

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM YAPAN SİSTEMLERDE YALIN ÜRETİM
UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eren YILMAZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM YAPAN SİSTEMLERDE YALIN ÜRETİM
UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Eren YILMAZ
(507101108)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Şule İtir SATOĞLU

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507101108 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Eren YILMAZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM YAPAN SİSTEMLERDE YALIN ÜRETİM UYGULAMALARI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Şule İtir SATOĞLU**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Şule İtir SATOĞLU**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. ZiyaULUKAN

Galatasaray Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04.05.2012**

Savunma Tarihi : **06.06.2012**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her aşamasında, konu ile ilgili bilgi ve deneyimini benimle paylaşan, ilgi ve önerilerini hiç bir zaman esirgemeyen, tez danışmanlığımı özenle yürüten değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Şule Itır SATOĞLU'na, yalın üretim konusuna ilgi duymamı sağlayan değerli hocam Prof.Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU'nave manevi destekleri için aileme teşekkür ederim.

Mayıs 2012

Eren YILMAZ
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM SİSTEMLERİ.....	5
3. YALIN ÜRETİM	11
3.1 Yalın Üretim Nedir?	11
3.2 Yalın Üretimin Tarihçesi	13
3.3 Yalın Üretimin Diğer Üretim Sistemleri ile Karşılaştırılması	15
3.4 Yalın Üretim Sisteminin İlkeleri	17
3.4.1 Değer	17
3.4.2 Değer akışı	17
3.4.3 Akış	18
3.4.4 Çekme	18
3.4.5 Mükemmellik	18
3.5 Yalın Üretim Teknikleri	18
3.5.1 Kanban ve çekme sistemi	18
3.5.1.1 Kanban kuralları	22
3.5.1.2 Kanban çeşitleri	24
3.5.2 Üretimde düzgülendirme ve karışık yükleme	26
3.5.3 Tek parça akışı	29
3.5.4 U tipi üretim hatları, shojinka ve iş rotasyonu	33
3.5.5 Poka yoke ve otonomasyon	37
3.5.6 Hazırlık sürelerinin düşürülmesi	40
3.5.7 Toplam üretken bakım	45
3.5.8 5S	49
3.5.9 Kaizen ve kalite çemberleri	53
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	57
4.1 Literatür Araştırması Sonuçlarının Değerlendirilmesi	67
5. YALIN ÜRETİM KONTROL MEKANİZMASINA ALTERNATİFLER	69
5.1 Hızlı Tepkisel Üretim (QRM) ve POLCA	69
5.1.1 POLCA sistem tasarımı	70
5.1.2 POLCA ve kanban	73
5.2 Kısıtlar Teorisi ve DBR	73
5.2.1 DBR metodu ve tampon yönetimi	74
5.2.2 DBR ve kanban	77

6.SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM YAPAN BİR FİRMADA POLCA UYGULAMASI	79
6.1 Seçilen Üretim Sisteminin Mevcut Durum Analizi.....	80
6.2 Mevcut Durum Simülasyonu.....	83
6.3POLCA Uygulamasının Simülasyonu	90
6.4İki Modelin Karşılaştırması ve Sonuçların Analizi	95
7. SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER	99
KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMALAR

KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
QRM	: Hızlı Tepkisel Üretim
POLCA	: Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization
DBR	:Drum-Buffer-Rope Yöntemi
TPM	:Toplam Üretken Bakım
PM	: Üretken Bakım
CCR	: Kapasite Kısıtlı Kaynak

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 :Akış tipi ve sipariş tipi üretim sistemlerinin karşılaştırması.....	8
Çizelge 3.1 :Yıllar itibariyle üretim sistemlerinin özellikleri (Arslan, 2008)	15
Çizelge 3.2 :Kitle üretimi ile yalın üretimin karşılaştırılması	16
Çizelge 3.3 :Kanban türlerinin toplu değerlendirilmesi.....	25
Çizelge 3.4 :Yalın üretim tekniklerinin siparişe göre üretim sistemlerinde uyg	56
Çizelge 6.1 :Ürün tiplerinin işlem süreleri	84
Çizelge 6.2 :Sistemden çıkan ürün sayıları (Mevcut Durum)	88
Çizelge 6.3 :Sipariş başına proseslerde geçen ortalama süreler (Mevcut Durum)	88
Çizelge 6.4 :Kuyruklardaki ortalama bekleme süreleri ve bekleyen sipariş sayıları (Mevcut Durum)	89
Çizelge 6.5 :Ürün tipine göre ortalama WIP miktarları ve sistemde geçen toplam süreler (Mevcut Durum).....	89
Çizelge 6.6 :Sistemden çıkan ürün sayıları (POLCA)	93
Çizelge 6.7 :Sipariş başına proseslerde geçen ortalama süreler (POLCA)	93
Çizelge 6.8 :Kuyruklardaki ortalama bekleme süreleri ve bekleyen sipariş sayıları (POLCA)	94
Çizelge 6.9 :Ürün tipine göre ortalama WIP miktarları ve sistemde geçen toplam süreler (POLCA)	94
Çizelge 6.10 :Sipariş başına proseslerde geçen ortalama sürelerin karşılatırılması	95
Çizelge 6.11 :Kuyruklardaki ortalama bekleme süreleri ve bekleyen sipariş sayılarının karşılaştırılması	96
Çizelge 6.12 : Ürün tipine göre ortalama WIP miktarları ve sistemde geçen toplam sürelerin karşılaştırılması	97

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Üretim sistemleri (Tanyaş ve Baskak,2006)	5
Şekil 3.1: Yalın üretim ilkeleri (Yingling ve diğ, 2000).....	17
Şekil 3.2: Kanban uygulama örneği (Okur, 1997).....	20
Şekil 3.3: Kanban çeşitleri).....	24
Şekil 3.4: Üretimde Düzgünleştirme ve Karışık Yükleme Örneği (Jones, 2006).....	28
Şekil 3.5: Çok parçalı akış sistemi (Okur, 1997).....	31
Şekil 3.6: Tek parça akış sistemi (Okur, 1997).....	31
Şekil 3.7: 1 çalışanlı ve 2 çalışanlı U tipi üretim hatları (Miltenburg, 2001).....	34
Şekil 3.8: Örnek bir birleşik U hattı (Miltenburg, 2001).....	35
Şekil 3.9: SMED uygulaması için rulmanlı bir sistem örneği (Seçkin, 2007).....	42
Şekil 5.1: Örnek bir POLCA kartı.....	71
Şekil 5.2: Örnek bir POLCA sistemi (Riezbos, 2009).....	72
Şekil 5.3: Örnek bir DBR sistemi (Demirel, 2007).....	74
Şekil 5.4: Örnek bir DBR uygulaması (öncesi) (Rajamramasamy ve diğ, 2010).....	76
Şekil 5.5: Örnek bir DBR uygulaması (sonrası) (Rajamramasamy ve diğ, 2010).....	77
Şekil 6.1: Mevcut ürün akış diyagramı.....	81
Şekil 6.2: Model üzerinde örnek bir sipariş ataması.....	84
Şekil 6.3: Hazırlık sürelerinin modele aktarımı.....	85
Şekil 6.4: Dikey ve yatay işleme merkezlerinde makine seçme kuralı.....	86
Şekil 6.5: Mevcut durum modelinin genel görüntüsü.....	86
Şekil 6.6: Dikey işleme merkezi modelinin genel görüntüsü.....	87
Şekil 6.7: POLCA uygulaması modelinin genel görüntüsü.....	92

SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM YAPAN SİSTEMLERDE YALIN ÜRETİM UYGULAMALARI

ÖZET

Toyota üretim sistemi, stoksuz üretim yahut tam zamanında üretim olarak da bilinen ve en genel kullanımı “yalın üretim” olan üretim sistemi, 1980’lerin başından itibaren daima revaçta ve göz önünde olan bir üretim sistemidir. Pek çok firmanın yalın üretim ile bambaşka bir çehreye bürünerek başarı sağlaması, diğer firmaların da yalın üretime geçme konusundaki cesaretini arttırmaktadır.

Yalın üretim, üretim süreçleri boyunca katma değersiz tek bir iş dahi yapmamayı ve sistemdeki tüm israfları (mudaları) yok etmeyi ilke edinmiştir. Bu basit felsefenin üzerine inşa edilen yalın üretim sistemi, uygulanabilmesi için çok çeşitli teknik ve metotlardan faydalanmaktadır.

Yalın üretim sistemlerinin daha çok talebin düzenli ve yüksek, ürün çeşitliliğinin az olduğu akış tipi üretim sistemlerinde uygulandığı görülmüştür. Bu durum akıllara tam tersi bir üretim karakteristiğine sahip işletmelerde yalın üretimin uygulanıp uygulanamayacağı sorusunu getirmektedir.

Bu çalışmada, siparişe göre üretim sistemlerinde yalın üretimin ve tekniklerinin uygulanabilirliği araştırılacak; siparişe göre üretim yapmakta olan bir firmada uygulama çalışması yapılacaktır.

Tez toplam 7 bölümden oluşmaktadır.

1.bölümde teze genel bir bakış açısı kazandırmak amacıyla yalın üretim ve siparişe göre üretim sistemleri hakkında çok kısa bilgiler verilecek, tez konusunun nasıl belirlendiğinden ve çalışmanın genel kapsamından bahsedilecektir.

2.bölümde üretim sistemlerinin sınıflandırılması verilecek, bu sınıflandırma içinde yer alan “Siparişe Göre Üretim Sistemleri” detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

3.bölümde “Yalın Üretim” konusuna geçilecek ve bu üretim tipi hakkında bilgilendirme yapılacaktır. Yalın üretimin ne olduğu, nasıl ortaya çıktığı ve nasıl geliştiği, diğer üretim sistemleri ile karşılaştırılması, ilkeleri ve teknikleri hakkında genel bilgiler verilecektir.

4.bölümde ise literatür araştırmasına yer verilecektir. Siparişe göre üretim yapan sistemlerde yahut KOBİ’lerde yalın üretimin uygulanmasına dair daha önceki yıllarda ve günümüzde yapılmış olan çalışmalar bu bölümde özetlenerek aktarılacaktır. Bölümün sonunda literatür araştırması sonucunda elde edilen bulgular paylaşılacaktır.

5.bölüm yalın üretimin üretim kontrol tekniği olan Kanban çekme sistemine alternatif iki adet üretim kontrol mekanizması(POLCA ve DBR) incelenmiştir.

6.bölüm ise uygulamaya ayrılmıştır. Siparişe göre üretim yapan ve hidrolik valf üretimi gerçekleştiren bir KOBİ’de yalın üretimin çekme sisteminden nasıl

faýdalanılacağı incelenmiş ve bir benzetim uygulaması yapılmıştır. Özellikle literatür araştırmalarında olumsuz anlamda dikkat çekilen noktalardan biri olan Kanban sisteminin yerine POLCA sistemi önerilmiştir. Mevcut sistem ve önerilen sistem, Arena 11.0 paket programı ile belirlenen şirketin gerçek verilerinden yola çıkılarak modellenmiştir. Yapılan uygulamanın sonuçları ile sistemde POLCA sayesinde yapılan iyileşmeler somut bir şekilde ortaya konmaya çalışılmıştır.

Sonuç ve Değerlendirmeler kısmında ise daha önceki bölümlerde anlatılan konuların genel bir özeti yapıldıktan sonra siparişe göre üretim sistemlerinde yalın üretimin uygulanabilirliğine dair bir analiz yapılarak tez çalışması sonlandırılacaktır.

LEAN PRODUCTION IMPLEMENTATION IN MAKE-TO-ORDER PRODUCTION SYSTEMS

SUMMARY

Lean manufacturing is mainly inspired by the Toyota Production System which has been focused on elimination of waste and improving customer satisfaction. Lean manufacturing is a set of principles, philosophies and business processes to enable the implementation of it, which is widely known and implemented since 1960.

The success of numerous companies thanks to lean manufacturing encourages other companies to start lean manufacturing.

Authors define lean manufacturing as a production system that focusing continuous flow within supply chain by eliminating all wastes and performing continuous improvement towards product perfection.

Lean manufacturing is based on four major concepts:

- Value definition
- Value stream analysis
- Flow
- Pull system

In addition these concepts, the final major element in the lean philosophy is perfection. Perfection is the systematic quest to attain both these production ideals and maximum value for the customer through continuous improvement, or kaizen, efforts.

Lean production systems have three major objectives:

- Highest customer satisfaction
- Total elimination of waste
- Highest respect of human dignity in the production process

Waste is anything other than the required equipment, materials, parts, space and working time. Researchers agreed that lean manufacturing could be a cost reduction mechanism and can be used as a guide to be world class organization.

Last two decades had witnessed explosion of researches into the area of manufacturing improvement such as lean manufacturing, total quality management, total productive maintenance and their application within various manufacturing companies such as automotives, electronics, plastics components and etc. It was proven that lean manufacturing was considered as the best manufacturing system in the 21st century.

Lean manufacturing aims the elimination of non-value added activities and waste in system. Various methods and practices are being used to apply lean manufacturing. There are more than hundred lean practices available and being

practiced by industries. Researchers had suggested that the company should implement all or most of the lean practices in order to success in lean implementation.

It can be observed that lean manufacturing is generally applied in make-to-stock production systems and flow shop systems where diversity of product is low and the demand is high and regular. The applicability of lean manufacturing in the companies with opposite production characteristic is called into question.

In this work, the applicability of lean manufacturing techniques and practices in make-to-order production systems and job shop production is studied and these practices are applied on company that.

The systematic implementation of lean manufacturing in make-to-order systems and SMEs will yield huge benefits such as quality improvement, reduction in cycle time and good customer responsiveness. Although these companies faced difficulties when dealing with suppliers and customers on parts delivery and demand.

The characteristics of make-to-order production systems and SMEs present particular challenges to the implementation of lean production concepts. SMEs often have limited financial resources and IT infrastructure and are reliant on a small number of key individuals who cannot be relieved of their daily roles and responsibilities to focus on a project. Meanwhile, make-to-order production systems produce a wide variety of products in low volumes (sometimes one-of-a-kind products), making lead times difficult to predict and shop floor routings highly variable. The characteristics of make-to-order production systems and SMEs limit the number of suitable concepts and make successful implementation a major challenge.

The thesis consists of 7 chapters.

First chapter introduces lean manufacturing and make-to-order production systems and mentions the aim of the paper and establishment of thesis subject.

In second chapter, the classification of production systems is given and make-to-order production systems is explained in detail.

Traditional production systems produce products and stock them as inventory until they are sold (make-to-stock). In order to reduce inventory and increase the level of customization, some firms have designed their production systems to produce a product only after it is ordered. Such systems are referred to as make-to-order.

Make-to-order systems are not appropriate for all types of products, and the make-to-order versus make-to-buy decision must be weighed carefully.

Chapter 3 draws out lean manufacturing and gives information about appearance, evolution, principles and practices of lean manufacturing. 9 lean techniques is investigated in this chapter. These lean practises are;

- Kanban and pull systems
- Production smoothing and mix loading
- One piece flow
- U-shaped production line and shojinka
- Poka yoke and autonomation
- Reducing setup time
- Total productive maintenance
- 5S

- Kaizen and quality circles

These lean practices are investigated about lean implementation in make-to-order production systems. At the end of the section revealed an overall picture about the topic.

Kanban and pull systems and reducing setup time are the more problematic issue than other lean practices in make-to-order production systems.

Especially poka yoke, total productive maintenance, 5S, kaizen and quality circles are fully applicable practices in make-to-order production systems.

Chapter 4 presents the previous work on the applicability of lean manufacturing in make-to-order (job shop) production systems and Small and Medium Size Enterprises (SME). The key words of this literature research are;

- Lean production
- Make-to-order production systems
- Job shop production systems
- SMEs
- POLCA material control mechanism.

Various articles that examined in these topics are summarized.

At the end of the literature research, some evaluations have been completed in several respects.

In Chapter 5, the applicability of lean manufacturing in a make-to-order production based make-to-order production system that chosen, is analyzed and some techniques are applied. POLCA system is proposed instead of Kanban system which is criticized in previous chapters.

Material control is an important part of the chain of tools used in realizing short throughput times. It regulates the flow of goods on the shop floor. This includes the authorization to start a job, release of new material to the shop floor, setting priorities for jobs that are waiting to be processed, and initiating the start of succeeding activities, such as transport, quality control, et cetera. Pull systems are a special type of material control systems. They aim to control throughput times by constraining the release of jobs to the shop floor.

POLCA is a material control system designed for Make-To-Order or Engineer-To-Order companies. These firms have to cope with a high variety of customized products, and strong pressure to provide short throughput times. POLCA constrains the amount of work in progress on the shop floor in order to achieve a short average shop floor throughput time. Earlier work has shown that the POLCA system has the capability to reduce both the average shop floor throughput time and the average total throughput time, but it is only effective if the POLCA system has appropriately been designed. The design of the POLCA system is therefore being investigated in this chapter.

In Chapter 6, firstly, current situation analysis in a company that we chose was conducted. Then, current situation is simulated with a simulation software Arena 11.0. After that, proposed system (POLCA) is simulated with a simulation software Arena 11.0 using data of the company with make-to-order production system. With

the results of POLCA implementation the improvement in the system is clearly revealed.

Conclusion chapter summarizes the thesis and analyzes the applicability of lean manufacturing in make-to-order production systems.

1. GİRİŞ

Yalın üretim 1950'lerde Japonya'da temelleri atılmış ve 1980'lerden itibaren batı ülkeleri başta olmak üzere tüm dünyada yaygınlaşmaya başlamış olan, üretimde mükemmellik ve sürekli iyileştirmeyi merkezine koyan bir üretim sistemidir. Yalın üretim için, yalın felsefenin üretim sistemlerine çeşitli yalın araç ve tekniklerle adapte edilmiş hali de denilebilir.

Yalın üretimde temel öncelik sistemdeki değersiz tüm işlemleri yok etmek üzerinedir. Bu nedenle yalın üretim sistemleri, bünyelerinde hiçbir gereksiz unsur bulundurmamayı, hata, maliyet, stok, işçilik ve üretim alanı gibi unsurları olabilecek en alt seviyeye çekmeyi ilke edinmektedir. Üretim süreçleri içerisinde yapılan tüm işlerin, müşterilerin para ödemek için istekli davranacakları katma değerli işler olması bu üretim sisteminin birincil hedefidir. Ayrıca yalın üretim uygulaması için tüm sistem bileşenlerinin bu felsefeyi benimsemesi ve içselleştirmesi şarttır.

Yalın üretim felsefenin şekillenmesinde ortaya çıkmış olduğu dönemin koşulları da oldukça etkili olmuştur. 1950'li yıllara kadar Fordist üretim anlayışının hâkim olduğu dünyada kitle üretiminin en yaygın üretim sistemi olduğu görülmektedir. Ancak II. Dünya Savaşı sonrası Japonya'sında kitle üretimi yapabilmek için gereken şartlar mevcut değildir. Savaş sonrası sermaye kaynaklarında kıtlık yaşanan Japonya, yoğun sermaye gerektiren kitle üretimi anlayışı yerine kendi üretim sistemini geliştirmek için çabalamış ve yalın üretim sisteminin temellerini atmıştır.

