti (TL/parça-devre)

$K^n$  : taşıyıcı maliyeti (TL/taşıyıcı)

<sup>27</sup> O. Kimura ve H. Tereda, a.g.e. sf 241-253

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

$p$  : çekme hızı (taşıyıcı/devre)

$D_t$  : t devresindeki ürün talebi (parça)

$L^n$  : n safhasındaki üretim ön süresi

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

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

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

• Karar değişkenleri:

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

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

$M^n$  : n safhasında birim yük büyüklüğü

$C^n$  : n safhasında üretim kapasitesi

$W_t^n$  : n safhasında ve t devresi sonunda tam dolmamış taşıyıcıda kalan parça sayısı

$I_t^n$  : n safhasında ve t devresindeki ara stokta bulunan dolu taşıyıcı sayısı (taşınan stok miktarı)

$B_t^n$  : n safhasında ve t devresindeki ara stokta bulunan boş taşıyıcı sayısı (yok satma miktarı)

$X^n$  : n safhasındaki ara stok kapasitesi

Kurulacak modelde amaç, üretim, stoklama, yok satma ve taşıyıcı maliyetinden oluşan toplam maliyeti en küçükleme şeklindedir. Bu amaç sağlanırken, sistemde üretim ve stok dengelerinin sağlanmasıyla, talebin karşılanması gerekmektedir. Modelde sağlanması gereken koşullar aşağıdaki gibidir:

- Üretim miktarı için : N dönemi hariç, tüm dönem ve safhalarda üretim miktarı,
  - Üretim emri miktarı,
  - Üretim kapasitesi,
  - Bir sonraki safhaya ait olmak üzere, safhanın üretimi ile, bir önceki dönemden kalan stok miktarı toplamı değerlerinden en küçük olanı kadar olmalıdır. (Bulunulan devreden bir sonraki devreye aktarılan miktarlar, bu devredeki üretim miktarına eşit

olmalıdır. Üretimin yanında bir önceki devreden kalan stokların da işleneceği göz önüne alınmalıdır. Aksi halde, izleyen safhada kuyruklar oluşur.)

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

Yukarıdaki özellikleri içeren (3) ve (4) nolu denklemler, üretim miktarını belirlemede kullanılır.

- Safhalar arası stoklar için:

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

(5), (6), (15) ve (16) nolu denklemler sistemde stok dengesini belirlemektedirler.

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

(17), (18) ve (19) nolu ifadeler yukarıda sözü edilenleri sağlamaktadırlar.

- Yarı dolu taşıyıcılar için parça denklemi:

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

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

- herhangi bir safhada iken, yarı dolu taşıyıcıdaki parça sayısı, bir önceki safhadan devredilen parça sayısı ile üretim emri miktarından, izleyen safhanın üretim emrinin çıkartılmasıyla elde edilir. Buna göre, devredilen parça sayısı ile üretim emri, izleyen safha üretiminden büyük ise, taşıyıcı doldurulmaksızın belirlenen kadar parça üretimi yapılır. Üretim miktarı büyük ise, fazladan üretim yapmaya gerek yoktur.

(7), (8), (9) ve (20) nolu ifadeler yarı dolu taşıyıcılar için parça sayısını belirlemede kullanılır.



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

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

Bunları, (10), (11), (12), (13) ve (14) nolu denklemler ifade eder:

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

**MODEL:** (TM: Toplam Maliyet)

$$enkTM = \sum_{n,t} (P_t^n M^n + W_t^n) U_t^n + \sum_{n,t} M^n H^n I_t^n + \sum_{n,t} M^n S^n B_t^n + \sum_{n,t} AFC^n a^n M^n P_t^n - \sum_n K^n X^n$$

$$M^n \geq 1, \forall n \dots \dots \dots (1)$$

$$M^n \leq CC^n, \forall n \dots \dots \dots (2)$$

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

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

$$I_t^1 = I_{t-1}^1 + P_{t-1}^1 - \frac{D_t}{M^1}, \forall t \dots \dots \dots (5)$$

$$I_t^n = I_{t-1}^n + P_{t-1}^n - P_t^{n-1}, \forall t, n = 2, \dots, N \dots \dots \dots (6)$$

$$W_1^1 = M^1 O_1^1 - D_1 \dots \dots \dots (7)$$

$$W_t^1 = W_{t-1}^1 + M^1 O_t^1 - D_t, t = 2, \dots, T \dots \dots \dots (8)$$

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

$$O_1^1 = \left[ \frac{D_1}{M^1} \right]_+ \dots \dots \dots (10)$$

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

$$O_1^n = \left[ \frac{P_1^{n-1} M^{n-1}}{M^n} \right]_+, n = 2, \dots, N \dots \dots \dots (12)$$

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

$$I_0^n = X^n, \forall n \dots\dots\dots(14)$$

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

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

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

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

$$X^n \geq P_t^n, \forall t, n \dots\dots\dots(19)$$

$$W_t^n \leq M^n - 1, \forall t, n \dots\dots\dots(20)$$

$$C^n > p, \forall n \dots\dots\dots(21)$$

$$C < \frac{1}{a^n M^n}, \forall n \dots\dots\dots(22)$$

$$O_t^n, W_t^n \geq 0, \forall t, n \dots\dots\dots(23)$$

Geliştirilen bu modelin doğrusal olmamasına neden olan, birim yük büyüklüğü değişkenidir. Eğer bu değişken, modelde parametre olarak tanımlanabilirse, model doğrusal bir yapıya dönüştürülmüş olur. Ayrıca, bir takım değişkenlerin tam sayı olma zorunluluğu, modelin çözümünü güçleştirmektedir.

Birim yük büyüklüğü değişkeni, parametre olarak alınır ve tam sayı kısıtı kaldırılırsa, modelin çözümü kolaylaşacaktır. Çözüm sonucunda, tam sayı olmayan değişkenler tam sayıya dönüştürülerek, amaç fonksiyonu değeri ve değişimi gözlenebilir.

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

#### Geliştirilmiş Model

Amaç fonksiyonu toplam maliyetin en az olması şeklindedir.

$$\text{enkTM} = \sum_{n,t} (U_t^n + \text{AFC}^n a^n) M^n P_t^n + \sum_{n,t} U_t^n W_t^n + \sum_{n,t} H^n M^n I_t^n + \sum_{n,t} S^n M^n B_t^n - \sum_n K^n X^n$$

► Kısıtlar

(1) Elverişli olan en fazla üretim miktarı,

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

$$M^n P_t^n + W_t^n - M^n C^n \leq 0, \forall t, n \dots\dots\dots(24)$$

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

$$M^n P_1^n + W_1^n - M^{n+1} P_1^{n+1} \leq M^{n+1} I_0^{n+1}, n = 1, \dots, N-1 \dots\dots\dots(25)$$

$$M^n P_t^n + W_t^n - M^{n+1} I_{t-1}^{n+1} + M^{n+1} B_{t-1}^{n+1} - M^{n+1} P_{t-1}^{n+1} \leq 0, t = 2, \dots, T, n = 1, \dots, N-1 \dots\dots\dots(26)$$

$$M^N P_1^N + W_1^N \leq X^{N+1} \dots\dots\dots(27)$$

$$M^N P_t^N + W_t^N \leq I_{t-1}^{N+1}, t = 2, \dots, T \dots\dots\dots(28)$$

(c) Üretim miktarı boş ara stok miktarını (boş ara stok kapasitesi – eldeki stok miktarı) aşmamalıdır.

$$P_1^n - X^n \leq -I_0^n, \forall n \dots\dots\dots(29)$$

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

(2) Kısmen dolmuş taşıyıcıda kalan parçalar için denge denklemi

$$W_1^1 = M^1 O_1^1 - D_1 \dots\dots\dots(31)$$

$$W_t^1 = W_{t-1}^1 + M^1 O_t^1 - D_t, t = 2, \dots, T \dots\dots\dots(32)$$

$$W_t^n = W_{t-1}^n + M^n O_t^n - M^{n-1} P_{t-1}^{n-1}, \forall t, n = 2, \dots, N \dots\dots\dots(33)$$

şeklinde olmalıdır.

(3) Net stok denge denklemi (parça cinsinden)

$$M^1 B_1^1 - M^1 I_1^1 + M^1 P_{1-L}^1 = D_1 - M I_0^1 \dots\dots\dots(34)$$

$$M^1 B_t^1 - M^1 B_{t-1}^1 - M^1 I_t^1 + M^1 I_{t-1}^1 + M^1 P_{t-L}^1 = D_t, t = 2, \dots, T \dots\dots\dots(35)$$

$$M^n B_1^n - M^n I_1^n + M^n P_{1-L}^n - M^{n-1} P_1^{n-1} - W_1^{n-1} = -M^n I_0^n, n = 2, \dots, N \dots\dots\dots(36)$$

$$M^n B_t^n - M^n B_{t-1}^n - M^n I_t^n + M^n I_{t-1}^n - M^n P_{t-L}^n - M^{n-1} P_t^{n-1} - W_t^{n-1} = 0$$

$$t = 2, \dots, T, n = 2, \dots, N \dots\dots\dots(37)$$

(4) Üretim emri miktarı için denge denklemi (parça cinsinden; üretim emri miktarı = talep (veya bir sonraki safhanın toplam üretim miktarı) – önceki dönemin yok

satma miktarı – önceki dönemin eldeki stok miktarı – önceki dönemde kısmen doldurulmuş taşıyıcıdaki parça sayısı)

$$M^1 O_1^1 = D_1 - M^1 I_0^1 \dots\dots\dots(38)$$

$$M^1 O_t^1 - M^1 B_{t-1}^1 + M^1 I_{t-1}^1 + W_{t-1}^1 = D_t, t = 2, \dots, T \dots\dots\dots(39)$$

$$M^n O_1^n - M^{n-1} P_1^{n-1} - W_1^{n-1} = M^n I_0^n, n = 2, \dots, N \dots\dots\dots(40)$$

$$M^n O_t^n - M^n B_{t-1}^n + M^n I_{t-1}^n - M^{n-1} P_t^{n-1} + W_{t-1}^n - W_t^{n-1} = 0, t = 2, \dots, T, n = 2, \dots, N \dots(41)$$

(5) Ara stok kapasitesi için sınırlar

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

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

(6) Kısmen doldurulmuş taşıyıcıdaki parçalar için üst sınır

$$W_t^n \leq M^n - 1, \forall t, n \dots\dots\dots(44)$$

(7) Kapasite için alt ve üst sınırlar

$$C^n > p, \forall n \dots\dots\dots(45)$$

$$C^n < \frac{1}{a^n M^n}, \forall n \dots\dots\dots(46)$$

(8) Negatif olmama kısıtları

$$O_t^n, W_t^n > 0, \forall t, n \dots\dots\dots(47)$$

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

Bu şekilde oluşturulacak modellerin el ile çözümleri imkansızdır. Bu yüzden bilgisayar yardımıyla çözüm yoluna gidilmektedir. Fakat, model büyüdükçe kontrol güçleşmektedir. Modelin boyutunu küçük tutmak amacıyla, sistemin üretim periyot sayısı küçük tutulmalıdır. Kısa dönemde ele alınıp geliştirilen modeller ise, uzun dönemli sistem değişimlerini, talep değişimi etkilerini ortaya koyamamaktadır.

Bu modellerden elde edilen önemli sonuçlar, birim yük büyüklüğünün saptanması, buna bağlı olarak maliyet değişimlerinin belirlenmesidir.

# ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

## YALIN ÜRETİMDE TAM ZAMANINDA ÜRETİM ORGANİZASYONU

### 1. Stoksuz Çalışma

Stoksuz çalışma, adını, malzeme ikmalinin ne önce ne de sonra, tam ihtiyaç duyulduğu anda yapılması düşüncesinden alır. Hammadde dahil tüm malzeme ihtiyacının, tam ihtiyaç duyulduğu anda temin edilmesi, bir taraftan sürece girmek için depolarda atıl olarak bekleyecek pahalı malzeme israfını, diğer taraftan da malzemenin geç temin edilmesi nedeniyle, pahalı üretim kaynaklarının boş bekleme israfını önlemiş olur. Stoksuz çalışma yaklaşımı, sonuçta ıskarta, kusurlu üretim, yer israfı, fazla stok bulundurma, atıl kapasite ve benzeri israfların ortadan kalkmasını sağlar.

Stoksuz çalışma düşüncesi, bütün işletme faaliyetlerine uygulanabilir. Bu anlamda, sıfır stokla çalışma, stok birikimini önleyerek, taşıma uzaklıklarını azaltarak, ıskartaları ve kusurlu üretimleri en aza indirerek, kıt yerlerin maksimum kullanımını sağlayarak ve benzeri iyileştirmeleri yaparak, alımlardan üretime, dağıtım ve tüketici-lere kadar, tüm iş akışının kesintisiz, ard arda, ne erken ne de geç, tam zamanında olmasını sağlamayı sürdürme çabasıdır.

Önceki ve ilerleyen bölümlerde, sıfır stokla çalışma yaklaşımı konusunda yeterli bilgi verilmiştir. Bu yüzden burada, stoksuz çalışma nedenleri sıralanmakla yetinilecektir.

Stoksuz çalışma nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) Stok, her şeyden önce zamanından önce ve gerekenden fazla üretmek demektir. Gerekenden önce ve fazla üretmek, gerektiğinden fazla işgücü, ekipman, mekan ve enerji kullanılması anlamına gelir.

2) Stok, üretim sürecinin tümü içinde bir beklemeyi ifade eder. Gerek işlenmekte olan parçaların, gerek fabrika içi atölyelerden ya da yan sanayiden gelmiş bitmiş parçaların, gerekse nihai ürünün stoklanması demek, bir yerde, hiçbir işlem görmeden beklemeleri demektir. Oysa, üretimin hangi aşamasında olursa olsun, bekleme, ürüne hiçbir değer katmayan, üstelik üretkenliği düşürücü, maliyetleri artırıcı, üretim sürelerini uzatıcı bir faktördür, bir israftır.

3) Stoğun en büyük zararlarından biri de, sermaye dönüşüm hızını ve dolayısıyla karlılığı düşürmesidir.

4) Stoğun bir başka olumsuz yan etkisi de, fırsat maliyetleri ile ilgilidir. Bir firma, stoğa yatırdığı nakiti, örneğin bankaya ya da bir başka girişime yatırmış olsa, kendine faiz ya da kar şeklinde bir getiri sağlayabilecektir. Aynı nakiti stoğa yatırmakla, bu fırsattan yoksun kalmaktadır.

5) Stok, müşteri talebinin değişkenliğini takip etme, müşteri talebine anında yanıt verme olanağını da önler. Çünkü, talep ne olursa olsun, stoktaki ürünün kullanılması, satılmasını, daha doğrusu müşteriye empoze edilmesini gerekli kılar. Oysa, pazarın bir satıcı pazarı olmaktan çıkıp, bir alıcı pazarına dönüştüğü yoğun rekabet koşullarında, stokla çalışmak, ne kadar iyi planlama yapılırsa yapılsın, firmanın üzerine risk alması demektir.

6) Şirketlerin stoklu çalışmalarının, özellikle enflasyonist ortamlarda, ekonomilerdeki dalgalanmayı kamçılایıcı bir özelliğı vardır. Bu tür ortamlarda, stok artmasının bir nedeni, firmaların, ileride fiyatların artacağı şeklindeki spekülative beklentileridir. Oysa arz-talep yasasına göre, ürünler stokta tutulup pazara sunulmadığında, fiyatlar giderek artmakta ve bir noktada fiyat artışı talebi frenleyip, düşürmektedir. Bu durumda firmalar, üretimi durdurup stoklarını eritmeye çalışırlar. Stoksuz çalışma, ekonomilerdeki bu dalgalanmaları da dizginleyici, istikrarı teşvik edici bir özellik taşıır ve sonuç olarak, sadece halk değil, firmaların kendileri de kazançlı çıkarlar.

## 2. Kanban Sistemi

Yalın üretim felsefesi, gerekli parçaların, gerekli miktarda, gerekli yerde, gerekli zamanda ve gereken kalitede üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu üretim sisteminin ana mekanizmasını, çekme sistemi oluşturmaktadır. Çekme sisteminde, üretim safhaları arasında parça ve malzeme transferleri ile her bir üretim safhası için üretim miktarının, bu safhalara iletilmesinde, bir bilgi akış sisteminin bulunmasının gerekliliğı açıktır. Bu amaçla, yalın üretim bilişim sistemi olarak, Toyota Motor Fabrikası'nda Kanban sistemi geliştirilmiştir.

Kanban sistemi, bir çekme sistemi aracıdır. Üretim sisteminde, bir bilişim sistemidir ve bir atölye kontrol sistemi olarak kullanıldığında, fiziksel olarak malzeme akışının tersi yönde hareket etmektedir.

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

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

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

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

- Parça nosu ve adı,
- Önceden belirlenmiş taşıyıcı kapasitesi. Kapasiteyi belirleyen sayı bir tam sayıyla çarpıldığında sipariş miktarını verebilmelidir,
- İzleyen safha : imalat atölyesi, montaj hattı, depo alanı vb. olabilir,
- İzlenen safha : imalat atölyesi, montaj hattı, depo alanı vb. olabilir.

Bu bilgilerin yanı sıra, üretim tipi ve özelliklerine göre gerekli görülen başka bilgiler de kanban üzerine ilave edilebilir.

**Şekil-2'**de bu bilgileri içeren genel bir kanban tasarımı verilmiştir.

Safhalar arasında, malzeme çekiminde ve üretim emrinde kullanılan kanbanlarda belirtilen miktardan az ya da çok parça çekilmez veya az ya da çok üretim yapılmaz.

İş merkezleri arasında hareket eden kanbanların, farklı alanlarda, farklı isteklere cevap verebilmesi amacıyla farklı tiplerde tasarlanmışlardır.

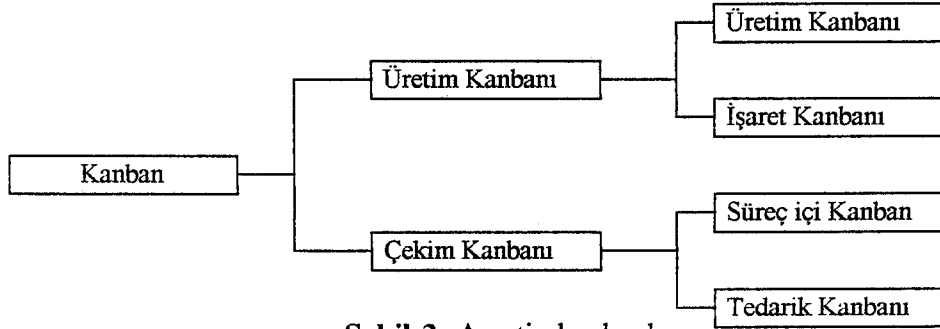
Üretim Hat No	.....	İzleyen Safha
Parça No	.....	
Parça Adı	.....	
Taşıyıcı Tipi	.....	
Taşıyıcı Kapasitesi	.....	
		İzlenen Safha

Şekil-2: Genel bir kanban yapısı

## 2.1. Kanban Tipleri

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

Ana tip kanbanların sınıflanması aşağıda Şekil-3’de gösterildiği gibi yapılır.



Şekil-3: Ana tip kanbanlar

### 2.1.1. Ana Tip Kanbanlar

#### 1. Üretim – Sipariş Kanbanı:

Üretim – sipariş kanbanı ya da kısaca üretim kanbanı, bir önceki üretim aşamasının hangi çeşit ve miktarda üretim yapması gerektiğini belirler.

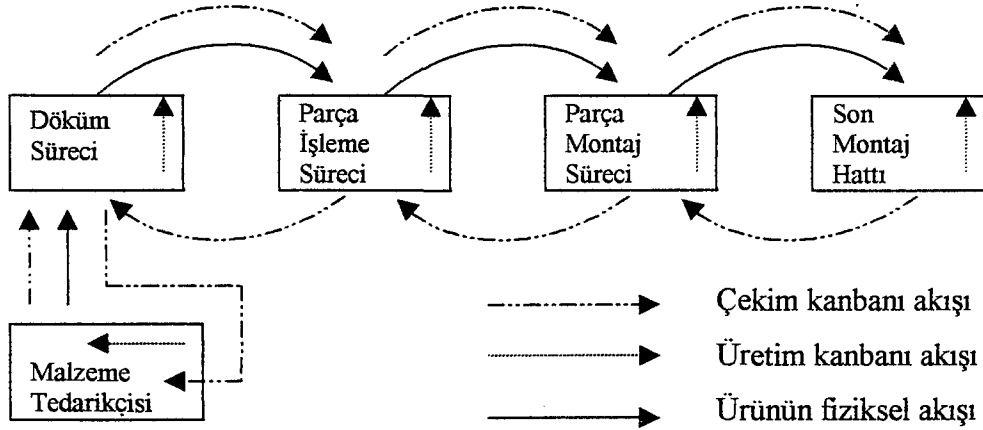
#### 2. Çekme Kanbanı:

Çekme kanbanı, bir safhanın kendisinden önceki safhadan çekeceği ürünün miktarını ve türünü belirten bir karttır.



Bir çekme kanbanının faaliyet gösterebilmesi için, izleyen safhanın üretim yapması gerekmektedir. Yani çekme kanbanı ile parça çekimi, üretimin yapılıp yapılmamasına bağlıdır.

Bu iki tip kanban birbirleriyle zincirleme olarak süreçte yer almaktadır. Bunun sonucu olarak her bir süreç, gerekli zamanda ve miktarda, gerekli parçaları kullanır ya da üretirler. Kanban zinciri, süreçler arasında üretimin dengeli olmasını sağlar. Şekil-4’de kanban zinciri gösterilmektedir.



Şekil-4: Kanban zinciri

**Kaynak:** Yasuhiro Monden, *Toyota Production System* (Industrial Engineering and Management Press, 1986)

## 2.1.2. Diğer Tip Kanbanlar

### 1. Ekspres Kanbanı:

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

### 2. Aciliyet Kanbanı:

Aciliyet kanbanı, hatalı parçalar, makinelerde meydana gelebilecek arızalar gibi olağan dışı durumlarda, geçici bir süre için kullanılmaktadır. Çekim ya da üretim kanbanı yerine kullanılabilen aciliyet kanbanı, arıza durumunun ortadan kaldırılmasıyla derhal süreçten kaldırılır.

### 3. Tedarikçi Kanbanı:

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

### 4. İşaret Kanbanı:

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

### 5. İş Emri Kanbanı:

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

### 6. Tünel Kanbanı:

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

### 7. Genel Kanban:

İki iş istasyonu arası oldukça kısa ve bu iki iş istasyonuna tek bir iş gören bakıyorsa, çekim kanbanı ve üretim kanbanı yerine tek bir kanban kullanılabilir. Bu tür kullanımlarda yer alan kanbana genel kanban adı verilir.

## 2.2. Kanban Kuralları

Kanbanların, tam zamanında üretim amacıyla kullanılabilmesi için, aşağıda belirtilen kurallara uyulması gerekir.

**Kural 1:** Sonraki üretim süreci, önceki süreçten gerekli parçaları gerekli miktarlarda ve gereken zamanda çekmelidir.

Çok basit görünmekle birlikte, Kural 1 aslında, üretim sisteminin tümüyle değiştirilmesi anlamına gelir. Bu kuralın uygulanabilmesi için, üst yönetimin, daha önceki üretim, taşıma ve teslimat akış yönünü değiştirmeye karar vermesi gereklidir ve bu oldukça kritik bir karardır.

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.
- Fiziksel ürüne daima bir kanban yapıştırılmış olmalıdır.

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

- i) Üretim hızının zaman boyutunda dengelenmesi,
- ii) Süreçlere ilişkin yerleşim planlarının revize edilmesi,
- iii) Üretim yöntemlerinin standardizasyonunun gerçekleştirilmesi gereklidir.

Özellikle günlük üretim miktarlarının dengelenmesi, başka bir anlatımla, üretim miktarlarının günden güne değişmemesi, Kural 1'in uygulanabilmesinde en önemli koşuldur. Diğer taraftan, sadece Kural 1'in uygulanması, tam zamanında üretimin gerçekleştirilmesi için yeterli olmayacaktır; çünkü, kanban yalnızca her süreçte günlük üretimi belirleyen bir yükleme aracıdır.

Aslında, kanban sistemi, üretim planlamanın en son aşaması olan üretim kontrol ya da çizelgeleme aşamasında kullanılmak üzere geliştirilmiş bir sistemdir.

Bu nedenle, kanban uygulamasına geçmeden önce, işletmede ana üretim planlama sisteminin büyük bir titizlikle kurulmuş olması gereklidir. Bu şekilde, gerek işletme içindeki üretim birimleri, gerekse satıcılar, planlama ufku boyunca, dönemler bazında gerçekleştirilecek üretim miktarları hakkında bilgi sahibi olabileceklerdir.

**Kural 2:** Önceki üretim süreci, sonraki süreç tarafından çekilen miktar kadar üretim yapmak zorundadır.

1 ve 2 No'lu kanban kuralları yerine getirildiğinde, tüm üretim süreçleri bir konveyör hattı gibi birleşmiş olacaktır. Süreçler arasında üretim zamanlarının dengelenmesi ise, bu iki kurala uyularak sağlanacaktır. Üretim süreçlerinden herhangi birinde bir problem olması halinde, tüm hattın durması söz konusu olabilecek, ancak süreçler arası denge yeniden sağlanacaktır.

Sonuç olarak, süreçler arasındaki envanterlerde önemli bir azalma sağlanacaktır.

Kural 2'nin 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.

Sonraki üretim süreci, ufak kafielerde düzgün üretim hızı sağlamak isteyeceğinden, önceki süreçte tezgah hazırlık işlemlerinin, sonraki aşamanın sıkışan taleplerine cevap verebilecek şekilde hızlandırılması gerekir. Bu durumda, önceki süreçte, tezgah hazırlık işlemlerinin kısaltılması gereklidir.