Yalın üretim, Japon Toyota firması tarafından geliştirilen bir üretim sistemi olsa da yıllar içerisinde pek çok firma tarafından katkı sağlanarak geliştirilmiş ve günümüze kadar gelmiştir. Yalın üretim, Toyota, Honda, Nissan gibi Japon otomotiv firmalarının Amerika'da üretime başlaması ile önce Amerika'ya daha sonra ise diğer kıtalara sıçramıştır. Günümüzde yalın üretim sistemi, otomotiv sektörü dışında diğer

sektörlerde ve iş kollarında da uygulanmaya başlanmış ve giderek yaygınlaşmaktadır.

Yalın üretim sistemleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ise günümüzde yalın üretim uygulamalarının pek çoğunun benzer ön koşulları ve şartları sağlayan ortamlarda yapıldığı görülmektedir. Literatürde yer alan çalışmaların çoğu yalın üretim yapabilmenin belirli ön koşullara bağlı olduğunu belirtmektedir. Talebin düzenli ve dengeli olması, ürün çeşitliliğinin çok fazla olmaması ve tedarikçilerden istenildiği zaman istenilen ürünün temin edilebilmesi bu uygulamaların yapılabilmesi için gerekliliklerdir.

Bu durum akıllara çok önemli bir soruyu getirmektedir. Yalın üretimin genellikle aynı yapıya sahip ortamlarda uygulanması, acaba tam tersi karakterdeki ortamlarda yalın üretimin uygulanıp uygulanamayacağına dair bir soruyu da beraberinde getirmektedir. Yapılan yalın üretim çalışmaları incelendiğinde de talebin düzensiz ve değişken, ürün çeşitliliğinin çok fazla ve üretim hacminin düşük olduğu ortamlarda yalın üretim hakkında çok fazla çalışma yapılmadığı görülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, siparişe göre ve atölye tipi üretim yapan firmalarda yalın üretimin uygulanabilirliğinin incelenip, yalın teknikler temel alınarak yalın üretim uygulamalarında ne gibi zorluklar yaşanabileceği ve bu uygulamaların sonucunda nasıl kazanımlar elde edilebileceğinin araştırılmasıdır. Bu konu seçilirken yukarıda bahsi geçen soru temel alınmıştır. Bugüne kadar yapılmış olan yalın üretim uygulamalarının pek çoğunun talebin dengeli ve düzenli olduğu, üretim miktarının yüksek ve ürün değişkenliğinin düşük olduğu ortamlarda gerçekleştirilmiş olması, bu çalışmada yalın üretimin siparişe göre üretim yapan sistemlerde de uygulanıp uygulanamayacağının araştırılmasına öncülük etmiştir.

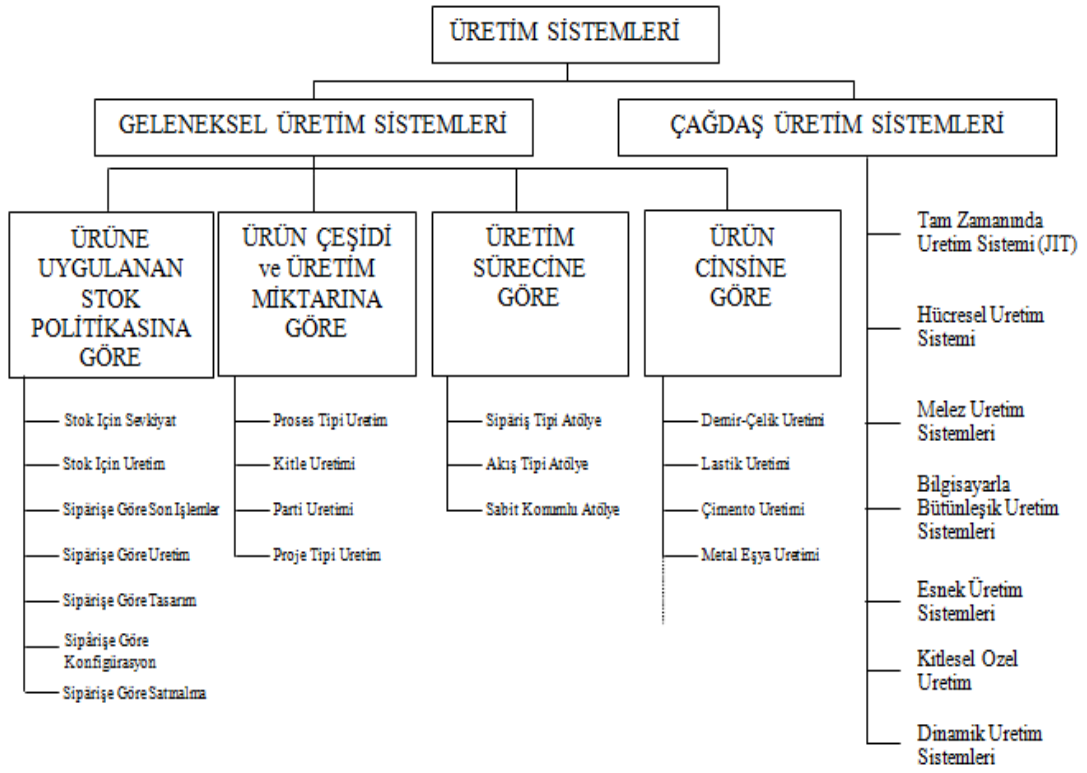
Çalışma kapsamında, bu amaç doğrultusunda yalın üretim ve siparişe göre üretim sistemlerinin temel anlatımı gerçekleştirilerek, yalın üretim tekniklerinin siparişe göre üretim yapan sistemlerde uygulanabilirliği üzerine çıkarımlar yapılacaktır. Bu çıkarımlar yapılırken daha önceden bu konuda yapılmış olan çalışmalardan ve bu tarz sistemlerle üretim yapan firmalarda gerçekleştirilen gözlemlerden ve deneyimlerden faydalanılacaktır. Tez içerisinde yalın üretimin 9 farklı tekniği incelenecektir. Bu

tekniklerin her biri açıklandıktan sonra siparişe göre üretim yapan sistemlerde nasıl ve ne denli uygulanabileceğine dair yorumlar yapılacaktır. Literatür araştırması kısmında ise bu konuda daha önceden yapılmış olan çalışmalar incelenerek özet geçilecektir. Siparişe göre üretim yapan sistemlerin pek çoğunun küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ) olması, yapılan literatür araştırmasında KOBİ'lerdeyalın üretim üzerine yapılmış olan çalışmalarında incelenmesini gerekli kılmıştır. Literatür araştırmasında incelenen bir diğer konu ise yalın üretimdeki Kanban sisteminin özel bir çeşidi olan ve Kanban sistemine alternatif olarak sunulan POLCA(Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization) sistemidir. Tez kapsamında yapılan incelemeler neticesinde Kanban sisteminin siparişe göre üretim sistemlerine uygulanabilirliğinin oldukça düşük olması fikrine ulaşıldıktan sonra öne sürülen POLCA sistemi ile ilgili detaylı bir inceleme de literatür araştırması kapsamında yapılmıştır.

Uygulama bölümünde ise siparişe göre üretim yapmakta olan bir hidrolik valf üreticisi ele alınmıştır. Firmanın mevcut üretim yapısı incelenerek POLCA uygulamasının firmadaki uygulanabilirliği ve kazançları değerlendirilecektir. Uygulama gerçekleştirilirken benzetim (simülasyon) yönteminden faydalanılacaktır. Benzetim için çeşitli paket programlar arasından Arena 11.0 programı seçilmiştir. Bu nedenle, öncelikle hidrolik valf üretimi yapmakta olan firmanın mevcut durumu incelenip analiz edilmiş ve mevcut üretim kontrol sistemi ile nasıl bir üretim gerçekleştirdiği Arena programı ile simüle edilmiştir. Daha sonra aynı şirkette, yalın üretim sisteminin üretim kontrol mekanizması olan Kanban sisteminin bir çeşidi olarak öne sürülen POLCA sisteminin uygulanması gerçekleştirilmiştir. POLCA sisteminin uygulanması ile seçilen firmanın üretim sürecinde yaşanan değişimler yine Arena programı ile simüle edilmiştir. Sonuç olarak simülasyon sonuçları karşılaştırılmış, temin sürelerinde, bekleme sürelerinde ve süreç içi stoklarda (WIP) meydana gelen değişimler ve kazanımlar ortaya konulmuştur. Son olarak ise firmaözelinden yola çıkılarak siparişe göre üretim sistemlerinde POLCA ve yalın üretim uygulamalarının kazançları değerlendirilecek ve gelecekte bu konu hakkında yapılabilecek olan çalışmalar için önerilerde bulunulacaktır.

2. SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM SİSTEMLERİ

Üretim sistemlerinin sabit ve kesin bir sınıflandırma biçimi bulunmamakla birlikte literatüre göz attığımızda farklı sınıflandırma çeşitlerinin olduğu görülmektedir. En genel anlamda üretim sistemleri şu şekilde sınıflandırılabilir.



Şekil 2.1: Üretim sistemleri(Tanyaş ve Baskak, 2006).

Bu çalışma kapsamında Siparişe Göre (Sipariş Tipi Atölye) üretim sistemleri temel alınacak ve Yalın Üretim uygulamalarının bu tip üretim sistemlerinde uygulanabilirliği üzerine çıkarımlar yapılacaktır. Bu nedenle siparişe göre üretim sistemlerinin temel özellikleri net bir şekilde ortaya konulmalıdır.

Siparişe göre üretim, düşük miktarlarda üretilen ama yüksek düzeyde ürün çeşitliliğini içeren ve belirli siparişleri karşılamak üzere yapılan üretimdir. Bu

sistemlerde, birçok değişik işlemleri yapabilen çok işlevli tezgâhlar kullanılır. Esnek üretim yapısı ile daha nitelikli elemanlara gereksinim duyulur. Sipariş ve ürün değişkenlikleri nedeniyle üretim yönetimi çalışmalarında bazı zorluklarla karşılaşılır(Tanyaş ve Baskak, 2006). Bu tip sistemlerde her iş istasyonu ayrı bir görev için donatılmış olup her ürün veya sipariş sadece ilgili olan iş istasyonlarına gider. Benzer özellikteki makine, teçhizat ve işgücü kaynakları bir arada gruplandırılarak çeşitli üretim birimleri oluşturulur.

Üretim sürekli olmayıp partiler halindedir ve her sipariş için farklı akış yolları takip edilebilir. Böylece çeşitli girdiler sisteme girerek belli siparişler doğrultusunda işlenmek suretiyle çok çeşitli fakat az sayıda çıktı elde etmek imkânı bulunmaktadır. Müşteriler zaman zaman siparişleri üzerinde çeşitli özelleştirmeler talep edebilmektedir. İşte bu durumda yapılabilecek üretim siparişe göre üretim olacaktır. Üretim sipariş sisteme geldikten sonra başlar. Genellikle ürünlerin hammaddesi yahut parçaları benzerdir fakat müşteri istekleri doğrultusunda çeşitlendirilebilir. Üretim sipariş üzerine yapıldığından nihai ürün stokları düşük, buna karşın bir iş istasyonuna birden fazla iş gelebileceği için hammadde ve ara stoklar yüksek seviyededir.

Uzay ve havacılık endüstrisi, makina takım ve özel aparatları, sipariş tipi üretimin örnekleridir. Bu üretim tipinde, yüksek düzeyde imalat ara stokları ile düşük düzeyde tezgâh ve işçi kapasitesi kullanımı ve daha yavaş iş akışı ile denetim güçlükleri yaşanabilmektedir. Sipariş tipi üretim, talep yapısına bağlı olarak, üç şekilde gerçekleştirilir (Tanyaş ve Baskak, 2006):

1. Ürünün bir kez sipariş üzerine üretilmesi (Proje tipi üretim olarak bilinen bu sistemlerde, üretim tekniklerinin geliştirilmesine yönelik araştırma ve çalışmaların yararı çok kısıtlıdır, standart üretim yöntemlerinin ve standart işlem sürelerinin olmaması, üretim plânlamayı zorlaştırır)
2. Çeşitli ürünlerin, düşük miktarlarda, belirli aralıklarla sipariş üzerine üretilmesi
3. Çeşitli ürünlerin, düşük miktarlarda, belirsiz aralıklarla sipariş üzerine üretilmesi

Son iki uygulama çeşidinde, üretimin tekrarlanmasından kaynaklanan bazı kolaylıklar bulunmaktadır. Ürünlerin daha önceden yapılmış olması, üretim süreçlerinin bilinmesi ve üretim sırasında karşılaşılabilecek zorlukların önceden görülebilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda işleme merkezlerinde daha önceden tekrarlanan işlere ait yazılımlar/programlar mevcut olduğundan, aynı üründen bir kez daha sipariş alındığında hazırlık işlemleri içerisine işleme makinesi için program yazılması işlemi dahil edilmeyecektir. Bu tip durumlarda sipariş geldiğinde daha önceden yazılmış olan program makineye yüklenecektir. Ürün siparişleri, önceden bilinen belirli aralıklarla geliyorsa, üretim planlama çalışmaları daha verimli bir şekilde gerçekleşir. Fakat siparişlerde herhangi bir düzen ve periyodik aralıklar mevcut değilse üretim planlama ve kontrolü konusunda büyük zorluklar yaşanabilecektir. Talepler belirli bir düzen çerçevesinde gelmediği için önceki dönemlere ait siparişlere bakarak gelecek dönemler için talep tahminlerinde bulunmakta çok sağlıklı bir öngörü sağlamayacaktır. Bu nedenle sipariş tipi üretim yapan firmaların diğer üretim sistemlerine nazaran çok daha esnek ve çevik bir yapıda olması gerekmektedir. Her gelen ani veya büyük miktarlardaki siparişler sistemin dengesini bozmaya müsait durumdadır. Siparişe göre üretim yapan firmalar bu yüzden üretim aşamalarında oldukça esneklik sağlayabilen yapıda tasarlanmalıdır. Siparişe göre üretim, üretim sistemlerinin ürüne uygulanan stok politikasına göre sınıflandırılmasının bir sonucudur. Üretim sistemleri, üretim süreçlerine göre sınıflandırıldığında ise siparişe göre üretim felsefesini taşıyan üretim sistemi “Sipariş Tipi Atölye” olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle siparişe göre üretim sistemleri ile aynı paralelde olan sipariş tipi atölye üretim biçimini de anlatmakta fayda vardır.

Sipariş tipi atölye (Job Shop) üretim tipinde de genellikle çok amaçlı makineler ve tezgâhlar kullanılır. Sisteme giren farklı siparişler, seçenek makinalardan boş olanlarda veya boş yoksa makinalar arkasında kuyruğa alınmak yoluyla üretime sokulur. Sipariş tipi atölye sisteminde makinalar için söz konusu olan bu durum yüksek makina kullanım süresi verimlerine ulaşılmasını sağlar. Karmaşık iş akışı ise, uzun üretim süresi, büyük süreç içi stoklar, yüksek taşıma değerleri ve kalite sorunları şeklinde üretime yansır (Tanyaş ve Baskak, 2006).

Çeşitli faktörler açısından, sipariş tipi üretim sistemleri ile akış tipi üretim sistemleri Çizelge 2.1'deki gibi karşılaştırılabilir.

Çizelge 2.1: Akış tipi ve sipariş tipi üretim sistemlerinin karşılaştırması (Top, 1996).

ÖZELLİKLER	AKIŞ TİPİ ÜRETİM	SİPARİŞ TİPİ ÜRETİM
Ürün Açısından		
Sipariş türü veya büyük partiler	Sürekli	Partiler
Ürün akışı	Düzenli Sıralı	Karışık
Ürün çeşidi	Az	Fazla
Pazar türü	Kitlesel	Sipariş
Üretim hacmi	Yüksek	Orta
İşgücü Açısından		
Kalifiye işgücü ihtiyacı	Düşük	Yüksek
Çalışma biçimi	Rutin	Değişken
Ücret	Düşük	Yüksek
Sermaye Açısından		
Yatırım	Yüksek	Orta
Stok düzeyi	Düşük	Yüksek
Makine	Özel	Genel
Teçhizat	Amaçlı	Amaçlı
Amaçlara Ulaşmak Açısından		
Esneklik	Düşük	Orta
Maliyet	Düşük	Orta
Kalite	Kararlı	Değişken
Bağımlılık	Yüksek	Orta
Planlama ve Kontrol Açısından		
Üretim kontrolü	Kolay	Zor
Kalite kontrolü	Kolay	Zor
Stok kontrolü	Kolay	Zor

Talep değişkenliğinin yanı sıra, gelen siparişlerin de zaman içerisinde değişikliğe uğrayabilmesi bu tarz bir üretim anlayışını benimseyen firmaların oldukça esnek yapıda olmalarını gerektirmektedir. Üretim planlama ve kontrolü konusunda ise bu durum büyük zorluklara yol açabilmektedir. Örneğin A ürününden 1000 adet sipariş gelmiş olsun. Bir süre geçtikten sonra müşteri vermiş olduğu siparişi değiştirip

miktar ile oynadığında tüm üretim planlamasının bozulmaması için her türlü talep değişikliklerine anında adapte olabilmek gerekmektedir.

Siparişe göre üretim yapan firmalar daha çok yan sanayi olarak adlandırılan KOBİ tarzı firmalar olduğu için büyük ölçekli firmalarda olduğu gibi tedarikçileri ile alt-üst ilişkisi kuramamaktadır. Büyük ölçekli firmalar tedarikçileri ile alt-üst ilişkisine benzer bir yapıda çalışırken, zaten yan sanayi şeklinde üretim yapan siparişe göre üretim yapan firmalar için kendi tedarikçileri ile dikey bir ilişkiden ziyade yatay bir ilişki söz konusudur. Bu durum firmaların tedarikçileri ile olan pazarlık gücünü de etkilemektedir. Müşteriden gelen ani talep değişikliklerinde firmanın elinde hammadde bulunmaması durumunda tedarikçisi ile sıkıntılar yaşayabilmekte, istemiş olduğu ürünleri tam zamanında tedarik edememektedir. Bu durum siparişe göre üretim sistemlerinin tam zamanında üretim yapabilmesinin önündeki en büyük engellerden biridir.

3. YALIN ÜRETİM

3.1.Yalın Üretim Nedir?

Yalın düşünce, değer akışındaki tüm israfları ortadan kaldırma amacını taşıyan bir düşünce biçimidir. Yalın düşüncenin temelinde sistemde değer üretmeyen her şeyin israf olduğu yer almaktadır. Yalın düşüncenin ideali sistemde sıfır israfı sağlamaktır.