**Kural 3:** Hatalı parçalar, hiçbir zaman bir sonraki üretim sürecine geçirilmemelidir.

Kural 3'ün uygulanmaması halinde kanban sistemi işlerliğini kaybedecektir.

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

Tam zamanında üretim ortamında, üretimin kesintiye uğraması, hat üzerinde çalışanlar tarafından derhal fark edilecek ve hatalı üretimin, bu denli göze batması, hataların tekrarının önlenmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

Bilindiği gibi, tam zamanında üretim yaklaşımında, sıfır hata hedefine yaklaşabilmek amacıyla, otonomasyon kavramından yararlanılmaktadır. Otonomasyon, otonom hata kontrolü olarak tanımlanmakta ve bu kavramın temelinde, hataların tekrarını engellemek ilkesi yer almaktadır.

Hatalı kavramı, yalın üretim sisteminde, hatalı üretim operasyonlarını da içerecek şekilde genişletilmiştir. Hatalı operasyon, standardizasyona tam olarak ulaşılmamış ve bir takım yetersizliklerin (izlenen yol, işlemler ve zaman açısından) söz konusu olduğu işlem olarak tanımlanmaktadır.

Hatalı operasyonlar, aynı zamanda, hatalı parça üretimine de neden olacağından, üretim operasyonlarının standardizasyonu, kanban sisteminin önemli ön koşullarından birisi olmaktadır.

**Kural 4:** Kanban sayısı enazlanmalıdır.

Toplam kanban sayısı, sistem içindeki süreç içi envanter düzeyini belirlediği için, tam zamanında üretim ortamında amaç, bu sayıyı mümkün olan en alt düzeyde tutabilmektir.

Eğer bir süreçteki katile büyüklüğü azaltılıp, çevrim zamanı kısaltılabilirse, kanbanların sayısı da azalacaktır. Ancak, bir süreçte katile büyüklüğünün ve dolayısıyla çevrim zamanının azaltılabilmesi için, tezgah hazırlık işlemlerinin kısaltılması gereklidir. Bu bağlamda, üretim süreçlerinde sürekli iyileştirmeler yapma çabalarının sürdürülmesi, Kural 4'ün uygulanmasına yardımcı olacak ve Kural 4'ün gerçekleştirildiği noktada, süreç içi envanterler sıfırlanacaktır. Ancak, bu da idealize edilmiş bir hedeftir ve uygulamada bu hedefe sadece yaklaşmak söz konusu olacaktır.

Kanban uygulamalarında, günlük ortalama talepte bir artış olduğunda, çevrim zamanlarının kısılması gereklidir. Bu ise, hat üzerinde, işgücü tahsisinde bazı düzenlemeler yapılmasını gerektirecektir. Ancak, eğer üretim hattı bu tür düzenlemeleri yapabilecek esnekliğe sahip değilse, kanban sayısının sabit tutulduğu bu ortamda, artan talep koşullarında, ya üretim tamamıyla duracak ya da fazla mesai yapılacaktır.

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

Bu tür bir esnekliğin sağlanamadığı ortamlarda ise, toplam kanban sayısını ya da güvenlik stoğu düzeyini artırarak, talep artışlarına uyum sağlamak mümkündür.

Talebin azalması durumunda ise, çevrim zamanlarının artırılması gerekecektir. Ancak, bu durumda ortaya çıkacak boş zamanın önlenebilmesi için, üretim hattındaki işçi sayısının da azaltılması söz konusu olacaktır.

**Kural 5:** Kanban, talepteki ufak dalgalanmalar karşısında üretim hızını ayarlamak amacıyla kullanılmalıdır.

Talep dalgalanmaları karşısında, üretim hızının kanbanla ayarı, bu sistemin en önemli özelliklerinden birisidir. Kanban sisteminin bu özelliği, kanban dışı bir üretim kontrol tekniği kullanılan sistemlerde gözlenen problemlerin incelenmesiyle, daha iyi anlaşılacaktır. Bu tür sistemlerde, üretim çizelgelerinin merkezi olarak belirlenmesi nedeniyle, ani talep değişimleri karşısında, tüm üretim birimlerine ayrı ayrı gönderilen çizelgelerin değiştirilebilmesi için, oldukça uzun bir süre gerekecektir.

Diğer taraftan, kanban sisteminin kullanıldığı ortamlarda, üretim çizelgeleri sadece son üretim aşamasına gönderilir ve diğer tüm istasyonlar, ne üreteceklerini, üretim sipariş kanbanının konteynerlerden ayrılması ile öğrenirler. Bu durumda, üretim miktarındaki olası değişikliklerin, son istasyondan geriye doğru yansıtılması mümkün olabilmektedir. Değişikliklerin, anında önceki süreçlere aktarılmasında kullanılan araç ise kanbandır.

Ancak, kanbanla üretim hızının düzenlenmesi, talebin belli büyüklükteki değişimleri için geçerlidir. Yalın üretim sistemine göre, talepte %10 dolaylarında bir değişme olduğunda, toplam kanban sayısını değiştirmeden, kanban transfer hızını değiştirerek üretim hızını ayarlamak mümkün olabilmektedir.

Talepte daha büyük mevsimsel dalgalanmalar olması halinde ise, üretim hatlarının yeniden düzenlenmesi gerekecektir. Bu durumda, her üretim aşaması için, çevrim zamanları ve işçi sayılarının yeniden hesaplanması gereklidir. Aksi halde, her kanban için toplam sayının azaltılması ya da çoğaltılması şarttır.

Ancak, talebin yıl boyunca gösterdiği dalgalanmalar karşısında, üst yönetimin kesin ve kalıcı bir stratejiyi baştan belirlmesi ve diğer düzenlemelerin bu strateji doğrultusunda ele alınması çok önemlidir. Bu noktada, üst yönetimin değerlendirebileceği iki seçenek söz konusudur:

1. Yıllık toplam satış hacminin, dönemler itibariyle dengelenmesi: üretim hızının yıl içinde sabit tutulması,
2. Yıl içinde talep değişimlerinden etkilenebilecek tüm üretim hatlarının yeniden düzenlenebilmesine olanak verecek, esnek bir planın hazırlanması: üretim hızının dönemler bazında değiştirilmesi.

Klasik üretim planlama probleminde de söz konusu olan bu seçeneklerin, kanban sisteminin uygulandığı ortamlarda da, baştan belirlenmesi ve sistemin diğer elemanlarının, bu seçim doğrultusunda geliştirilmesi gereklidir.

### **2.3. Kanbanların Kullanımı**

Bir sonraki süreçten başlamak üzere, kanban kullanımındaki başlıca aşamalar aşağıda özetlenmiştir:

1) Düşünelim ki, son montaj hattında, talaşlı imalat atölyesinden gelen parçalar olsun. Bu parçaların içinde bulunduğu paletlerin her birinin üzerinde, parçanın ne oldu-

ğunu, hangi ürün modeline ait olduğunu, palet kapasitesini ve paletlerin hangi atölyelerden geldiğini belirten bir çekme kanbanı kartı bulunmaktadır. Parçalar paletlerden alınıp ürüne monte edildikçe ve her bir palet boşaldıkça, üzerlerindeki çekme kanbanları çıkarılıp bir çekme kanbanı kutusuna yerleştirilir.

2) Bu kutudaki çekme kanbanları, önceden belirlenmiş bir sayıya ulaştıkça, ya da önceden belirlenmiş bir zamanda, montaj hattındaki bir işçi, boşalmış paletlerle, birikmiş kanbanları alıp, bir forklifle talaşlı imalat atölyesine gider.

3) Bu atölyede, ilk iş olarak, getirdiği boş paletleri belli bir yere bırakır. Daha sonra, o atölyede yine belli bir yerde hazır beklemekte olan hazır işlenmiş parçalar paletlerine yönelir. Burada, elindeki kanban sayısı kadar paleti alır ve forklifte yerleştirir.

4) Bu arada, aldığı her bir parça paletinin üzerinde, yine parçanın ne olduğunu, hangi ürüne ait olduğunu, hangi işlem sürecinden geçtiğini, palet kapasitesini belirten bir üretim kanbanı bulunmaktadır. İşçi, paletleri forklifte yerleştirirken, üretim kanbanlarını çıkarır ve her birinin yerine, beraberinde getirdiği ve o üretim kanbanına karşılık gelen bir çekme kanbanı ilişirir. Elindeki çekme kanbanlarının tümü bitene kadar bu işlemi sürdürür.

5) Paletlerden çıkardığı üretim kanbanlarını, talaşlı imalat atölyesinde bekleyen bir üretim kanbanı kutusuna yerleştirir. Sonuç olarak, çektiği parça paleti kadar üretim kanbanı bu kutuya konulmuş olur.

6) Dolu parça paletleriyle tekrar montaj hattına döner ve bu durumda, montaj hattında birinci adımdaki devir yeniden başlamış olur.

7) Talaşlı imalat atölyesinde ise, üretim kanbanları, kutularda belli bir sayıya ulaştıkça, ya da önceden belirlenen bir zamanda, o atölyedeki bir işçi, üretim kanbanlarını alır ve o atölyede, o an birikmiş üretim kanbanları kadar ve değişik ürünlere ait olabilecek bu kanbanların kutudaki sıralamasına da aynen uyularak, tekrar üretime geçilir.

8) İşlenen parçalar, birer birer üretim kanbanlarıyla birlikte boş paletlere yerleştirilir. Bir süre sonra, montaj hattındaki işçi yine gelir ve adım üç tekrar başlar.

Kanbanla çalışmak, binlerce parçanın üretimini kapsayan, örneğin otomobil gibi karmaşık bir ürün söz konusu olduğunda, son derece esnek ve etkin bir haberleşme sistemini kendiliğinden sağlar. Herhangi bir atölyenin ya da yan sanayinin, hangi model için, hangi parçayı ne zaman üreteceğini önceden bilmesine gerek yoktur. Modellerin

montaj sırasını sadece son montaj hattı bilir ve bu sıra, çekme ilkesine göre alt atölye ve yan sanayilere iletilir.<sup>28</sup>

Kanban, üretimde esnekliği de kendiliğinden sağlar. Montaj hattında bir gecikme veya durma durumunda, bir önceki atölyelerden parça çekilmeyeceğinden ve dolayısıyla, üretim kanbanları birikmeyeceğinden, yavaşlama ya da durma, diğer atölyelere de kendiliğinden yansır. Kanbanla iletişim, aynı zamanda, talep düşme/çıkma durumlarında, kanbanların atölyeler arasındaki ya da fabrika ile yan sanayiler arasındaki devir sıklığının, son montaj hattından başlanarak ayarlanması yoluyla, tüm atölyelerin ve yan sanayilerin, üretimlerinin yavaşlatılıp, hızlandırılmasını da sağlamaktadır.

#### 2.4. Çekme Sistemlerinde Toplam Kanban Sayısının Belirlenmesi

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

Bilindiği gibi envanter kontrol sistemleri iki temel sınıfta toplanmaktadır:

- Sabit sipariş miktarı sistemi
- Sabit çevrim zamanı sistemi

Sabit sipariş miktarı sistemlerinde, sipariş miktarları (kafile büyüklükleri) sabit olup, önceden belirlenmiştir. Envanter düzeyi, yeniden sipariş noktasının (ön süre boyunca tahmini kullanım miktarı) altına düştüğünde, sabit miktar kadar sipariş verilir. Bu sistemde, sipariş miktarı sabit olup sipariş tarihleri değişkendir. Sabit çevrim zamanı sisteminde ise, sipariş tarihleri sabit, sipariş miktarları değişkendir. Sabit zaman aralıklarında siparişlerin verildiği bu sistemde, sipariş miktarlarının belirlenebilmesi için, son siparişten sonraki kullanım miktarı ile, ön süre boyunca beklenen tahmini kullanım miktarının değerlendirilmesi gereklidir. Kanban sisteminde, sonraki süreçte stoklanacak parça sayısının belirlenmesi ile, zaman boyutunda her çekme noktasında, önceki sürece gönderilecek toplam kanban sayısının hesaplanmasında, bu iki temel envanter modelinden yararlanılır.

<sup>28</sup> Ayperi Serdaroğlu Okur, *Yalın Üretim* (Söz Yayın Oyun Ajans Ltd., 1997) sf 41-42



## 2. Sabit Çevrim Zamanlı Çekme Sistemi

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

$$\text{Toplam Kanban Sayısı} = \frac{(\text{ortalama günlük talep}) * (a + b + c)}{\text{Konteynır kapasitesi}}$$

a : Üretim (sipariş) çevrim zamanı (kanban çevrim zamanı)

b : Ön süre = (işlem + bekleme + taşıma + kanban toplama) zamanları

c : emniyet stoğu (zaman birimi cinsinden)

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

**Üretim Çevrim Zamanı:** Üretim hattına bir iş emrinin gönderilmesi ile, bir sonraki iş emrinin gönderilmesi arasında geçen süredir. Bu süre aynı zamanda, kanban çevrimi olarak da tanımlanır.

**İşlem Zamanı:** İş emrinin gönderilmesi ile, üretimin tamamlanması arasında geçen süredir. Bu süre, üretim hattında işlenmekte olan ya da tutulan süreç içi envanterin kanban sayısına karşılık gelmektedir.

**Kanban Toplam Zamanı:** Sonraki istasyonda çıkarılarak kutuya bırakılan kanbanların kutudan alınmasıyla, önceki istasyonda üretim için iş emrinin verilmesi arasında geçen süredir. Bu süre, çekme kanbanı kutusu ve üretim-sipariş kanbanı kutularındaki toplam kanban sayısına karşılık gelmektedir.

**Emniyet Stoğu Süresi:** Bu süre, atölyede bulundurulmuş emniyet stoğu düzeyine karşılık gelir. Emniyet stoğu genellikle, makine arızaları ya da hatalı ürünlere karşı bir önlem alabilmek amacıyla bulundurulur.

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

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

Bu ortamda katile büyüklüğünün hesaplanması aşağıda verilmiştir.

Katile büyüklüğü = (Üretim kanbanı sayısı) \* (Konteynır kapasitesi)

Burada, üretim kanbanı sayısı, son kart toplama zamanından sonra, normal kart toplama zamanına kadar geçen süre içinde çıkarılan üretim kanbanı sayısıdır

### 3. Yalın Üretim Sisteminde Kullanılan Diğer Yöntemler

Yalın üretimde tam zamanında üretim, yani stoksuz üretim, daha önce de değildiği üzere, her şeyi, hemen o an gerekecek miktarda üretmek, bir başka deyişle, hiçbir şeyi önceden ve gerekmediği miktarda üretmemek ilkesi üzerine kurulmuştur. Yalın üretim, bu ilkenin gereklerini yerine getirebilecek, son derece rasyonel uygulama yöntemleriyle donanmıştır.

#### 3.1. Karışık Yükleme Ve Üretimde Düzenlilik

Karışık yükleme, yani değişik modelleri/ürünleri birbiri ardı sıra monte etme yönteminin birincil ve en önemli işlevi, üretimin, talep değişikliklerine, hesapta olmayan bitmiş ya da işlenmekte olan ürün stoğu ile karşılaşmaktır, kolayca adapte olabilmelerini sağlamaktır. Ayrıca, aynı hatta birden fazla modelin/ürünün monte edilmesi, gereken toplam hat sayısını ve dolayısıyla toplam fabrika alanını da azaltır. Karışık yüklemenin bir üçüncü işlevi de, ürünlerin, bayilere/müşterilere istenilen sipariş bileşimine ulaşıldıktan hemen sonra sevk edilebilmelerini sağlayarak, üreticileri gereksiz stok alanı bulundurma zorunluluğundan kurtarmaktır.

Ancak, karışık yükleme uygulamasında dikkat edilmesi gereken bir püf nokta vardır. Kanbanlar kanalıyla, yan sanayinin yada fabrika içi atölyelerin tam zamanında üretime çekilmeleri söz konusu olduğundan, son montaj hattında karışık yükleme, mutlaka belli bir düzen içinde gerçekleştirilmek zorundadır. Aksi takdirde, önceki üretim istasyonları ve yan sanayiler, yedek işlenmekte olan parça stoğu bulundurmamak zorunda kalacaklar, sonuçta stoksuz çalışma ilkesine ters düşülecektir. Örneğin, son montaj hattı bir önceki istasyonlardan A, B, ve C tipi ürünlere ait parçaları kanbanlar kanalıyla hep 2'şer palet halinde çekiyorsa, üretim kanbanları da önceki üretim istasyonlarının kanban kutularında bu adette ve sıralamada birikecek, dolayısıyla, üretim de bu adet ve sıralamada gerçekleşecektir. Eğer bir sonraki devirde çekme, birdenbire 5'er palet çıkarırsa, önceki istasyonlardan fazladan üçer palet (stoksuz çalışıldığından) bulunmayacağına göre, üretim hemen aksayacaktır. Üretimin aksamaması için tek çözüm, önceki istasyonlar ve yan sanayilerin, yedek işlenmekte olan parça stoğu tutmalarınıdır.

İşte yalın üretimde bu tür olasılıklarla karşılaşmamak için, son montaj hattında karışık yüklemenin her zaman belli bir düzen içinde gerçekleştirilmesi ve ürünlerin, hattın mümkün olan en küçük partilerde çıkarılması esasına göre çalışılır. Karışık yük-

leme düzeninin ne olacağını tayin eden ise, (bayilerden gelen) müşteri talep miktarı ve bileşimidir.

Varsayalım ki firma, aylık sipariş bileşimine göre, bir ay içinde aynı montaj hattından çıkacak A, B ve C tipi ürünlerinden 6000palet A, 3000 palet B ve 3000 palet C ürünü üretmek zorunda olsun. Ayda ortalama 20 çalışma günü olduğuna göre, söz konusu bileşim, günde 300 A, 150 B ve 150 C paleti üretilmesi anlamına gelir. Bir çok firmada bu bileşim, iyimser bir tahminle, günün ilk yarısında sadece A, geriye kalan ilk  $\frac{1}{4}$  'lük kısmında B ve son  $\frac{1}{4}$  'lük kısmında da C paletleri üretmek şeklinde değerlendirilir. Yalın üretimde ise, ürünler son montaj hattından, A, B, A, C, A, B, A, C.. palet sıralamasına göre çıkarılır ve bu sıralama ilke olarak gün boyu korunur. Yani, bir yandan her üç ürünün de talep bileşimindeki paylarını yansıtacak frekansta üretilmeleri sağlanır; öte yandan da, her bir üründen mümkün olduğunca birer palet üretilir. Böylesi bir sistem, hem günlük üretim adetlerinin tutturulması zorunluluğuna ters düşmez, hem de bir önceki istasyonları, montaj hattının belli bir düzene dayanmayan çekiş yapması durumunda, yedekte bulundurmaya zorunda kalacakları işlenmekte olan parça stoğu tutmalarını engeller. İşte üretimin bir süreklilik ve düzen içinde yürütülmesine ve ürünlerin adet açısından birbirlerine oranlarının olabilecek en küçük birimlere indirgenerek üretilmelerine, "üretimde düzenlilik" denilmektedir.

Üretimde düzenlilik ilkesinin en önemli avantajlarından biri, üretimin, talep değişikliğine stok tehlikesine düşülmeksizin adapte olmasını sağlanmasıdır. Herhangi bir gün ortasında, bayilerden ya da müşterilerden gelen acil talep değişikliğine göre, günlük toplam ürün adedinin düşürülmesi gereği ile karşılaşıldığını ve ürünlerin birbirine oranının değişmediğini varsayalım. Bu durumda son montaj hattında yine A, B, A, C, A, B, A, C.. düzeni aynen devam eder; ancak, hat yavaşlatılır. Yani ürünler, hattan daha uzun aralıklarla çıkarılmaya başlanır. Son montaj hattının yavaşlaması, otomatik olarak kanbanların önceki üretim istasyonlarında daha yavaş bir tempoda birikmesine yol açar ve üretim, biriken kanban sayısına göre yürütüldüğüne göre, sonuçta aynı süre içinde üretilen ürün sayısı, tüm istasyonlarda her birlikte düşer. Talebin artması da hiç bir şeyi değiştirmez. Tek fark, üretimin son montaj hattından başlanarak yavaşlatılması değil, hızlandırılmasıdır.

Talep değişikliğinin, ürün bileşiminin değişmesi şeklinde gerçekleştiğini varsayalım. Örneğin, gün ortasında 300 A, 150 B, 150 C paleti değil, 150 A, 225 B ve 225 C

paleti olması gerektiği öğrenilirse, üretimde düzenliliğe göre, bu durumda da paniğe kapılmaya gerek yoktur. Gün ortasına gelindiğinde, halihazırda, A, B, A, C, A, B, A düzenine göre, 150 palet A, 75 palet B ve 75 palet de C üretilmiş olacaktır. Kanbanla çekişlerin ideal olarak birer palet olduğunu ve hazırlık zamanlarının çok kısa sürdüğünü düşünürsek, son montaj hattı, gün ortasından itibaren rahatlıkla A tipi ürünü üretmeyi kesip, sadece B ve C tiplerine yönelecek ve bir önceki istasyonlardan birer paletlik B ve C ürünleri çekmeye başlayacaktır. Bu değişikliğin etkisi, tüm istasyonların dalga dalga ama kısa bir süre içinde, B, C, B, C... sistemine geçmeleri şeklinde olacaktır. Sistem, baştan beri birer paletlik üretime göre işlediği için de, değişiklik hiçbir istasyonda işlenmekte olan parça stoğu birikmesine yol açmayacaktır.

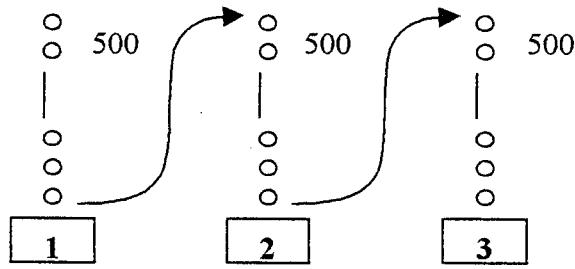
Yalın üretim sisteminde, yan sanayi ile genellikle kanban kartlarıyla çalışılmasına karşın, bazı büyük parçaları üreten yan sanayiler (ve fabrika içi atölyelerle) kanban yerine, o günkü karışık yükleme ve üretimde düzenlilik sisteminin, yan sanayi firmalarına bilgisayar yoluyla gönderilmesi yoluna da gidilmektedir. Ancak kanban, pahalı ve amaca uyma esnekliği kuşkulu bir bilgisayar sistemi yerine, yüzlerce üretim birimi arasında istenilen dakikliği ve senkronizasyonu sağlayabilen, üretimdeki tüm olası değişiklikleri, ana sanayi firmasının kendi iç istasyonları kadar, yan sanayi firmalarına da otomatikman yansıtabilen, yan sanayi firmalarını çok kısa bir sürede, ana sanayi üretimine uyum sağlayacak düzeye getirebilen, üstelik ucuz ve kolay uygulanabilme özelliğine sahip tek tekniktir.

### 3.2. Tek Parça Akışı

Herhangi bir günde, hattan çıkacak ürünlerin, tüm parçalarının da aynı gün içinde üretilmesi, tüm üretim birimlerinin, kanban ve üretimde düzenlilik ilkesine göre, mümkün olan en küçük partilerle çalışabilmeleri, tahmin edileceği gibi bazı ön koşullara bağlıdır. Her şeyden önce, üretkenliğin çok yüksek, üretim zamanlarının çok kısa olması, üretim akışı içinde, gerek işçilerin gerekse bitmiş ve işlenmekte olan parçaların, beklemeyle hiç vakit kaybetmemeleri gerekir. İşlenmekte olan parçaların beklemesi demek, bir parçanın bir işlem aşamasından diğerine hemen geçmemesi demektir; stoklu çalışmada işler zorunlu olarak bu şekilde yürümektedir. Yalın üretimin, bu zaman harcanmasına bulunduğu çözümlerden biri, herhangi bir atölye içinde, makinelerin parçaların işlenme akışına dayanarak, birbiri ardı sıra yerleştirilmeleri ve parçanın bir önceki süreç

için gereken makineden bir sonraki süreçte kullanılacak makineye, hiç beklemeden geçmesi şeklindedir. Makinelerin bu şekilde yerleştirilmelerine “süreç-bazlı yerleşim” ve parçaların süreçler arasında beklemeden teker teker aktarılmasına da “tek parça akışı” denilmektedir. Tek parça akışını, süreçler/makineler arası aktarma miktarının bir adete indirilmesiyle, hat/makine yanı stoğun sıfırlanması olarak da tanımlayabiliriz.

Tek parça akışının avantajlarını anlatmak için basit bir örnek verelim. Örneğin, bir atölyede işlenecek parça, nihai halini alması için 3 değişik makinenin kullanıldığı, 3 değişik işlemden geçmek zorunda olsun ve her bir işlem bir dakika tutsun. Önce stoklu çalışmada ne olduğuna bakalım.

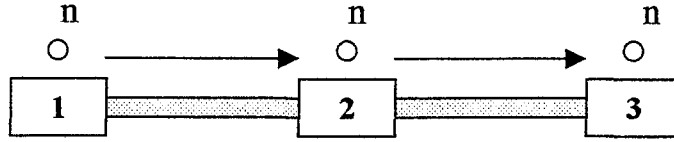


Şekil-5: Stoklu Çalışmada Parça Akışı

Şekil-5’deki gibi makineler yan yana olsalar bile, birbirinden bağımsız çalışırlar. Birinci makine, durmadan işlemini sürdürür ve örneğin işlediği parça sayısı 500’e ulaşınca, bu 500 parça birinci makineden alınıp ikinci makineye aktarılır. Yani aktarma miktarı 500 parçadan oluşmaktadır. İkinci makine de, yine aynı şekilde 500 parça işleyince bu parçalar üçüncü makineye aktarılır. Birinci makineye de işleyeceği parçalar, başka bir atölyeden yine 500 parçalık koliler halinde getiriliyor olsun.

Bu durumda, herhangi bir parça, 3 işlemden geçtiğine ve her bir işlem 1 dakika tuttuğuna göre, 500 parçanın herhangi bir işlemi tamamlaması 500 dakika, 3 işlemden geçip nihai halini alması da  $3 \times 500 = 1500$  dakika tutacaktır.

Şimdi de, stoksuz (beklemesiz) tek parça akışına bakalım. Aşağıda Şekil-6’da görüldüğü gibi, makineler birbirlerine bağlı olarak çalışmakta, öyle ki, bir makine n’inci parçayı işlerken, bir önceki makine n + 1’inci parçayı işlemekte ve işlem tamamlanır tamamlamaz, parça, bir sonraki makineye aktarılmaktadır.



**Şekil-6: Stoksuz Çalışmada Tek Parça Akışı**

$t_n$  : Sürecin herhangi bir anındaki dakika olarak zaman ve  $n = 1, 2, \dots, 500$  olsun.

$t_1$  : 1. makine ilk parçayı işliyor, 2. ve 3. makineler bekliyorlar (1. dakika)

$t_2$  : 1. makine ikinci parçayı, 2. makine birinci parçayı işliyor, 3. makine bekliyor (2. dakika)

$t_3$  : 1. makine üçüncü parçayı, 2. makine ikinci parçayı, 3. makine birinci parçayı işliyor (3. dakika)

$t_{500}$  : 1. makine 500. parçayı, 2. makine 499. parçayı, 3. makine 498. parçayı işliyor (500. dakika)

$t_{501}$  : 1. makine 501. parçayı, 2. makine 500. parçayı, 3. makine 499. parçayı işliyor (501. dakika)

$t_{502}$  : 1. makine 502. parçayı, 2. makine 501. parçayı, 3. makine 500. parçayı işliyor (502. dakika)

Bu durumda, 500 parçanın nihai halini alması, 1500 değil sadece 502 dakika tutmuştur. Eğer işin başlangıcında, 2. ve 3. makinelerin yanında 1'er adetlik stok bulundurulursa, her üç makine de  $t_1$  zamanında aynı anda çalışmaya başlayabilecek ve böylece 2 dakikalık daha tasarruf yapılarak, 500 parçanın işlenme süresi 500 dakika olacaktır.

Bu örnekte görüldüğü gibi, tek parça akışına ne kadar yaklaşılr, parçaların süreçler arasında bekleme süresi ne kadar düşürülürse, toplam işleme zamanı da o kadar azalacak, yani üretim o kadar daha kısa süre içinde gerçekleştirilebilecektir. Aslında, tek parça akışının sağlayacağı tek avantaj bu olmayacaktır. Yeni sistemle, aynı miktar ürünün çok daha kısa sürede üretilebileceği düşünülürse, işçilik maliyetleri açısından da önemli boyutlarda tasarrufa gidileceği hemen fark edilecektir.

### 3.3. Makineler/Atölyeler Arası Senkronizasyon

Tek parça akışının gerçekleştiği süreç bazlı hat, makine ya da hat yanı stoğunun sıfırlanması ya da mümkün olduğunca küçük miktarda tutulması için geliştirilmiş en etkin sistemlerden biridir. Ancak, süreç bazlı hatların kurulması da tek başına yeterli değildir. Süreç bazlı hatların gerçekten etkin olabilmeleri için, aynı hattı oluşturan ma-

kinelerin çalışma tempoları ya da kapasitelerinin, yani bir işlemi tamamlamaları için gereken sürelerin de, denkleştirilmeleri gerekir. Örneğin, hattaki bir önceki makinenin parçayı işleme süresi 1 dakika, sonrakinin ise 4 dakika ise, bir sonrakinin tek bir parçayı işleme süresinde, bir önceki 4 parça birden işleyecek ve eğer makineler durmadan çalışırlarsa, sonraki makinenin yanında, öncekinden gelen parçalar giderek artan miktarlarda birikmeye başlayacaktır. Bu durumda, beklemez üretim olan tek parça akışı gerçekleşemeyecektir.

Yalın üretimde bu sorun, hattaki makineleri birbirine senkronize ederek, yani tüm makinelerin aynı süre içinde, aynı miktarda parça işlemeleri sağlanarak çözülmüştür. Çözüm aslında çok basittir: Örneğin, kapasitesi yüksek olan, yani herhangi bir parçayı işleme süresi diğerlerinden kısa olan makinelere, belli bir miktar (az bir miktar) parçayı işledikten sonra, kendi kendini otomatikman durduran limit anahtarları yerleştirilmiştir. Hattaki bir sonraki makine, bu yüksek kapasiteli makineden parçaları çektikçe ve nihayet parçalar tümüyle çekilince, yüksek kapasiteli makinedeki limit anahtarı, makineyi yine otomatik olarak başlatmakta, böylece yüksek kapasiteli makine, kapasitesi düşük makinelere adapte olmaktadır. Yüksek kapasiteli makinelerin, düşük kapasiteli makinelere bu şekilde senkronize edilmelerine, yalın üretimde “toplam iş denetimi” denilmektedir.<sup>29</sup>

Toplam iş denetiminde görüldüğü gibi bazı makineler tam kapasiteli çalışmaktadırlar. Ancak, parçaların hat ya da makine yanı stokta beklememelerinden elde edilen kazanç, aslında makinelerin tam kapasite çalışmalarından elde edilecek kazançtan daha büyüktür. Yalın üretimde, parçaların beklemesi, yani stoklu çalışma, olabilecek en büyük israftır ve sistem neredeyse tümüyle bu israfın önlenmesi üzerine kuruludur. Çoğu firmada, yalın üretimde görülen yaklaşımın tam tersi bir anlayış ve düzenleme uygulanmaktadır; dolayısıyla, toplam iş denetimi yöntemi başta yadırganabilir. Gerçekten de çoğu kez, makineler arası yığılmaları önlemek için, belli bir hatta kapasitesi yüksek bir makine varsa, bu makineden bir sonraki işlemi gerçekleştiren makinelerin sayısını artırma yoluna gidilmektedir. Oysa, yalın üretimde hakim olan anlayış şudur: Eğer, kapasitesi düşük makinelerin verimi, o gün içinde gerçekleştirilmesi gereken ürün miktarının tutturulmasına yetiyorsa, o zaman gereksiz ürün üretmektense, yüksek kapa-

<sup>29</sup> Shigeo Shingo, *Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement* (Productivity Press, 1988) sf 335

siteli makineleri toplam iş denetimi yöntemiyle, düşük kapasiteli makinelere adapte etmek daha doğrudur.

Ayrıca yalın üretimde, nasıl ki tek parça akışı anlayışı atölyelerle sınırlı kalmayıp atölyeler arası akışa da uyarlanmışsa, senkronizasyon da sadece tek bir atölye içindeki süreç bazlı hatlarda değil, atölyeler arasında da uygulanmaktadır. Yani, değişik atölyelerin kapasiteleri birbirlerine yaklaştırılmaktadır.

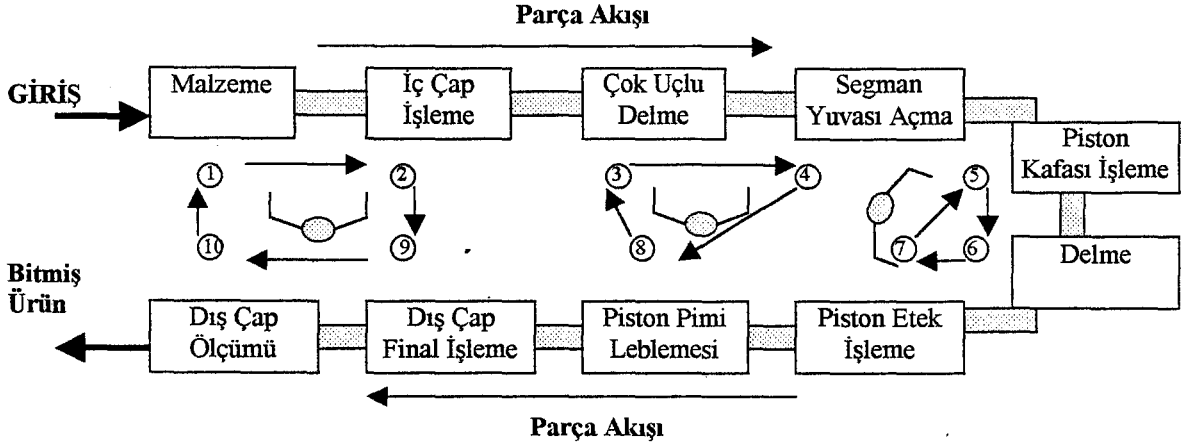
### **3.4. U-Hatları, Shojinka, İş Rotasyonu Ve İş Tanımları**

Yalın üretim yaklaşımına göre, bir fabrika/atölyenin işleyişinde olabilecek en büyük israf ya da zaman kayıplarından biri de, çalışan insanların, bir yerden bir yere gitme, makinelerin çalışmasını kontrol etme ya da makine başında makinenin devrinin bitmesi gibi, ürüne hiçbir değer katmayan pasif eylemlerinin getirdiği zaman kayıplarıdır. Bu zaman kayıpları, üretkenliği son derecede düşürücüdür.

Sistemin temel mantığı, makinelerin doğru çalışıp çalışmadığının kontrolü, makineye parçayı yerleştirme, işlenmiş parçayı alma gibi eylemleri mekanikleştirerek ve otomatikleştirerek kazanılan zamana, her işçinin birden fazla makineyi çalıştırması şeklinde değerlendirmektir. Böylece, bir yandan aynı işi çok daha az sayıda işçiyle gerçekleştirmek mümkün olmakta, diğer yandan da talebin yükselme/düşme durumlarında, sadece işçi sayısı ile oynayarak, üretim verimini talepteki esnekliğe adapte etme olanağı elde edilmektedir.

Bir işçinin birden fazla makineden sorumlu olması ilkesi, tek parça akışı ve süreç bazlı hat anlayışıyla da birleşince, ortaya çıkan yerleşim düzeni “u-hatları” olmuştur. **Şekil-7’**de bu tip hatta bir örnek görülmektedir.





Şekil-7: Bir U-Hattı Örneği

**Kaynak:** Ayperi Serdaroğlu Okur, *Yalın Üretim* (Söz Yayın Oyun Ajans Ltd. 1997)

Burada, parçayı makinelere otomatik olarak yerleştiren ve işlem bitince yine otomatik olarak alıp kızaklara ileten donanım olmasa da, sistem içinde mutlaka makinelerin doğru çalışıp çalışmadığını kontrol eden donanımın bulunması şarttır. Böylece, bir makine çalışırken, işçi o makineyi kontrol etmek zorunda kalmadan, bir sonraki/önceki makineye, parçayı yerleştirip/alıp, makineyi çalıştırabilir.

U-hatlarının sağladığı tek avantaj, üretkenlik ya da verim artışı değildir. U-hatları, talebin artması/yükselmesi ve dolayısıyla üretimin artırılıp, düşürülebilmesine de rahatlıkla adapte olabilen, son derece esnek sistemlerdir. Bu hatlarda makineler, olabilecek en yüksek üretim adedine yanıt verebilecek sayıda bulundurulurlar; hatta çalışacak işçi sayısı belirlenirken ise, olabilecek en düşük üretim adedi göz önüne alınır. Öyle ki, talep düşük olduğunda hatta az işçi çalıştırılmakta ve bu durumda her işçi oldukça yüksek sayıda makineden sorumlu olacağından, hattın üretim hızı düşmekte, sonuçta, üretim adetleri de kendiliğinden talebe yanıt verecek şekilde azalmaktadır. Hattaki ürüne olan talep arttığı zaman ise, hatta diğer hatlardan işçi takviyesi yapılmakta, yani hatta çalışan işçi sayısı artırılmaktadır. Bu durumda, her işçinin sorumlu olduğu makine sayısı azalacağından, üretim hızı ve üretim adedi de talebe yanıt verecek şekilde otomatikman artmaktadır. İşte üretimin, talepteki esnekliğe, makine adetleri ile oynanmadan, işçi sayısındaki ayarlamalarla uyum sağlayabilir hale getirilmesine Japonca'da "shojinka" denmektedir.

U-hatları ve shojinkanın istenilen düzeyde uygulanabilmesi için gerekli ön koşullardan biri, çalışan işçilerin yüksek becerilere sahip olmaları ve herhangi bir zamanda

kendilerine yeni makine çalıştırma sorumluluğu verildiğinde, yeni düzene hemen adapte olabilmeleridir. İş rotasyonunun önemi buradadır. İşçiler değişik zamanlarda (o an gerekmesede), değişik makineler arasında gidip gelmelidirler ki, gerçekten gerektiği anda herhangi bir makineye hemen uyum sağlayabilsinler. İş rotasyonu, Japonya dışında, genellikle işçilerin moralini ve motivasyonunu artırmak için uygulanan bir yöntem olarak algılanır. Oysa, iş rotasyonunun temelinde yatan, moral artırmanın yanı sıra, shojinka düzeninin de kolayca uygulanabilmesidir.

U-hatlarında, bir işçinin birden fazla makineden sorumlu olması ve beklemeyle vakit kaybetmeyip, hiç durmadan ürüne değer katıcı işlemleri birbiri ardına yapıyor olması, doğaldır ki net aktif çalışma süresini artıracak, dolayısıyla işçi sürekli olarak yüksek bir tempoda çalışmak zorunda kalacaktır. Bu durumun iş stresini artırıcı olduğu ve işçilerde memnuniyetsizliğe yol açabileceği düşünülebilir. Ancak, çalışan kişinin birden fazla makineden sorumlu olması ve gereksiz hiç bir şey yapmaması, aslında o kişide emeğinin lüzumsuz eylemlerle harcanmadığı duygusunu uyandırmaktadır. Ayrıca, u-hatlarda işçilerin becerileri de artacağı için, çalışanlar, yaptıkları işlerden, eskisine göre çok daha fazla tatmin olacaklardır.

U-hatları ve iş rotasyonu uygulamaları, konvansiyonel kitle üretim sistemlerindeki ücret belirlenmesine baz olan iş tanımlarının ya da iş kategorilerinin de, yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılar. Kitle üretim sisteminde, her iş için, işin tüm ayrıntılarını belirten bir kategori bulunmaktadır ve işçinin aldığı ücret ve işinde yükselmesi, bu kategorilere bağlıdır. Oysa, işçinin sürekli bir işten diğerine geçebildiği ve her an değişebilecek sayıda makineden/işlemden sorumlu olduğu yalın üretimde, ayrıntılı iş kategorizasyonu sistemi geçerliliğini yitirmektedir. Nitekim, yalın üretime göre örgütlenmiş firmalarda, iş kategorileri sayıca çok azdır.

### **3.5. Poka – Yoke ve Deney Tasarımı**

Yalın üretim yaklaşımında, üretimde kalitesizliğin bir maliyeti, daha doğrusu maliyetleri vardır. Birincisi, eğer bir firma ürünlerinin tümünün istenen kalitede üretilmediğini garanti edemiyorsa, sürekli kalite kontrol faaliyeti içinde bulunmak zorunda kalır. Oysa kalite kontrol, aslında ürüne hiçbir değer katmayan, tersine bir çok elemanın değerli zamanını alarak, işgücü maliyetini artıran bir faktördür. İkincisi, kalitesiz üretim, bazı ürünlerin hatalı çıkmaları dolayısıyla, tekrar elden geçirilmelerini, yani onarılmala-

rını gerektirir. Oysa onarım, işgücü ve amortisman maliyetini gereksiz yere artıran bir diğer faktördür. Üçüncüsü, kalitesiz üretim, üretilen pek çok ürünün/parçanın tamamıyla iskarta edilmesi anlamına gelir. Yani, o ürünlerin/parçaların üretilmeleri ile tümüyle boşuna işgücü ve makine zamanı harcanmış demektir. Ve nihayet dördüncüsü, kalitesinden %100 emin olunmayan ürünlerin müşteriye ulaşması durumunda, kullanım sırasında çıkması kuvvetle muhtemel arızalanmalar, yine bir yığın masraf üstlenilmesi anlamına gelecektir. Öyleyse tüm bu maliyetleri üstlenmek yerine, %100 hatasız ürün üretebilecek düzeye gelmek çok daha mantıklıdır.

Bugün elimizde kalite seviyesinin yükseltilmesinde kullanılacak onlarca teknik bulunmaktadır. Fakat, uzun zamandır kullanılan kalite tekniklerinin çoğu, firmaların isteklerini tam anlamıyla karşılayamamıştır. Ancak, istekleri karşılayabilecek iki etkin teknik aslında vardır. Bunlardan birincisi, Japonca karşılığıyla “poka-yoke” ya da otonomasyon, diğeri de “deney tasarımı”dır. Uzmanların da belirttiği gibi, üretimde %100 kalite tutturmak için, birbirini tamamlayan bu iki tekniği benimsemekten başka çıkar yol yoktur.<sup>30</sup>

### 3.5.1. Poka-Yoke (Otonomasyon)

Poka-yoke, Japonca’da hata yalıtımı anlamına gelir. Diğer bir ifadesi otonomasyon olan Poka-yoke’nin temel ilkesi, hatayı üzerinden zaman geçtikten sonra keşfetmek/saptamak yerine, kaynağında ve anında saptayıp önleyerek, hiçbir hatalı parçanın/ürünün üretilmemesini sağlamaktır. Poka-yoke’nin uygulamaya geçirilmesi de son derece basittir. Tüm yapılan, makinelere, hatalı herhangi bir işlemi/durumu anında otomatik olarak saptayan ve bu durumda makineyi/işlemi yine otomatik olarak durduran cihazlar yerleştirmektir. Makine durduktan sonra bir zil çalar ya da bir ışık yanar, böylece makinenin kendisi bir aksama olduğunu çalışanlara anında bildirir. Bu noktada yapılan, işçi ve mühendislerin birlikte çalışarak hatanın nedenini saptamaları ve yine hemen gerekli düzeltmeleri yapmalarıdır. Böylece hatalı parçanın bir sonraki sürece geçmesi %100 önlediği gibi, hata nedeni de ortadan kaldırılarak bir daha tekrar etmemesi sağlanmış olur.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Ayperi Serdaroğlu Okur, a.g.e. sf 74

<sup>31</sup> Yasuhiro Monden, a.g.e. sf 137

Poka-yoke'nin tek işlevi sıfır hata sağlamak değildir. Poka-yoke, işçiyi makinelerin çalışma süreleri içinde hata var mı, yok mu diye kontrol etme zorunluluğundan kurtararak, işçiye birden fazla makineden sorumlu olabilmesi için gerekli zamanı da kazandırır. Dolayısıyla u-hatlarda, üretkenliğin yüksek tutulması için de Poka-yoke şarttır.

Poka-yoke ya da otonomasyon, son derece etkin bir sistem olmasına karşın, ne yazık ki çoğu kez pahalı bir yatırım olarak algılanır. Oysa poka-yoke, sanılan aksine pahalı cihazlarla değil, elektronik gözler ve limit anahtarları gibi son derece basit donanımlarla gerçekleştirilebilen bir uygulamadır ve bu tür donanımlar mevcut her makineye takılabilir.

Yalın üretimde Poka-yoke yöntemleri başlıca üç başlık altında toplanır:

**1) Temas Yöntemi:** Bu yöntem kısaca, makinelere yerleştirilen elektronik gözler ve limit anahtarlarıyla, ürünün herhangi bir işlem aşamasında gereken şekil ve boyutları alıp almadığının, ya da işlem öncesi, makinenin gereken pozisyonu alıp almadığının saptanmasıdır.

**2) Toplam İşlem Yöntemi:** Bu yöntem, herhangi bir işlemin tüm aşamalarının, birbiri ardı sıra gerektiği şekilde tamamlanmasını garanti etmede kullanılır. Örneğin, bir montaj işleminde monte edilecek tüm parçalar yan yana paletlerde durmaktadırlar. Bu paletlerin her birinin üzerine, bir elektronik göz yerleştirilmiştir. Eğer işçi herhangi bir paletten gerekli parçayı almayı unutup da bir sonraki palete geçerse, bir önceki palet üzerindeki elektronik göz çalışmayacak ve hemen işlemi durdurucu cihaz devreye girip, örneğin bir uyarıcı zil çalacaktır. Aynı şekilde, bir kaynak işleminde kaynakları sayan bir cihaz bulunabilir.

**3) Ek İşlem Yöntemi:** Bu yöntem, özellikle değişik ürünlerin, çok küçük birimler halinde birbiri ardı sıra imal/monte edilmeleri durumunda olabilecek işçi hatalarının önlenmesinde kullanılır. Örneğin, bir koltuk montaj hattında, koltuklara metal parçalar monte edilecektir. Montaja gelen her bir koltuk üzerine bir kart iliştilmiş durumdadır ve kartın belli bir yerinde de, minik bir alüminyum levha bulunmaktadır. Koltuk geldiğinde, işçi kartı koltuktan çıkarıp içinde sensör bulunan bir kutuya sokar. Sensör, kart üzerindeki alüminyum levhanın kart üzerindeki yerini saptar ve buna göre o koltuk için gerekli metal parçalar hangi kutuda duruyorsa, o kutunun kapağı otomatik olarak açılır.

Bu yönteme ek işlem denilmesinin nedeni, işçinin ürünün bizzat üretilmesi için aslında gerekmeyen ek bir hareket yapmasıdır.

### 3.5.2. Deney Tasarımı

Poka-yoke, bütün üstünlüklerine rağmen yine de sınırlılıkları olan bir tekniktir, amaca ulaşmada tek başına yeterli değildir. Dikkat edilirse, Poka-yoke ile ilgili şöyle bir açıklama vardır: Poka-yoke ile hata durumunda üretim durdurulduğunda yapılan, işçi ve mühendislerin birlikte çalışarak, hatanın nedenini saptamaları ve yine hemen gerekli düzeltmeleri yapmalarıdır. Bu ifadedeki kilit sözcükler, “hatanın nedenini saptamak”tır. Çünkü Poka-yoke, her ne kadar hatayı olduğu anda, hatta olmadan önce yakalayıp hiçbir hatanın gözden kaçmamasını sağlayabilecek güçte bir teknik ise de, hatayı nedenlerini keşfederek çözüme ve bir daha yinelenmemesini sağlama gücünde bir teknik değildir. Yalın üretimde hatayı çözüme görevi, işçi ve mühendislerin üzerine düşer ve bu işlev yerine getirilirken, bambaşka teknik ya da tekniklerden yararlanır.

Üretimde çıkabilecek hataları, nedenlerini saptayıp çözebilmek için, Japonya dışında en yaygın kullanılan teknik, istatistiksel proses (ya da kalite) kontroldür. Yaygın olarak kullanılmasına karşın, istatistiksel proses/kalite kontrol, aslında yetersiz bir tekniktir. Problem çözümede bundan çok daha basit ve kolay öğrenilebilir, buna karşın etkisi çok daha büyük bir başka teknik, “deney tasarımı”dır.

Üzerinde durulan faktör ya da faktörler grubunun etkilerinin tahminine ve yapılan tahminlerin güvenilirliğini ölçmeye imkan verecek şekilde düzenlemeler yapmaya, deney tasarımı denir. Deneyler, anlamlı veri elde edebilmek amacıyla, özellikle tespit edilen düzenekler olarak görülebileceği gibi, belirli bazı sonuçların elde edilmesinde etkili olan faktörlerin, mevcut analiz metotlarının uygulanabilmesi için, gerekli varsayımlara uydurulması, böylece anlamlı hipotez testlerinin uygulanabilmesini sağlamak amacıyla, bir araştırmacı tarafından tertiplenen düzenekler olarak da tarif edilebilir.

Deney çerçevesinde incelenen değişkenler, kontrol edilebilen faktörler olarak bilinmektedir. Bazı faktörlerin kontrolü söz konusu değildir ve deney bu tip değişkenlerin dışında yürütülmeye çalışılmalıdır. Yani deney tasarımı sadece kontrol edilebilen değişkenleri içine alacaktır. Verilen bir faktör için, bir deneyde ele alınan çeşitli seviyelerine

faktör düzeyleri denir. Faktör seviyeleri, ölçülebilen karakteristiklerin değişik değerleri olabileceği gibi, kalitatif karakteristiklerin farklı kategorileri de olabilir.

Deney teknikleri iki önemli rol oynarlar:

1. Değişkenlik kaynaklarının tanımlanması
2. Tasarım ve süreç eniyilemeyi belirlemesi

Değişkenliği etkileyen temel faktörlerin belirlenmesi, işlevsel değişkenliği etkileyen en önemli faktör üzerinde çalışmanın yoğunlaşmasına ve ürün kalitesi üzerinde en az etkisi olan faktörlerden uzaklaşmasına neden olur. Bu kritik faktörlerin en iyi düzeylerinin belirlenmesi, üretim sonrası kalite kontrol faaliyetleri için hedef değerleri belirler ve üretimde meydana gelen sorunlara çözüm bulur.

Deney tasarımı, üretim süreci ile ilgili kalite karakteristiklerini etkileyen önemli faktörlerin belirlenmesinde yardımcı olur. Tasarlanmış bir deney, girdi faktörlerinin sistematik olarak değiştirilerek, çıktı üzerine etkisinin belirlenmesi yaklaşımıdır.

Yapılan bir deneyin amaçları arasında şunlar sayılabilir:

1. Ürün performansı üzerinde en çok etkisi olan faktörlerin belirlenmesi
2. Ürün performansının, istenilen hedef değere yakın olmasını sağlamak için, etkili faktörlerin değerlerinin belirlenmesi
3. Ürün performansındaki değişkenliği en aza indiren etkili faktör değerlerinin belirlenmesi
4. Kontrol edilemeyen faktörlerin etkisini en aza indiren etkili faktör değerlerinin belirlenmesi

Deney tasarımı, aktif bir istatistiksel yöntemdir. Üretim süreci ile ilgili girdilerde değişiklikler yapılarak deneyler yapılmakta ve sonuçları izlenmektedir. Bu sonuçlara göre, üretim sürecinin geliştirilmesi ile ilgili bilgiler elde edilmektedir.