Yalın üretim ise en az kaynakla en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretim veya hizmeti, müşteri talebine de yanıt verebilecek şekilde, en az israfı (daha doğrusu israfsız) ve tüm faktörleri en esnek şekilde kullanıp potansiyellerinin tümünden yararlanarak “nasıl gerçekleştiririz?” arayışının sonucu ortaya çıkan bir üretim sistemidir. Yalın üretimi besleyen yalın düşünce, değer yaratmayan ve kaynakları tüketen, israfa yol açan tüm yanlış uygulamaları, işlem ve işlevleri ortadan kaldırmaya yönelik gerekli önlemleri almayı hedefleyen bir felsefedir. Yalın düşünce, Japonca’da “muda” olarak ifade edilen israfa karşı alınmış önlemler bütünüdür. (Okur, 1997)

Yalın üretimin diğer üretim sistemlerine göre fark yaratan en önemli prensibi gereksiz görülen, boşa yapılan, ürüne değer katmayan her şeyi ortadan kaldırmaktır. Yani yalın üretim, katma değere sahip bir işlem olmamasına karşın sistem kaynaklarını kullanan ve sistem içerisinde israfa sebebiyet veren tüm iş ve işlemleri yok etmeye yönelik gereken önlemleri almayı amaçlayan teknikler ve uygulamalar bütünüdür. Yalın düşünce sistemde var olan değer in hammaddeden başlayarak, sistemin değer akışı boyunca kesintisiz aktarımına ve nihai olarak müşteriye ulaşmasına dayanır.

Yalın düşüncenin amacı, yalın bir üretim sistemine, yalın bir şirkete, yalın bir değer zincirine ulaşmaktır. Yani, yönetimin ilgi merkezini değiştirerek, “değer” in “israf”tan ayırt edilmesini sağlamak, organizasyonlar-teknolojiler-sabit kıymetler

yerine kaynakları ürüne ve ürünü etkileyecek çalışmalara odaklamak, israflardan arınarak zenginliği yakalamaktır. (Seçkin, 2007)

Yalın üretim olarak adlandırılan üretim sistemi literatüre bakıldığında pek çok isimle anılmaktadır. Yalın üretim kavramı, yapılan çalışmalarda “Toyota Üretim Sistemi”, “Tam Zamanında Üretim”, “Stoksuz Üretim” gibi isimlerle anılmakla birlikte en yaygın kullanılış biçimi yalın üretimdir. Bahsedilen diğer kullanılış biçimleri yalın üretimin bir noktasını belirtmekle birlikte üretim sistemini tanımlama konusunda eksik kalmaktadır.

Yalın üretim, Toyota firması tarafından geliştirilen bir sistem olmasına karşın pek çok farklı firmanın da katkısı ile gelişmiş ve günümüze kadar gelmiştir; bu nedenle yalın üretimi “Toyota Üretim Sistemi” olarak adlandırmak yeterli değildir. Aynı şekilde “Tam Zamanında Üretim” de yalın üretimin hedefleri arasında yer alan bir uygulama çeşididir. Bu kavram, pek çok çalışmada yalın üretimin yerine kullanılıyor olsa da, yalın üretimi bütün yönleri ile aktaran bir tanımlama biçimi değildir. “Stoksuz Üretim” de tıpkı “Tam Zamanında Üretim” gibi yalın üretim sistemlerinin bir hedefi ve yalın uygulamaların bir sonucudur. Bu kavram da yalın üretimi yalnızca bir boyutu ile ele alan bir tanım olarak değerlendirilmektedir. Oysa yalın üretim, bahsedildiği üzere yalın düşünceye dayanan ve sistemdeki değersiz tüm işlerin yok edilmesi ile tam zamanında ve stoksuz üretimi gerçekleştirmeyi hedefleyen bir üretim sistemidir. Bu nedenle bu çalışmada “Yalın Üretim” kavramı kullanılacaktır.

Yalın üretim, üretimin müşteri talebinin esnekliğine bire bir uyacak, talebe anında yanıt verecek şekilde ayarlanması ilkesine dayanır. Ünlü uzman ve deha Shigeo Shingo’ya göre, yalın üretimde tüm bu hedefleri kucaklayan, gerçekleştirmelerini sağlayan; sistemin sürekli bir iyileştirme (kaizen) anlayışı etrafında gelişip, ilerlemesini teşvik eden ve nihayet yalın üretimi alternatiflerinden ayıran kilit özellik ise, bu sistemin “stoksuz üretim” (non-stock production) ilkesi üzerine kurulmuş olmasıdır. Onun sözleriyle: “stok, üretimdeki tüm kötülüklerin kaynağıdır”. (Arslan, 2008)

Stoklu çalışmanın bir sisteme zararları basitçe şu şekilde sıralanabilir:

- Stok maliyetleri ürün maliyetlerine yansır, bu da ürün fiyatını olumsuz etkiler.
- Sistemdeki beklmeler ve taşımalar artar.
- Elde tutulan stoklar sistemdeki gerçek problemleri saklar ve çözümleri için gayret sarfedilmesini engeller/geciktirir.
- Kalitenin izlenmesi ve kontrolü zorlaşır.
- Sistem içerisinde dengesiz iş yükleri meydana gelir.
- Sistem elemanları tüm zamanlarını günlük ve acil durumlar ile uğraşmakla geçirir.
- Müşterilerden gelen talep değişikliklerine hızlı yanıt verebilmek güçleşir.

3.2.Yalın Üretim Tarihçesi

Günümüzde “yalın üretim” diye adlandırdığımız üretim ve yönetim sisteminin temelleri 1950’lerde Toyoda ailesinin bireylerinden mühendis Eiji Toyoda ve beraber çalıştığı mühendis Taiichi Ohno’nun öncülüğünde, Japon Toyota firmasında atılmıştır. Bu ikili, Eiji Toyoda’nın 1950’de Ford firmasını incelemek üzere Amerika’ya yaptığı gezisinde edindiği bilgilerin de ışığında, Ford’un yüzyılın başlarından itibaren öncülük ettiği “kitle üretim” sisteminin Japonya için hiç de uygun olmadığına karar verirler ve bu karar yepyeni bir üretim ve yönetim anlayışının ilk adımlarının atılmasına yol açar. (Akçagün, 2006)

Başta Toyota’nın dehaları Toyoda ve fakat özellikle Ohno’nun öncülüğünde, adım adım ilerlenip, üretim adeta bir mikroskop altına yatırılıp titizlikle incelenerek ve geliştirilerek, bugün “yalın üretim” diye tanımladığımız sistemin ortaya çıkması ve kısa sürede tüm Japon ekonomisine yayılması sonucunu vermiştir. Ohno çok sayıda çeşitten az miktarlarda üretebilecek şekilde hem mudalardan arınmış yalınlıkta, hem de yavaş büyüyen bir ekonomideki düşük talepleri karşılayabilecek esneklikte bir üretim sistemi geliştirmiştir. (Okur, 1997)

Taiichi Ohno, Japonya'ya dönüşünde kendi işçilerini gruplar halinde örgütlemiş, yavaş yavaş montaj işçilerine araç gereç onarımı ve kalite kontrol gibi ek görevler

vermeye başlamıştır. Asıl vurgulanan takım çalışmasıdır. Amerikan fabrikalarında yalnızca ustabaşı, bandı durduran kolu çekebiliyor; sonra uzmanlar gelip günler önce yapılan hataları düzeltiyorlardı. Ohno, Toyota fabrikalarında her işçinin bandı durdurabilmesine karar vermiştir. Hataların önlenmesine ve sorunların üretimin ilk aşamalarından itibaren çözülmesine verilen bu önem, sonuçta görülmemiş oranda kapasite ve kalite artışı sağlamıştır. (Akçagün, 2006)

Sonuç olarak yalın üretim, Fordist anlayışın hakim olduğu 20.yüzyılın başlarında tüm üretim kural ve ilkelerini sorgulayan yapısıyla yalın felsefenin temellerine dayanan ve baştan sona yeni bir üretim anlayışı olarak ortaya çıkmış ve gelişmiştir.

Toyota'nın geliştirmiş olduğu bu üretim sistemi bugün tüm dünyada başarısını kanıtlamış ve tüm üretim çevrelerince kabul görmüş durumdadır. Yalın üretim sadece Japonya ile sınırlı kalmamış, zaman içinde Japonya dışındaki kültürlerde de uygulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar da ilgiyle takip edilmekte ve yalın üretim konusunda sayısız akademik çalışma yapılmaktadır.

Toyota, Batı'daki en büyük rakiplerinden on kat daha az işçisi olmasına rağmen, 1980'li yılların başında piyasaya sürdüğü 3,5 milyon otomobille dünya otomobil üreticileri arasında bir anda ikinci sıraya yerleşti. Bu aynı zamanda Japon otomobil endüstrisinin Amerikan otomobil endüstrisini geçtiği tarihi bir andı (11 milyona karşı 8 milyon) ve bu başarıya en büyük katkıyı sağlayan şirket Toyota idi. Bu başarının temelinde pek çok etken yatmaktadır. Toyota geliştirdiği üretim sistemiyle stokları çok düşük düzeylere çekebilmiş, hata oranını rakiplerinkinden çok daha aşağılara indirebilmiştir. Bu gelişim ile başlangıçta 8 saati bulan kalıp değiştirme süreleri 3 dakikaya indirebilmiştir. Toyota, uyguladığı farklı üretim modeli ile bir işçinin üretkenliğini: 1950'de yılda 2 otomobilden 1960'da 14,8'e; 1970'de 19,4'e ve 1982 yılında ise 56 otomobile çıkartmayı başarmıştır. (Akçagün, 2006)

Bu başarının arkasında hiç şüphesiz ki Ohno'nun düşünce babalığını yapmış olduğu değersiz olan tüm işlemlerin üretim sisteminden eliminasyonu felsefesi ve bu felsefenin kararlı bir şekilde uygulanması yer almaktadır.

3.3.Yalın Üretimin Diğer Üretim Sistemleri İle Karşılaştırılması

Eski dönemler ile günümüz koşulları düşünüldüğünde üretici ve tüketici arasındaki ilişkiler oldukça değişiklik göstermiştir. Bu değişimin en önemli boyutu tüketici/müşteri tatmininin ön plana çıkmasıdır. Tüketicilerin ihtiyaçlarına cevap verebilmek adına firmalar arasında yaşanan rekabet 1980’li yıllara oranla çok daha yoğunlaşmıştır. Bu koşullar altında üretim sistemlerinin ve üretimdeki yönetim felsefelerinin de değişikliğe uğraması kaçınılmaz bir durumdur.

Çizelge 3.1’de, üretim tarihinin belirli dönemlerinde benimsenmiş olan üretim sistemlerinin iş standardizasyonu, kontrol alanı, stoklar, üretimin yapısındaki gereksiz unsurlar, onarım alanları, ekip çalışması faktörleri açısından bir karşılaştırması gösterilmektedir.

Yalın üretim çok daha fazla profesyonel yeteneğin öğrenilmesini ve bunların katı bir hiyerarşiden ziyade yaratıcı bir şekilde bir takım atmosferi içerisinde uygulanmasını gerektirmektedir. Bunun bir sonucu olarak da yalın üretimde herkes bilgi ve yeteneklerini ortaya koymak ve başkaları ile paylaşmak durumundadır. Bu ve buna benzer özellikler yalın üretimi seri üretime göre daha esnek, yeniklere açık ve üretken bir sistem haline dönüştürmektedir. (Arslan, 2008)

Çizelge 3.1: Yıllar itibariyle üretim sistemlerinin özellikleri (Arslan, 2008).

Üretim	Zanaatlar Dönemi(1900+)	Saf Fordizm (1920’li yıllar)	Fordizm Sonrası (1960’lı yıllar)	Yalın Üretim (1980+)
İş Standardizasyonu	Düşük	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, ekipler tarafından
Kontrol alanı	Geniş	Dar	Dar	Orta
Stoklar	Büyük	Orta	Büyük	Küçük
Üretim yapısındaki gereksiz unsurlar	Büyük	Büyük	Büyük	Küçük
Onarım alanları	Küçük	Küçük	Büyük	Çok küçük
Ekip çalışması	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

Üretim ve yönetim açısından yalın üretim ve yalın düşünce; klasik üretim sistemlerinin kullanmış olduğu “kabul edilebilir” ve “optimum” kavramları

yerine“sıfır hata”, “sürekli iyileştirme” ve “mükemmellik” gibi arayışlar içerisinde olmuştur.

Yalın üretimde önemli konulardan biri de tüm çalışanların, sistemin tüm elemanlarının üretime katılımıdır. Her çalışanın fikir ve görüşlerine değer verilmektedir. Yalın üretim bu nedenlerde dolayı ekip çalışması ve iletişim gibi yönetsel konularla da yakından ilişkilidir. Çalışanların üretim ve yönetime katılmasının büyük önem taşıdığı yalın üretim sistemlerinde; bu nedenden ötürü kalite çemberlerinin oluşturulması da büyük önem arz etmektedir. Aynı alanda çalışan ve düzenli aralıklarla toplanarak kendi işleriyle ilgili sorunları çözmeye çalışan bu çalışma grupları yalın üretim felsefesinin köşe taşlarının bir diğerini oluşturmaktadır.

Yalın üretim ayrıca kalite konusunda kendisinden önceki sistemler ile büyük farklılıklar göstermektedir. En eski üretim sistemlerinde %100 kalite kontrol yapılmakta iken kitle üretiminin yaygınlaşması ile %100 kalite kontrolün gerçekleştirilmesi imkânsız hale gelmiştir. Bu aşamada da istatistiksel kalite kontrol metodlarından faydalanılarak üretimde belirli seviyeye kadar yaşanan hatalar “olabilir” sayılmaktadır. Yalın üretim ise tüm bu kökleşmiş kalite anlayışını ters yüz ederek sıfır hata idealini ortaya koymuş ve bu amaç doğrultusunda çeşitli kalite kontrol teknikleri geliştirmiştir.

Çizelge 3.2: Kitle üretimi ile yalın üretimin karşılaştırılması.

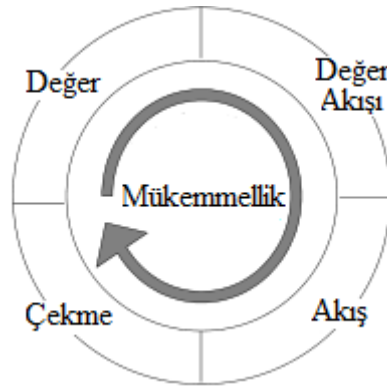
	Kitle Üretimi	Yalın Üretim
Planlama	Talep Tahminlerine Göre	Müşteri Siparişlerine Göre
Üretim	Stok İçin Üretim	Sipariş İçin Üretim
Hazırlık Süreleri	Uzun	Kısa
Parti Büyüklükleri	Büyük	Küçük
Kalite Kontrol	Üretim Sonrası Kontrol	Makine Üzerinde Kontrol
İşçi Yetkilendirmesi	Düşük	Yüksek
Esneklik	Düşük	Yüksek

Yalın üretimin, kendisine bir nevi alternatif olarak ortaya çıkmış olduğu kitle üretimi ile planlama, üretim, hazırlık süreleri, parti büyüklükleri, kalite kontrol, işçi

yetkilendirmesi ve esneklik konularındaki karşılaştırması ise Çizelge 3.2’de gösterilmektedir.

3.4.Yalın Üretim Sisteminin İlkeleri

Yalın düşünce, mudayı (israfı) değere dönüştürmeye yönelik çabalara anında geri bildirim sağlayarak daha tatmin edici iş çıkarılmasının bir yolunu da gösterir. İsrafi önlemeyi hedefleyen yalın üretim sisteminin ilkelerini kısaca beş basamak altında toplayabiliriz. Belirli bir ürün için değeri kesin olarak belirlemek, her ürünün değer akımını saptamak, değer, kesintisiz akışını sağlamak, müşterinin değeri üreticiden çekmesini sağlamak ve mükemmellik peşinde koşmak.



Şekil 3.1: Yalın üretim ilkeleri (Yingling ve diğ, 2000).

3.4.1. Değer

Müşterinin ihtiyaçlarını belli zaman ve yerde belli bir fiyattan karşılayan ürün veya hizmettir. Yanlış ürün/hizmet üretmek kadar zamanından önce doğru ürün/hizmet üretilmesi de israftır.

3.4.2. Değer akışı

Yalın üretim, sisteme bir bütün olarak bakar. Sistemde değer yaratmayan (israf) süreçlerin ortadan kaldırılması esastır.

3.4.3. Akış

Bir üründen fazla üretmek yerine; talep edildiği kadar ve talep edilen zamanda üretmek demektir. Ürünün şekillenmesinde müşterinin önerilerini dikkate almak anlamına gelir.

3.4.4. Çekme

Üretim müşteri talep etmeden başlamaz, ürün talep edildiği zaman üretilir. Çekme diye adlandırılan kavram aslında bir üretim kontrol sistemidir. Temel düşüncesi talep ile üretim arasında bir denge kurmak ve senkronize şekilde bir üretim sağlamaktır. Bu nedenle bu sistemde, fazla üretimden kaynaklanan israfları yok etme fikri gelişmiştir. (Yingling ve diğ, 2000)

3.4.5. Mükemmellik

Sistem, stok yapmadığından her defasında üretilen ürünlerde sürekli iyileştirme yapılabilir. Böylece ürün yığılmadan hatalar düzeltilip iyileştirmeye gidildiğinden israf önlenir (Arslan, 2008).

3.5.Yalın Üretim Teknikleri

3.5.1. Kanban ve çekme sistemi

Tam zamanında üretim, yalın üretimin hedeflerinden biridir. Yalın üretimde temel amaç, tam zamanında ve tam adedinde üretimi gerçekleştirebilmek için tüm üretim aşamalarının ya da üretim istasyonlarının gereksiz üretim yapmalarını engellemektir. Bu amaca ulaşmak için de her bir üretim istasyonunun ancak kendisinden bir sonraki istasyonun hemen işleme geçirebileceği miktarda parçayı “tam zamanında” üretmesi ilkesine gözetilmektedir.