Deney tasarımının temel yaklaşımları şunlardır:

1) Üretilen tüm ürünlerin, spesifikasyon merkezlerinde (o ürün için saptanmış performans ve tasarım spesifikasyonlarının hedef değerlerinde) üretilmeleri sağlanmalıdır; ürünlerin spesifikasyon limitleri (toleranslar) içinde üretilmeleri yeterli değildir. Çünkü, tüm ürünlerin spesifikasyon merkezlerinde üretildikleri garanti edilemiyorsa, üretimden hiçbir zaman emin olunamaz ve acaba ürünler en azından spesifikasyon limitleri içinde mi değil mi diye sürekli kontrol etmek durumunda kalınır ki, bu, maliyet

artırıcı bir faktördür. Ayrıca, spesifikasyon limitleri ile yetinmek, iskarta olabileceğini de göze almaktır; bu da ayrıca maliyeti yükseltir ve stoksuz üretimi sekteye uğrattır.

2) Bir firmada, üründe hataya yol açan pek çok kalite problemi olabilir. Problem çözmeye geçmeden önce, bu problemler: 1) sıklıkla ortaya çıktığı halde çözülememiş kronik problemler, 2) nadir olarak ortaya çıkıp, etkisi büyük olan problemler olarak sınıflandırılmalıdır. Problem çözmede öncelik, mutlaka kronik problemlere verilmelidir; çünkü çeşitli firma deneyimleri göstermiştir ki, kronik problemlerin çözülmesi, para açısından çok daha büyük bir etkiye sahiptir. Ancak, çözülmesi gereken kronik problemler de çok sayıda olabilir. Bu durumda, Pareto ilkesine başvurulur, toplam kalite maliyetinin, %80 veya üstünden sorumlu olan ilk %20'lik problem/hata külesi saptanmalı ve deney tasarımı teknikleri bu problemlere yöneltilmelidir.<sup>32</sup>

3) Deney tasarımında Pareto ilkesi, problem çözmenin kendisi için de geçerlidir. Deney tasarımı teknikleri, üründe performans ya da tasarım spesifikasyonlarının merkezinden kaymalara veya spesifikasyon limitleri dışına çıkılmasına neden olan ana etkenleri/parametreleri keşfetmeye çalışır. Sapmaların %80 veya üstünden sorumlu olan proses etkenleri/parametreleri saptandıktan sonra, tüm amaç, özellikle bu parametreleri düzeltmek, bu parametrelerin her zaman kendi spesifikasyon merkezlerinde olmalarını sağlamaktır. Örneğin, bir proseste hataya yol açan temel etkenin, ortamın ısısı olduğu saptanmışsa ve bu ısısının spesifikasyon merkezi örneğin 150 derece ise, yapılması gereken, ortam ısısının her zaman 150 derecede olmasını sağlayıcı önlemleri almaktır.

4) Eğer kalitesiz üretime yol açan birden fazla etken/parametre varsa, bir çok durumda, bu etkenlerin tek başlarına etkisi, hep birlikteki etkilerinden çok daha düşük olmaktadır.

5) Deney tasarımında, bilfiil, ürünler ve proses parametreleri kullanılarak deneyler yapılır. Kimi teknikte ürünler demonte edilir, iyi ürünlerle hatalı ürünlerin parçaları değiştirilerek ürün performansları ölçülür; kimi teknikte aynı şekilde, proses parametreleri ile oynanarak ürünler karşılaştırılır; kimi teknikte, farklı zamanlarda ya da farklı makinelerde ya da farklı vardiyalarda üretilen ürünler birbirleriyle karşılaştırılır. Yani sürekli deney yapılır.

<sup>32</sup>William Y. Fowlkes ve Clyde M. Creveling, **Engineering Methods for Robust Product Design** (Addison Wesley Publishing Company 1995) sf 58

6) Deney tasarımının önemli bir diğer özelliği de, kolay öğrenilebilir olmasıdır. Yalın üretimde, üretimdeki kaliteyi sağlama görevi, bizzat üretimde çalışan hat işçilerine verilmiştir. Kitle üretim sistemlerinde, kalite mühendislerinin görevi olan kalite problemlerini çözme, kalitede sürekliliği sağlama işleri, artık hat işçilerine ait bir sorumluluktur. Kalite mühendisleri, yalın üretim anlayışı içinde, sadece işçilerin halledemediği problemler olursa, problemin çözümüne işçilerle birlikte katılan birer danışman konumundadırlar. Bu durumda, işçilerin hangi durumda olursa olsun, kullanacakları yöntemlerin kolay öğrenilebilecek ve uygulanabilecek yöntemler olmalarında yarar vardır.<sup>33</sup>

İlerleyen bölümde, örnek olması amacıyla tam faktöriyel tasarıma yer verilmiştir. Daha farklı ve çeşitli tasarım türleri bulunmakla birlikte, asıl konu dışına çıkılmaması amacıyla tam faktöriyel tasarımla yetinilmiştir.

### 3.5.2.1. Tam faktöriyel tasarım

Deney ve geliştirme stratejisinin hazırlanmasında en basit yol, belirlenen düzeylerinde, faktörlerin olası tüm kombinasyonlarının denenmesidir. Belirli sayıdaki faktörler için tüm olası kombinasyonların belirlenmesine, tam faktöriyel tasarım denir. Bu tasarımda kullanılan diziye de tam faktöriyel dizi denir. Faktöriyel tasarımlar, mühendislik ve üretim deneylerinde en sık kullanılan tasarımlardır. Endüstriyel deneylerin büyük bir bölümü, çok sayıda faktörden oluştuğu için, tam faktöriyel tasarım çok sayıda deneyin yapılmasını gerektirir. Örneğin iki düzeyli yedi faktörden oluşan bir deneyin olası toplam kombinasyon sayısı  $2^7 = 128$ 'dir.

Genel olarak p düzeyli k faktör ve q düzeyli m faktörden oluşan deneyde, tam faktöriyel tasarım için gerekli olan deney sayısı  $p^k * q^m$ 'dir.

Tam faktöriyel deney tasarımlarının, ancak araştırılacak faktör sayısı ve bunların düzeyleri az sayıda ise uygulanabilirliği vardır. Aksi durumda, tam faktöriyel dizilerin büyüklüğü nedeniyle, çok fazla zaman ve maliyet gerektirdiklerinden uygulanabilirliği kısıtlanır.

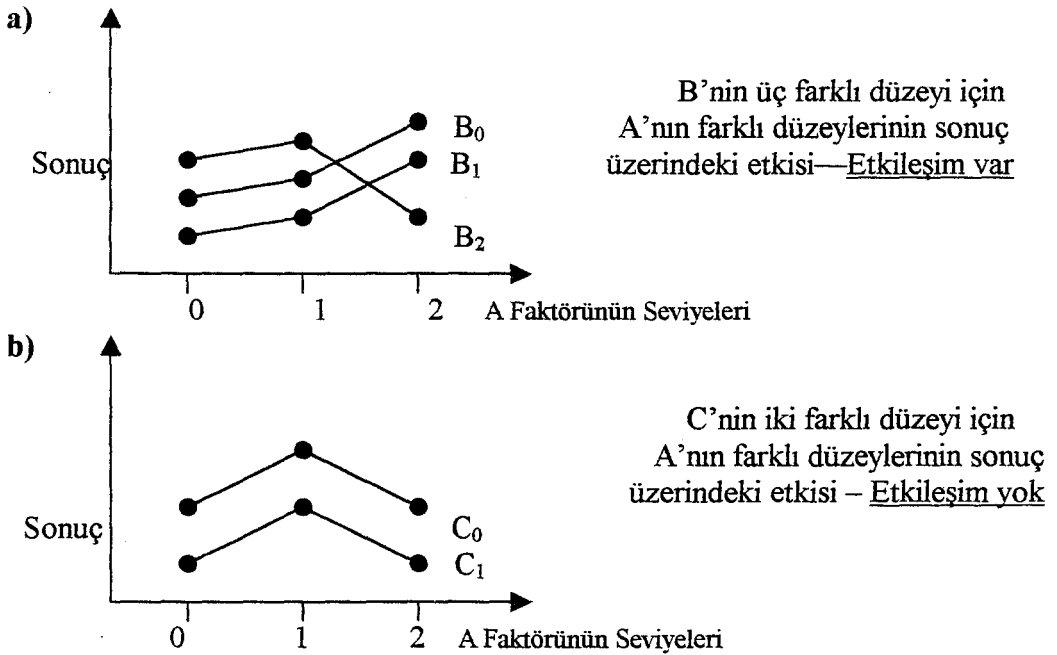
Bir tam faktöriyel deneyde, her faktörün düzeyleri seçilir ve faktör düzeylerinin olası tüm kombinasyonları için ölçüm yapılır.

<sup>33</sup> Ayperi Serdaroğlu Okur, a.g.e. sf 87



Faktöriyel deneylerin analizinde, ana etkiler ve etkileşim etkilerinden (ya da kısaca etkileşimlerden) söz edilir. Verilen bir faktörün tahmin edilen ana etkileri daima, faktörün çeşitli düzeylerindeki ortalama sonucun fonksiyonudur. Bir faktör iki düzeye sahip olduğunda, tahminlenen ana etki, iki düzeydeki (diğer faktörlerin tüm düzeylerinde hesaplanan ortalama) sonuçlar arasındaki farktır.

Eğer A faktörünün iki düzeyi arasında umulan sonuç, B faktörünün değişen düzeylerinde sabit kalıyorsa, A ile B arasında etkileşim yoktur. Yani AB etkileşimi sıfırdır. Aşağıda Şekil-8 a ve b etkileşimin olduğu ve olmadığı iki durumu göstermektedir.



Şekil-8: Faktörler arasındaki etkileşimler

A ve B değişkenlerinden her birinin iki düzeyi varsa, AB etkileşimi, B ikinci düzeyinde iken A'nın ortalama sonuçları eksi B birinci düzeyinde iken A'nın ortalama sonuçlarıdır. Eğer A ve B'nin ikiden fazla düzeyleri varsa, AB bileşimi birden fazla bileşenden oluşturulabilir. Eğer A faktörünün a adet düzeyi B faktörünün de b adet düzeyi varsa, AB etkileşiminin  $(a-1)(b-1)$  adet bağımsız bileşeni vardır.

### İki Faktörlü Bir Faktöriyel Deney Örneği<sup>34</sup>

Bir iki faktör deneyi, çok faktörlü deneyin en basit çeşididir. Yani, iki faktörün seviyelerinin olası tüm kombinasyonları denir. Örneğin, bir silikon levhanın dayanık-

<sup>34</sup> William Y. Fowlkes, ve Clyde M. Creveling, a.g.e. sf 127-129

luluk ölçümleri, genellikle 150w güç kullanılırken, standart bir akım seviyesinde yapılır. Güç ve akımın diğer değerleri kullanıldığında ne olacağını göreceğimiz bir araştırmayı göz önüne alalım. Akımın 5 düzeyi ile (1, 2, 3, 4, 5) gücün dört farklı değeri (25, 50, 100, 150 w) araştırılacaktır. Bir deneysel deneme her  $4*5 = 20$  olası kombinasyonda yapılır. Veriler, aşağıdaki tablolar gibi iki yönlü bir diziyle gösterilebilir. Bu, tekrarlanmayan iki faktörlü çok seviyeli bir faktöriyel deneydir.

**Tablo-1:** İki faktörlü deney sonucu

Güç (g)	Akım Düzeyleri					Satır Toplamları $R_i$
	1	2	3	4	5	
25	11,84	11,83	11,84	11,81	11,96	$R_1=59,28$
50	11,84	11,88	11,88	11,87	11,90	$R_2=59,37$
100	11,77	11,80	11,80	11,81	11,88	$R_3=59,06$
150	11,79	11,80	11,80	11,80	11,87	$R_4=59,06$
Sütun Toplamları $C_j$	$C_1=47,24$	$C_2=47,31$	$C_3=47,32$	$C_4=47,29$	$C_5=47,61$	$T=236,77$

Analiz için ilk aşama satır ve sütun ortalamalarını bulmaktır.

**Tablo-2:** Satır ve sütun ortalamaları (satır/sütun etkisi satır/sütun ortalaması değerleri ile yine bu değerlerin ortalamaları arasındaki farktır)

Satır No	Satır Ortalaması	Satır Etkisi	Sütun No	Sütun Ortalaması	Sütun Etkisi
1	11,8560	0,0175	1	11,8100	-0,0285
2	11,8740	0,0355	2	11,8275	-0,0110
3	11,8120	-0,0265	3	11,8300	-0,0085
4	11,8120	-0,0265	4	11,8225	-0,0165
			5	11,9025	0,0640

Varyans analizi şu iki hipotezi test etmek için kullanılabilir.:

1. Tüm güç düzeylerinde ortalama dayanıklılık aynıdır
2. Tüm akım düzeylerinde ortalama dayanıklılık aynıdır

Varyans analizi tablosu için aşağıdaki işlemler yapılır.

r: Satır sayısı = 4

c: Sütun sayısı = 5

T: Satır sütun toplamı =  $\sum_j C_j = \sum_i R_i = 236,77$

N: Toplam gözlem sayısı =  $r*c = 20$

$$C: \text{Düzeltilme faktörü} = \frac{T^2}{N} = 2803,001645$$

$$\text{SSR: Satır kareler toplamı} = \frac{\sum R_i^2}{c} - C = 0,14855$$

$$\text{SSC: Sütun kareler toplamı} = \frac{\sum C_j^2}{r} - C = 0,021430$$

$$\text{TSS: Toplam düzeltilmiş kareler toplamı} = (\text{Tüm gözlemlerin kareleri}) - C \\ = 2804,043500 - 2803,001645 = 0,041855$$

$$\text{SSE: Hata kareler toplamı} = \text{TSS} - \text{SSR} - \text{SSC} = 0,00570$$

Varyans analiz tablosu.

**Tablo-3: Varyans analizi tablosu**  
(\*F = Ortalama kare (kaynak)/Ortalama kare (hata))

Değişkenlik Kaynağı	Kareler Toplamı (SS)	Serbestlik Derecesi (DF)	Ortalama Kare = SS/DF	F Oranı*
Satırlar (güç)	0,014855	(r - 1) = 3	0,004952	10,67
Sütunlar (akım)	0,021430	(c - 1) = 4	0,005358	11,54
Hata	0,005570	(r-1)(c-1)=12	0,000464	
Toplam	0,041855	(rc - 1) = 19		

Satırlar için bulunan F değeri, eğer (r - 1) ve (r - 1) (c - 1) serbestlik dereceleriyle belirlenen bir  $\alpha$  anlam düzeyi için,  $F_\alpha$  değerinden büyükse, satırlar arasında önemli istatistiksel etkilerin olduğu sonucuna varılır. Benzer şekilde, sütunlar için de hesaplanan F değeri, (c - 1) ve (r - 1) (c - 1) serbestlik dereceleriyle tablodan okunan F değerinden büyükse, sütunlar arasında önemli istatistiksel etkilerin olduğu sonucuna varılır. Bu örnekte, her iki F testi, etkilerin olmadığı hipotezini reddeder.

Varyans analizi ve ilgili hipotez testleri, faktöriyel tasarım verilerine ilişkin analizin sadece bir parçasıdır. Model, güç ve akım faktör etkilerinin toplanabilirliği varsayımını, bir ön gerçek olarak kabul etmiştir. Böylece, hiçbir etkileşim olamaz, öyle ki, diğer faktörün seviyesi ne olursa olsun, dayanıklılık üzerinde gücün etkisi sabit kalır.

Deneyde her bir deneme olası etkileşimleri görebilmek için k adet tekrarlınsın.

$$r: \text{Satır sayısı} \quad \text{SSR: Satır kareler toplamı} = \frac{\sum R_i^2}{kc} - C$$

c: Sütun sayısı

k: Tekrar sayısı SSC: Sütun kareler toplamı =  $\frac{\sum C_j^2}{kr} - C$

N: Toplam gözlem sayısı = krc SSI: Etkileşim kareler toplamı

T: Ana toplam

$$SSI = \frac{(\text{gözlem}_j \text{ toplamı})^2}{k} - SSR - SSC - C$$

$$C = T^2/N$$

$$TSS: \text{Toplam kareler toplamı} = \sum y^2 - C$$

$$SSE: \text{Hata kareler toplamı} = TSS - SSR - SSC - SSI$$

**Tablo-4:** k adet tekrarlı deney için varyans analizi tablosu

Değişkenlik Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F
Satırlar	SSR	r-1	SSR/(c-1) = MSR	MSR/MSE
Sütunlar	SSC	c-1	SSC/(c-1) = MSC	MSC/MSE
Etkileşim	SSI	(r-1)(c-1)	SSI/(R-1)(c-1) = MSI	MSI/MSE
Hata	SSE	rc(k-1)	SSE/rc(k-1) = MSE	
Toplam	SST	krc-1		

### 3.6. Toplam Üretken Bakım – TPM (Total Productive Maintenance)

TPM (Total Productive Maintenance) en yalın ifadeyle, bir fabrikada kullanılan ekipmanın verimliliğini ya da etkinliğini artırmak ve olası makine hatalarından kaynaklanacak ıskartaları önlemek amacıyla gerçekleştirilen tüm çalışmaları kapsayan bir terimdir. TPM’de “total”in üç anlamı vardır:

1) Kullanılan ekipmanın verimliliğini/etkinliğini artırıcı çalışmaların, ekipmanın tüm ömrü boyunca sürdürülmesi.

2) Ekipmanın, çalışmadan beklemesine neden olan tüm etkenlerin kontrol altına alınması. Bu etkenleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- a) Ekipmanın bizzat bozulup durması
- b) Kalıp değiştirme süreleri
- c) Başka nedenlerle ekipmanın kısa sürelerle durdurmak zorunda kalınması
- d) Ekipmanın hızının düşmesi
- e) Ekipmanın veriminin, hatalı ürün dolayısıyla düşmesi

3) Ekipmanın verimini artırma çalışmalarına, firmada görev yapan tüm personelin katılması.

Bu üçüncü anlam TPM'in kilit taşıdır diyebiliriz. Çünkü TPM, firmada üst yönetimden başlayan bir TPM politikasının oluşturulmasına ve fabrika zemininde de, oluşturulacak küçük işçi ekipleri kanalıyla hayata geçirilmesine dayanır. Ekipler TPM'in çekirdek birimleridir.

Ekip, işe önce ekipmanı toz ve kirden arındırmakla başlar. Bu iş, ekip-içi bir iş bölümüyle yapılır. TPM ekipleri, yaptıkları tüm çalışmalara, kendilerinin asal görevinin problem çözme olduğu bilinciyle yaklaşır. Yani TPM ekipleri, her şeyden önce, birer problem çözme ekibi olarak algılanmalıdır. TPM ekipleri, yaptıkları her işte bir problem ararlar ve saptadıkları zaman da çözüm geliştirirler. Ekipmanın temizlenmesi ya da yağlanması bile bu yaklaşım egemendir. Ekip, temizlenmesi ya da yağlanması zor olan ekipman parçalarını saptayıp, çözüm getirmek zorundadır. Yalın üretimin ürüne değer katmayan, sadece zaman harcanmasına yol açan tüm operasyonları/etkenleri elimine et ilkesi burada da geçerlidir. Ekibin, bu görevi tam anlamıyla yerine getirebilmesi için de, ekip elemanları önce uzmanlar tarafından, ekipmanın çalışma ilkeleri üzerine eğitimden geçirilirler.

Ekibin diğer önemli görevi de, ekipmanın ne kadar sıklıkla durduğunu saptayıp, kayda geçirmektir. Akabinde, ekipman durmasının, hangi ekipman parçasının ya da parçalarının bozulması sonucu meydana geldiği keşfedilip, yine çözüm önerileri getirilir.

TPM, tek parça akışına dayalı U-hatlarının oluşturulmasında da önemli rol oynayan bir yöntemdir. U-hatlarında işlenmekte olan parça stoğu bulunmadığından, hattaki herhangi bir makinenin bozulup durması, tüm hattı sekteye uğratıp, hattan söz konusu üründen tek bir adedin bile çıkmaması anlamına gelecektir. Dolayısıyla U-hatları uygulamasına gidilirken, TPM çalışmaları da başlatılmalıdır. TPM'in U-hatlarının organik bir parçası olduğu unutulmamalıdır.<sup>35</sup>

### **3.7. Bir Dakikada Kalıp Değiştirme – SMED ( Single Minute Exchange of Dies)**

Kitle üretim sisteminde, stoklu çalışmaya birinci sırada gösterilen gerekçe ya da uzmanlara göre mazeret, makinelerde, bir kalıptan diğerine hatasız ürün elde edecek şekilde geçme süresinin çok uzun olmasıdır. Kitle üretim sisteminde, bu sürenin uzun tutacağı adeta bir veri olarak kabul edilir ve radikal olarak kısaltılması için gerekli çaba

<sup>35</sup> Ayperi Serdaroğlu Okur, a.g.e. sf 97

gösterilmez. Oysa, hazırlık süresi uzadıkça, makinenin aynı parçayı büyük miktarlarda üretmesi/işlemesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda, stoksuz çalışma –yani karışık yükleme akışına ayak uyduracak şekilde, değişik, birbiri ardı sıra ve ancak hemen o an gereken miktarlarda üretme- diğer her şey yalın üretime göre düzenlene bile imkansız hale gelmektedir.

Stoksuz üretim için olmazsa olmaz birinci koşul, makinelerin hazırlık süresinin kısaltılmasıdır.

SMED (Single Minute Exchange of Dies) yaklaşımını şekillendiren, uygulamasına yön veren ana ilke, yalın üretimin diğer tekniklerinde de olduğu gibi, gereksiz zaman harcamalarından kurtulmaktır. Temel SMED ilkeleri şunlardır:

1) İlk adım ve birinci ilke, bir kalıptan diğer bir kalıba geçiş sürecinde, makine durduğu zaman yapılan işlerle, makine çalışırken yapılan işleri saptayıp, mümkün olduğunca çok işi, makine çalışırken gerçekleştirmeye yönelmektir. Bunun için:

a) İlk olarak halihazırdaki uygulamada, hangi işler makine durduğunda, hangi işler makine çalışırken yapılıyor saptanmalıdır.

b) Bunlar içinde bazı işler, rahatlıkla ve önemli bir değişikliğe gidilmeden, makine çalışırken de yapılabilir olmalarına karşın, halihazırda makine durduğu zaman yapılıyorsa, bu büyük bir zaman kaybıdır. Bu tür işlemler mutlaka makine çalışırken yapılmalıdır.

c) İlk yapılan bu basit değişikliklerle de yetinmemek gerekir. Israrla daha çok işlemin makine çalışırken yapılabilmesi sağlanmalıdır. Bunun için, kullanılan kalıplar dahil, donanımda ne gibi modifikasyon yapılabilir araştırılmalı ve çözümler geliştirilerek uygulamaya geçirilmelidir.

2) Kalıp değiştirmede, hem bir önceki kalıbın çıkarıldıktan sonra üzerine hemen yerleşeceği, hem de aynı anda bir sonraki kalıbı taşıyan ve yerine takılmasını kolaylaştıran ve **Şekil-9**'da da görüldüğü rulmanlı sistemler veya taşıyıcılar kullanılmalıdır. Bu tür bir mekanizasyon, bir kalıptan ötekine geçiş süresini kısaltacaktır.

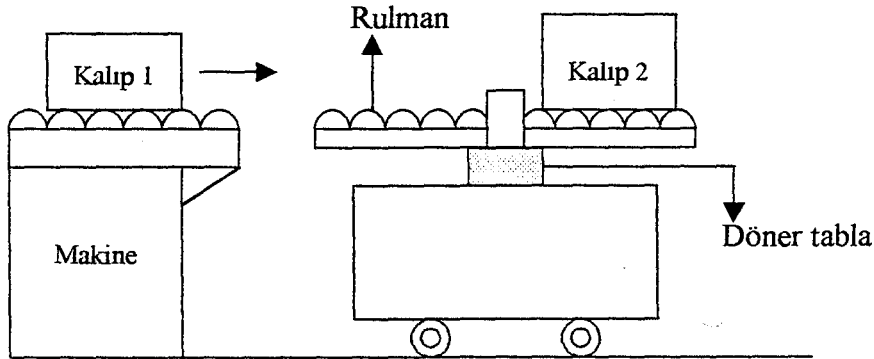
3) Kalıp bağlama sırasında, makineyi ayarlama gereğini önlemek de zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bunun için, bağlama sürecinde kullanılan kalıp ve makine bölümlerinde standartlaşmaya gitmek önemlidir. Örneğin, kalıpların makineye bağlantı kısımla-

rı standart hale getirilirse, kalıplar bağlanırken aynı bağlayıcılar ve takımlar kullanılabilir. Böylece standartlaşan kalıp değiştirme işi daha az süre tutacaktır.

4) Mengene ve bağlayıcıları, vida ve civata gerektirmeyecek şekilde tasarlamak da zaman tasarrufu sağlar. Böylece, işçiler çok daha kısa sürede sıkıştırma ve gevşetme işlemlerini yapabileceklerdir.

5) Kalıp değiştirme süresinin %50 kadarı, bir kalıp takıldıktan sonra, yapılan ayarlama ve deneme çalışmaları ile harcanır. Oysa, bu zaman kaybı, kalıbın ilk anda tam gerektiği şekilde yerine oturması sağlanırsa, kendiliğinden önlenmiş olacaktır. Burada kullanılacak yöntemler arasında, kalıbın bir dokunuşta yerine oturabileceği kaset sistemleri ya da makineye eklenecek limit anahtarları sayılabilir. Böylece, kalıp takıldıktan sonraki ayarlama işlemine gerek kalmaz.