Üretim kontrol sistemleri, çeken sistemler (pull systems) ve iten sistemler (push systems) olmak üzere iki temel grupta sınıflandırılabilir. Klasik sistemler iten sistemlerdir; üretim ve envanter kontrolü, tahmin edilen talep değerlerine dayanır; bu değerlere göre üretim çizelgesi saptanır; zaman içinde bu çizelge dikkate alınarak üretim yapıldığı için, iten sistemler, çoğu kez, çizelgeye dayalı sistemler ya da çizelgenin ittiği sistemler olarak da isimlendirilirler. Bu ortamda, üretim süreçleri

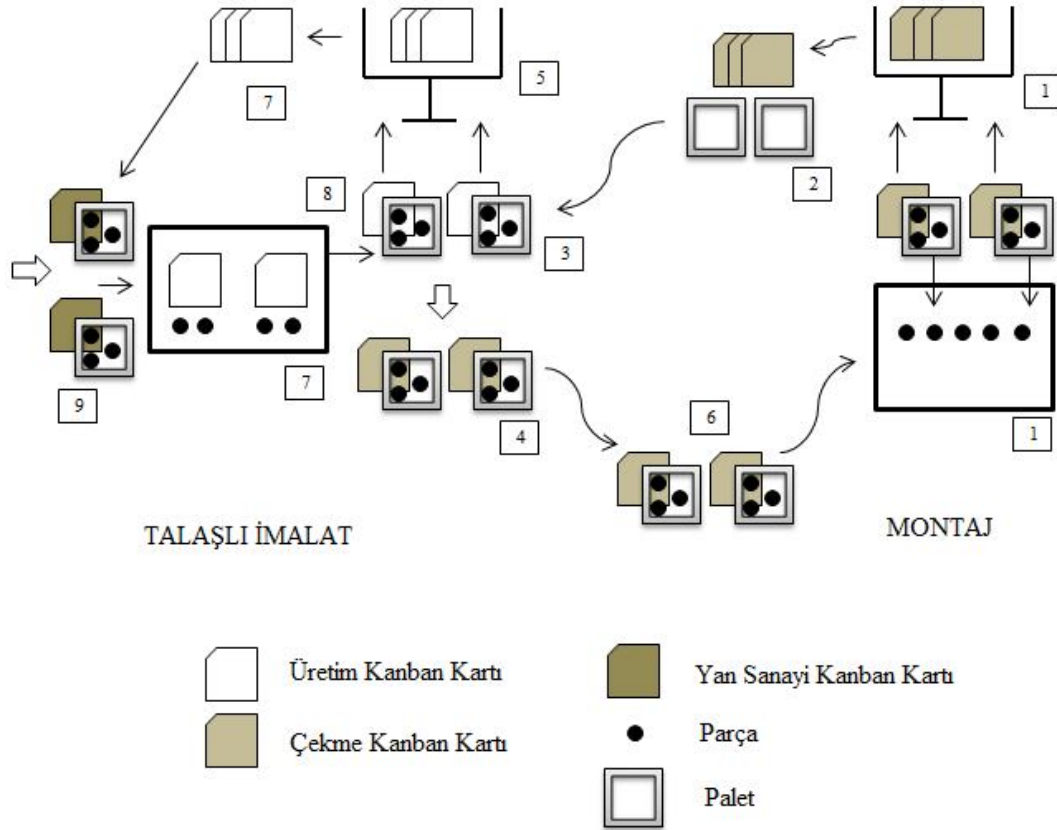
daima bir sonraki sürecin ihtiyacını karşılayacak şekilde üretim yaparlar. Ancak bu durumda, üretim süreçlerinden birinde oluşan bir sorundan ya da talepteki dalgalanmalardan kaynaklanan değişikliklere hızla uyum sağlamak kolay değildir. Üretim hızının, değişiklikler doğrultusunda uyarlanabilmesi, çizelgelerin revize edilerek ilgili birimlere yeniden gönderilmesini gerektirir. Bu tür düzenlemelerin oldukça zaman alıyor olmalarından dolayı, iten (klasik) sistemlerde süreçler arasında stok bulundurmak yoluyla değişikliklere uyum sağlanır. Bu nedenle klasik sistemlerde üretimin sürdürülebilmesi için yüksek ara stoklarla çalışmak kaçınılmaz olmaktadır. (Acar, 2003)

Toyota'nın ünlü mühendisi Taiichi Ohno bu anlayışı temelinde değiştirmiştir. Hiçbir iş istasyonunun gereğinden fazla üretmemesi için, bir önceki aşamanın neyi ne miktarda işleyeceğine bir sonraki aşamanın karar vermesi uygulamasına geçmeyi önermiştir.

Taiichi Ohno'nun öncülüğünü yaptığı sistem aslında son derece rasyonel ve basittir. Sistem tümüyle, bir sonraki üretim aşamasındaki bir işçinin, bir önceki aşamaya gidip, kendi üretim istasyonu için o an gerekecek miktarda parçayı çekmesine dayanır. Onun bu parçaları çekmesi, yani alması, bir yandan bir önceki istasyon için yeni üretime başla sinyali, öte yandan da yeni üretimin ne miktar ve çeşitlilikte olacağını belirtir. Bir önceki aşamada, ancak çekilen miktar ve çeşitlilikte parça üretilecektir. Aynı ilişkiler, ikinci istasyonla kendinden önce gelen üçüncü istasyon arasında da gerçekleşir. Dolayısıyla hiçbir aşama, daha önce belirlenmiş miktarda parçanın bir sonraki istasyon tarafından alınmasından önce yeni parça üretimine geçmez ve üretim hiçbir zaman istenilenden fazla veya değişik olmaz. Çekme olayının başladığı yer son montaj hattıdır ve bu hattan başlayarak parçalar atölyeden atölyeye veya yan sanayiden ana sanayi fabrikasına çekilirler. (Akçagün, 2006)

Toyota sisteminde “çekme” işlemini gerçekleştirebilmek ve senkronize edebilmek amacıyla hem fabrika içindeki üretim süreçlerinde, hem de firmanın yan sanayileri ile çalışmalarında, Japonca'da kart anlamına gelen “kanban” sisteminden yararlanılır. Bu sistem tümüyle bir bilgileşme sistemi olarak nitelendirilebilir. Kanban sisteminde fabrikadaki herhangi bir üretim sürecinde işleme alınacak olan tüm parçaların bir kanban kartı bulunur. İki tür kanbandan faydalanılmaktadır. Bunlardan biri çekme

kanbanı, diğeri ise üretim kanbanıdır. Çekme kanbanı, son montaj hattından başlayarak değişik iş istasyonları arasında ve son nokta olarak fabrika ile yan sanayiler arasında ürün/parça “çekilmesi” sırasında kullanılır. Üretim kanbanı ise iş istasyonlarına üretime geç sinyalini verir. Merkezi bir bilgisayar sistemi ile sağlanması oldukça zor olan bu bilgi iletişimini, kanban denilen kartların nasıl basit ve masrafsız bir şekilde sağladığı bir örnekle açıklanabilir.



Şekil 3.2: Kanban uygulama örneği (Okur, 1997).

1. Son montaj hattında talaşlı imalat bölümünden gelen parçalar olduğunu varsayalım. Bu parçaların içinde bulunduğu paletlerin her birinin üzerinde, parçanın ne olduğunu, hangi ürün modeline ait olduğunu, palet kapasitesini ve paletlerin hangi bölümden geldiğini belirten bir çekme kanban kartı bulunmaktadır. Parçalar paletlerden alınıp ürüne monte edildikçe ve her bir palet boşaldıkça üzerindeki çekme kanbanları çıkarılıp bir çekme kanbanı kutusuna yerleştirilir.

2. Bu kutudaki çekme kanbanları önceden belirlenmiş bir sayıya ulaşınca ya da önceden belirlenmiş bir zamanda, montaj hattındaki bir işçi boşalmış paletlerle birikmiş kanbanları alıp, bir forkliftle talaşlı imalat bölümüne gider.
3. Bu bölümde ilk iş olarak getirdiği boş paletleri belli bir yere bırakır. Daha sonra o bölümde yine belli bir yerde hazır beklemekte olan işlenmiş parça paletlerine yönelir. Burada, elindeki kanban sayısı kadar paleti alır ve forklifte yerleştirir.
4. Bu arada, aldığı her bir parça paletin üzerinde yine parçanın ne olduğunu, hangi otomobil modeline ait olduğunu, hangi işlem sürecinden geçtiğini, palet kapasitesini belirten bir üretim kanbanı bulunmaktadır. Paletleri forklifte yerleştirirken üretim kanbanlarını çıkarır ve her birinin yerine beraberinde getirdiği ve o üretim kanbanına karşılık gelen bir çekme kanbanı ilişitir. Elindeki çekme kanbanlarının tümü bitene kadar bu işlemi sürdürür.
5. Paletlerden çıkardığı üretim kanbanlarını talaşlı imalat bölümünde bekleyen bir üretim kanban kutusuna yerleştirir. Sonuç olarak çektiği parça paleti kadar üretim kanbanı bu kutuya konmuş olur.
6. Dolu parça paletlerini alıp tekrar montaj hattına döner ve bu durumda montaj hattında şık 1'deki devir yeniden başlamış olur.
7. Talaşlı imalat bölümünde ise üretim kanbanları kutularda belli sayıya ulaşınca ya da önceden belirlenmiş bir zamanda bu 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 kanbanları ile birlikte boş paletlere yerleştirilir. Bir müddet sonra montaj hattındaki işçi yine gelir ve şık 3 tekrar başlar.
9. Kanban kartlarıyla çekme sistemi talaşlı imalat atölyesi ile diyelim döküm ya da dövme atölyeleri arasında da, ya da –bu işlemler yan sanayide gerçekleşiyorsa- talaşlı imalat atölyesi ile yan sanayi arasında da aynen uygulanır. Öyle ki şık 7'de talaşlı imalatta yeniden üretime geçilmeden önce, çekme kanbanları kanalıyla, kanban sayısı kadar dökme ya da dövme parça paleti talaşlı imalata o anda zaten gelmiş bulunmaktadır. (Okur, 1997)

Kanban metodunun sistem içerisinde kullanılabilmesi için belli önkoşullar mevcuttur. Kanban uygulamasına geçmeden önce bazı çalışmaların yapılması uygulamanın başarılı olabilmesi için önemlidir. Bu kapsamda yürütülmesi gerekli çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

- Yan sanayi ile karşılıklı güven ve işbirliğine dayanan ilişkiler çerçevesinde satın alma sisteminin yeniden düzenlenmesi
- Üretim planlama sisteminin kurulması ve üretim hızının dengelenmesi
- Üretim ön sürelerinin kısaltılması
- Tezgâh hazırlık işlemlerinin ve buna bağlı olarak tezgah hazırlama zamanlarının kısaltılması
- Operasyonların standardizasyonu
- Süreçlere ilişkin yerleşim planlarının hazırlanması, esnek atölyeler için yerleşim planlaması ve çok fonksiyonlu işgücü çalışmaları
- Tam zamanında üretim sistemini diğer geleneksel yaklaşımlardan ayıran sürekli gelişme ögesine ilişkin gerekli altyapının hazırlanması
- Toplam kalite yönetimi ilkeleri doğrultusunda, güvence ağırlıklı, sıfır hata hedefli ve tüm çalışanların sorumluluğunda bir kalite sisteminin kurulması
- Tam zamanında üretim sisteminin örgüt yapısına uyarlanması sonucunda geliştirilen işlevsel yönetim modeli ile ilgili çalışmaların yapılması (Acar, 2003).

3.5.1.1.Kanban kuralları

Kanbanların tam zamanında üretimi sağlamak amacı ile doğru bir şekilde kullanılabilmesi için aşağıda belirtilen kurallara uyulması gerekmektedir.

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

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

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

- Kanban sayısından daha fazla üretim yapılmasına engel olunmalıdır.
- Önceki processte çeşitli parçalar üretilecekse bu üretimler, her bir çeşide ait Kanban'ın orijinal teslim edilme sıralarını takip etmelidir.
- Üretim parti miktarının yeniden sipariş noktasına eşit olması durumunda Çekme Kanbanı önceki processe alınır alınmaz üretim başlatılmalıdır.

Kural 3:Kusurlu ürünler, sonraki proseslere kesinlikle taşınmamalıdır.

- Envanter tutulmadığı için, kusurlu ürün ortaya çıktığında sonraki proses üretimi durdurur ve kusurlu ürünü önceki processe geri gönderir.
- İşlerin standartlaşması kusurlu ürünleri önler.

Kural 4:Kanbanların 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. Toyota uygulamasında kanban sayısını değiştirme yetkisi her sürecin ustabaşına verilmiştir. Eğer ustabaşı, sorumlu olduğu süreçte kafiye büyüklüğünü azaltıp çevrim zamanını (cycle time) kısaltabilirse, kanbanların sayısı da azalacaktır. Ancak bir süreçte kafiye büyüklüğünün ve dolayısıyla çevrim zamanlarının azaltılabilmesi için tezgâh hazırlama 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 envanter sıfırlanacaktır.

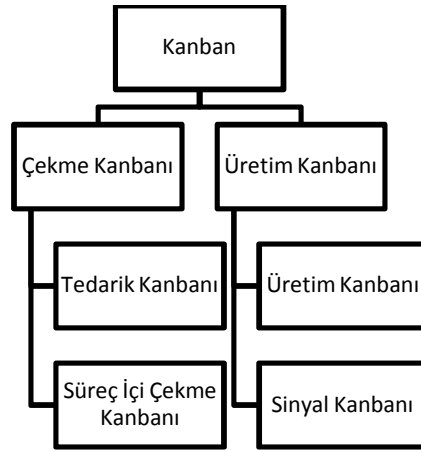
Kural 5: Kanban, talepteki ufak dalgalanmalar karşısında üretim hızını ayarlamak amacıyla kullanılmalıdır.

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 en az yedi, on günlük 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 konteynirından ayrılması ile öğrenirler. Bu durumda, üretim miktarında 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. Toyota sistemine göre, talepte % 10 dolaylarında bir değişme olduğunda, toplam kanban sayısını değiştirmeden kanban transfer hızını değiştirerek ayarlamak mümkün olabilmektedir. Talepte daha büyük mevsimsel dalgalanmalar olması halinde ise, üretim hatlarının yeniden düzenlenmesi gerekecektir. (Akçagün, 2006)

3.5.1.2.Kanban çeşitleri

İş istasyonları arası parça çekimi, hammadde siparişi, üretim bildirimini gönderilmesi gibi farklı alanlarda kullanılmalarından ötürü çeşitli kanban tipleri geliştirilmiştir. Üretim kanbanı ve çekim kanbanı bu çeşitler arasında en çok kullanılan ana tiplerdir. Diğerlerine örnek olarak; aciliyet kanbanı, iş emri kanbanı, tedarikçi kanbanı ve ekspres kanbanı gibi kanban çeşitleri gösterilebilir. Şekil 3.3'te genel bir kanban sınıflandırması görülmektedir.



Şekil 3.3: Kanban çeşitleri.

Üretim kanbanı bir önceki prosesin üreteceği ürünün çeşit ve miktarını belirlemektedir. Çekme kanbanı bir prosesin kendisinden önceki safhadan çekeceği ürünün miktarını ve türünü belirtir. Bu en önemli iki tip kanban birbirleriyle paralel

çalışmaktadırlar. Çekme kanbanının faaliyet göstermesi için sonraki safhanın üretim yapması gerekmektedir. Böylece her proses tam zamanında, doğru miktarda, gerekli parçaları kullanırken üretimde de denge sağlanmaktadır.

Çizelge 3.3:Kanban türlerinin toplu değerlendirilmesi
(Kabadurmuş ve Durmuşoğlu, 2005).

ÖLÇÜT		Ortalama Hazırlık Süresi (<10dk, >=10dk)	Kullanım Alanları Arasındaki Mesafe (yakın, orta, uzak)	Ürün Çeşitliliği (düşük,orta, yüksek)	Talep Değişkenliği (düşük,orta, yüksek)
KANBAN SİSTEMLERİ	<i>Tek Kanban</i>	<10 dk	YAKIN	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Çift Kanban</i>	<10 dk	ORTA/ UZAK	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Kısmi Çift Kanban</i>	<10 dk	UZAK	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Çift Kutu</i>	<10 dk	ORTA	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Sinyal Kanbanı</i>	>=10dk	N/A	ORTA	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Üçgen kanban</i>	>=10dk	N/A	ORTA	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Tedarikçi Kanbanı</i>	N/A	UZAK	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Elektronik Kanban</i>	<10 dk	UZAK	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Sıralı Çekme</i>	<10 dk	YAKIN	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Tünel Kanbanı</i>	<10 dk	YAKIN	N/A	DÜŞÜK/ORTA
	<i>Ekspres Kanban</i>	N/A	N/A	N/A	YÜKSEK
	<i>Acil İhtiyaç Kanbanı</i>	N/A	N/A	N/A	YÜKSEK
	<i>Oluk Sistemi Kanban Karesi</i>	<10 dk	YAKIN	N/A	DÜŞÜK
	<td><td>	<td><td>	<td><td>	<td><td>	<td><td>
MELEZ SİSTEMLER	POLCA	>=10dk	ORTA/UZAK	YÜKSEK	YÜKSEK
	CONWIP	<i>Ürüne Tahsisli Olan</i>	N/A	ORTA/ UZAK	DÜŞÜK
		<i>Ürüne Tahsisli Olmayan</i>	N/A	ORTA/ UZAK	YÜKSEK
	BİRLEŞTİRİLMİŞ SİSTEMLER	<i>CONWIP+ Üçgen-Tahsisli</i>	>=10dk	ORTA	DÜŞÜK
<i>CONWIP+ Üçgen-Tahsisli Olmayan</i>		>=10dk	ORTA/UZAK	YÜKSEK	

N/A: Uygulanmaz

Çizelge 3.3’de ise pek çok sayıda spesifik kanban çeşidi yer almaktadır. Burada, kanban çeşitlerinin ortalama hazırlık süresi, kullanım alanları arasındaki mesafe, ürün çeşitliliği ve talep değişkenliği gibi faktörlerle olan ilişkileri incelenmiştir. Kanban sisteminin talep değişkenliği düşük/orta seviyedeki ortamlarda uygulanabilirliği yüksek iken, siparişe göre (atölye tipi) üretim sistemlerinde (talep değişkenliği ve ürün çeşitliliği yüksek olan durumlarda) uygun bir yöntem olmadığı görülmektedir. Bu karakteristik özellikle uyan tek kanban çeşidinin melez bir sistem olan POLCA olması dikkat çekici bir noktadır. Bu nedenle siparişe göre üretim yapan çevrelerde, bilinen kanban metodu yerine POLCA metodunun daha uygulanabilir olacağı öngörüsüne varılmıştır. Bu nedenle siparişe göre üretim yapan firmalarda uygulanabilir olduğuna kanaat getirilen bir kanban türü olan POLCA, tezin 5.bölümünde, üretim kontrol mekanizması alternatifleri başlığı altında detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Daha sonrasında da sistemlerde darboğaz işletilmesi üzerine odaklanan bir diğer üretim kontrol mekanizması olan DBR (Drum Buffer Rope) metodu incelenecek ve bu iki metot kanban sistemi ile karşılaştırılacaktır.