6) Kalıpları, makinelerden uzak depolarda saklamak, taşıma ile vakit kaybedilmesine yol açar. Bunun çaresi, sık kullanılan kalıpları makinelerin hemen yanlarında tutmaktır.<sup>36</sup>



Şekil-9: SMED uygulaması için rulmanlı sistem

**Kaynak:** Yasuhiro Monden, **Toyota Production System: Practical Approach to Production Management** (Industrial Engineering and Management Press, 1983)

### 3.8. Kaizen ve Kalite Çemberleri

Stokla beslenmeyen, bu anlamda son derece hassas olan yalın üretim, bugün ulaştığı en iyi uygulama konumuna karşın, asla gelinmiş noktayla yetinen durağan bir sistem değildir. Tersine, daha da yetkinleştirilmesi, olabilecek tüm zaman kayıplarının ve israfın adım adım saptanıp, gerekli önlemlerin alınması, sistemin devamı ve hassaslı-

<sup>36</sup> Shigeo Shingo, **A Revolution in Manufacturing, the SMED System** (Productivity Press, 1985) sf 23

ğının azaltılması için ön koşuldur. Bu yüzden, yalın üretimi bünyesine almış firmalarda her an, her aşamada, üretimin daha da iyileştirilmesine yönelik sürekli ve düzenli çalışmalar yapılır. Sistemin bütününe yayılmış bu dinamik iyileştirme anlayışına Japonca'da "kaizen" denir.

Yalın üretimde kaizen uygulamasına baktığımız zaman, gördüğümüz belki de en önemli özellik, ömür boyu iş garantisi altında çalışan tüm sürekli işçilerin, kaizen iyileştirme çalışmalarına bir takım çalışması anlayışı içinde, baş aktör olarak katılmalarıdır. Yalın üretim, sadece mühendis kadrolarının değil, tüm çalışanların yaratıcı potansiyeline saygı duyan bir sistemdir ve kaizende bu potansiyelin üretime kanalize edilmesi de, bilindiği gibi "kalite çemberleri" kanalıyla gerçekleşir.

Esas olarak, maliyetleri düşürüp kaliteyi artırmaya yönelik birer problem çözme ve uygulama grubu olan kalite çemberleri, kaizen uygulamasında, tüm sürekli işçileri kapsar. Burada önemli bir püf noktası vardır. Kalite çemberleri, kaizen çalışmaları için gerekli ön zemini hazırlasa da, tek başına yeterli değildir. Önemli olan, kullanılan yöntemlerdir ve yalın üretimde, kalite çemberlerinden maksimum verim alınması, ancak özel bir problem çözme yönteminin geliştirilmesiyle mümkün olmuştur. Dolayısıyla, kalite çemberleri oluşturulurken atılması gereken ilk adım, çember üyelerine, yalın üretimin problem çözme yönteminin öğretilmesidir. Bu yöntemin ana hatları şöyledir:

**1) Problemin Saptanması:** Problem çözmeye ilk adım, tabii ki problemin saptanmasıdır. Kaizende esas olan, mevcut durumda problem olarak kendini göstermeyen gizli problemleri araştırıp ortaya çıkarmaktır. Gizli problemleri yakalamanın ilk adımı, tüm işlem ve süreçleri ürüne değer katanlar ve katmayanlar olarak ayırmak ve ürüne değer katmayanları, ana problem alanları olarak belirlemektir. Amaç, ilk başta bunların önlenmesidir.

Gizli problem alanlarını keşfederken, öncelikle kalite kontrol, taşıma ve beklemeyle nerelerde zaman kaybedildiği üzerine yoğunlaşılır. Çünkü, bir fabrika/atölye işleyişinin her alanında, her aşamasında ortaya çıkabilecek bu işlemler, aslında tümüyle gereksizdirler. Ürüne hiçbir değer katmadıkları gibi maliyeti artırmaktadırlar.<sup>37</sup>

**2) Problemin (mevcut durumun) İncelenmesi:** Problem alanı/alanları saptandıktan sonra, mevcut işleyişte, problemin nasıl/nereden kaynaklandığını keşfetmek aşamasına geçilir. Burada, yalın üretimde 5 sorudan oluşan bir analiz yöntemi kullanılır.

<sup>37</sup> Ayperi Serdaroğlu Okur, a.g.e. sf 109



maktadır. Her problem tespiti ardından, bu 5 soruluk analize geçilir. “Kim, neyi, nasıl, nerede, ne zaman gerçekleştiriyor?” Bu sorular sorulup yanıt alındıktan sonra, aynı sorulara bir de “neden” sorusu eklenerek analiz devam eder. Bu sorular ve alınan yanıtlarla, mevcut durumun (problemin) kaynağı/kaynakları ortaya çıkarılıp, problem ayrıntıda incelenmiş olur.

**3) Fikir Üretme:** Mevcut durum analizi tamamlandıktan, problem her yanıyla tanımlanıp keşfedildikten sonra, iyileştirmeye yönelik fikir üretme aşamasına geçilir. Bu aşamayı bir beyin fırtınası seansı olarak düşünebiliriz.

**4) Değerlendirme:** Fikir üretme aşamasının ardından, uygulanabilir fikirlerin ortaya çıkarılması ve aralarından en iyisinin seçilmesi aşamasına geçilir. Bu aşamada, herkesin gelen fikirlere olumlu, yapıcı bir tavırla yaklaşması önemlidir.

**5) Uygulama Programının Hazırlanması:** Bir fikir kabul edildikten sonra, uygulama programını/planını üretme aşamasına geçilir. Bu aşamada, çıkacak planın mutlaka spesifik ve somuta yönelik ayrıntıda olması önemlidir. Yatırım verimliliği de hesaplanmalıdır.

### 3.9. Emeğe, Çalışanlara Verilen Değer, İşçi Hakları

Yalın üretim, her kademedeki çalışana, sistemin devamı için vazgeçilmez bir unsur olarak yaklaşan, yapılan tüm işlerin kalitesini, çalışanlar yararına sürekli iyileştiren ve tek tek her bir elemanını, sistemin yetkinleştirilmesi için seferber eden, emeğe saygılı bir sistemdir. Ancak, sistem aynı zamanda tüm çalışanlardan yüksek verim, çok çalışma bekleyen ve u-hatları ve kalite çemberlerinde olduğu gibi, çalışanların varını yoğunu sistemin devamı için seferber etmesini talep eden bir özelliğe de sahiptir. Yalın üretim yaklaşımını benimsemiş firmalarda çalışmak, bu anlamda – tatmin edici de olsa – yoğun bir iştir, hatta bir bakıma insanı zorlayıcı bile denilebilir.

Ancak yalın üretim aynı zamanda, çalışanlardan beklediği yoğun disiplin ve işe bağlılığın karşılığını da veren bir sistemdir. Gerçekten de yalın üretim ilkelerini benimseyen firmalarda çalışanlara tanınan haklar ve firma üst yönetimlerinin çalışanlara ve çalışma ortamına yaklaşımları, kitle üretim sisteminde görmeye pek de alışkın olmadığımız ölçüde, çalışanlar lehine bir tablo sergilemektedir.

Birincisi ve en önemlisi, başta Japonya olmak üzere, yalın üretime göre çalışan firmalarda, sürekli işçi kadrosunda çalışan herkes, ömür boyu iş garantisine sahiptir.

Yani bir işçi ancak kendisi isterse işinden çıkabilir, firması çıkaramaz. Dolayısıyla, kitle üretim sisteminde, değişken maliyet olarak algılanan işçiler, yalın üretim sistemi içinde sabit maliyet haline gelmişlerdir.

Yalın üretimde emeğe saygının, çalışanlara hak ettikleri karşılığı, hak ettikleri ölçüde verme anlayışının bir başka göstergesi de, sistemi benimsemiş çoğu firmada işçilerin aldıkları ücretlerin, sistemi benimsememiş firmalara göre hem daha yüksek olabilmesi, hem de çalışanların emekleri karşılığında aldıkları ücretin bir bölümünün, firmanın karlılığına ya da bir başka kritere endeksli bir şekilde prim olarak verilmesidir.

Yalın üretimde çalışanlara tanınan haklar, ömür boyu iş garantisi ve ücret politikaları ile de sınırlı değildir. Emeğe saygının güçlü başka göstergeleri de vardır. En önemlisi, yalın üretim yaklaşımını benimsemiş çoğu firmada, işçilerden ve/veya sendika yönetiminden oluşan işçi temsilcileri grubunun, yönetici toplantılarına katılması, böylece hem kendi istemlerini dile getirebilme, hem de yalın üretim yönetim anlayışını direkt olarak gözleme şansına sahip olmasıdır.

## 4. Yalın Üretim Sisteminde Yan Sanayilerin Rolü

### 4.1. Yan Sanayilerle İlişkiler

Bir ana sanayi firmasının, yalın üretim tekniklerini sadece fabrikalarında/atölyelerinde uygulaması yeterli değildir. Özellikle, ürün maliyetleri içinde, yan sanayilerden alınan parçaların payının yüksek olduğu firmalarda, aynı yöntem ve yaklaşımların, yan sanayilerde de yaygınlaşması mutlaka sağlanmalıdır. Aksi takdirde, yalın üretimden beklenen kazanç ve yarar, beklenildiği ölçüde gerçekleşmeyecektir. Nitekim, Japon firmalarına baktığımızda, ana sanayilerin, yan sanayilerine bu bağlamda göz ardı edilmeyecek boyutta öncülük yaptıklarını, adeta birer rehber misyonu üstlendiklerini saptamak mümkündür.

Önceleri satın alma sistemi, firmaların organizasyonlarında çok alt seviyelerde yer almış ve malzeme kaynaklarının bulunması, fiyatlandırma ve sevkiyat faktörlerinden oluşan dar bir alanda faaliyet göstermiştir. 1970'li yılların ortalarından itibaren, satın alma departmanları, firmaların organizasyonunda üst seviyelere yükselmiştir. Satın alma personeli, eski görevlerine ek olarak, yeni ürün planlaması, mühendislik spesifikasyonlarının geliştirilmesi, yatırım mallarının takibi gibi yeni görevler üstlen-

miştirler.<sup>38</sup> Ayrıca, malzeme için harcanan paranın, tüm harcamalar içindeki payının yüksek olması nedeniyle, malzeme yönetimi önem kazanmıştır.

Malzeme yönetimine önem verilmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir:

1. Operasyon maliyetlerinin azaltılması,
2. Satın alma işlevinin tek bir sorumluluk altında toplanması,
3. Stokların azaltılması,
4. Satın alma gücünün artırılması,
5. Fonksiyonel verimliliğin geliştirilmesi,
6. Düşük fiyattan alım yapılmasının sağlanması

Firmadan firmaya geçişle birlikte, malzeme yönetiminin fonksiyonlarını, malzeme maliyetine etki eden tüm temel faaliyetler oluşturur. Satın alma ise, malzeme yönetiminin en önemli fonksiyonudur. Satın alma bölümünün sahip olduğu bir problem, firmanın problemi haline gelir. Satın almanın tanımı, malzeme ve hizmetlerin doğru kalitede, doğru fiyattan, doğru kaynaktan ve doğru zamanda temin edilmesi şeklindedir. Satın alma fonksiyonunun merkezileştirilmesi ve sorumluluğun tek bir bölüme verilmesi önemlidir.<sup>39</sup>

Yalın üretim sisteminde, idealize edilmiş sıfır stok hedefine ulaşabilmek için, az sayıda satıcıdan, istenilen kalite düzeyindeki ürünlerin, ufak miktarlarda ve zamanında satın alınması gerekmektedir. Bu çerçevede, ana ve yan sanayi ilişkilerinin, tümüyle gözden geçirilerek, yeni ilkeler doğrultusunda yeniden düzenlenmesi gereklidir. Diğer taraftan, yalın üretim sistemine göre tam zamanında satın alma sistemleri uygulamasına geçebilmek için, üretimin tüm aşamalarında, stokların azaltılması ya da başka bir anlamıyla stok tutmaya yol açan nedenlerin ortadan kaldırılması gerekmektedir.

<sup>38</sup> Aynur Emre, **Tam Zamanında Üretim Sisteminin Ülkemizdeki Uygulamaları ve Sorunları** (MPM Yayınları, 1995) sf 32

<sup>39</sup> Aynur Emre, a.g.e. sf 33

## 4.2. Stok Tutmaya Yol Açan Nedenler/Belirsizlikler

Bir üretim/envanter sisteminde, stok tutmaya yol açan nedenler/belirsizlikler **Tablo-5'**de özetlenmektedir.

**Tablo-5:** Stok tutmaya yol açan nedenler/belirsizlikler

Stok Cinsi	Neden/Belirsizlik
Hammadde Stokları	Sevkiyat (termin, miktar) Kalite (spesifikasyonlara uyumsuzluk) Üretimde dalgalanmalar Yetersiz satın alma politikaları Makro ekonomi
Ara Stoklar	Tezgah arızaları Hatalı üretim Uzun hazırlık süreleri Farklı işçi verimliliği Devamsızlık Üretimde dalgalanmalar Yetersiz üretim planlama Yetersiz bakım
Bitmiş Ürün Stokları	Talepteki dalgalanmalar Hatalı ürün Üretimde dalgalanmalar Makro ekonomi

**Kaynak:** Nesime Acar. *Tam Zamanında Üretim* (MPM Yayınları, 1995)

Klasik üretim sistemlerinde, üretimin tüm aşamalarında belirsizliğin etkilerini azaltma amacıyla, üretim ve satın alma, büyük parti büyüklükleri ile sürdürülür. Üretim ve satın almanın büyük parti büyüklükleri ile sürdürülmesi sonucunda ise, büyük stokların oluşması kaçınılmazdır. Bu nedenle, klasik sistemlerde, stokların azaltılması yolunda atılacak ilk adım, parti büyüklüklerinin azaltılmasıdır.

Klasik sistemlerde, parti büyüklüklerinin hesaplanması amacıyla, üretime hazırlık maliyetleri ile stok tutma maliyetlerinin dengelenmesine çalışılır. Sonuç olarak da, belirli bir parça için süreç hazırlandıktan sonra, yeterli sayıda o parçadan üretmeden, süreci başka parça için değiştirmek ekonomik olmayacaktır.

Yalın üretim sisteminde, üretim ve satın almanın, klasik parti büyüklüğünden çok daha küçük kabilelerle sürdürülmesi, temel amaçlardan biri olarak benimsenmiştir. Parti büyüklüklerinin azaltılmasındaki ilk aşama da hazırlık zamanlarının ve dolayısıyla hazırlık maliyetlerinin azaltılmasıdır.

### 4.3. Satın Almada Temel İlkeler

Yalın üretim sistemi bünyesindeki satın almanın temel nitelikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Tam zamanında, küçük kafaletli, hatasız ve sık sevkiyat,
- Parça bazında tek (ya da olabildiğince az sayıda) satıcı,
- Uzun dönemli satın alma sözleşmeleri,
- Taraflar arası operasyonel ve mali şeffaflık,
- İşbirliği ağırlıklı ilişkiler.

Yalın üretim sisteminde, satıcıların bu belirtilen kısıtlara uyum sağlamaları ve oluşabilecek ek maliyetleri karşılayabilmeleri için, satıcı – alıcı ilişkilerinin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Yalın üretim uygulamasına geçen bir işletme, satıcılardan belli 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 etmesine olanak tanıyan bazı ayrıcalıklara sahip olması gereklidir. Alıcı açısından ise, bu ayrıcalıkların herhangi bir maliyet artışı içermemesi gereklidir. Bu durumda, alıcı açısından fazla riskli olmayan ve ek bir maliyet içermeyen ve satıcıya uzun dönemli sözleşmelerin dışında başka avantajlar sağlayan ayrıcalıkların belirlenmesi gerekir.

Yalın üretim sistemi bünyesindeki satın alma işlevi, şirkette oluşacak stokları, satıcının deposunda tutmak değildir. Klasik yaklaşımda, son ürün için talep arttığında, işletme bunu doğrudan yan sanayiye aktarmakta, satıcı firma da bu talebi karşılamada yetersiz kalmamak için yüksek envanterlerle çalışmaktadır. Ancak, yalın üretim yaklaşımında bu denge tamamen değişmekte, alıcı firmanın, talep dalgalanmalarını satıcıya yansıtması engellenmektedir. Bu durumda risk, alıcıya doğru kaymakta ve alıcı firmanın, talebi önceden doğru bir şekilde tahmin ederek, satıcıya kesin bir teslimat çizelgesi vermesi beklenmektedir. Ancak, alıcı firmanın bu şekilde kesin teslimat çizelgeleri verebilmesi için, kendi bünyesinde bir takım işlevleri yeniden düzenlemesi gereklidir. Bu bağlamda, özellikle pazarlama konusu, öncelikli olarak gündeme gelmekte ve talep dalgalanmalarının, pazarlama yöntemleri kullanılarak dengelenmesi sağlanmaktadır. Dalgalanan talep koşullarına uygulanabilecek bir diğer yaklaşım da, malzeme ve parçaların standardizasyonudur.

Satıcıların, kendi girdilerini temin ettikleri diğer firmalarla ilişkilerinin düzenlenmesinde de, aynı yaklaşımın kullanılarak teslimat çizelgelerinin kesinleştirilmesi çok önemli bir konudur. Yalın üretim sisteminde, satın alma ilişkilerinin düzenlenmesi için, ana işletme ile yan sanayi işletmeleri arasında, geriye doğru, ilk satıcıya kadar uzanan bir şebekenin oluşturulması gerekmektedir. Böyle bir düzenin sağlanabilmesi için, alıcı ve satıcılar arasında sağlıklı bir iletişim ağının gerçekleştirilmesi şarttır.

Yalın üretim uygulamasının başarılı olmasında, yan sanayi ve ara ürünler bazında geçerli olan iki temel koşul önemli rol oynamaktadır. Ara ürünler ya da parçaların ekonomik olarak üretilebilmesi mümkün olmalıdır ve yan sanayinin yalın üretim uygulaması için yapacağı harcamaları karşılayabilmesi amacıyla, ürün tasarımlarının yeterli bir zaman aralığında sabit tutulması gereklidir. Genelde, ürün tasarımı konusunda tasarım mühendisliği ve yan sanayicinin olaya bakış açıları oldukça farklıdır. Tasarım mühendisliği, bir ürünün, belirli koşullar altında, istenen fonksiyonları sağlayacak şekilde tasarımını gerçekleştirmeye çalışırken, yan sanayici, bu tasarıma uygun üretimin gerçekleştirilmesini sağlamak zorundadır. Ancak, yan sanayici, tasarım aşamasında olaya ne kadar erken girerse, ne kadar fazla katkıda bulunursa, üretim aşamasında söz konusu olabilecek problemler de o ölçüde azaltılmış olacaktır.

Yalın üretim yaklaşımını benimseyen işletmeler, yan sanayi işletmelerinin istatistiksel süreç kontrolü tekniklerini kullanmalarını zorunlu kılmaktadır. Bazı işletmeler bu zorunluluğu, malzeme akış sürecinde geriye doğru ilk satıcıya kadar uzanan bir plan çerçevesinde gerçekleştirmektedirler. Ancak, ana sanayinin, yan sanayi işletmelerinde istatistiksel süreç kontrolü tekniklerinin kullanımını zorunlu tutması, yan sanayinin tek başına gerçekleştirebileceği bir koşul değildir. Bu nedenle, işletmenin yan sanayi işletmelerine bu konuda destek sağlaması gereklidir.

Yalın üretim yaklaşımında amaç, yarı mamul, parça ve malzemelerin, doğru zamanda ve doğru miktarda ana sanayiye ulaştırılmasının sağlanmasıdır. Bu bağlamda, ana ve yan sanayi arasındaki fiziksel yakınlık önemli bir faktördür. Yalın üretim ortamında, yan sanayiden ana sanayiye malzeme taşıyan nakliye şirketleri de sistemin bir parçası olarak değerlendirilmek zorundadır. Özellikle, yan sanayinin belirli bir bölgede toplanmadığı ve işletmeler arasında fiziksel uzaklığın söz konusu olduğu ortamlarda, tam zamanında teslimatları sağlayabilmek için, genel nakliyecilerden sözleşmeli nakliyecilere geçmek ve ikmal sistemini bir bütün olarak koordine etmek çok önemlidir.

## 5. Yalın Üretim ile Klasik Üretim Sistemleri Arasındaki Farklar

Yalın üretim çalışma sisteminin, klasik sistemlerden oldukça önemli farkları vardır. **Tablo-6**'da bu farklar, başlıca on iki özellik ele alınarak özetlenmiştir.

**Tablo-6:** Yalın üretim ile klasik üretim sistemleri arasındaki farklar

Özellik	Klasik Sistemler	Yalın Üretim Sistemi
Öncelikler	Tüm siparişlerin kabulü Çok seçenek	Sınırlı pazar Az seçenek
Mühendislik	Geleneksel çıktılar Elle tasarım	Standart çıktılar Geliştirilmiş tasarım Üretim yalınlaştırılması
Kapasite	Yüksek kullanım Esnek değil	Normal kullanım Esnek
Süreç	Atölye türü	Akıcı üretim, hücreli üretim
Yerleşim	Geniş alan Malzeme aktarım donatımı	Dar alan Elle malzeme aktarımı
İşgücü	Dar uzmanlık Özel yetenek Bireysel çalışma Rekabetçi davranış Emirle değişiklik Kolayca kaçış Statü: sembol, ücret, prim	Geniş uzmanlık Esnek yetenek Takım çalışması İşbirlikçi davranış Katılımla değişiklik Zoru başarıma Ayırt edici bir statü yoktur
Program	Uzun süre değiştirilmez Uzun dönemli modeller kullanılır	Çok hızlı değiştirilir Karma modeller kullanılır
Stoklar	Yeterinden fazla Ambarlar, depolar, geniş alanlar	Tam yetecek kadar Raf biçimi stok
Tedarik Kaynakları	Çok Rekabetçi	Birkaç veya yalnızca bir Kooperatif, aynı şebeke
Planlama ve Kontrol	Planlama ağırlıklı Karmaşık Bilgisayar destekli	Kontrol ağırlıklı Basit Yüz yüze
Kalite	Teftiş, muayene Kritik noktalarda Kabul örnekleme	Olurken kaynakta kontrol Devamlı kontrol Süreç kontrolü
Bakım	Düzeltilici Uzmanlar tarafından Donanım hızlı çalışır Bir vardiya çalışılır	Önleyici Operatör tarafından Donanım yavaş çalışır 24 saat çalışılır

**Kaynak:** Mehmet Şahin, Gülten Eren, "İşletmelerde Sıfır Stokla Çalışma Sistemi", *Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Dergisi* c:1, s: 1 (Haziran 1994)

### 1. Öncelikler

Geleneksel işletmecilikte işletmeler, hemen hemen tüm müşteri siparişlerini veya bu siparişlerin çok büyük bir kısmını kabul etme eğilimindedirler. Bu tür bir yaklaşımın, üretim faaliyetlerini karmaşıklaştırdığı, hata oranını artırdığı ve sonuçta maliyet-

leri artırdığı gözlenmiştir. Çünkü, hemen her siparişin kabulü, standart üretimi son derece zorlaştırır ve başta zaman kaybı olmak üzere bir çok ek maliyete sebep olur. Oysa, yalın üretim çalışma yaklaşımıyla çalışan işletmelerde, hedef Pazar, kesin sınırlarıyla tanımlanmıştır. Dolayısıyla, hangi tüketici siparişlerinin tanım dışında kaldığı veya tanım kapsamı içinde kalan siparişler içinden hangilerinin seçileceği, önceden belli edilmiştir. Yalın üretim sistemini benimseyen işletmelerde, sınırlı pazara, yüksek kalite ve düşük maliyetle ürün sürme baskısı vardır. Bu nedenle, maliyeti artıracak veya kaliteyi düşürecek siparişlere öncelik verilmez.<sup>40</sup>

## 2. Mühendislik

Yalın üretimle çalışan işletmelerde mühendisler, öncelikle siparişlerin üretim akışını tasarlarlarken, bir taraftan standart çıktılar elde etmeyi, diğer taraftan da her yeni tasarımın öncekilere oranla biraz daha ilerletilmiş olmasını hedeflerler. Bu arada, mühendislerin diğer bir amacı da, tek tek her çıktı için standart üretim birimleri ve alt üretim akış sistemleri tasarlamaktır. Her seferinde bu tasarımların daha da basitleştirilmiş ve ilerletilmiş olması gerekir. Oysa, klasik yaklaşımda mühendisler, ayrı ayrı her müşteriyi tatmin etmek için her seferinde yeni üretim birimleri ve alt üretim akışları tasarlamak durumundadırlar.<sup>41</sup> Yalın üretim yaklaşımı tasarımları, üretilebilirlik tasarımı ile parça veya ürünün en kolay iş akışı tasarımını içerir. Böylece, dar kapsamlı bir hedef pazardan herhangi bir sipariş alınır alınmaz, hemen üretime geçilerek önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlanmış olur. Oysa, klasik yaklaşımda, sınırları geniş tutulmuş pazardan bir sipariş alınınca, mühendisler mümkün olan en kısa zamanda birer üretilebilirlik ve iş akışı tasarlayarak, hemen uygulamaya koyarlar. Genellikle de kısa zamanda hazırlanan bu tasarımlarda, işin nasıl yapılacağı üzerinde ayrıntılı olarak düşünülmediği için, sonuçta yüksek maliyet ve düşük kaliteyle karşılaşılır. Bu arada, eğer aceleyle hazırlanmış tasarımların uygulama sırasında başarısız olduğu görülürse, söz konusu tasarımlar düzeltmeleri için mühendislere geri gönderilir.<sup>42</sup> Görüldüğü gibi klasik yaklaşım, mühendislikte ve üretimde büyük mühendislik saatine ve zaman israflarına yol açmaktadır.