3.5.2. Üretimde düzgünleştirme ve karışık yükleme

Yalın üretimde sadece talebi olan ürünlerin üretilmesi istenmektedir. Bu durum talep ile üretimin uyumlandırılmasını gerektirmektedir. Yalın üretimde üretimin değişken talep koşullarına uyumlandırılmasına “Üretimde Düzgünleştirme” denmektedir. Üretimde düzgünleştirme (heijunka), yalın bir üretim sistemi yaratma noktasında çok kritik bir yere sahiptir. Çünkü bu araç sistemde istikrarın sağlanmasının anahtarıdır. (Jones, 2006)

Üretimde düzgünleştirme için üretim hatlarının talepteki değişikliklere uyum gösterecek şekilde düzenlenmesi gerekir. Böylelikle aynı gün içerisinde çeşitli ürün tipleri ufak miktarlarda üretilbilecektir. Buna ise “Karışık Yükleme” denir.

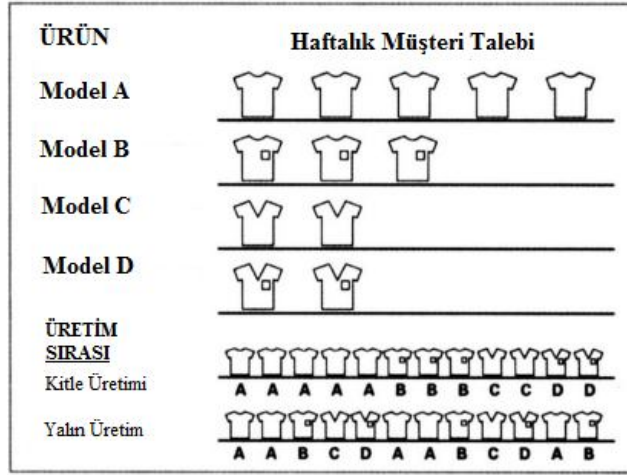
Üretimin dengelenmesi ve karışık yüklemenin en önemli işlevi talep değişikliğine çok daha iyi yanıt verilmesini sağlamaktır. Ayrıca aynı hatta birden fazla modelin üretiliyor/monte ediliyor olması, gereken toplam hat sayısını ve buna bağlı olarak fabrika alanını azaltır. Bir üçüncü işlevi ise ürünlerin müşterilere istenilen sipariş

bileşimine erişildikten hemen sonra sevk edilebilmesini sağlayarak üreticileri gereksiz stok alanı bulundurma zorunluluğundan kurtarmaktır. (Seçkin, 2007)

Ancak, karışık yükleme uygulamasında dikkat edilmesi gereken bir püf nokta vardır. Kanbanlar kanalıyla yan sanayinin ya da fabrika içi atölyelerin tam zamanında üretime çekilmeleri söz konusu olduğunda, son montaj hattında karışık yükleme mutlaka belli bir düzen içinde gerçekleştirilmek zorundadır. Aksi takdirde, önceki üretim istasyonları ve yan sanayiler yedek süreç içi stoku bulundurmak zorunda kalacaktır. Böylelikle stoksuz çalışma ilkesine ters düşülecektir. İşte yalın üretimde bu tür olasılıklarla karşılaşmamak için, son montaj hattında karışık yüklemenin her zaman belli bir düzen içinde gerçekleştirilmesi ve ürünlerin hattan mümkün olan en küçük partilerle çıkarılması esasına göre çalışılır. Karışık yükleme düzeninin ne olacağını tayin eden ise müşteri talep miktarı ve bileşimidir. (Okur, 1997)

Geleneksel olarak kitle üretimi makinelerin boş kalmaması ve işçilerin çalışma saatleri üzerine odaklandığından, yöneticiler de genellikle her ürün için yüksek partilerde üretim yapmanın en iyi durum olduğunu düşünürler. Oysa düşük partilerle üretim yapmanın büyük avantajları vardır. En büyük avantajı elbette stokların azalması ve temin süresinin kısılmasıdır. Ayrıca düşük partilerle üretim yapılarak ürün çeşitlerinin talep bileşimindeki paylarını yansıtabilecek frekansta üretilmesi de sağlanmış olur.

Örnek bir üretimde düzgülleştirme ve karışık ürün uygulaması ile konu daha kolay bir şekilde anlaşılacaktır. Bir tekstil firması A, B, C ve D olmak üzere 4 model üretmektedir. Haftalık talep ortalamaları A modeli için 5, B modeli için 3, C ve D modelleri için 2'dir. Bir kitle üreticisi bu durumda ölçek ekonomisini esas alır ve ürünler arası değişimi minimize etme yönünde bir eğilim gösterir. Yalın üretici ise bu durumda ürün karması vasıtasıyla düzenli bir çıktı sağlamayı esas alır ve tekrar eden bir üretim sırası hazırlar. (Jones, 2006)



Şekil 3.4: Üretimde Düzgünleştirme ve Karışık Yükleme Örneği (Jones, 2006).

Bu uygulama altında sistemde talep değişiklikleri meydana gelirse sistemin bu durumdan etkilenmemesi için bazı önlemler alınabilir.

Örneğin herhangi bir gün ortasında bayilerden ya da müşterilerden gelen acil bir talep değişikliğine göre, günlük toplam ürün adedinin düşürülmesi gereği ile karşılaşıldığı varsayalım. Toplam adetteki düşüğe karşın ürünlerin birbiriyle oranında bir değişiklik söz konusu değilse yine aynı ürün sırası ile üretim devam ettirilir. Böyle bir durumda alınması gereken önlem hattın yavaşlatılması olacaktır. Yani ürünler daha uzun aralıklarla çıkartılmaya başlanır. Hat yavaşlatmanın bir yolu da hattaki işçi sayısını azaltmaktır. Son montaj hattının yavaşlaması otomatik olarak kanbanların önceki üretim istasyonlarında daha yavaş bir tempoda birikmesine yol açar. Talebin azalması gibi artması da hiçbir şeyi değiştirmez. Tek fark, üretimin son montaj hattından başlanarak yavaşlatılması değil, hızlandırılmasıdır.

Talep değişikliği adet olarak değil ürün bileşimi şeklinde de gerçekleşebilir. Bu durumda da yeni talebe bakılarak yeni bir ürün karması belirlemek sorunu çözecektir. Makine hazırlık zamanlarının bu sistemlerde çok düşük olduğu kabul edildiğinden günlük olarak ürün karmasının, çekiş bileşiminin değişiklik göstermesi sistemi fazla sarsmamaktadır.

Siparişe göre üretim yapan atölye tipi üretim sistemlerinde müşteri talepleri oldukça değişken ve dalgalı olduğu için standart bir ürün bileşimi hazırlamak oldukça güçtür. Ayrıca bu tip sistemlerde yüzlerce farklı tipte ürün üretilebilmektedir. Bu da ürün

karmasını belirlerken bu tarz üretim yapan firmalara zorluk çıkaracak bir diğer unsurdur. Şu ana kadar yapılan üretimde düzgünleştirme çalışmalarında verilen örnekler hep 3-5 farklı ürün için hazırlanmıştır. Oysa siparişe göre üretim yapan firmalarda bahsedildiği üzere yüzlerce değişik ürün çeşidi vardır. Tüm bu ürünlere değişik zamanlarda değişik miktarlarda siparişler gelebilmektedir. Bir ürüne gelen siparişler düzenli olmadığından dolayı ortalama verilerle üretim yapmak çok da uygun olmayabilir.

Üretimde düzgünleştirme ve karışık yükleme konusunda siparişe göre üretim yapan firmalarda yaşanabilecek en önemli sorun ise bu tarz firmalarda makine hazırlık zamanlarının oldukça yüksek ve değişken olmasıdır. Açıkça görülmektedir ki eğer karışık yükleme uygulanırsa ürünler küçük partiler halinde belirlenen özel sıraya sadık kalmamak şeklinde üretilecektir. Böyle bir ortamda ürün karması belirlenmiş olsa dahi makinelerin hazırlık zamanları parçaların üretim sürelerinden çok daha yüksek olduğu için sürekli makine ayarını değiştirmek verimliliği arttırmak yerine azaltacak duruma gelebilir. Bu nedenle karışık yükleme ile üretim yaparak üretimde düzgünlük elde etmeye çalışan firmaların öncelikle SMED konusuna eğilmesi ve makine hazırlık sürelerini olabildiğince düşürmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar yapıldıktan sonra mevcut hazırlık süreleri ve ürünlerin üretim süreleri karşılaştırılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, talep tahminleri doğrultusunda bir ürün karması belirlenerek üretimde düzgünleştirme sağlanabilir.

Üretimde düzgünleştirme, temel felsefesi üretim hatlarının talepteki değişimlere uyumlu olarak aynı gün içerisinde çeşitli ürün tiplerini ufak miktarlarda üretebilecek şekilde düzenlenmesidir. Bu açıdan bakıldığında üretimde düzgünleştirme ilkesi siparişe göre üretim yapan sistemlerin yapısı ve karakteriyle birebir örtüşmektedir. Ancak temel sorun bahsedildiği üzere makine hazırlık sürelerinin düşürülmesidir.

3.5.3. Tek parça akışı

Tek parça akışı, Toyota'nın ünlü mühendisi Taiichi Ohno'nun ortaya attığı bir kavramdır. Ohno, Ford üretim sistemini incelerken, sistemin en etkin ve yararlanılabilecek ögesinin son montaj hattı olduğuna karar verir. Bilindiği üzere, son montaj hattında, arabalar bir süreçten diğerine, hat yanı yedek araba stoku

olmaksızın, ilk süreçte yapılması gereken işler tamamlanır tamamlanmaz, yani beklemeden ve her zaman birer adet halinde aktarılmaktadır. Ohno, günümüzde dahi çoğu üreticide sadece son montaj hattında kullanılan bu sistemin, tüm fabrika içinde ve atölyelerin kendi içlerinde de uygulanabileceğini, böylece stok olayının tümüyle elimine edilebileceğini fark eder. Bu sayede Ohno, tek parça akışının önce bir kavram, sonra ise bir gerçeklik halinde ortaya çıkmasını sağlamıştır. (Okur, 1997)

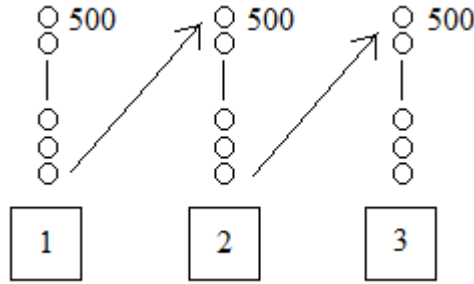
Yalın üretim felsefesine göre bir üretim hattında bir gün içerisinde üretilcek ürünlerin tüm parçalarının aynı gün içerisinde üretilmesi hedeflenmektedir. Bu hedefi gerçekleştirebilmek ve üretimin tüm birimlerinde kanban ve üretimde düzenlilik ilkesine göre mümkün olan en küçük parti miktarlarıyla çalışmak için bazı ön koşullar mevcuttur. Bu ön koşullar üretimde verimliliğin çok yüksek olması, üretim zamanlarının kısa olması, üretim akışı dahilinde beklemler ile vakit kaybedilmemesi gibi konulardır.

İşlenmekte olan parçaların beklemesi demek, bir parçanın işlenme aşamasından diğerine hemen geçmemesi demektir, stoklu çalışmada işler zorunlu olarak bu şekilde yürümektedir. Yalın üretim bu bekleme sürelerini katma değersiz işler olarak görmektedir. Bu beklemlerin giderilmesi için yalın üretimin önerdiği çözümlerden biri de, herhangi bir üretim hattındaki bir parçanın üretiminde kullanılan tüm makinelerin, parçanın işlem sırasına göre arka arkaya yerleştirilerek parçaların makineler arasında beklememesini sağlamaktır. Bu yerleşim tipine “süreç-bazlı yerleşim” ya da “süreç bazlı hat” (process-based layout) ve parçaların süreçler arasında beklemeden teker teker aktarılmalarına ise “tek parça akışı” (one piece flow) denilmektedir.

Tek parça akışını, süreçler ve makineler arası aktarma lotunun bir adete indirilmesi ile stokun sıfırlanması olarak da tanımlayabiliriz. (Seçkin, 2007) Tam zamanında üretimin temel koşullarından biri olan tek parça akışı hem atölye düzeyinde hem de tedarikçilerde uyum içerisinde gerçekleştirilmelidir.

Tek parça akışının avantajları ve zamandan ne ölçüde tasarruf sağladığı şu örnekle açıklanabilir: (Okur, 1997)

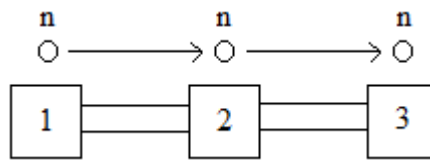
Bir atölyede işlem gören bir parçanın nihai halini alması için 3 değişik makinenin kullanıldığı varsayalım. Bu durumda parça 3 değişik işlemden geçmek zorundadır ve her bir işlem 1 dakika sürmektedir. İlk olarak böyle bir durumda stoklu üretimin nasıl çalıştığı gösterilecektir. Bu tip stokla çalışan sistemlerde makineler yan yana olsalar bile birbirlerinden bağımsız çalışırlar. Birinci makine durmadan işlemini sürdürür ve örneğin işlediği parça sayısı 500'e ulaştınca, bu 500 parça birinci makineden alınır ve ikinci makineye aktarılır. Yani aktarma lotu 500 parçadan oluşmaktadır. İkinci makine de aynı şekilde 500 parça işleyince, bu parçalar üçüncü makineye aktarılır.



Şekil 3.5: Çok parçalı akış sistemi (Okur, 1997).

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 ise 1500 dakika tutacaktır.

Aynı durumda stoksuz (beklemesiz) çalışan tek parça akışı şu şekilde işlemektedir:



Şekil 3.6: Tek parça akış sistemi (Okur, 1997).

(t_0) zamanında ilk makinenin işleyeceği parçanın diğer bir atölyeden geldiğini varsayalım.

- 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 haline ulaşması, 1500 değil sadece 502 dakika tutmaktadır. Bu örnekten de görüldüğü üzere tek parça akışına ne kadar yaklaşırsa parçaların süreçler arasındaki beklemleri ne kadar düşürülebilirse toplam işlem zamanı da o kadar azalacaktır. Bu sistemin tek avantajı üretim süresini azaltmakla da sınırlı değildir. Üretim süresinin azalmasının dolaylı etkileri olmakla birlikte en önemli yan avantajı işçilik maliyetlerindeki tasarruf olmaktadır.

Tek parça akışı uygulayan sistemlerde üretim esnasında bir problemle karşılaşıldığına bütün üretim hattı durdurulmaktadır. Bu açıdan bakıldığında bazı kesimler tarafından kötü bir sistem olduğu düşünülebilir. Ancak üretimi durdurmak poka-yoke konusunda olduğu gibi mevcut problemi bir an önce çözme konusunda çalışanlar ve yöneticiler üzerinde baskı oluşturacaktır. Bu da uzun vadede aynı sorunlarla karşılaşma olasılığını azalttığı için firma adına bir kazanım olarak değerlendirilebilir. Bu açıdan ele alındığında tek parça akış sistemi, poka-yoke ve yalın üretimin kalite kontrol konusundaki düşünce tarzıyla oldukça iç içe olan bir araçtır.

Siparişe göre üretim yapan atölye tipi üretim sistemlerindeki yerleşim düzenine bakıldığında benzer işlev gören makinelerin gruplandırıldığı görülecektir. Örneğin torna, freze ve kaynak bölümlerinden oluşan bir tesis düşünüldüğünde torna makineleri, freze makineleri ve kaynak makineleri tesisin ayrı bölümlerinde yer almaktadır. Üretilecek ürünler süreçlerine göre bu bölümlerde ki makinelere sırasıyla uğrayıp montaja hazır hale gelmektedirler. Böyle bir üretim yapısında ürün çeşitliliği çok fazla olduğu için tüm sistemi ve makine yerleşimlerini belirli ürünlere göre düzenlemek oldukça güçtür ve uygun olmayabilir. Bazı durumlarda makine

kısıtlarından dolayı da tek parça akış sistemi bu tip yerlerde uygulanamayabilir. Bazı makineler belirli bir sayıdaki parçayı aynı anda işlediğinden, bu gibi durumlarda tek bir parçayı o işleme sokmak mümkün olmayacaktır. Ancak tek parça akışın temel mantığı oldukça basit olduğundan her türlü sisteme belirli ölçüde uygulanabilmektedir. Burada temel amaç, üretimin tamamını büyük bir son montaj hattına dönüştürmeye çalışmaktır. Böylelikle süreçler ve makineler arasındaki ürünlerin sayısını azaltmak ve bekleme sürelerinin önüne geçmek amaçlanır. Her türlü üretim sisteminde makineler arasında geçen bekleme süreleri üzerinde çalışmalar yapılarak bu süreler asgari seviyeye indirilebilir. Böylelikle sistemler tek parça akışına ne kadar yaklaşabilirse üretim sürelerinde de o denli azalmalar meydana gelmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu durum da üretimde esnekliği sağlaması gereken siparişe göre üretim yapan firmalar için oldukça önemli bir kazançtır.

3.5.4. U tipi üretim hatları, shojinka ve iş rotasyonu

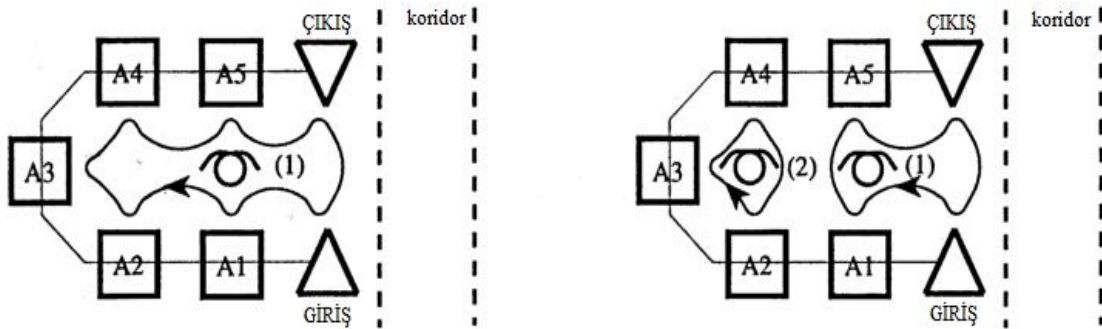
Yalın üretim yaklaşımına göre, bir fabrika/atölyenin işleyişinde olabilecek en büyük israf ya da zaman kayıplarından biri de çalışan insanların bir yerden bir yere gitme, makinelerin çalışmasını kontrol etme ya da makine başında makinenin devrinin bitmesini bekleme gibi ürüne hiçbir değer katmayan pasif eylemlerinin getirdiği zaman kayıplarıdır. Üretkenliği son derece düşürücü rol oynayan bu zaman kayıpları, pek çok fabrika/atölye işleyişinde üzerine pek de eğilinmeyen bir konu olmasına karşın, Taiichi Ohno 1950'lerde bu pasif eylemlerin önlenmesiyle çalışanlardan çok daha yüksek verim elde edilebileceğini fark etmiş ve birçok konuda olduğu gibi bu amaca yönelik de etkin yöntemler geliştirmiştir. (Okur, 1997)

Bu geliştirilen sistemin mantığı, sisteme değer katmayan makine işlerken çalıştığını kontrol etmek için başında beklemek, makineye parça yerleştirmek, işlenmiş parçayı makineden çıkarmak gibi işleri poka-yoke ve otonomasyon araçlarını kullanarak otomatikleştirerek, kazanılan zamanı işçilerin birden fazla makineyi çalıştırması şeklinde değerlendirmektir. Böylelikle bir işi çok daha az sayıda işçi ile yapmak mümkün olacak, bu da talep değişkenliklerinde sadece işçi sayılarında oynama yaparak değişikliğe adapte olmayı sağlayacaktır.