<sup>40</sup> Jack R. Meredith, *The Management of Operations: A Conceptual Emphasis* (John Wiley and Sons, 1990) sf 72

<sup>41</sup> Mehmet Şahin ve Gülten Eren, a.g.e. sf 45

<sup>42</sup> Elwood S. Buffa, *Meeting The Competitive Challenge* (Dow Jones – Irwin Inc., 1984) sf 133-134



### 3. Kapasite

Klasik işletmecilikte, mümkün olan en yüksek kapasite ile çalışılmak istenmesi nedeniyle, duruma göre fazla iş imkanları yaratılır. Bu yaklaşım, işletme için ek donanım, fazla çalışma, ek vardiya ve genellikle de geniş bir yarı mamul stoğu gereksinmesi doğurur. Tüm bu gereksinmeler de, ek finansal kaynaklar aramaya yol açar. Sonuçta, yüksek bir üretim maliyeti ortaya çıkar. Oysa, yalın üretim uygulamasında, doğal israf-lara, özellikle de geniş yarı mamul stoklarına yol açmamak için, ek kapasite oluşturma ihtiyacı minimum düzeyde tutulmaya çalışılır. Bu yaklaşımda, fazla kapasite seçeneği yerine, baştan aşağıya tüm üretim süreci çok sıkı bir denetime tabi tutulur. Böylece ek kapasite yaratma ihtiyacının ortadan kaldırılmasına ağırlık verilmiş olunur.<sup>43</sup>

### 4. Süreç Tasarımı

Yalın üretim sistemine en uygun üretim biçimi, kesintisiz akıcı süreçler ve proje tipi üretimlerdir. Akıcı üretim koşullarında sıfır stokla çalışma politikasının uygulanması, olağanüstü büyük yararlar sağlamaktadır. Parça, yarı mamul ve mamullerin akışındaki sapmalar, zaman israfını, malzeme israfını ve insan enerjisi israfını artırarak, çok pahalı üretim süreçlerinin oluşmasına yol açmaktadır. Yalın üretim sisteminde, erken üretim veya erken teslimin, en az geç teslim kadar zararlı olduğuna dikkat edilmelidir. Buradaki amaç, sistemin felsefesine göre hazırlanan programlara kusursuz uyumluluktur. Uyum yoksa, baştan aşağıya tüm fabrikada düzensiz akımlarla karşılaşılacaktır. Devamlılık, parçaların düzgün akması, her düzeyde iş akımı, sonuçta ek işçi, makine ve diğer kaynak taleplerini ortadan kaldırır. Bu yaklaşıma uygun bir kapasite düzeyine ulaşınca, işletmede hemen her şeyin uygun olduğu görülmeye başlanır.<sup>44</sup>

### 5. Yerleşim Düzeni

Klasik yerleşim yöntemi, atölye yaklaşımından kaynaklanır. Her atölyede gerekli bütün araç gereç, depo alanları, alet dolapları ve tüm bu donanımlar arasında da yarı mamul stokları bulunur. Stokların yerleştirilmesi, indirilmesi ve taşınması ise, konveyör ve forklift gibi otomatik veya yarı otomatik donanımlarla yapılır. Atölyelerde, bu donanımların da oldukça geniş alanlar işgal ettiği açıktır. Oysa, yalın üretim sisteminde, üretim için gerekli olan her şey, bir işçi veya makineden diğerine elle geçirilmeye çalışılır. Üretim birimlerinde ve montaj hattında çok az miktarda üretim malzemesi, minimum düzeyde yarı mamul ve aktarma donanımı bulunur. Montaj genellikle U – hattı şeklin-

<sup>43</sup> Aynı, sf 66

<sup>44</sup> Mehmet Şahin ve Gülten Eren, a.g.e. sf 47

dedir. Böylece, herhangi bir işçinin çok hareket etmeksizin, tüm makinelere kolayca ulaşması sağlanır. Ayrıca, hem tamamlanmış mamuller hem de hammaddeler u – tipi üretim birimlerinin aynı noktasından sürece girerler.

### **6. İş Gücü**

Yalın üretim sisteminin en temel öğelerinden birisi, problemlerin teşhisi ve çözümü anlamındaki iş gücüdür. Bu sistemde çalışanlara, klasik anlamdaki gibi kendi özel işleriyle, uzmanlıklarıyla ve dar sorumluluklarıyla bir makine dişlisi olarak bakılmaz. Tam tersine, yalın üretim sistemi, işletmenin neresinde ortaya çıkarsa çıksın, tüm problemleri görebilecek uzmanlıkta ve esneklikte çalışanlar olmasına çaba gösterir. Yalın üretim sisteminde bunu başarmaya yardımcı araçlardan birisi, iş takımları oluşturmaktır. Sistemdeki her takım, belli parçalar veya ürünler bütününden sorumludur. Ayrıca çalışanların birbirlerini koordine etmeleri, birbirlerinin boşluğunu doldurmaları ve sistemin herhangi bir yerinde stok birikimi oluşmayacak şekilde problemleri çözmeleri zorunludur. Geniş uzmanlığa ve esnekliğe sahip personelin, sistemin amacına ulaşmayı kolaylaştıracak şekilde, kendi kalite kontrollerini ve kendi donanımlarının bakımlarını da yapmaları gerekir. Klasik sistemlerde yönetici, işçinin performansı konusunda tam bir yetki ve sorumluluğa sahiptir. Yönetimin hazırladığı planları, yine yöneticiler değiştirebilir. Çalışanların görevi, yöneticilerin hazırladığı planlara kesin olarak uymaktır. Oysa, yalın üretim sisteminde, işletmedeki herkesin, işbirlikçi bir tutum göstermesi, planları ve kararları katılımı almaları zorunluluğu vardır.

### **7. Programlama**

Klasik programlama yaklaşımında ağırlık, uzun dönemli işlemlere verilir. Yalın üretim sisteminde ise hedef, karma modeller kullanarak, her türlü akışı düzgünleştirmektir. Yalın üretim sisteminin başta gelen amacı, üretim girdilerinde, üretim sürecinde ve üretim çıktılarının dağıtımında, düzgün akış sağlamak olduğu için, programlamada, gecikme ve üretime hazırlık süreleri minimum düzeye indirilmeye çalışılır. Yalın üretim sisteminde programlamanın en önemli sorunlarından birisi, karma ve esnek üretim modeli ile düzgün iş akışlarını mümkün kılacak üretim hazırlık zamanlarının, nasıl en aza indirilebileceğidir.

### **8. Stoklar**

Klasik üretim sistemlerinde genellikle, stok, gizli ya da varlığı pek hissedilmeyen bir sorundur. Üretimin herhangi bir safhasındaki stok sorunu, daha sonra gelen aşamaları pek etkilemez. Oysa, yalın üretim sisteminde stok politikası, sistemin temelini oluşturur; stoklara, para israfına yol açan ve atıl olarak bekleyen kaynaklar olarak bakılır. Dolayısıyla, çeşitli işletme sorunlarını ortadan kaldırabilmek için, önce işletmenin neresinde stok birikimi oluşuyorsa, bu oluşumu açığa çıkarmak, sonra da bu stok sorununu çözümlenmek gerekir. Yalın üretim çalışma yaklaşımı, alan tasarrufunu, gecikme süresi azaltımını, iş yükleme düzgünlüğünü ve stok azaltımını aynı zamanda göz önünde bulundurarak gerçekleştirmeye çalışır. Böylece stok kontrolü hem kolaylaşmış hem de daha ucuza mal olmuş olur. İşlerin su gibi düzgün ve stoksuz akması, parçaların yitirilmesini, kodlanmasını, bilgisayarda veya stok kayıtlarında tutulmasını önler ve sonuçta kalite ve disiplin ilerlemiş, maliyetler azaltılmış olur.<sup>45</sup>

### **9. Tedarik Kaynakları**

Küçük boyutlu sipariş ve düzgün akışlı üretim yapısına sahip olan yalın üretim sistemi, tedarik kaynaklarını (satıcıları) da takımın bir üyesi veya parçası olarak düşünür. Sistemin bir parçası olan satıcılardan, satın alınacak kalemlerin tasarlanmasına ve planlanmasına yardımcı olmaları beklenir. Satın alma programlarının, satıcılarla birlikte koordine edilmesi ve her gün bir çok küçük boyutlu teslimlerin yapılması istenir. Bu tutum, satıcıların, fabrikalarını, müşteri işletmelere yakın olarak kurmalarını sonucunu doğurur. Yalnızca tek bir kaynaktan tedarikte, herhangi bir kabul kalite kontrolü yapılmaz. Tüm kalemlerin, belirli kalite ve garantileri, satıcı işletme tarafından üstlenilir. Bu durum, satıcı ile alıcı arasında bir rekabetçi tutumu değil, bir takım üyesi olarak birlikte hareket etme zorunluluğunu doğurur. Sıfır stokla çalışan işletme, girdi sağlayan işletmeyle birlikte çalışır ve ona sıfır stokla çalışma süreçlerini öğretir. Bu bilinçli işbirliği, maliyetleri azaltma, kaliteyi artırma ve küçük boyutlu mal teslimlerinin, sık sık ve zamanında yapılması yönünde olumlu etkiler doğurur.

### **10. Planlama ve Kontrol**

Klasik yaklaşımda planlama, sistemin odak noktasını oluşturur. Ancak, bu sistemlerdeki karmaşık ve bilgisayar ağırlıklı planlama, bir açıdan gerçek amacından uzaklaşmış bir durum gösterir. İşletmede planlamaya, kontrolden daha çok ağırlık verilmesi-

<sup>45</sup> Mehmet Şahin ve Gülten Eren, a.g.e. sf 51

nin sonucu olarak, her seferinde daha iyi planlama yapılmaya çalışılır. Sonuçta, daha karmaşık planlar ortaya çıkar. Yalın üretim çalışma yaklaşımında ise, sistemin odak noktası olarak kontrol esas alınır. Böylece, üretim süreçlerinin etkili bir kontrol sağlayacak biçimde görsel ve basit olmasına çalışılır. İşletme, belirsiz bir geleceğin tahmini ve planlamasından çok, esnek ve hızlı işlemlerle, içinde bulunulan zamandaki gerçek oluşumlara cevap vermeye çalışır. Yalın üretim sisteminde de bazı planlamalar yapılır. Ancak, bu planlamaların amacı, gerçek olaylara daha etkili ve yeterli kontrol sistemleri geliştirmektir.<sup>46</sup>

### **11. Kalite**

Klasik kalite yaklaşımı, kusurlu ürünleri ayıklamak için, üretim sürecinin kritik noktalarında ürünleri muayene etmeye ve bu inceleme sonunda da, üretim sürecini düzeltmeye dayanır. Sipariş, müşteriye gönderilmeden önce de, genellikle, örnekleme yöntemi ile ürünlerin kalite kontrolü yapılır. Eğer planlanandan fazla kusurlu ürün bulunursa, bu kez bütün sipariş tek tek kontrol edilir ve kusurlu ürünler yenileriyle değiştirilerek sipariş müşteriye teslim edilir. Yalın üretim sisteminde ise amaç, sıfır kusurlu üretim, mükemmel kalite olarak formüle edilmiştir. Bu amacı gerçekleştirmek için, klasik kalite kontrol yaklaşımlarına ek olarak, çalışanlardan çok büyük ölçüde yararlanma yoluna gidilmiştir. Başka bir deyişle, yalın üretim sistemindeki kalite kontrolünün en önemli ögesi, bizzat çalışanların kendileridir. Çalışanlar, küçük siparişler biçiminde üretilen parçaları, bir sonraki aşamadaki çalışanlara elden ele geçirirken, aynı zamanda bu parçaların kalite kontrollerini de yaparlar. Bu elden ele geçirme sırasında, eğer herhangi bir parça kusurluysa hemen o anda yakalanır ve aynı anda üretim sürecindeki hata düzeltilir.<sup>47</sup>

### **12. Bakım ve Onarım**

Klasik üretim sisteminde, düzeltici bakım – onarım ile önleyici bakım – onarım ortak olarak kullanılır. Bir makine veya süreç bozulunca, düzeltici bakım – onarım faaliyetleri devreye girerken, önleyici bakım – onarım, düzenli aralarda veya bir makinenin bozulacağı sezildiğinde devreye girer. Bununla beraber, klasik işletmelerde genellikle, düzeltici bakım – onarıma başvurulduğu görülür. Çünkü, makineler önünde işlem bekleyen malzeme kuyrukları olduğu için, en azından bu kuyruklar ortadan kalkıncaya kadar, üretimin durdurulmamasına çalışılır. Buna karşılık, yalın üretim sisteminde, eğer

<sup>46</sup> Jack R. Meredith, a.g.e. sf 85

<sup>47</sup> Elwood S. Buffa, a.g.e. sf 34

bir makine arızalanırsa, sistemde malzeme kuyruğu olmadığı ve işlemler birbirine bağlı olduğu için, baştan aşağıya tüm iş akışının kendiliğinden durması gerekir. Bu özellik nedeniyle, yalın üretimle çalışan işletmeler, üretim akışını aksatmamak için, önleyici bakım – onarımı yoğun olarak kullanma eğilimindedirler. Klasik işletmeler, arızalanan donanımın tamiri dışında hiçbir iş yapmayan, kalabalık bir uzmanlar grubu bulundurur. Oysa yalın üretimle çalışan işletmeler, başta önleyici bakım – onarım olmak üzere, daha bir çok bakım – onarım işlerinde her şeyden önce kendi operatörlerine güvenirlir. Gerçekten de bu sistemde çalışanlar, esnek bir uzmanlığa sahip oldukları için, gerektiğinde hem düzeltici hem de önleyici bakım – onarımları yapabilecek bir yeteneğe sahiptirler.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN VALEO DEBRİYAJ ENDÜSTRİSİ A. Ş.'DE UYGULANIŞI

#### 1. Giriş

Yalın üretim sistemi aslında yeni bir üretim sistemi olmamakla beraber, özellikle ülkemizde yaygın olarak uygulanan bir üretim sistemi değildir. Çoğu firma, somut olarak uygulanmamasına rağmen, konu ile ilgili bilgi sahibidir. Fakat, sistemi uygulamaya geçirmeye, maliyet kaygıları yüzünden teşebbüs etmemektedirler. Oysa ki yalın üretim sistemi bünyesindeki yöntemlerin uygulamaya geçirilmesi, sanılanın aksine külfet sayılabilecek bir mali yük getirmemektedir. Bundan önceki bölümlerde anlatılanlardan da kolaylıkla anlaşılacağı üzere, yalın üretime geçişteki en önemli faktör, başta bir firmanın üst yönetimi olmak üzere, tüm çalışanların sistemi anlamış ve yararlarını kavramış olmalarıdır.

Yalın üretim sistemini, gereken miktarda, gereken zamanda, gereken yerde ve istenilen kalitede üretim yapmak şeklinde tanımlayabiliriz. Bu sistemde üretim, en az stok miktarıyla gerçekleştirilmeye çalışılır. Stok miktarının minimum tutulması sonucunda da maliyet tasarrufu, yer tasarrufu gibi üretimde önemli olan bazı avantajlar sağlanmaktadır.

Yalın üretim sisteminde kullanılan kanbanlar, büyük önem taşımaktadırlar. Kanbanlar, hangi parçadan ne miktarda üretileceğini gösteren kartlardır. Bu kartlar sayesinde, işletmede stok ve yer ihtiyacı azalır, üretimde kesiksiz bir akış sağlanır, müşteri siparişleri daha hızlı karşılanır, üretim hataları azalır ve üretim kalitesi yükselir. Ayrıca, yalın üretim sistemi, takım çalışmasını ve iletişimi kolaylaştırıp, problemlerin anında çözümünü mümkün kılar.

Yalın üretim sistemi, Japonlar tarafından ilk kez Toyota'da uygulanmıştır. Çalışmanın uygulama kısmını VALEO Debriyaj Endüstrisi A. Ş.' de yapmanın amacı, ilk kez Toyota'da uygulanmaya başlanan bu üretim sisteminin, batılı bir işletme tarafından ne derece uygulanabildiğini görmektir. Çalışmanın uygulama bölümünde izlenen yöntem, yüz yüze görüşme ve üretim ortamında inceleme yöntemidir.

## 2. VALEO'nun Kısa Tanıtımı

VALEO, merkezi ve çoğu üretim fabrikası Fransa'da olan ve ülkemiz dahil birkaç ülkede daha üretim birimleri bulunan, otomotiv yan sanayi konusunda çalışan bir fabrikalar zinciridir.

Uygulamamıza konu teşkil eden VALEO Debriyaj Endüstrisi A. Ş., 1 Temmuz 1989 yılında %51 Transtürk A. Ş., %49 VALEO ortaklığı ile kurulmuştur. Fabrika, daha sonra 1993 yılında VALEO'nun Transtürk hisselerini almasıyla tamamen VALEO'ya geçmiştir.

Fabrika, Bursa'da Yalova Yolu'nun 12. km'sine kurulmuştur. 3385 m<sup>2</sup> kapalı ve 8549 m<sup>2</sup> açık alan üzerine kurulu fabrika, 167 kişi istihdam etmektedir. Firmanın ürettiği ana ürün hafif ve ağır vasıtalar için debriyajdır.

VALEO, otomotiv ana sanayiine ürettiği ürünleri, direkt olarak ana sanayi üretim hattına haftalık, günlük ve saatlik sevkiyatlarla ulaştırmaktadır. Yedek parça için ürettiği ürünlerin sevkiyatını, fabrikada müşterinin istediği ambalajı yaparak, direkt olarak müşteriye yapmaktadır. Firma, ithalat yaparak ürün satmamaktadır. Tamamen kendi bünyesinde ürettiği ürünlerin satışını yapmaktadır. Sadece, bu ürünlerin bazı bileşenleri ithal edilmektedir. VALEO, ürünlerini piyasaya, İstanbul'da bulunan bağımsız dağıtım şirketi VALEO Dağıtım ile yapmaktadır.

Ürün tipi yelpazesi geniş olan firma, İtalya, Fransa, İspanya, Polonya gibi Avrupa ülkelerine ihracat yaptığı gibi Cezayir, Tunus, Hindistan, İran, Çin ve Brezilya gibi diğer dünya ilkelere de ihracat yapmaktadır. Yapılan ihracatın da %40'ı direkt olarak üretici firmalara yapılmaktadır.

VALEO'da üç tip debriyaj üretilmektedir: Turizm (küçük vasıta, binek otomobil), ağır vasıta ve traktör debriyajları. Debriyaj, üç ana parçadan meydana gelmektedir: Debriyaj baskısı, diski ve rulmanı. (Fabrika ortamında bilinen isimleriyle baskı kompleksi, disk kompleksi ve rulman kompleksi) Fabrikada bu üç ana parça da üretilmektedir.

Fabrikanın ana hammaddesi sac malzemedir. Üretimde kullanılan yarı mamullerin çoğu sac malzemedendir ve bu yarı mamuller, yine fabrikada bulunan değişik kapasitelere sahip preslerde basılmaktadır.

VALEO'nun turizm tipi debriyaj ürettiği firmalar FIAT/TOFAŞ, Renault, PSA/Karsan, Ford/Otosan, Toyota ve Opel/GM'dir. Ağır vasıta ve traktör tipi debriyaj

ürettiği firmalar Ford, Massey Ferguson, Steyr, Türk Traktör, Tümosan, ITMC İran ve Hema'dır.

### 3. VALEO'da Yalın Üretim Sisteminin Tasarımı

VALEO'da yalın üretim sistemi, üretimin temelini oluşturduğundan dolayı, büyük önem taşımaktadır. Gerekli parçaların gerekli yerlerden siparişi, fabrikaya gelişleri, üretim hattında yerlerini alışı ve üretimin tam zamanında ve istenilen kalitede üretimi, yalın üretim sistemi çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Personel seçimi de yalın üretim sisteminin gereklerine göre yapılmaktadır.

Yalın üretim felsefesinin temelinde, üretimin tüm aşamalarında, israfın önlenerek, maliyetlerin azaltılması hedefi yer alır. Dolayısıyla, ürünün değerini artırmayan tüm unsurlar, israf olarak değerlendirilir. Üretimin her aşamasındaki stoklar ile kalitesizlik (hatalar) temel israf unsurlarıdır.

Yalın üretim sisteminin uygulanabilmesi için, VALEO'da düzgün ve kesiksiz üretim akışını sağlayabilecek bir teknoloji kullanılmaktadır. Esnek üretim sistemine uygun bir yerleşim düzeni sağlanmıştır. Donanım ve ürünün özelliğine göre, süreçlerde istasyonlar belirlenmiştir. Üretim sistemi tasarımında birim yük miktarı tasarlandıktan sonra, safhalar arasında bu miktardaki malzemeleri taşıyacak taşıyıcılar (konteynırlar) tasarlanmıştır.

Yalın üretim sisteminin tasarımında dikkat edilecek noktalardan birisi de, çalışacak işçilerin çok fonksiyonlu olmaları gereğidir. Bunun için, birden fazla iş istasyonunda çalışabilecek nitelikte – ve belki de gereğinden daha az sayıda – işçi seçimi yapılmıştır. Bu işçiler gerekli zamanlarda eğitime tabi tutulmuşlardır.

VALEO'da yalın üretim sistemi kanbanlara dayanmaktadır. Kanbanlar ile üretim kontrolü yanında, verimlilik de geliştirilir. Böylece, ana üretim programları kesinlik kazanır, üretim süreci basitleşir, parçaların akışı düzgünleşir, kalite artar ve hazırlık süreleri düşer. Bu sistemde, hangi parçadan ne miktarda üretileceği, kanbanlar üzerinde belirtilmiştir.

Yalın üretim uygulamalarında, kanban sistemine geçiş, aşamalı olarak gerçekleştirilmesi gereken bir projedir. VALEO'da kanban uygulamasına geçmeden önce, bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlar:



- Tedarikçiler ile karşılıklı güven ve işbirliğine dayanan ilişkiler çerçevesinde satın alma sisteminin yeniden düzenlenmesi,
- Üretim planlama sisteminin kurulması ve üretim hızının zaman boyutunda dengelenmesi,
- Üretim ön sürelerinin kısaltılması,
- Tezgah hazırlık işlemlerinin ve buna bağlı olarak hazırlık zamanlarının kısaltılması,
- Üretim işlemlerinin standardizasyonu,
- Süreçlere ilişkin yerleşim planlarının hazırlanması; esnek atölyeler için yerleşim planlaması ve çok fonksiyonlu işgücü,
- Toplam kalite yönetimi ilkeleri doğrultusunda, güvence ağırlıklı sıfır hata hedefli ve tüm çalışanların sorumluluğunda bir kalite sisteminin kurulması.

#### **4. VALEO'da Yalın Üretim Sisteminin Uygulanışı**

##### **4.1. Satın Alma ve Yan Sanayi ile İlişkiler**

VALEO, sıfır hata ve sıfır stok hedeflerine ulaşabilmek için, az sayıda satıcıdan yüksek kaliteli ürünleri, küçük miktarlarda ve tam zamanında teslim almaktadır. Son üretim istasyonlarında, üretim değişiklikleri minimize edilmeye çalışılır. Bunun için, stok seviyeleri, en fazla iki günlük bir seviyede tutulur. Az miktardaki stoklar, hemen kullanılmak üzere üretim hatlarının kenarlarına bırakılır. Bu şekilde yer tasarrufu sağlanır.

VALEO, yalın üretim ortamında, kesin satın alma çizelgelerini doldurarak çalıştığı yan sanayi kuruluşlarına tam zamanında vermektedir. Burada, hangi üründen ne miktarda ve ne zaman teslim edilmesi gerektiği gibi unsurlar belirtilmektedir. Yan sanayiler, VALEO'ya yakın yerlerde kurulmuş işletmelerdir. Bazı bileşenler ithal edildiğinden dolayı, bunların tedarik edilmesi, haftalık periyotlarda düzenli olarak yapılmaktadır.

Mamullerin nakliyesi, bazen VALEO, bazen yan sanayi araçlarıyla, bazen de nakliye şirketleri aracılığıyla sağlanmaktadır. Yan sanayilerden tedarik edilen çoğu parça için giriş kalite kontrol işlemleri yapılmamaktadır. Çünkü, bu parçaları üreten işletmeler, uyguladıkları sistem ile, VALEO'dan kalite güvence onayı almış işletmelerdir. Bu ürünler için, kalite kontrolde ilk önce yan sanayi kuruluşları, daha sonra da hatta

çalışan işçiler sorumludur. VALEO, tedarikçilerinin, kendisinden kalite güvence onayı alabilmeleri için elinden gelen desteği sağlamaktadır.

## 4.2. Toplam Üretken Bakım

TPM (Total Productive Maintenance), makinelerin etkinliğini artırmak, hizmete hazırlıklarını, güvenilirliklerini ve kaliteli parçalar yapma kapasitesini arttırmak demektir. Daha önce de belirtildiği üzere, TPM’de “total”in üç anlamı vardır:

- 1) Kullanılan ekipmanın verimliliğini/etkinliğini artırıcı çalışmaların, ekipmanın tüm ömrü boyunca sürdürülmesi.
- 2) Ekipmanın çalışmadan beklemesine neden olan tüm etkenlerin kontrol altına alınması.
- 3) Ekipmanın verimini artırma çalışmalarına, firmada görev yapan tüm personelin katılımı.

Bu üçüncü anlam TPM’in kilit taşıdır. Çünkü TPM, firmada üst yönetimden başlayan bir TPM politikasının oluşturulmasına ve fabrika zemininde de, oluşturulacak küçük işçi ekipleri kanalıyla hayata geçirilmesine dayanır. Ekipler TPM’in çekirdek birimleridir.

VALEO’da da her çalışan, bir TPM grubu üyesidir ve bu grupların amaçları, arızalar, küçük duraklamalar, ıskartalar ve beklemler gibi başlıca üretim kaybı faktörlerini yok etmektir. Yapılan ayrıntılı analizler, bu bozuklukların nispi önemini ölçme ve sebeplerini belirleme olanağı vermektedir. Örneğin VALEO’da makinelerin çalışması esnasında en fazla zaman kaybına yol açan neden mikro duruşlardır. (Duraklamanın 5 dakikadan daha az olduğu beklemler.) Bu konuda yapılan analizde, çalışanlar, VALEO’da uygulanmakta olan batonaj yöntemini kullanmaktadırlar. Bu yöntemle göre, tüm mikro duruşlar, çalışan tarafından önceden hazırlanmış çizelgeye, nedeniyle birlikte işaretlenmektedir. Daha sonra incelenen çizelge uyarınca, duruşlara sebep olan nedenlerin paretosu çıkartılmakta, öncelik verilecek neden(ler) saptanmakta ve başta iş görenler olmak üzere, bu nedenin ortadan kaldırılması için aksiyon planı hazırlanmaktadır.