Bir işçinin birden fazla makineden sorumlu olması, yalın üretimin diğer tekniklerinden olan tek parça akışı ve süreç tipi hat anlayışıyla birleşince ortaya çıkan yerleşim düzeni “U tipi üretim hatları” olmuştur.

Çoğu yazar tarafından U tipi üretim hatları, tam zamanında üretim sistemlerinde kullanılan hücresel üretimin özel bir türü olarak tanımlanmıştır. Üretim operasyonlarının gerçekleşmesi için makineler U tipi bir hat şeklinde yerleştirilir. U tipi hatlar basit ya da birleşik yapıda olabilmektedir ve üretim gereksinimleri değiştiğinde periyodik olarak yeniden dengelenmelidir. İşçiler de bu U tipi hattın içerisinde çalışır. Ürün akışı ve buna bağlı olarak işçilerin hareket yönü, saat yönünde ya da tam tersi istikamette gerçekleşebilmektedir. Her bir işlenmiş ürün hattan çekildiğinde hatta yeni bir malzeme kümesi giriş yapar. İşlenmiş bir ürün hattan çıkmadan hiçbir malzeme hatta giriş yapamaz. Hattaki komşu makineler arasında en fazla bir parça süreç içi stok bulunmaktadır. Bu nedenle, bir ürün ya da bir makinede herhangi bir problem yaşandığında hat çok çabuk bir şekilde durmaktadır. U tipi hatta çalışan tek bir işçi varsa buna “kovalama modu” denilir. (Miltenburg, 2001)

Bu çalışan malzemenin hatta giriş yapmasından çıkmasına kadar geçen süre içerisinde tüm makinelerdeki işlerinden sorumlu olmaktadır.



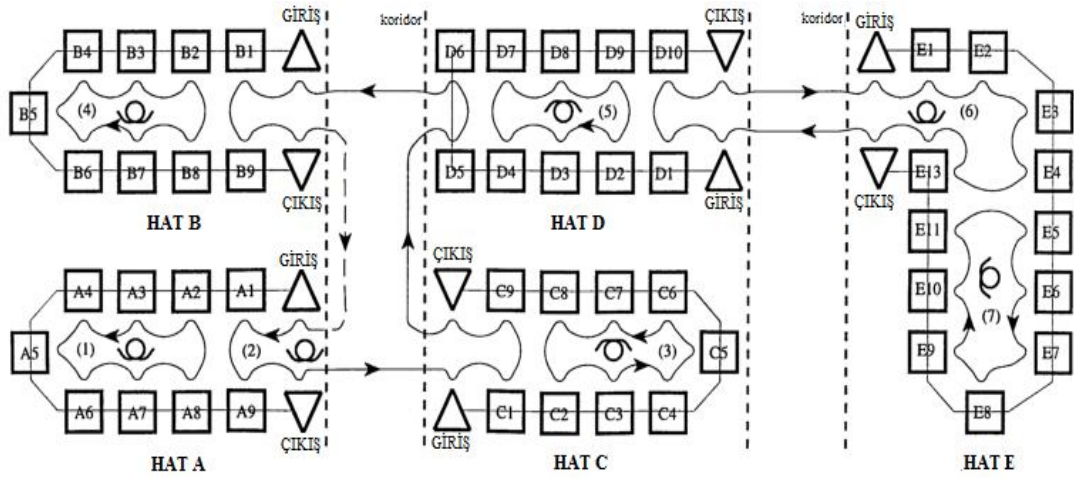
Şekil 3.7:1 çalışanlı ve 2 çalışanlı U tipi üretim hatları (Miltenburg, 2001).

U tipi hatlarda kullanılan makinelerin birçok işlevi bir araya toplayan büyük otomatik makineler yerine tek bir işi yapan, bir üründen diğerine çok kısa sürede geçebilen esnek ve basit makineler olmaları önemlidir. Japon firmalarına

bakıldığında bu tür makineler, ana sanayide olduğu gibi yan sanayilerin çoğunda da kendi bünyesinde imal edilmektedir. (Okur, 1997)

U tipi hatların tek avantajı üretkenlik ve verimlilik artışı sağlaması değildir. U tipi hatlar talebin değişkenlik gösterdiği durumlarda, üretimin artması ya da azalmasına kolaylıkla adapte olabilen esnek sistemlerdir. Talep azaldığı zaman hattaki işçi sayısını düşürmek, çalışanların çok daha yüksek sayıda makine ile ilgilenmesini gerekli kılacağından hattın üretim hızını da düşürmüş olacaktır. Açığa alınan işçiler de farklı alanlarda değerlendirilebilecektir. Aynı şekilde talebin yükseldiği durumlarda da hatta yeni işçi ilave edilerek çalışanların daha az makine ile ilgilenmeleri sağlanarak değişime adapte olunabilecektir.

Üretimde talep değişkenliğine makine sayılarıyla oynama yapmadan işçi sayısındaki ayarlamalar ile uyumlu hale getirilmesine Japonca'da "shojinka" denmektedir. Yalın üretimde shojinka, "birleşik U tipi hatlar" sayesinde gerçekleşir. Şekil 3.6'da örnek bir birleşik U tipi hat gösterilmektedir.



Şekil 3.8: Örnek bir birleşik U hattı (Miltenburg, 2001).

Birleşik U tipi hatların uygulanabilmesi için ön şartlardan biri de bu tip hatlarda çalıştırılacak işçilerin yüksek becerilere sahip olmaları ve kendilerine yeni bir makinenin sorumluluğu verildiğinde yeni işlerine kolayca adapte olabilmeleridir. İş rotasyonunun önemi de burada açığa çıkmaktadır. İşçiler çeşitli zamanlarda farklı makineler arasında çalıştırılmalıdır. Böylece işçiler gerektiği anda çok çeşitli

makineler arasında adaptasyon sıkıntısı yaşamadan kolayca çalışabilecek konuma getirilebilir. İş rotasyonu genellikle işçilerin yaptıkları tek düze işten sıkılmalarını önlemek adına moral ve motivasyon artırıcı bir araç olarak algılanmaktadır. Oysa iş rotasyonunun temelinde, moral motivasyon konusunun yanı sıra shojinka düzeninin de kolaylıkla uygulanabilmesi durumu yer almaktadır. Ayrıca U hatlarında çalışan işçilerin becerileri de zamanla artacağından, işçilerin işlerine karşı olan tatminleri de artış gösterecektir. İşçiler açısından bu sistemin tek dezavantajı yüksek çalışma temposuna ayak uydurma gerekliliği olarak görünmektedir. SMED sisteminin kurucusu olan Shigeo Shingo ise artan iş yükünün azaltılması için çalışanlara öğle molasına ek olarak her saat başı beşer dakikalık molalar verilmesini önermektedir. Bu dinlenme sürelerinin işçiler üzerindeki iş stresini azaltıcı bir etkisi olacağını savunmaktadır. U hatları uygulaması hedeflendiğinde bu tür düzenlemelere de dikkat edilmesi gerekmektedir.

Siparişe göre üretim yapan sistemlerin incelendiği bölüme bakılacak olursa, bu tarz üretim sistemlerinde tesis yerleşiminin ürüne göre değil sürece göre yapıldığı görülmektedir. Siparişe göre üretim yapan sistemlerin, süreçler baz alındığı zaman siparişi tipi atölye diye adlandırılan bir üretim gerçekleştirmektedir. Bu tesis yerleşim biçiminde benzer işleri gören makinelerin gruplandırılması temel alınmıştır. Sisteme farklı zamanlarda gelen farklı siparişler, bu iş istasyonlarından hangilerinde işlem görmeleri gerekiyorsa o istasyonlara uğrar ve seçenek makinelerden herhangi birini seçerek üretim sürecini tamamlar. Bu sistemi zorunlu kılan temel neden, siparişe göre üretim yapan sistemlerde ürün çeşitliliğinin çok fazla olmasıdır. Bu nedenden ötürü bu tarz sistemler üretim hatlarını bir ürünü ya da bir ürün ailesini temel alarak düzenleyemezler.

Esasında bu açıdan bakıldığında siparişe göre üretim sistemleri ile U tipi hatların birbiri ile tamamen çelişen kavramlar olmadığı kolaylıkla görülebilir. U tipi hatlar da siparişe göre üretim yapan sistemlerde olduğu gibi süreç bazlı bir tekniktir. U tipi hatların en önemli ilkesi bir işçinin birden çok makineden sorumlu olabilmesidir. Böylelikle, iş gücü üzerinde yapılacak değişiklikler ile üretim hızını ayarlayabilmek mümkün olacaktır. Siparişe göre üretim sistemlerinin birçok farklı atölyeden (iş istasyonu) oluştuğu ve bu atölyelerde farklı makineler olduğu söylenebilir. Bu yapı,

bakıldığında Şekil 3.6'daki birleşik U tipi hatlarının yapısı ile örtüşmektedir. Siparişe göre üretimde U tipi hatların ve dolayısı ile Shojinka'nın uygulanabilmesi için en önemli şart çalışanların kalifiye olması, birden çok makine ile ilgilenebilecek düzeyde eğitim ve birikime sahip olmasıdır. Bu şart yerine getirildiği zaman, birleşik U tipi hatlara benzer yapıda tesis yerleşimi yaparak bu tekniğin avantajlarından yararlanmak siparişe göre üretim yapan firmalar için mümkün olabilecektir.

3.5.5. Poka yoke ve otonomasyon

Poka-yoke 1960'lı yıllarda Japon bilim adamı Shigeo Shingo tarafından geliştirilen bir kalite kontrol sistemidir ve "hata önleme" anlamına gelmektedir. Japonca'da yanlışlıkla yapılan hata anlamına gelen "poka" ve önlemek anlamına gelen "yoke" kelimelerinden türetilmiştir. İstatistiksel proses kontrol gibi kalite kontrol araçları hata tanımlamada etkili olurken, hatayı önleme konusunda aynı etkiyi gösterememektedir. Poka-yoke ise hataları meydana gelmeden önleme ya da hata yapmayı tamamıyla ortadan kaldırma fikri üzerine geliştirilmiş bir sistemdir.

İnsan hata yapmaya karşı eğilimli olup hatalarından dolayı özellikle iş yerlerinde suçlanmaktadırlar. Bu tür davranışlar çalışanların başarısını düşürmek ve motivasyonlarını kırmaktan öte problemlere de çözüm getirmemektedir. Poka yoke yaklaşımı insanların çalışmalarındaki bu basit hataları bulan ve önleyen bir tekniktir. (Bodek, 1988)

Hatalar sadece insanlardan kaynaklı da olmayabilir. Makine ve proseslerde yaşanan sıkıntılardan da kaynaklanabilir. Bu nedenle poka-yoke'ler süreç ve ürün birlikte düşünülerek tasarlanmalıdır.

Poka-Yoke'nin temel ilkesi, hataları ve kusurlu ürünleri üzerinden belirli bir süre geçtikten sonra saptamak yerine, kaynağında ve anında saptayarak önlemek, bu şekilde hatalı ürün üretiminin sonunu getirmektir.

Eğer yapılan yanlışlar henüz hataya dönüşmeden önlenebilirse hatasız bir üretim ortamı mümkün olabilir. Bu durumda "Jidoka (otonomasyon) veya başka bir deyişle "Poka-Yoke" teknikleri devreye girer.

Shingo'ya göre (1989) hataları önlemek için kullanılabilen iki çeşit poka-yoke vardır:

- Kontrol Tipi: Poka-yoke aktif hale geldiği zaman makine veya proses hattı kapanır. Böylece problem düzeltilebilir.
- Uyarı Tipi: Poka-yoke aktif hale geldiği zaman bir zil sesi veya bir ampul ışığı işçiyi uyarır.

Kontrol poka-yoke'si en güçlü düzeltici araçtır. Çünkü kontrol poka-yoke'si kusurlu durum düzeltilinceye kadar süreci durdurmaktadır. Uyarı poka-yoke'si ise eğer işçiler uyarıya cevap vermezse kusurlu sürecin devam etmesine izin verir. Hataların ne sıklıkla meydana geldiği ve düzeltilip düzeltilmeyeceği bu iki fonksiyon arasındaki seçimi etkileyecektir. (Shingo, 1989)

Genellikle ara sıra meydana gelen hatalar otomatik olarak düzeltilir. Örneğin, malzemenin bir parçasından kaynaklanan bir kusur, o parçadan üretilen kısımlarda hataya neden olurken diğer parçalarda sorun yaşanmamaktadır. Daha sık ortaya çıkan hatalar ise bir kontrol poka-yoke'sine ihtiyaç duyar. Eğer hata sıklığı düşük ve hata düzeltilebilir ise uyarı poka-yoke'si uygundur. Diğer yandan hatanın düzeltilmesi imkânsız olduğu zaman ise hata sıklığından bağımsız bir şekilde kontrol poka-yoke'si tercih edilebilir. (Shingo, 1989)

Durum ne olursa olsun poka-yoke uygulamasına karar verilirken en başta fayda-maliyet analizi yapılmalıdır. Kontrol poka-yoke'si bir çok durumda en etkin yöntem olarak kabul edilir. (Bay ve Çiçek, 2007)

Shingo'ya göre (1989), poka-yoke'de hata bulma yöntemleri üç türdür:

1. Temas metodu: Bu yöntem alet ile yeterli temas kurulmadığı zaman üründeki şekil ve ölçü anormalliklerini ortaya çıkarmaktadır.
2. Sabit değer metodu: Bu yöntem yapılan hareketlerin belirli sayıda olup olmadığını belirler. Bu metod aynı faaliyetin birkaç kez tekrarlandığı üretim proseslerinde kullanılır. (Grout ve Downs, 1998)
3. Hareket adım metodu: Hareket adım metodunda, operatörler değişik faaliyetler yürütürler. Süreçteki her basamak, tamamlanması için gerekli olan özel

hareketlerle tanımlanır. Aletler her hareketin işleyip işlemediğini meydana çıkarmak için tasarlanmıştır.

Üretimde kalite konusu birçok firma için hayati bir öneme sahiptir. Kalite kontrol konusunda önceleri %100 kontrolle yüksek kaliteye ulaşıldığı düşünülüyordu. Daha sonra bu yöntemin oldukça masraflı olduğu ve kitle üretimine uygunsuzluğu görüldükçe kalite kontrol konusunda istatistiksel kalite kontrol ve örnekleme planına doğru bir geçiş yaşanmıştır. Ancak bu sistem de hatalara engel olma noktasında yetersiz kalmıştır. Şirketler %100 garanti sağlanması için üretimde elektronik ve mekanik hata önleyici araçları kullanmaya başlamışlardır. Bu araçlar poka-yoke, mistake proofing, failsafe ve otonomasyon olarak bilinmektedirler. Üretimde bir kusur meydana geldiğinde bu araçlar işçiyi ikaz etmekte gerekirse sistemi durdurmaktadır. Böylelikle işçiler, mühendisler ve yöneticiler üzerinde hatayı anında çözüme kavuşturma gereksinimi doğurmaktadır. Bu fikirle, kusurlu işlerin kitle üretimi yapılırken elenmesi ve kusursuz bir çıktı sağlamak kolaylaşmaktadır. Yalın üretimi benimsemiş firmalarla konvansiyonel yaklaşımı benimsemiş firmalar arasında hedefler ve kullanılan yöntemler açısından hala büyük farklar vardır. Siparişe göre üretim yapan firmalar da dahil olmak üzere geleneksel üretim sistemleri ile üretimini gerçekleştiren firmalarda %1-5 arasında ıskarta oranları normal karşılanabilirken bu oran yalın üretim felsefesinde kabul edilebilecek bir değer değildir. Yalın üretimde ürün kalitesi için belirlenen ıskarta oranı yüzdeler ile değil milyonlar ile değerlendirilmektedir. Nihai hedef ise sıfır hatalı üretimdir. Bunun için de yalın üretim felsefesini kendi sistemine adapte etmeye çalışan firmalar kalite konusunda hedeflerini bu doğrultuda koymak durumundadırlar.

Poka-Yoke yada otonomasyon son derece etkin bir sistem olmasına karşın, çoğu kez pahalı bir yatırım olarak algılanır, bu yüzden de birçok firma Poka-Yoke'yi uygulamaktan çekinir. Oysa Poka-Yoke sanılanın aksine pahalı cihazlarla değil, elektronik gözler ve limit anahtarlar gibi görece çok basit donanımlarla gerçekleştirilen bir uygulamadır ve bu tür donanımlar mevcut her makineye takılabilir (Seçkin, 2007).

Poka-yoke, işçiler tarafından dahi geliştirilebilecek ve ucuza mal edilebilecek bir sistemdir. Örnek verecek olursak Shingo'nun geliştirmiş olduğu 112 Poka-Yoke aleti

incelenmiş, bu aletlerden %40'ının 50 dolardan, %80'inin ise 250 dolardan daha az bir maliyetle geliştirildiği görülmüştür.

Bu açıdan değerlendirilecek olursa poka-yoke firmaların maddi büyüklüklerinden bağımsız şekilde uygulanabilir bir sistemdir. Siparişe göre üretim yapan küçük-orta-büyük ölçekli tüm işletmeler kendi üretim sistemi içerisinde bu hata önleme metodunu uygulayabilir ve sistemlerindeki makineler için çeşitli hata önleyiciler tasarlayabilirler.

3.5.5. Hazırlık sürelerinin düşürülmesi

Konvansiyonel kitle üretim sistemlerinde stoklu çalışmaya ilk sırada gösterilen gerekçe yahut mazeret, makinelerde bir kalıptan bir diğerine hatasız ürün elde edecek şekilde geçme süresinin (hazırlık süresi-setup time) çok uzun olmasıdır. Kitle üretim sistemlerinde bu sürenin uzun olacağı adeta bir veriymişçesine kabul edilir. Dakikalar, hatta bazen saatler alan hazırlık sürelerinin radikal olarak kısaltılması için gerekli çaba gösterilmez. (Okur, 1997)

Hazırlık süresi uzadıkça, makinenin aynı parçayı büyük miktarlarda üretmesi/işlemesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü makine herhangi bir kalıbı en az hazırlık süresi kadar kullanılmalıdır ki makineden alınan verim yüksek, işçilik maliyetleri düşük olsun. Bu durumda stoksuz çalışma (yani karışık yükleme akışına ayak uyduracak şekilde değişik parçaları birbiri ardı sıra ve ancak hemen o an gereken miktarlarda üretme), diğer her şey yalın üretime göre düzenlense bile imkansız hale gelmektedir.