VALEO’da bu sebeplerin yok edilmesi süreci, teçhizatın uygun seviyeye getirilmesi ve işçi tarafından bakımla başlar ve koruyucu bakım işlemlerinin programlanması ve planlanması ile devam eder.

VALEO'daki bakım politikası, üretilen ürünlerin, hatasız bir şekilde, istenen bir sürede ve en ekonomik çevrim zamanları içinde, kayıpları minimuma indirerek, en düşük maliyetle müşterilere teslim edilmesine katkıda bulunmaktadır.

Tüm üretim ve destekleme ekipmanlarının bir koruyucu bakım planı bulunmaktadır ve bakımlar aşağıdaki seviyeleri kapsar:

Seviye 1: Günlük bakımlar.....Operatör tarafından yürütülür

Seviye 2: Haftalık bakımlar.....Operatör tarafından yürütülür

Seviye 3: Aylık bakımlar.....Operatör tarafından yürütülür

Seviye 4: 3 ve 6 aylık bakımlar.....Bakım ekibi tarafından yürütülür

Seviye 5: 1 yıllık bakımlar.....Bakım ekibi tarafından yürütülür

TPM çalışmalarında amaç, tüm çalışanlara, kullandıkları ekipmanın üçüncü seviye bakımlarını yapabilecek nitelik kazandırmaktır.

Atölye içindeki her üretim birimi için bir lider ve ekibinden oluşan TPM çalışma grubu oluşturulmuştur. Ekiplerde, metot, üretim ve bakım servislerinden elemanlar bulunur. Operatörler, kendilerine verilmiş olan operatör bakım talimatına göre, günlük, haftalık ve aylık bakım talimatlarında belirtilen bakımları yapmak ve günlük olarak operatör bakım işine işlemekle sorumludurlar.

Oluşturulmuş TPM planına göre, sürekli ilerlemeyi temin altına almak için, bakım ve arıza süreleri ile yüzdelerini dikkatlice izleyerek, sürekli gözlemek ve hedef olarak %100 koruyucu bakıma karşılık %0 arıza oranını yakalamaya çalışmak gereklidir.

### **4.3. Personelin Katılımı, Çok Görevlilik ve Çok İşlevlilik**

Çalışanlar, VALEO'da üretim sisteminin temel taşlarıdır. Daha etkili olma ihtiyacı, organizasyon içinde personeli kilit konumuna getirmektedir. Personelin katılımı, insan kaynaklarını değerlendirerek ve onların etkinliklerini iyileştirerek, işletmenin performansının artmasına katkıda bulunur. Bu ilke, daha verimli çalışmak için ortamlar hazırlar, personele daha fazla sorumluluk verir, yeteneklerin geliştirilmesi için imkanlar sunar, yeni fikirleri hayata geçirmek için gereken tüm şartları oluşturur, enformasyon imkanı sağlar ve ilerleme için geleceğin temelini atar.

VALEO'da yüksek performans, iş gücünün tüm üyelerinin ilişkilerine ve performanslarının geliştirilmesine bağlıdır. Yetenekleri ve performansı geliştirmek için

personelin katılımı, ekip bazında bir devinim gücü oluşturur. VALEO'da verimi artırmak için koordineli olarak geliştirilmesi gereken olgular şunlardır:

- Ekip yeteneği ve bireysel yetenekler,
- Uygun bir organizasyon ve çalışma şartlarına dayalı olarak bireysel ve toplu motivasyon,
- Bilgi ve yeni fikirleri değerlendirmek için gerekli araç ve yöntemler sayesinde açık, güvenilir ve etkili personel bağlantıları,
- Motivasyon yöntemleri ile ve işin karşılığını vererek birey ve grup performansını tanıma,
- Kariyer yolları göstererek potansiyeli tanıma.

Personelin katılımının geliştirilmesi ve prensiplerinin uygulanması, tek bir amaca yöneliktir: müşteri memnuniyeti. Aşağıda sıralanan tüm bu prensipler, birbirinin tamamlayıcısıdır.

### ***1. Ekip Çalışmasını Teşvik Etmek***

Ekipler, VALEO organizasyonunun kalbidir. Verimli bir organizasyon, ekip çalışmalarında, bireylerin sorumluluk duygularını ve yeteneklerini kullanmayı bilen organizasyondur.

Geleneksel bir organizasyonda, alt kademedeki çalışanlar üst kademece verilen emirleri yerine getirir. Başka bir şekilde söylemek gerekirse, organizasyondaki her kademe, kendisinin yapamayacağı bir görevi bir alt kademeye verir. VALEO'da ise, müşteri memnuniyetine dayalı bir organizasyon içinde, karar yetkisi ve ihtisas, mümkün olduğu kadar bu çalışmanın bizzat içinde bulunan kişilere transfer edilmektedir. Bunun yerine getirilebilmesi için, çalışanların sürekli bir ekip çalışması içinde bulunmaları sağlanmaya çalışılmaktadır. Ekipler, üretimde meydana gelen problemlere değinmek ve çözüm getirmek üzere eşit haklara sahiptirler. İlerleme kaydetmek ve gelişme için öneriler sunma ve onları uygulama durumundadırlar. Çalışan, otonom değilse ya da bunları yerine getirecek vasitalara sahip değilse ve üyeleri olaylara müdahale için geliştirilmemişse ya da gelişme için gerekli olan önerileri ortaya koymada kabiliyetli değilse, bu mümkün olmaz. VALEO'da bu konudaki hedef, tüm çalışanların otonom ekipler halinde çalışabilmesinin sağlanmasıdır.

VALEO'da her üretim biriminde çalışanlar, bir otonom üretim ekibini oluşturmaktadırlar ve otonom bir üretim ekibinde montaj kısmını oluşturan çalışma istasyonla-

rı bir araya konuşlandırılmıştır. Bunun amacı, ekip üyelerinin iletişimi sağlayabilmeleri, birbirlerine yardım edebilmeleri, üretim akışının düzenli ve gerekli ürünün zamanında üretilmesini sağlamaktır. Bu şekilde çalışan ekipler, üretim sırasında herhangi bir aksaklıkla karşılaştıklarında, soruna otonom olarak müdahale edip düzeltici önlemleri almaktadırlar.

Her ekibin bir lideri vardır ve bu lider hiyerarşik bir pozisyonda değildir. Fakat, ekip üyeleri tarafından, ekibin hedeflerine ulaşması için çaba gösteren bir lider olarak algılanır. Görevi, genel kaliteyi, üretimi, diğer operatörlerin eğitimini ve performansın sürekliliğini yönlendirmektir.

Her çalışan ekip, tüm kötü işlemlere ve bunların kaynaklarına özel bir dikkat göstererek, bunları ortadan kaldırmak için sürekli iyileştirme prosesini kullanmaktadır. Bu proses, PDCA yöntemini kullanmakta ve bu yöntem, özellikle ekip çalışmasına ve problem çözme yöntemlerinin kullanılmasına dayanmaktadır. Aşağıdaki aşamalar uygulanmaktadır:

**P** - problemin açıklanması (sayısal veriler)

- aranan hedef
- sebep ve etkilerinin araştırılması
- çözümlerin araştırılması ve seçimi

**D** - çözümlerin uygulanması

**C** - sonucun ölçülmesi

**A** - sonucun korunması

## ***2. Kendi İşlerinde İnsanlara Sorumluluk Verme***

Gerçek bir otonomi, yetkili bireyler ya da karar verme yetkisi olmadan mümkün değildir. Gerçek bir otonomi ile çalışmak için, ekiplerin çok görevli ve çok işlevli olması gereklidir. Çok görevlilik, bir kişinin bir iş birimindeki değişik görevlerde çalışabilmesidir. Çok işlevlilik ise, bir kişinin değişik iş birimlerinde görev alabilmesidir.

VALEO' çok görevlilik hedefi, bir kişinin en az bir makinede tüm görevlerde en az usta olarak çalışabilmesidir. Çok işlevlilik hedefi ise, bir kişinin en az üç makinede usta seviyesinde çalışabilmesidir.

Çok görevlilik ve çok işlevlilik hedeflerine ulaşabilmek için çalışanlar, düzenli olarak eğitime tabi tutulmaktadırlar. Bu eğitimlerde bilgi transferine, operatörlerin de

katılımı sağlanarak, bilgi ve tecrübenin paylaşımı hızlandırılmaktadır. Bu da, ekibin ilerlemesi ve birbiriyle bağlantısı için kaynak oluşturmaktadır.

VALEO'da operatörlerin %100'ü en az bir konuda eğitim verebilme yeterliliğine sahiptir ve böyle olmaları amaçlanır. Her çalışma biriminde çok görevlilik ve çok işlevlilik geliştirme planları, her çalışana özel olmak kaydıyla uygulanmakta ve operatörler bu planların gerçekleştirilmesine eğitici olarak katılmaktadırlar.

Her çalışanın gelişimini gözlemek için, her üretim birimine özel, çok görevlilik ve çok işlevlilik tablosu kullanılmaktadır. Tabloda, her çalışanın isminin karşısında ilgili üretim hattındaki birimler ve bu birimlerin altında, birimlerle ilgili sihirli kare olarak adlandırılan ve çalışanın birimdeki yetki ve işlev seviyesini belirleyen aşamalı bir şekil bulunmaktadır. Şekil, dört kısımdan oluşmaktadır ve tamamlanmış bir şekil, bir karedir. Karedeki dört kısım, operatör, usta, eğitici ve uzman eğitici seviyelerini belirtmektedir. Bu seviyeleri belirten dört kısım şu anlamlara gelmektedir:

Kısım 1: Çalışma alanındaki yöntemleri biliyorum ve bu yöntemleri kullanabiliyorum.

Kısım 2: Tüm işler için gereken kalite koşullarını yerine getirebilecek kapasitedeyim.

Kısım 3: Nicelik gereksinimlerini karşılayabilecek kapasitedeyim.

Kısım 4: İşlemin gerektirdiği tüm yeteneklerde tecrübem var ve bilgilerimi diğer takım üyelerine de transfer ediyorum.

Her operatör için kişisel gelişim planı hazırlanmakta ve hedef, her ekipte, her makinede eğitici seviyesinde en az bir operatör bulunmasıdır.

### ***3. Biçimsel İletişim Araçları Kullanma***

Bütün üretim alanlarında, direkt ve endirekt personeli içine alan aylık iş ve iletişim toplantıları yapılmaktadır ve bu toplantılarda tüm personel, sürekli iyileştirme çalışmasına katılmak için, içinde çalıştığı birimin ekonomik ve işlemsel hedefleri ve sonuçları konusunda açık ve net olarak bilgilendirilmektedir. Aylık toplantılar, bir otonom ekibi veya otonom ekipten bir grubu kapsamaktadır. Bu toplantılarda, belirgin olarak aylık sonuçların analizi ve değerlendirmesi yapılmakta, ayrıca katılımcılar tarafından sunulan öneriler dikkatle gözden geçirilip üzerinde tartışılmakta ve ilerleme atılımı için kararlar alınmaktadır.

#### **4. Dinleme Refleksini Geliştirme**

Günlük çalışma süresinde herkes problemlerle karşılaşabilir. Bu problemlerden bazıları aylık toplantılarda analiz edilerek, problem çözme grubu oluşturularak çözülebilir. Fakat çoğu da beş dakikalık kısa bir görüşme ile halledilebilir. Aylık toplantılar dışında, gün içinde karşılaşılan problemlerin ele alınması, ilgililere iletilmesi ve bir an önce çözüm getirilmesi için düzenli olarak kısa günlük toplantılar düzenlenmektedir. Bu toplantılar, kısa süreli, dinlemeye yöneliktir ve her çalışma birimindeki üretim ekipleri tarafından vardiya başında ve bitiminde ve yine üretim biriminde düzenlenmektedir. Burada aşağıdan gelen bilgiler, yukarıdan gelen bilgilere göre daha ağırlıklıdır.

#### **5. İlerleme Sağlayacak Girişimleri Destekleme**

Personel üyelerinin ilerleme için bir çok fikri vardır. Belli bir görevi üstlenmiş kişiler, neyin, nasıl ve hangi yöntemlerle en iyi şekilde değiştirilebileceğini bilmek için en uygun konumda olan kişilerdir. Fakat, bu fikirler gerçeğe dönüştürülmezlerse, bunlardan hiçbir şekilde yararlanılamaz. Bu yüzden, bu fikirleri bir araya toplayacak değerlendirecek ve mümkün olduğu kadar uygulamaya geçirecek bir sistem gereklidir.

İyileştirme önerilerini toplama sistemi, personeli içine alarak ilerlemeyi sağlayan bütün prosesler için temel oluşturur. Bu sistemin etkili olması VALEO'da birkaç anahtar kurala bağlıdır:

- Herkese yönelik açık ve basit bir öneri toplama sisteminin olması,
- Temel görevlerinden birisi, bu önerilerin verilmesini teşvik etmek, onlara en kısa sürede cevap vermek ve işlemlerini takip etmek olan direkt sorumlunun, önerilerin sorumluluğunu üstlenmesi, (çözüm, uygulama,...)
- Önerilerin işlenmesinde ilerleme durumunun takibinin yapılması,
- Kişisel önerilerin yazılmasının öğretilmesinden başlayarak, daha zengin grup önerilerinin çıkmasına öncelik veren bir politikanın uygulanmasına kadar aşamalı bir sistemin yerleştirilmesi.

VALEO'da öneri sisteminin geliştirilmesinden ve gelen önerilerin cevaplanıp hayata geçirilmesinden, üretim birim şefleri sorumludurlar. Gelen tüm öneriler, en fazla bir iki gün içinde gözden geçirilip olumlu ya da olumsuz bir karara bağlanmakta ve sonuç olumsuz bile olsa nedeni ile birlikte mutlaka cevaplandırılmaktadır. VALEO'da bu konudaki hedef, yılda kişi başına en az 15 iyileştirme önerisinin alınmasıdır.

### **6. Bilgilendirme ve İletişimi Hızlandırma**

Bir üretim ortamında, her ne kadar aksi doğru olsa da, insanlar yazılı sözcüklerin, sözlü olanlardan daha güvenilir olduğuna inanırlar. Belli durumlarda sözlü iletişim, yazılı iletişimden daha güvenilir, daha hızlı olur ve çabuk sonuca götürür. Yazılı bilgilendirme için önce yazı yazmalı, daha sonra bu yazı basılmalıdır. Bu da zaman alır. Daha sonra, yazıyı dağıtırız ya da asarız, okunması için bekleriz ve yazılanlara uyulmasını bekleriz. Fakat aynı bilgilendirme sözlü yapılırsa, doğru zamanı seçme imkanına sahip oluruz, doğru kişi ya da kişilere söyleme imkanına sahip oluruz ve ilgili kişinin bizi dinlediğini ve amacımıza ulaştığımızı biliriz. Doğal olarak aynı bilgilendirme, etkili olması için yazıya da dökülebilir. VALEO'da bu konuda, özellikle teknik olamayan durumlarda %100 sözlü bilgilendirme yoluna gidilmektedir.

VALEO'da günlük bilgilendirmenin düzenlenmesi otonom ekiplerin görevidir. Ekip kendi çalışma ortamına yabancı değildir ve bilgilendirmenin nasıl yapılacağını ve çalışma ortamına neyin uygun olup olmadığını en iyi, ekip bilir. Ekip ayrıca üyelerinin gerçekten hangi göstergelere ihtiyacı olduğunu bilir. Diğer göstergeler, onlara başkaları bakmayacağı için asılmazlar.

Diğer prensipler de şu şekilde sıralanabilir:

7. Organizasyonel yapıyı basitleştirmek (Daha az organizasyonel kademe, daha çok fonksiyonel bağlantılar)
8. Yardımlaşmak
9. Eğitime dayalı beceri ve otonomiye geliştirmek
10. Ergonomiyi geliştirme ve güvenliği artırma (İlişkileri güçlendirme için yüksek kaliteli bir çalışma ortamı)

### **4.4. VALEO'da Yalın Üretim Ortamında Kalite Kontrol**

VALEO'da temel ilke, hatalı üretimden doğrudan etkilenen grubun, problemleri hemen fark edebilmesi ve bu nedenle de bunları düzeltme sorumluluğuna sahip olmasıdır. (Hatanın, oluştuğu yerde fark edilmesi ve hatanın bir sonraki sürece geçmesinin engellenmesi.) Bunun için VALEO'da işletme genelinde kalite kontrol uygulanmaktadır. Kısaca, tüm bölümler, dolayısıyla da tüm çalışanlar kalite kontrol faaliyetlerine katılmaktadır.



İlk kalite kontrol sorumluluğu, işletmeye malzeme tedarik eden yan sanayi kuruluşlarına, daha sonra hatlarda çalışan personele aittir. Malzemenin gerektiği gibi olup olmadığını ilk fark edecek kişiler onlardır.

Bir üretim sürecinin her safhasında uygunsuz bir parça, yanlış bir montaj veya uygunsuz bir işlem tehlikesi her zaman mevcuttur. Bu kalitesizliğin mümkün olduğu kadar az meydana gelmesi için, herkes elinden geleni yapmaktadır. Fakat tehlike, her zaman mevcut ve tamamen yok edilemeyeceğine göre, kontrol altına alınmalıdır. Bu nedenle, VALEO'da, kalitenin özerk ve otomatik olarak sağlanmasına çalışılmaktadır. Bunun amacı, bir kusurun ortaya çıktığı anda mutlaka tespit edilmesi ve uygun olmayan bir parçanın, üretim sürecinin çeşitli aşamalarında yoluna devam edememesidir. Bir kusurun derhal tespit edilmesi, sebeplerinin derhal düzeltilip lüzumsuz işlere engel olunması demektir.

Klasik bir üretim organizasyonunda kontrol, çoğunlukla hat sonunda yapılır ve bir kusur tespit edilirse, ne zaman ortaya çıktığını, dolayısıyla, hangi makinede düzeltme yapmak gerektiğini bilmek her zaman kolay değildir. Ayrıca, hat sonunda kontrolle, bir kusurun meydana gelmesi ile tespiti arasında belli bir süre geçecektir. Bu arada, arızalı makine, sonradan saf dışı edilmesi gerekecek kusurlu ürünler vermeye devam edecektir. Kalitenin özerk ve otomatik sağlanmasıyla, kusur, meydana geldiği anda tespit edilir ve sorumlu makine veya işlem aynı anda belirlenir ve sebepler, kısa zamanda düzeltilir. Ayrıca, uygunsuz bir parçanın sürecin sonraki aşamalarına doğru yoluna devam etmesine engel olmakla, kalitenin özerk ve otomatik sağlanması, her durumda, sonunda ıskartaya çıkacak bir parça üzerinde, gereksiz yere çalışmanın oluşturduğu israfı engel olur.

VALEO'da ayrıca, kalitenin, üretim hatlarında özerk olarak sağlanmasının takibi için, **Tablo-7**'de görülen "Oto-Kalite" matrisi kullanılmaktadır. Her üretim hattında bulunan bu matrislere, herhangi bir hatayla karşılaşıldığında, hatanın nerede olduğu, nerede tespit edildiği ve miktarı işlenmektedir. Buradaki amaç, tespit edilen hataların, matrisin diagonalinde kalan hücrelerde bulunmasının sağlanmasıdır. Yani, hatalar oluştuğu yerde tespit edilip elimine edilmelidir. Bu matristen elde edilen sonuçlarla, ilgili üretim hattının oto-kaliteli olup olmadığı sonucuna varılmakta, uygunsuz durumlarda, üretim hattına bilgi verilmekte ve uygunsuz durum için hata analizi yapıp, ortadan kaldırılması için sebepler belirlenip, aksiyon planları oluşturulmaktadır.

Tablo-7: Oto-kalite matrisi

	Hatanın Oluştuğu Yer								
		Dış İmalatçı	İç İmalatçı	İşlem 1	İşlem 2	İşlem 3	İşlem 4	İşlem 5	Toplam
Hatanın Tespit Edildiği Yer	İşlem 1								
	İşlem 2								
	İşlem 3								
	İşlem 4								
	İşlem 5								
	Toplam								

Operatörler, herhangi bir olağan dışı durum oluştuğunda, bunun bir uygunsuzluk olup olmadığına karar vermektedirler ve hattı durdurma yetkisine sahiptirler. Bundan sonra, hat çalışanları hatayı elimine ederek üretime tekrar başlama kararını vermektedirler. Böyle bir durumda, anormallikler kaydedilmekte, sebepler analiz edilmekte, hataya sebep olan istasyon bilgilendirilmekte, parça ve oluşan hatalar tanımlanmakta ve alınan kararlar da kaydedilmektedir.

Amaç, kalitesizliği imkansız kılan bir sistem kurmaktır. Bunun için poka-yoke'den de yararlanılmaktadır. Örneğin, hatlarda baskı kompleksinin montajı için özel tasarlanmış kalıplar kullanılmaktadır. Monte edilecek parçalar önce bu kalıplar üzerine yerleştirilmekte, daha sonra işlem görecekları makinelerle gönderilmektedir. Özel olarak tasarlanmış kalıplar üzerinde, parçaların doğru olarak yerleştirilmesini sağlayan pimler ve parçalar üzerinde de bu pimlerin geçeceği delikler bulunmaktadır. Böylece, uygun olarak yerleştirilmeyen parçanın kalıp üzerine oturması imkansız hale gelmektedir. Bu sayede, parçaların yanlış yerleştirmeden dolayı hatalı monte edilmesi önlenmektedir.

Bir başka örnek de şu şekildedir. Baskı kompleksi montajında, montajdan sonra hattın devamında, baskının denge kontrolü yapılmaktadır. Bunun için özel tasarlanmış bir denge kontrol makinesi kullanılmaktadır. Yapılan kontrolde, eğer bir dengesizlik varsa, parça üzerine takılması gereken farklı ağırlıklarda denge perçinleri, operatörün önündeki raflarda bulunmaktadır. Perçinlerin her farklı kutusu üzerinde birer uyarı ışığı yer almaktadır. Makinede ölçülen dengesizlik miktarına göre, takılması gerekli denge perçini kutusu üzerindeki ışık yanmakta; böylece, tam olarak doğru ağırlıktaki perçinin

takılmasıyla, parçanın, bir sonraki aşama olan final kontrole kusursuz olarak gitmesi sağlanmaktadır.

#### 4.5. VALEO'da – SMED

Hazırlık süreleri uzadıkça, makinelerin aynı parçayı büyük miktarlarda üretmesi bir zorunluluk olmaktadır. Bu yüzden, stoksuz üretim için olmazsa olmaz birinci koşul, makinelerin hazırlık sürelerinin kısaltılmasıdır.

VALEO'da da SMED konusunda çalışmalar yapılmakta fakat sistem şu aşamada tam olarak oturmuş ya da uygulanabiliyor değildir. Bu konudaki çalışmalar, pres hattında bulunan beş pres arasında 800 tonluk olan, en büyük kapasiteli ve en fazla çalışan pres üzerine yoğunlaştırılmış durumdadır. Bu çalışmanın başında belirlenen SMED aşamaları şunlardır:

- Video yardımıyla mevcut durumun analizi,
- Sürecin temel işlemler halinde bölünmesi,
- İşlemlerin iç veya dış olmalarına göre sınıflandırılması,
- Dış işlemlerin yeniden organize edilmesi,
- Her bir iç işlem için:
  - yok etmeye çalışma
  - yok edilemezse, dış işlem haline çevirme,
  - her durumda zamanını azaltma.

Bu konudaki çalışmalar başlamadan önce, büyük kalıplardaki değiştirme süresi 5 saati bulurken, mevcut durumda bu süre 1,5 saattir. Çalışmalar tamamlandığında bu sürenin 8 dakikaya indirilmesi planlanmaktadır.

Mevcut sistemde, kalıpların yerleştirilmesinde fazla etkili olmayan bir rulman sistemi mevcuttur fakat, kalıbın bir kişi tarafından rahatça yerine oturtulabilmesi veya çekilmesi için uygun değildir. Bu yüzden kalıbın pres dışına kadar çıkartılabilmesini sağlayacak dışsal ek bir rulman sistemine ve bir SMED arabasına ihtiyaç vardır.

Bunun dışında kullanılan kalıpların boyutları genelde standarttır ve buna uygun olarak otomatik kilitlenmeli bağlantı elemanlarının kullanılmasıyla, hem kalıp değiştirme süresi azalacak, hem de herhangi bir ek ayarlama yapmaya gerek duymadan üretime başlanabilecektir.

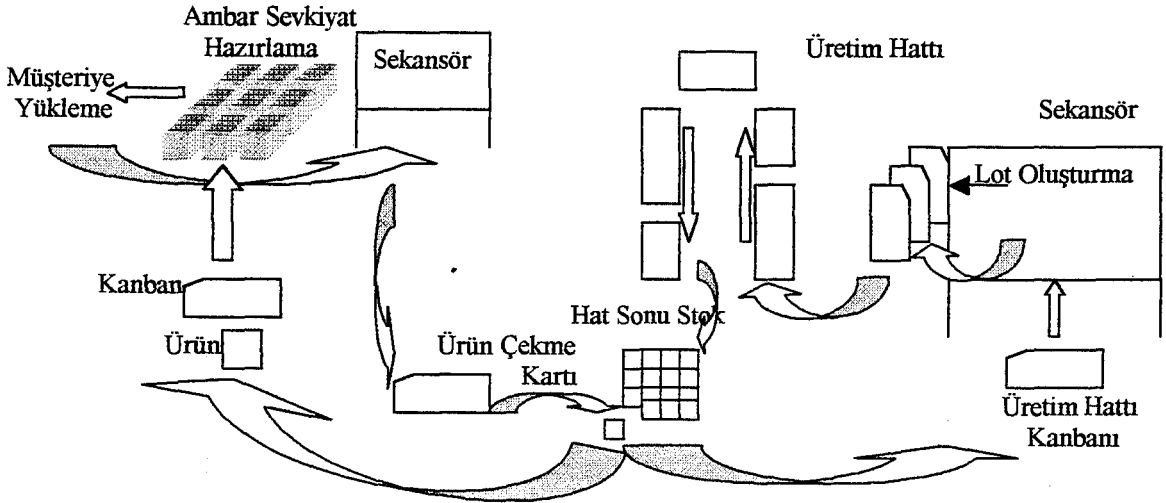
#### 4.6. VALEO'da Kanban

Lüzumsuz, üretim bekleyen parça stoklarına engel olmak için, ancak talep varsa, birim birim üretim yapmak gerekir. Fabrikanın öteki ucundan gelse bile, talep olduğundan emin olmak için çok basit bir teknik vardır: Bu da kanban sistemidir.