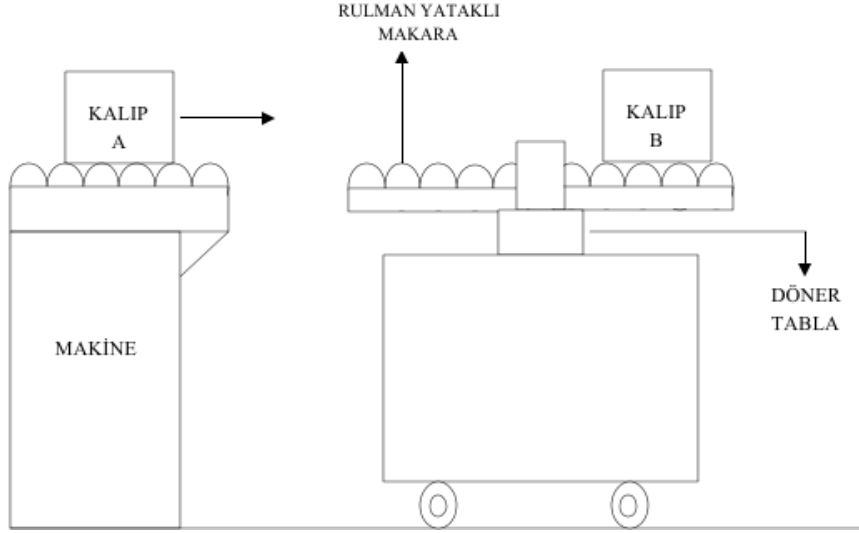
Shigeo Shingo, daha 1950'lerde stoksuz üretim için olmazsa olmaz birincil koşulun, makinelerin hazırlık sürelerinin kısaltılması olduğunu görmüş ve geliştirdiği yöntemlerle yüzlerce şirkette kendi iddia ettiği gibi hazırlık sürelerini, hem de çok kısa bir zaman dilimi içinde radikal olarak indirmeyi başarmıştır. Böylece herhangi bir makine, bir parçadan değişik bir parçaya birkaç dakika, hatta 1 dakikanın altında geçebilecek duruma gelmiş, makineler inanılmaz bir esneklik kazanarak, bir stok üreticisi olmaktan çıkmışlardır. (Okur, 1997)

Shingo'nun SMED olarak ortaya attığı sistem makine odaklı bir uygulama olarak görünse dahi, altında yatan temel felsefeye bakıldığında, makineler harici sistem elemanları üzerinde de uygulanabilecek bir ilkeler bütünüdür.

Shingo'nun hangi makine olursa olsun hazırlık sürelerini tek haneli sayılara indirebileceğini belirttiği SMED yöntemi bahsettiğimiz gibi bazı temel ilkelere dayanmaktadır.

SMED yaklaşımını şekillendiren, uygulamasına yön veren ana ilke, yalın üretimin diğer tekniklerinde de görüldüğü üzere “gereksiz zaman harcamalarından kurtulmaktır”. Tüm SMED yaklaşımında, SMED'in alt ilkelerinde bu anlayışın hakim olduğunu söyleyebiliriz. Makine hazırlık sürelerini kısaltmak için sistemin kurucusu uzman Shigeo Shingo' nun belirlediği temel ilkeler vardır. Bunlar (Seçkin, 2007):

- 1) İlk adım ve birinci ilke, bir kalıptan diğer bir kalıba geçiş sürecinde, makine durduğu zaman yapılan işlerle (external setup procedures), makine çalışırken yapılan işleri (internal setup procedures) saptayıp, mümkün olduğunca çok işi makine çalışırken gerçekleştirmeye yönelmektir. Bu yolla zamandan %30–50 arasında tasarruf sağlanabilmektedir.
- 2) Kalıp değiştirmede hem bir önceki kalıbın çıkarıldıktan sonra üzerine hemen yerleşeceği, hem de aynı anda bir sonraki kalıbı taşıyan ve yerine takılmasını kolaylaştıran rulmanlı tablalar kullanılabilir. Bu tür “mekanizasyon” bir kalıptan ötekine geçiş süresini kısaltacaktır. Şekil xxx.'de örnek bir sistem gösterilmiştir.



Şekil 3.9: SMED uygulaması için rulmanlı bir sistem örneği (Seçkin, 2007).

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 kısımları standart hale getirilirse (yani aynı boyut ve şekilde olursa), kalıplar bağlanırken aynı bağlayıcılar (jigs) ve takımlar kullanılabilir. Böylece standartlaşan kalıp değiştirme işi daha az süre tutacaktır.

4) Mengene ve bağlayıcıları vida ve cıvata gerektirmeyecek şekilde tasarlamak da zaman tasarrufu sağlar. Böylece işçiler çok daha kısa sürede sıkıştırma ve gevşetme işlemlerini yapabileceklerdir. Örneğin, bağlamada vida yerine “armut” şeklindeki deliklere oturma yöntemini tercih etmek daha doğrudur.

5) Kalıp değiştirme süresinin %50 kadarı, bir kalıp takıldıktan sonra yapılan ayarlama ve deneme çalışmalarıyla harcanır. Oysa bu zaman kaybı, kalıbın ilk anda tam gerektiği şekilde yerine oturması sağlanırsa, kendiliğinden önlenmiş olacaktır. Burada kullanılacak yöntemler arasında kalıbın bir dokunuşta (one-touch setup) 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.

Shingo sisteminin temel ilkeleri bu şekilde sıralanabilir. Shingo bu sistem ile gerçekten olağanüstü sonuçlar elde etmiştir. Ülkemizde şu an hala birçok üretim tesisinde hazırlık süreleri saatleri bulmakta iken, Shingo daha 1971 yılında Toyota fabrikasında hazırlık süresini 3 dakikaya indirmeyi başarmıştır.

Hazırlık süresi düşürme konusunda dört adım tekniği uygulanmalıdır:

- 1.adım: Hazırlık işlerini listele ve içsel-dışsal ayır.
- 2.adım: İçsel hazırlıkları dışsal hazırlığa dönüştür.
- 3.adım: İçsel işleri iptal et.
- 4.adım: Ayarları yok et.

Ayrıca yardımcı eleman kullanımı da hazırlık sürelerinin düşürülmesi konusuna oldukça fayda sağlayabilecek bir diğer alternatiftir. Dışsal tüm hazırlık işlerini yardımcıya yaptırmak operatörü de rahatlatacaktır.

SMED'in küçük parti üretimine geçmek konusunda anahtar bir görevi olduğu kabul edilmektedir. Çünkü küçük partilerle üretim yapabilmenin en önemli koşulu, makinelerde bir parçadan bir diğerine geçiş aşamasında değersiz olarak görülen hazırlık sürelerinin az olmasıdır. Hazırlık süresi ne kadar yüksek bir değerde ise, kalıp değiştikten sonra üretilen partinin o kadar büyük olması gerekiyor gibi bir algı hakimdir. Bu nedenle küçük parti üretimi yapabilmek için hazırlık sürelerinin çok düşük ve kalıp değişimlerinin daima çok hızlı olması gerekir. Hazırlık süreleri düştükten sonra firmanın bu durumdan somut kazançları şunlar olacaktır: (Durmuşoğlu, 2008)

- Parti miktarlarının düşürülmesi (hazırlık sayısının artması)
- Süreç içi stokların düşürülmesi
- İmalat temin sürelerinin kısalması
- Mamul envanterinin düşürülmesi
- İmalat için gerekli olan fiziksel alanın azalması

- Üretim sisteminin etkinliğinin ve esnekliğinin arttırılması (imalatın gerçek talep kadar yapılabilmesi)
- İsrafin azaltılması
- İmalat maliyetlerinin düşürülmesi
- Kalitenin arttırılması
- İşgören üretkenliğinin arttırılması (üretken olmayan işlerin azaltılması veya yok edilmesi)
- Donanım sahipliğine karşı duyarlılığın artması

Geleneksel stratejilere bakıldığında SMED tekniğini SMED yapan, her şeyden önce bir ilkeler bütünü oluşudur. Bu ilkelerin pek çoğunda hazırlık sürelerini sadece mevcut hazırlık prosedürünü yeniden gözden geçirmek yoluyla kısaltma anlayışı hakimdir. Örneğin makine durduğu zaman yapılan işlemleri mümkün olduğunca makine çalışırken gerçekleştirmek ve sık sık değiştirilen kalıpları her zaman üretim alanında bulundurmak gibi tedbirlerle tüm üretim sistemlerinde (siparişe göre üretim sistemleri de dahil) hazırlık sürelerinin düşmesine katkı sağlanabilir. Verilen rulmanlı sistem de herhangi bir firmanın kendi bünyesinde kendi kaynakları ile rahatlıkla üretebileceği kadar basit ve ucuza mal olacak bir sistemdir. Kaset sistemi ya da bir dokunuşta hazırlık uygulamaları ise görece daha fazla yatırım gerektirebilmektedir.

Siparişe göre üretim yapan firmalar genellikle, sermayeleri ve bütçeleri çok büyük yatırımlara elverişli olmayan KOBİ tarzı işletmelerden oluşmaktadır. Bu tarz sistemlerde SMED uygulanmaya kalkılırsa ilk bahsedilen “içsel ve dışsal hazırlık işlemlerinin tanımlanarak birbirinden ayrılması” yahut rulmanlı sistem gibi görece daha ucuza mal edilebilecek sistemler tercih edilebilirken, kaset veya tek dokunuşta hazırlık uygulamaları geniş maddi imkânları gerektirdiğinden ilk etapta tercih edilmeyebilir. Böyle bir durumda dahi bahsedildiği üzere %30-50 arasında hazırlık süresinden kazanç sağlanabilir. Ayrıca SMED uygulamasının sisteme katmış olduğu esneklik de düşünülürse bu sistemin uygulanabilmesi siparişe göre üretim yapan firmalar için oldukça önemli olacaktır.

3.5.6. Toplam üretken bakım

Toplam Üretken Bakım (TPM), diğer yalın üretim tekniklerine nazaran daha geri planda bir öneme sahip olduğu düşünülse de, gerek toplam verimlilik gerekse ürün kalitesinin arttırılmasında göz ardı edilemeyecek bir tekniktir. TPM en yalın ifadeyle bir fabrikada kullanılan ekipmanların verimliliğini ya da etkinliğini arttırmak ve olası makine hatalarından kaynaklanacak ıskartaları önlemek amacıyla gerçekleştirilen tüm çalışmaları kapsayan bir terimdir. (Okur, 1997)

TPM yalın üretim için olmazsa olmaz bir teknik durumundadır. Tüm üretim ortamların için makineler en önemli elemanlardan biridir. Yalın üretimin felsefesi doğrultusunda, bu tarzda çalışan üretim sistemlerinde stoklar azaltıldığı için makine güvenilirliği diğer üretim sistemlerine nazaran daha fazla önem arz etmektedir. Bu güvenilirliği sağlamak için ise tüm çalışanlar ekipmanların toplam ömürleri boyunca çalışmasını sekteye uğratabilecek tüm etkenleri kontrol altına almaya çalışırlar.

1971 yılında, Japonya'da, Japon Fabrika Bakım Enstitüsü (JIMP) tarafından geliştirilen TPM, Toplam Kalite Yönetimi kavramından sıfır üretim hatası düşüncesini alıp bunu, hedefin sıfır arıza ve minimum üretim kayıplarına sahip olmak olduğu anlayışıyla ekipmanlara uygulayan bir kavramdır. (Görener ve Yener, 2007)

Aslında TPM'den önce ABD'de PM (Üretken Bakım) kavramının ve uygulamasının var olduğu bilinmektedir. Japonlar bu kavrama bir de "total (toplam)" sözcüğünü ekleyerek PM'yi bugünkü TPM haline getirmiştir.

TPM de asıl vurgulanan kelime "maintenance (bakım)" değil "total (toplam)"dir. TPM'de bu kelime 3 farklı anlam taşımaktadır. (Okur, 1997)

1. Kullanılan ekipmanın verimliliğini/etkinliğini artırıcı çalışmaların, ekipmanın "tüm" ya da "toplam" ömrü boyunca sürdürülmesi.
2. Ekipmanın çalışmadan beklemesine neden olan "tüm" etkenlerin kontrol altına alınması.
3. Ekipmanın verimini artırma çalışmalarına, firmada görev yapan "tüm" personelin katılması (genel müdürden işçilere kadar).

Bu üçüncü anlam, TPM'in kilit noktasıdır. TPM'i PM'den ayıran ana özellik de budur. PM'de ekipman kullanımını artırma görevi işçilerin değil bakım uzmanlarının görevidir.

TPM sisteminin hedeflerini ise şu şekilde sıralayabiliriz: (Görener ve Yener, 2007)

- Tezgah verimliliğinin artırılması
- Ürün kalitesinin artırılması
- Hataların azaltılması (sıfır hata)
- Kayıpların azaltılması (sıfır hata)
- Iskartaların azaltılması (sıfır iskarta)
- Stokların azaltılması (sıfır stok)
- İş kazalarının azaltılması
- Bakım kalitesinin artırılması
- Grup çalışmalarının artırılması
- İyileştirme fikirlerinin artırılması
- Kültür değişiminin sağlanması
- Teknik eğitimin artırılması

Ekipmanların verimli çalışmalarını engelleyecek faktörler günümüzde çok farklı şekillerde ifade edilmektedir. En sık kullanılan ifade biçimi ise kayıpları “Altı Büyük Kayıp” adı altında ifade etmektir. Bu kayıplar şu şekilde sıralanabilir:

- Arızalardan kaynaklanan kayıplar
- Hazırlık ve ayar zamanlarından kaynaklanan kayıplar
- Duruşlardan kaynaklanan kayıplar
- Hız düşüşlerinden kaynaklanan kayıplar
- Hata ve tekrar işlemlerinden kaynaklanan kayıplar
- Başlangıç kayıpları

TPM ise ekipman verimliliğini arttırmak amacıyla bu altı büyük kaybı yok etmeye çalışır. TPM tekniği, birçok önemli faaliyetin bir arada yapılması ve birbirini destekleyerek tamamlaması ile gerçekleşebilecek bir tekniktir. TPM'in başarısı ve

sürekliliği de bu temel faaliyetlerin etkin bir biçimde sürdürülmesi ile mümkündür. Sözü edilen temel faaliyetler şu şekilde sıralanabilir: (Görener ve Yener, 2007)

Ekipman Etkinliğinin Sağlanması ve Kobetsu Kaizen Uygulamaları: Amaç ekipman etkinliğinin maksimize edilmesidir. Ekipman kayıplarını önlemek için yapılan faaliyetler ile enerji, malzeme ve işgücü kayıplarının en az seviyeye indirilmesi hedeflenmektedir. Ekipman yönetiminin üç unsuru; ekipmanların iyileştirmesi, kayıpların analizi ve sürekli iyileştirme (kobetsu kaizen) takımları olarak sıralanabilir.

Planlı Bakım: Bakım departmanı tarafından oluşturulur. Başarılı sonuçlar, bakım bölümü personelinin uyumlu ve hızlı çalışma yapmasıyla elde edilir.

Kestirimci Bakım: “Ekipmanların fiziksel parametrelerinin trendlerinin ölçülmesi, bilinen mühendislik limitleriyle karşılaştırılması, sonuçların analizi, yorumlanması ve arızalara yol açabilecek sorunların ekonomik biçimde etkisiz kılınması ve düzeltilmesi şeklindeki çabalar bütünü” olarak tanımlanır.

Otonom Bakım (Jishu Hozen): Operatörlerin kendileri de katılarak, kuralların yine kendileri tarafından takip edilerek temel bakım faaliyetlerinin yerine getirilmesine "Otonom Bakım" denir. Otonom Bakım, "Bağımsız Bakım" anlamına da gelmektedir. Otonom bakım, operatörlerin, bakım departmanından bağımsız olarak kendi ekipmanlarının bakımında rol almaları için düzenlenen faaliyetleri kapsar

Geleneksel olarak işletmeler, makinelerin bakım departmanının sorumluluğu altında olduğu varsayımıyla çalışırlar. Fakat bu yaklaşımla arıza ve hatalardan kurtulma mümkün değildir. TPM, makine operatörlerini otonom bakım konusunda eğiterek arıza ve hataları yok etmeyi hedefler. Otonom bakım grubundaki tüm çalışanların programın tüm adımlarında çaba göstermeleri ve katkıda bulunmaları şarttır. Otonom bakım yedi adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar şunlardır:

- a. Başlangıç temizliği
- b. Kirlenme kaynaklarına karşı önlemler
- c. Geçici olarak standartların belirlenmesi
- d. Genel kontroller
- e. Otonom kontrol

f. Standardizasyon

g. Otonom Bakım Yönetimi (Tam Otonom Bakım)

Otonom Bakımın yedi adımı şeklinde anılan bu adımlar birbirinin tamamlayıcısıdır. Ayrıca her operatör, otonom bakımı gerçekleştirmek için gerekli olan becerilerle ilgili olarak eğitilmek zorundadır.

5 S: Japonca S harfi ile başlayan 5 kelimededen oluşan 5S tekniği, çalışma alanının daha düzenli ve kullanılabilir olması çerçevesinde standartlaştırılmış uygulamalara dayanır. 5S çalışma alanını düzenler, gereksiz olan her şeyi azaltır, sonuç olarak ta etkin bir çalışma ortamı sağlar. 5S adımları şu şekilde sıralanabilir: Sınıflandırma (Seiri), Düzenleme (Seiton), Temizleme (Seiso), Standartlaştırma (Seiketsu), Disiplin (Shitsuke)

Önleyici Mühendislik: Yeni bir ekipman üretim sürecine alındığında tasarım ve üretimi sorunsuz olsa da başlangıçta sorunlar çıkabilir. Üretim ve bakım mühendisleri problemleri tespit ederek ön iyileştirmeler yapmalıdırlar.

Kalite Bakım Sistemi Yaklaşımı: Bakım ve ürün kalitesinin artırılması ve aynı zamanda homojenliğin temini, üretim faaliyetlerinin önemli bir görevi haline gelmiştir. Otomasyon, üretim hatlarında yerini almış ve üretimin merkezini işçiden ekipmana yöneltmiştir. Ekipmanın durumu, kalitenin sağlanmasını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu şartlar altında bir kalite güvence sistemi, belirtilen anlayışla kalitenin her noktada korunumu göz önünde tutularak kurulmalıdır.

Ofislerde TPM: TPM tüm işletme bünyesinde katılımı içerdiğinden buna idari kısımda çalışanlar da dahildir. Üretimi destekleyecek, idari kısmın etkinliğini arttıracak bir sistem bu departmanlarda da kurulmalıdır.