Kanban sistemi, süpermarket sistemi olarak da adlandırılır. Süpermarkette müşteriler gerekli ürünü, gerektiği zaman, gerekli miktarda elde edebilirler. Bu sistemde, müşterinin sadece ihtiyaç duyduğu malı alması, marketin de müşteri ne zaman gelirse gelsin, satın alabileceği malları hazır olarak tutması gerektiği ilkesi geçerlidir. Bu sistemin üretim sektörüne uyarlanmış şekline kanban sistemi denilir.

VALEO'da amaç, müşteri isteklerini tam zamanında, istenen miktarda ve istenen sıklıkta sağlamak için, fabrikadaki tüm montaj ve parça üretimlerini kanban sistemi ile yönetmektir. VALEO'daki iç kanban uygulaması, tüm müşterilere günlük sevkiyat yapılması hedef alınarak, bir sekansörün<sup>48</sup> yönettiği saatlik ürün toplama planına dayanmaktadır. Kesinleştirilen ve günlük teslimat lotlarına bölünmüş olan müşteri programları, her gün sekansör olarak tanımlanan üretim hat sonu stoklarından ürün çekme planlayıcısına çekiş kartı olarak yüklenir. Bundan sonra, malzeme toplama operatörü, sekansörde sırası gelen ürünü çekme kartı ile hat sonu stoğundan alır, ürün üzerindeki kanban kartı ile ürün çekme kartını yer değiştirir. Boşta kalan kanban kartı, ilgili üretim hattında bulunan sekansör üzerindeki üretim lot oluşturma kutusundaki (ilgili ürüne ait) boş göze veya tüm gözler dolu ise (yani ilgili ürün için önceden belirlenmiş kanban sayısına ulaşıldıysa), bu gözlerdeki kanban kartlarını da alarak sekansör üzerindeki üretim emri sıralama çubuğuna asar. Üretim ekibi, üretim emri çubuğunda sıralanmış olan kanban lotlarını çubuğun altından çekerek (yani buradaki sırayı koruyarak) üretir ve her taşıyıcının belirlenmiş sayısı kadar üretim yaptıktan sonra, bir kanban kartını, taşıyıcı üzerindeki yerine takarak hat sonu stok alanına koyar. VALEO'da bu şekilde işleyen sistem görsel olarak Şekil-10'da görüldüğü gibidir.

<sup>48</sup> Sekansör: Ürünler için parti, dolayısıyla da üretim emrinin olduğu, gelen ve giden kanbanları, geliş sıralarına göre üzerinde bulunduran bir çeşit sıralayıcı pano. Her ürün için kanban sayıları önceden belirlenmiş sayıya ulaştığında sekansör üzerinde üretim emri oluşmakta ve bunu gören işçi ilgili kanbanları alarak üretime başlamaktadır.



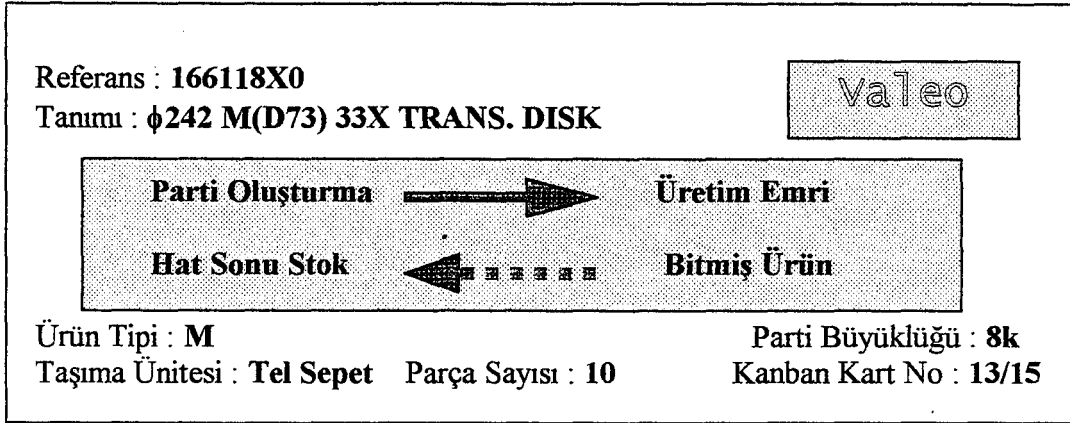
**Şekil-10: VALEO'da Kanban Sistemi**

Şekil-11'de ürün çekmek için kullanılan kanban kartı örneği görülmektedir. Bu kanban, sekansör, hat sonu stok alanı ve sevkiyata hazırlama bölgesi arasında dolaşır.

Referans : 176719D0		<b>Valeo</b>
Tanımı : $\phi$ 190 X11 QX/202 DISK		
<b>Hat Sonu Stok</b>	→	<b>Sevkiyat Hazırlama</b>
	←	<b>Sekansör</b>
Ürün Tipi : X	Taşıma Ünitesi : <b>Tel Sepet</b>	Parça Sayısı : 10
		Kanban Kart No : 12/17

**Şekil-11: VALEO'da Ürün Çekmek İçin Kullanılan Kanban Kartı**

Şekil-12'de VALEO'da kullanılan üretim kanbanı örneği görülmektedir. Bu kanban, parti oluşturma kutusu, üretim emri sıralayıcı, bitmiş ürün taşıma ünitesi ve hat sonu stok alanı arasında üretimi organize etmeyi sağlar.



Şekil-12: VALEO'da Kullanılan Üretim Kanbanı

VALEO'da kullanılan kanbanların sayılarının hesaplanması ise şu şekilde olmaktadır. Her şeyden önce, VALEO'da sabit lot büyüklüklü kanban sistemi kullanılmaktadır. Kanban sayılarının hesabını bir örnek üzerinde görelim.

A, B ve C olmak üzere üç ürünümüz ve bu ürünlerle ilgili bilgiler aşağıdaki gibi olsun. Değişim zamanı, başka bir ürün üretirken, o ürünü üretmeye başlamak için gereken hazırlık süresidir. Çevrim zamanı da, o üründen bir adet üretmek için geçen süredir.

Ürün	Değişim Zamanı	Çevrim Zamanı	Konteynır Kapasitesi
A	10 dk	30 sn	100
B	15 dk	20 sn	100
C	20 dk	20 sn	150

Bu verilerden yola çıkarak, her ürün için lot sayıları hesaplanır. Lot sayıları, her ürün için bir kerede üretilmesi gereken miktarlardır; yani üretim emrinin oluşacağı adet miktarıdır. Hesaplama göz önünde bulundurulmuş bir nokta, her ürün için ekonomik olarak üretim yapılması gereken zamanın hesaplanmasıdır. VALEO'da bu süre her ürün için, değişim zamanının 10 katı olarak belirlenmiştir. Yani, bir ürünün, ekonomiklik açısından, bir kere referans değiştirildikten sonra değişim zamanının 10 katı kadar bir süre için üretimine devam edilmelidir.

Lot sayıları için ilgili formül:

$$\text{Lot Sayısı} = \frac{\text{Çalışma Zamanı} \times 60\text{sn}}{\text{Çevrim Zamanı}}$$

$$\text{Çalışma Zamanı} = \text{Değişim Zamanı} \times 10$$

Ürünlere ait lot sayıları:

A için Çalışma Zamanı =  $10 \times 10 = 100$  dk      Lot Sayısı =  $\frac{100 \times 60\text{sn}}{30 \text{ sn}} = 200$

B için Çalışma Zamanı =  $15 \times 10 = 150$  dk      Lot Sayısı =  $\frac{150 \times 60\text{sn}}{20 \text{ sn}} = 450$

C için Çalışma Zamanı =  $20 \times 10 = 200$  dk      Lot Sayısı =  $\frac{200 \times 60\text{sn}}{20 \text{ sn}} = 600$

Bu lot sayılarına ilişkin kanban sayıları da, lot sayıları, konteynır kapasitelerine bölünerek bulunur.

A için  $200/100 = 2$  kanban (A için üretilecek sabit lot büyüklüğü)

B için  $450/100 = 4,5 \rightarrow 5$  kanban (B için üretilecek sabit lot büyüklüğü)

C için  $600/150 = 4$  kanban (C için üretilecek sabit lot büyüklüğü)

Ayrıca burada unutulmamalıdır ki, her ürün için 1 kanbanlık miktar, o ürünün konteynır kapasitesine eşittir.

Diğer taraftan, günlük ortalama talepler A için 1000, B için 1500 ve C için 2000 adet olsun.

Karışık yükleme ve üretimde düzenlilik ilkesine göre bu üç ürün gün boyunca A, B, C sırasına göre üretilecektir. O halde aşağıdaki zaman çizelgesine göre üretim yürüyecektir.

Değişim Zamanı	1 lot A üretimi	Değişim Zamanı	1 lot B üretimi	Değişim Zamanı	1 lot C üretimi
10 dk	100 dk	15 dk	167 dk	20 dk	200 dk

Buna göre, bir üründen 1 lot üretildikten sonra, aynı üründen 1 kanban daha üretmek için geçen bekleme süreleri aşağıdaki gibi olacaktır:

Bekleme Süresi A =  $15 + 167 + 20 + 200 + 10 + 50 = 462$  dk

Bekleme Süresi B =  $20 + 200 + 10 + 100 + 15 + 34 = 379$  dk

Bekleme Süresi C =  $10 + 100 + 15 + 167 + 20 + 50 = 362$  dk

Bu bekleme süreleri içinde ürünler için talep oluşursa, esneklik için hat sonunda bu talepleri karşılayacak stok bulundurulması gerekecektir. Ürünler için ortalama talepleri bildiğimize göre, bulundurulacak stok miktarlarını ve bunlara karşılık gelecek kanban sayılarını hesaplayabiliriz. bunun için toplam çalışma süresini kullanmamız gerekir ve varsayalım ki fabrika 8'er saatten iki vardiya halinde çalışıyor olsun. Yani, toplam ça-

A'dan 1 kanban üretmek için geçen süre

İşma süresi 16 saattir. O halde, esneklik için hat sonunda bulunması gereken ürün sayıları şu şekilde olmalıdır:

$$\text{A için } \frac{462 \text{ dk}}{16 \text{ s} \times 60 \text{ dk}} \times 1000 = 482 \text{ adet} \rightarrow 5 \text{ kanban}$$

$$\text{B için } \frac{379 \text{ dk}}{16 \text{ s} \times 60 \text{ dk}} \times 1500 = 592 \text{ adet} \rightarrow 6 \text{ kanban}$$

$$\text{C için } \frac{362 \text{ dk}}{16 \text{ s} \times 60 \text{ dk}} \times 2000 = 754 \text{ adet} \rightarrow 6 \text{ kanban}$$

Ayrıca ortaya çıkabilecek herhangi bir aksaklık durumu için de güvenilirlik amacıyla hat sonunda stok bulundurulmalıdır. Varsayalım ki 16 saatlik bir çalışma süresi içindeki ortalama arıza süresi her ürün için aynı ve 2 saat olsun. Güvenilirlik için stok miktarları:

$$\text{A için } \frac{2}{16} \times 1000 = 125 \text{ adet} \rightarrow 2 \text{ kanban}$$

$$\text{B için } \frac{2}{16} \times 1500 = 187 \text{ adet} \rightarrow 2 \text{ kanban}$$

$$\text{C için } \frac{2}{16} \times 2000 = 250 \text{ adet} \rightarrow 2 \text{ kanban}$$

Şu halde ürünler için bulduğumuz kanban sayıları aşağıdaki gibidir.

Ürün	Sabit Lot Büyüklüğü	Esneklik İçin	Güvenilirlik İçin	Hat Sonu Stoğu	Toplam Kanban Sayısı
A	2k	5k	2k	7k	9k
B	5k	6k	2k	8k	13k
C	4k	6k	2k	8k	12k

#### 4.7. U Hatları

Yalın üretim yaklaşımına göre, olabilecek en büyük israf ya da zaman kayıplarından biri de, çalışan insanların, bir yerden bir yere gitme, makinelerin çalışmasını kontrol etme ya da makine başında makinenin devrinin bitmesi gibi ürüne hiçbir değer katmayan pasif eylemlerinin getirdiği zaman kayıplarıdır.

Makinelerin doğru çalışıp çalışmadığının kontrolü, makineye parçayı yerleştirme, işlenmiş parçayı alma gibi eylemleri mekanikleştirerek ve otomatikleştirerek kazanılan zaman, her işçinin birden fazla makineyi çalıştırması şeklinde değerlendirilmelidir. Böylece, bir yandan aynı işi çok daha az sayıda işçiyle gerçekleştirmek mümkün





Buna göre hat üzerinde sadece bir işçi çalıştırıldığında, çevrim süresi 138 sn olmakta ve bir kişi tüm A, B, C, D ve E yüklemelerini yapmaktadır.

Hatta iki işçi çalıştırıldığında çevrim süresi 52 sn olmakta ve 1 nolu işçi A ve B yüklemelerini, 2 nolu işçi de C, D ve E yüklemelerini yapmaktadır.

Hatta üç işçi çalıştırıldığında çevrim süresi 32 sn olmakta ve 1 nolu operatör A ve E yüklemelerini, 2 nolu operatör B ve E yüklemelerini ve 3 nolu operatör C ve D yüklemelerini yapmaktadır. 1 nolu operatör, 2 nolu operatör B yüklemesini yaparken E yüklemesini yapmakta ve 2 nolu operatör, 1 nolu operatör A yüklemesini yaparken E yüklemesini yapmaktadır.

Hatta dört işçi çalıştırıldığında ise çevrim süresi 22 sn olmakta ve 1 nolu operatör A yüklemesini, 2 nolu operatör B yüklemesini, 3 nolu operatör C ve D yüklemelerini ve 4 nolu operatör E yüklemesini yapmaktadır.

Bu sayede, talepteki dalgalanmaya göre hat üzerindeki işçi sayısında değişiklik yaparak talebe uyum sağlanabilmektedir. Burada, bir kere daha çalışanların çok işlevlilik ve çok görevlilik özelliği karşımıza çıkmaktadır.

## SONUÇ

Japonların kendilerine özgü doğal, ekonomik, sosyal ve psikolojik koşullarının itici gücüyle geliştirdikleri yalın üretim sistemi ilk bakışta basitliği, akla yatkınlığı, yatırım tasarrufu sağlaması ve diğer açık yararları açısından sihirli bir formül olarak görülmüştür. Özellikle, düşük yatırım sermayesiyle, üretim maliyetlerini düşürürken, gelirleri artırması, gelişmiş endüstrileri, bu sistemi incelemeye yöneltmiştir.

Yalın üretim çalışma sistemi, her şeyden önce sistemde görev alan tüm çalışanların birbirlerine güvenlerine, özverilerine ve işbirliği arzularına bağlı olarak işletilebilir. Ayrıca, söz konusu güven, işbirliği ve özveri, sistemin yakın çevresini oluşturan tedarikçilerden ve müşterilerden de beklenir.

Koşullarına uygun olarak uygulanacak bir yalın üretim sisteminin, bir çok yararları vardır. Örneğin, stok ve yer ihtiyacını azaltır, üretim duraksamalarını azaltarak müşterileri siparişlerinin daha hızlı karşılanmasını sağlar, kusurlu üretimi azaltırken kaliteyi yükseltir, takım çalışması ve iletişimi kolaylaştırır, problemlerin anında teşhisini ve çözümünü mümkün kılar.

Yalın üretim sistemi, bir çok yönden maliyet tasarrufu sağlar. Stoksuz veya minimum stokla çalışma, kusurlu üretimin azaltılması ve erken teşhisi, daha az yer kullanımı, müşteri ve mühendislik isteklerine hızlı uyum, toplam işçilik saatlerindeki düşüş, daha düşük genel üretim giderleri ve diğer olumlu etkiler, başlıca maliyet tasarrufu kaynaklarıdır. Bu sistemdeki en önemli maliyet tasarrufunun, özellikle stoklardan ve kusurlu üretimin azaltılmasından sağlandığı gözlenmektedir. Ayrıca, sistemin müşterinin kalite ve hizmet beklentisine olağanüstü hızlı cevap vermesi de, teslim gecikmelerinin en aza indirilmesi ve maliyet düşüklüğü nedeniyle uygun fiyatlandırma, satış düzeylerinin yükselmesini sağlamakta ve geliri artırmaktadır.

Yalın üretim yaklaşımıyla çalışan işletmelerdeki iş görenlerin, işlerinde çok daha fazla tatmin oldukları gözlemlenmektedir. Tüm iş görenler, takım çalışmasını tercih etmekte ve takım çalışması sonunda da daha az problem ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yalın üretim sisteminin bir gereği olarak iş görenler, başta kalite kontrol ve bakım-onarım olmak üzere, her alanda uzmanlık ve esneklik eğitimine tabi tutulmaktadırlar. İş görenlerin tüm bu özellikleri, sistemde daha üretken işgücü potansiyelini oluşturmaktadır.

Yalın üretim çalışma sistemi, yararları yanında, bir çok güçlükler ve potansiyel problemlere de sahiptir. Her şeyden önce, yalın üretim sistemi, kitle üretim sistemi ve proje tipi üretim sisteminden daha çok, standart ürünleri içeren tekrarlayıcı üretim sistemlerine uygulanabilecek bir özellik taşır. Eğer, üretim sistemi uzun dönemli donanımlar esas alınarak kurulmuşsa, yalın üretim gerçekleştirilemez. Yalın üretimle çalışma, uzun dönemli tesislere göre değil, tersine günlük karma model programlarına yöneliktir. Ayrıca, sistemin yalnızca üretim programları değil, bunun yanında sipariş kabulleri ve dağıtımları da kısa dönemli bir nitelik taşır.

Yalın üretim uygulaması, çok sıkı bir disiplin gerektirir. Eğer ürünler tam zamanında yerine ulaşmazsa veya kusurlu üretim olursa, üretim bütünüyle duracaktır. Diğer taraftan, sistemde hatalara yol açacak herhangi bir stok veya zaman gecikmesi, yavaş çalışma ve kötü yönetim düşünülemez. Üretim süreci düzgün işlemedikçe ve iş görenler işlerini tam zamanında yapmadıkça, yalın üretim sistemi işleyemez.

Bir özelliği de yalın üretimin, insanların çalışma şeklini değiştirmesidir. Ancak, bu her zaman düşündüğümüz şekilde olmaz. Çoğu insanlar, mavi yakalılar, yalın üretim yayıldıkça işlerini daha heyecan verici bulacaklar ve muhakkak ki daha üretken hale geleceklerdir. Aynı zamanda işlerini daha gerilim dolu bulabilirler. Çünkü, yalın üretimin ana amaçlarından biri de sorumluluğu kuruluşun yapısal merdiveninin oldukça aşalarına itmektir. Sorumluluk, birisinin kendi çalışmasını kontrol etme özgürlüğü anlamına gelir; ancak bu aynı zamanda pahalıya mal olacak hatalar yapma endişesini de ortaya çıkarır.

Benzer şekilde yalın üretim, profesyonel mesleklerin anlamalarını da değiştirmektedir. Yalın üretim çok daha fazla profesyonel yeteneklerin öğrenilmesini ve bunların katı bir hiyerarşiden ziyade yaratıcı bir şekilde bir takım atmosferi içinde uygulanmasını gerektirmektedir.

Çoğu çalışanlar, özentili ünvanlar ve iş tarifleri ile donatılmış, meslek hayatındaki dik basamakların olmayışını hayal kırıklığı yaratıcı ve sıkıcı bulabilirler. Eğer çalışanlar bu çevrede başarılı olacaklarsa, şirketler onlara devamlı olarak çeşitli olanaklar sunmalıdır. Bu yolla onlar hünelerlerini geliştirdiklerini ve kazandıkları çeşitli beceriler için değer verildiklerini hissedeceklerdir.

Yalın üretim konusundaki çalışmaların Türkiye koşullarında anlamı daha fazladır. Kamu ve özel sektöre ait üretim birimlerindeki kapasite kullanım oranları ve verim-

lilikler incelendiğinde, yalın üretimin yanısıra, diğer üretim yönetimi teknolojilerinin de bir an önce uygulamaya konulma gerekleri açıkça ortadadır. Kıt kaynaklarla uzun bir sanayileşme süreci içinde olan ülkemizde, bir yandan üretim işletmelerinde, özellikle işletme yönetimindeki yetersizliklerden kaynaklanan, etkin olamayan sürelerin azaltılmasının yanısıra, doğrudan üretime yönelik kaynakların daha iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece kaynakların daha iyi değerlendirilmesinin yanısıra, ürün maliyetleri de düşecek ve genel ekonomide de olumlu sonuçlar alınacaktır.

Uygulamamıza konu teşkil eden VALEO'da yalın üretim, sonuçta, mevcut durumda uygulanması gereken tüm yöntemler etkin bir şekilde gerçekleştirilemese de, başarılı sayılabilecek bir derecede uygulanabilmektedir. Örneğin, kanban uygulaması önemli ve kilit durumdaki istasyonlar hariç fabrikanın tüm iş istasyonlarına yayılmıştır. Fakat yaptığımız çalışmalar sonucunda, kanban uygulaması, ağır vasıta disk hattında, özellikle pres hattıyla senkron olarak çalışabilecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu sayede, kanbanın diğer tüm iş istasyonlarına yayılması için de ilk adım atılmıştır.

## KAYNAKÇA

- Acar, Nesime. **Tam Zamanında Üretim**, MPM Yayınları, ikinci basım, Ankara, 1995
- \_\_\_\_\_. **Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları**, MPM Yayınları, Ankara, 1995
- Barutçugil, İsmet S. **Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri**, Uludağ Üniv. Yayınları, Bursa, 1989
- Buffa, Elwood S. **Meeting The Competitive Challenge**, Dow Jones – Irwin Inc., 1984
- Dinçer, Cemal ve Erkip, Nesime. “Tam Zamanında Üretim Sistemleri: Felsefesi ve Öngördüğü İyileştirmenin Modellenmesi”, **Tam Zamanında Üretim Sistemi Türkçe Makaleler** (Fren Yayınları, 1996 İstanbul)
- Emre, Aynur. **Tam Zamanında Üretim Sisteminin Ülkemizdeki Uygulamaları ve Sorunları**, MPM Yayınları, 1995
- Fowlkes, William Y. ve Creveling, Clyde M. **Engineering Methods for Robust Product Design**, Addison Wesley Publishing Company, 1995
- Hill, T. ve Richard, D. **Manufacturing Strategy Text And Cases**, Irwin Inc., 1989
- Kimura, O. ve Tereda, H. “Design and Analysis of Pull Systems a Method of Multi-Stage Production Control”, **The Journal of Production Research**, c:19, s:3, 1981
- Meredith, Jack R. **The Management of Operations: A Conceptual Emphasis**, John Wiley and Sons, 1990
- Monden, Yasuhiro. **Toyota Production System**, Industrial Engineering and Management Press, 1986
- \_\_\_\_\_. **Toyota Production System: Practical Approach to Production Management**, Industrial Engineering and Management Press, 1983
- Oğuz, Ceyda ve Dinçer, Cemal. “Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Talep Değişikliklerine Göre Bazı Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi Problemi”, **Tam Zamanında Üretim Sistemi Türkçe Makaleler**, Fren Yayınları, 1996 İstanbul
- Ohno, Taiichi. **Toyota Ruhü**, Scala Yayıncılık, 1996
- Okur, Ayperi Serdaroğlu. **Yalın Üretim**, Söz Yayın Oyun Ajans Ltd., 1997

- Schorr, J. ve Wallace, T. "JIT in Production", **High Performance Purchasing Manufacturing Resource Planning for the Purchasing Profession**, 1986
- Sepehri, Mehran. **Just-in-time not Just in Japan**, American Production and Inventory Control Society Inc, 1986
- Shingo, Shigeo. **Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement**, Productivity Press, 1988
- \_\_\_\_\_. **A Revolution in Manufacturing, the SMED System**, Productivity Press, 1985
- Stahl, Michael J. **Perspectives in Total Quality**, Blackwell Publishers Ltd. 1999
- Şahin, Mehmet ve Eren, Gülten. "İşletmelerde Sıfır Stokla Çalışma Sistemi", **Anadolu Üniv. Açıköğretim Fak. Dergisi**, cilt 1, Haziran 1994
- TÜBİTAK. **Esnek Üretim/Esnek Otomasyon Sistem Ve Teknolojileri, Bilim Ve Teknoloji, Strateji Ve Politika Çalışmaları**, Ankara, Ekim 1996
- Vollmann, Thomas E., Berry, William L. ve Whybark, D. Clay. **Manufacturing Planning and Control Systems**, McGraw-Hill, 1997
- Womack, James P., Jones, Daniel T. ve Roos, Daniel. **The Machine That Changed The World**, Collier McMillian, 1990
- Woomack, James P. ve Jones, Daniel T. **Yalın Düşünce**, Sistem Yayıncılık, 1998
- Yüzügüllü, Nihat ve Doyuran, Ayfer. "JIT Üretim Sistemi, Gereklere ve Uygulamadan Sağlanacak Sonuçlar", **Anadolu Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi**, C:6, Sayı:2, 1990