Siparişe göre üretim yapan sistemler ele alınacak olursa, anlatılan TPM çalışmalarının çok rahatlıkla yapılabileceği söylenebilir. Çünkü TPM, makinelerin verimliliğini arttırmayı hedefleyen, sistemdeki makinelerden en fazla verimi elde etmeye çalışan bir yöntemdir. Firma, büyüklüğü ne olursa olsun, üretim sistemi ne olursa olsun bünyesinde TPM ekipleri kurarak makinelerin günlük, haftalık, aylık periyodik bakımlarını gerekirse firma içinde operatörler tarafından, yıllık bakımlarını

uzman ekipler eşliğinde yaparak makinelerinin herhangi bir arıza vermeden sürekli çalışır vaziyette kalmasını sağlamalıdır.

3.5.7. 5S

5S; ayıklama, düzenleme, temizleme, standartlaştırma ve disiplin kavramlarını anlatan ve S ile başlayan 5 Japon kelimesinden türetilen kalite disiplinler topluğuna ait bir olgudur. Yani 5S, Japonca “S” harfi ile başlayan beş kelimeyi ifade etmektedir. Geçmiş yıllarda 5S uygulaması, yaygın olarak Japon firmalarında insan kapasitesi ve verimliliğini arttırmak için kullanılmaktadır. 1980’lerin başlarında Takashi Osada tarafından ortaya atılan fikre göre 5S teknikleri uygulamak, üretim hatlarındaki temizlik, sağlık ve güvenlik de dahil olmak üzere çevresel performansları arttırabilmektedir. 5S takımları oluşturmak pek çok potansiyel problemi çözme konusunda önemli bir uygulamadır. (Rahman ve diğ., 2010)

5S uygulaması, düzenli bir işyeri yaratmayı ve bunu sürdürmeye yarayan sistematik bir yaklaşım sağlar. Düzensiz iş ortamları israf yaratan davranışları artırır ve sistemin temel sorunları saklar. Bu da yalın üretim için oldukça önem verilen ve düzeltilmesi gereken sağlıksız bir durumdur. İş yerlerinde fark edilmeyen hatalar ve sorunlar ele alınamamakta ve çözüm yolları aranmamaktadır. Çözülemeyen sorunların devam ettiği şirketler ise başarılı bir şekilde yönetilememektedir. İş yerlerinin standartlara uygun olarak düzenlenmesi ve süreçlerdeki kayıpların en aza indirilmesi amacıyla gerçekleştirilen 5S çalışmaları sürekli iyileştirme yöntemi olarak da tanımlanabilir. Bir yalın yolculuğa 5S ile başlamak sisteme düzen getirir; iş süreçlerini, israf kaynaklarını ve iyileştirme fırsatlarını görmeyi sağlar.

5S tekniğinin 5 farklı adımı şu şekilde açıklanabilir:

Seiri (Sınıflandırma)

Gerekli - gereksiz ayırımı yapma ve gereksinim duyulmanın ortamdaki uzaklaştırılması faaliyetidir.

Ölçütler saptamak ve gereksizleri ortadan kaldırmak için bu ölçütlere bağlı kalmak, öncelikleri ve kullanım sıklığını belirlemek, kirlilik nedenleri ile uğraşabilmek, kaizen ve standartlaştırmayı bu temeller üzerine oturtmak amaçlarına hizmet eder.

Bu amaçlara yönelik olarak;

- Gereksinim duyulmayan elemanlar belirlenerek ortamdaki uzaklaştırılır.
- Sızıntı ve kirlenme nedenleri araştırılarak giderilir.
- Değerlendirme yapılarak her türlü faaliyet kayıt altına alınır.
- Yerler ve ortam temizlenir, sürekli temiz kalması sağlanır.
- Kirliliğin ortadan kaldırılması yolu ile ortam kirliliği önlenir.
- Depo ve stok alanları düzenlenir ve düzen korunur.

Örnek bir sınıflandırma çalışması şu şekilde yapılabilir:

- Hiç kullanılmayan elemanlar ortamdaki atılmalı veya uzaklaştırılmalı.
- 6-12 ayda bir kullanılan elemanlar uzak depoya (genel depoya) taşınmalı.
- Ayda birden fazla kullanılan elemanlar yakın depoya taşınmalı.
- Her gün, her saat kullanılan elemanlar çalışma sahasında bulundurulmalı.

Seiton (Düzenleme)

Daima, gereksinim duyulanların gereksinim duyulan kadar kısa zaman da ulaşabilme fırsatı sağlayan bir yerleşim planı oluşturulması ve bu yerleşim planına uygun yerleşimin sağlanması faaliyetidir.

Düzgün görünümlü bir iş yeri, verimli plânlama ve yerleşim, malzeme arayarak kaybedilen zamanı kazanarak verimliliği artırma ve 5N+1K'yı temel alan depolama amaçlarına hizmet eder.

Bu amaçlara yönelik olarak;

- Tüm olması gerekenlerin tesis üzerinde yerleri atanır ve atanmış yerlere uygun yerleşim sağlanır
- En kısa sürede (küçük saniyelerde) yerine koyma ve alma hedefine erişim sağlanır
- Dosyalama standartları oluşturulmuş olunur
- Bölge ve yerleşim işaretleri ile arama ve bulma (erişimde) hızlılık sağlanır
- Kapakları ve kilitleri yok etme yolu ile açık büfede self servis yöntemine geçiş sağlanır
- İlk giren ilk çıkar (FIFO) prensibi işletilir

- Uyarı levhaları kolaylıkla anlaşılabilir ve yasal mevzuatlara uygun düzenlenir

Seiso (Temizlik)

Temizlik amacıyla çöp, fazlalık ve yabancı maddelerin ortadan kaldırılmasıdır. Günlük temizlik kalite artışını ve iş güvenliğini sağlar. Temizlik işletme içinde lavabolardan ofislere, çalışma ve depolama alanlarına, yemekhanelere kadar her noktada tanımlanmış olmalıdır. Üretim alanlarında herkes kendi biriminin temizliğinden sorumlu olmalıdır. İş bitiminden 5-10 dk önceki zamanın temizliğe ayrılması genel bir uygulamadır. Genel kullanım alanlarında da kimin nereyi, nasıl ve hangi periyotlarda temizleyeceği kesin hatlarıyla belirlenmeli, bu konu sık sık denetlenmelidir. Unutulmaması gereken temiz bir işyerinin kalite, güvenlik ve iş memnuniyetinin gelişmesine katkıda bulunacağıdır. (Seçkin, 2007)

Seiketsu (Standartlaştırma)

Bu adım, görsel yönetim ve 5S standartlaştırmasına yönelik iyi bir çevre düzeni yaratma ve kişisel açıdan malzemeleri düzenli, yerleşmiş ve temiz tutma faaliyetlerini kapsamaktadır.

5S uygulamasını desteklemek için yönetim standartlarının konması, olumsuzlukları ortaya çıkaracak görsel yönetim sağlanması ve renkle kodlama yapılması amaçlarına hizmet etmektedir.

Bu amaçlara yönelik olarak;

- Çalışıyor, bakımda, arızalı ve faal işaretleri hazırlanır
- Tehlikeli bölge işaretleri ile işaretleme sağlanır
- Isı etiketleri ile işaretleme gerçekleştirilir
- Yön işaretleri ile çalışma alanları yön işaretlemeleri gerçekleştirilir
- Voltaj etiketleri ile işaretleme gerçekleştirilir
- Açık kapalı yön etiketleri uygulamaya alınır
- Yangın söndürme cihaz ve levha işaretleri ile acil duruma hazırlık sağlanır
- Kaza önleme uyarı işaretleri uygulamaya alınır
- Gürültü ve vibrasyonu önlemeye yönelik tedbirler alınır
- 5 S takvimi hazırlanır

- Park, bahçe düzenleme faaliyetleri gerçekleştirilir

Shitsuke (Disiplin)

İdeal durumun sürekliliği için standartların alışkanlık haline getirilmesine yönelik yapılan motivasyon çalışmalarıdır. Yüksek performans, güvenilir iş ortamı için personelin kuralları alışkanlık haline getirmesi için motive edilmesi ve görsel performans ölçüm unsurlarının geliştirilmesi gerekmektedir. (Seçkin, 2007)

5S çalışmalarının temel hedefi iş süreçlerindeki sapma ve hataların fark edilmesini sağlayacak düzenlemelerin yapılmasıdır. Böylece iş süreçlerindeki sapma ve kayıplar daha görünür duruma gelecek, işçi sağlığı ve güvenliği koşulları iyileştirilecek ve çalışanların motivasyonu artırılabilecektir.

Ho (1999)'nun bulgusuna göre, Hong Kong'da 5S uygulaması altında işlem gören pek çok firmada ürünlerin kalitesinde de gelişmeler gözlenmiştir. 5S kavramı hizmet sektörü de dahil bir çok endüstri tipi ve iş çevresi için uygulanabilir. Diğer bir çalışmada Ho ve Fung (1994)'a göre 5S, Toplam Kalite Yönetimi uygulamasını başarabilmek için en güçlü araçlardan biridir. Bu açıdan bakıldığında 5S'in yalın üretimin kalite ayağında önemli bir role sahip olduğu da anlaşılmaktadır. Çoğu Japon firması, 5S'in faydasının sadece fiziksel çevrelerdeki gelişimlerle sınırlı kalmadığını, düşünsel süreçlerini de geliştirdiğini iddia etmektedir.

5S kavramının pek çok endüstri tipi için uygulanabilir olduğu, bu konu hakkında yapılan çalışmalardan çıkarılan ortak sonuçlardan birisidir. Siparişe göre üretim yapan sistemlerde de 5S tekniğinin çok rahat şekilde uygulanabileceğini söylemek bu açıdan şaşırtıcı olmayacaktır. 5S kavramı, tüm alt başlıkları incelendiğinde sisteme bir düzen kazandırma ve bu düzeni koruma tekniği olarak basitçe özetlenebilir. Fikir olarak bu durumun siparişe göre üretim yapan sistemler de dahil tüm üretim sistemlerine bir şekilde uygulanabileceği aşikardır. Sadece firma yapısına göre uygulama biçimleri değişiklik gösterebilir.

Örneğin siparişe göre üretim yapan bir firmada da, stoka yönelik üretim yapan bir firmada da 5S'in ilk adımı olan ayıklama aşaması arada hiç fark olmadan uygulanabilir. Bu aşama sistemdeki gerekli ve gereksiz materyalleri sınıflandırma sistemine dayandığı için, siparişe göre üretim yapan sistemlerde de pek ala bu

ayırıştırma işlemi gerçekleştirilebilecektir. Daha sonra gereksiz olan elemanların ayıklanıp sistemin düzenlenmesi gerçekleştirileceği için bu aşama da tıpkı ayıklama aşaması gibi üretim sistemlerinden bağımsız şekilde uygulanabilir. Diğer üç adım da tüm üretim sistemleri için uygulanabilir yapıdadır. Literatür araştırması yapıldığında da, siparişe göre üretim yapmakta olan çeşitli KOBİ'lerde 5S konusunda daha önceden çalışmalar yapıldığı ve başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür. 5S uygulamaları şirketlerin kurumsal kültür dönüşümünde önemli bir yer tutmaktadır.

3.5.8. Kaizen ve kalite çemberleri

Yalın üretim, asla gelmiş olduğu nokta ile yetinen durağan bir sistem değildir. Tam aksine sistemdeki olabilecek tüm zaman kayıplarını ve israfları tek tek saptayarak yok etmeyi ilke edinmiştir. Yalın üretim uygulamasına geçmiş olan firmalarda her an her saniye sistemin ve üretimin daha da iyileştirilmesi için sürekli ve düzenli çalışmalar yapılmaktadır. Sistemin geneline yayılan bu dinamik iyileştirme çalışmalarına da Japonca'da "kaizen" denmektedir.

Kalite çemberleri ise, çalışanların kendi deneyimlerine dayanarak yapılan işin kalitesinin yükseltilmesi, hataların ve aksaklıkların giderilmesi yönünde yaratıcılık becerisinden ve beyin gücünden yararlanılmasını kapsamaktadır.(Akçagün, 2006)

Bir yönetim ve organizasyon tekniği olan kalite çemberlerinin temelinde, çalışan insanı geliştirme felsefesi yatar. Buna ek olarak insanların yeterliliklerini sınamak, onlardaki sınırsız potansiyeli ortaya çıkartmak, insana saygı gösterilen ve yaşamın eğlenceli olabileceği iş yerleri yaratmak ve organizasyonun iyileştirilmesi ve gelişmesine katkıda bulunmak amaçlanır. (Bozkurt ve Eşit, 2002)

Kalite çemberleri oluşturma faaliyetleri işletme yönetimleriyle bütünleşik olarak yönetilmediğinden her zaman başarıyla sürdürülememiştir. Kalite çemberlerinin başarılı olabilmesi için herkesin sorumluluk alması gerekmektedir. Denildiği gibiyönetim kademesinin ilgisi ve desteği olmadan çalışmaların başarı ile neticelenmesi mümkün değildir. Bundan dolayı yöneticilerin açık fikirli olmaları ve kalite çemberlerinden gelen tüm önerileri detaylı bir şekilde inceleyerek değerlendirmeleri gerekmektedir.

Grup ilk önce, beyin fırtınası denilen bir teknik ile ele alacağı problemi seçer ve bu problemle ilgili gerekli verileri toplayarak problemin hangi noktada daha yoğun olduğunu, ne tür kayıplara yol açtığını saptamaya çalışır.

Bundan sonraki aşama, problemin nedenlerinin bulunmasıdır. Problem nedenlerinin bulunması ise neden-sonuç diyagramı yöntemi ile yapılabilir. Böylece üyeler, problemin olası nedenleri üzerinde tartışır, veri toplarlar ve en önemli nedenibelirmeye çalışırlar. Bu aşamadan sonra yapılacak en önemli şey grubun, problemin nedenini ortadan kaldırmaya yönelik çözümler üretmesidir. Çözüm seçenekleri arasından en ideal olanı yine grup üyeleri tarafından seçilerek, çözüm yolu uygulanmalı, ilk deneme sonuçlarına bakılarak karşılaşılabilecek aksaklıklara ilişkin önlemler alınmalıdır.

Son olarak grup, denediği çözümü üst düzey yönetimin katıldığı bir toplantıda sunarak, çözüm üzerinde tartışmaya çalışır. Aslında yönetim, rehberler aracılığıyla problem çözümünü en başından beri izlemelerine karşın, grup üyelerinin resmi bir ortamda neyi, nasıl ve neden yaptıklarını anlatma fırsatı sağlamaktadır. Yönetim çözüm önerilerine olumlu baktığında uygulamaya geçilir.(Akçagün, 2006)

Kalite konusufirmalar için asıl amaç değil, rekabet gücünü arttırmayı sağlayan bir araç olarak görülmelidir. Çok yüksek bir kalite düzeyine ulaşmakfirmalar için yeterli olmamalı, amaç daima rakiplerden bir adım önde olmak olmalıdır. Bunu sağlayan yöntem ise sürekli gelişme sürecidir.

Kalite çemberleri oluşturmak firmanın üretim sistemlerinden bağımsız bir uygulamadır. En küçük çaptaki firmalardan en büyük çaptaki firmalara kadar her ölçekteki firmada kalite çemberleri kurarak kaizen çalışmalarını yapmak mümkündür. Bu açıdan siparişe göre üretim yapan firmalar da kaizen konusunu firmalarında çeşitli şekillerde uygulayabilir, firma bünyesinde kalite çemberleri, kalite grupları oluşturabilirler. Siparişe göre üretim yapan firmalarda da diğer tüm sistemlerde olduğu gibi çözülmeyi bekleyen onlarca sorun mevcuttur. Oluşturulacak kalite çemberleri ile hem çalışanlar işe daha çok katkı yapar hale gelecek hem de sorunların çözümleri hızlanarak sürekli iyileştirme çalışmaları sağlanmış olacaktır.

Yalın üretim tekniklerinin siparişe göre üretim yapan sistemlerde uygulanabilirlikleri genel olarak Çizelge 3.4’de toparlanmıştır.

Çizelge 3.4: Yalın üretim tekniklerinin siparişe göre üretim sistemlerinde uygulanabilirliği.

YALIN TEKNİKLER	UYGULANABİLİR	UYGULANAMAZ
Kanban ve Çekme Sistemi	Siparişe yönelik üretim yapan sistemlerde klasik Kanban çekme sistemi uygulanamıyor olsa dahi POLCA tarzı melez sistemler uygulanarak itme sistemi yerine çekme sistemi uygulanabilir.	Kanban uygulanabilmesi için tedarikçiden başlayan süreçte “tam zamanında”lık algısını oturtmak gerekir. Siparişe göre üretim yapan firmalar genellikle tedarikçileri ile alt-üst ilişkisi içerisinde olmadığı için hammaddeye istediği zaman istediği adette ulaşamama problemi yaşamaktadır. Bu da klasik Kanban sistemini uygulanamaz kılar.
Üretimde Düzg., Karışık Yük. Ve Tek Parça Akışı	Karışık yükleme yaparak üretimde düzgünleştirme sağlayabilmek için en önemli şart küçük partilerle çalışmaktır. Mümkünse tek parça. Siparişe göre üretim sistemlerinde çok yüksek ürün çeşitliliği olduğundan hazırlık süreleri bu çalışmanın önünde engeldir. Ancak SMED çalışmaları tam anlamıyla başarılı olursa bu teknikler istenilen ölçüde uygulanabilir.	
U Tipi – Shojinka – İş Rotasyonu	Siparişe göre üretim yapan sistemler büyük bir U tipi hat şeklinde tasarlanıp Shojinka ve İş Rotasyonları uygulanabilir. Bunun uygulanabilmesi için en önemli ön şart işçilerin eğitimidir.	
Poka Yoke – Otonomasyon	Firmanın kendi bünyesinde dahi yapabileceği büyüklükteki hata önleyicilerle kalite konusunda gayet büyük iyileştirmeler sağlanabilir. Firmanın üretim sistemi ne olursa olsun hataları göz ardı etmeden çözmeye çalışmak temel ilke olduğu zaman, hata önleyiciler tasarlayıp geliştirmek de kendiliğinden gelecektir.	
Hazırlık Sürelerinin Düşürülmesi	Hazırlık işlerinin İçsel-Dışsal işler şeklinde ayrılması ve bunlar üzerinde yapılan düzenleme ile %30-%50 oranında bir iyileştirme sağlanabilir.	Firmanın şartlarına ve maddi olanaklarına bağlı olarak hızlı kalıp değiştirme teçhizatları satın alınabilir ya da üretilebilir. Ancak kaset ve tek dokunuşta hazırlık sistemlerinin uygulanabilmesi oldukça geniş maddi olanaklara sahip olmayı gerektirir. Bu da siparişe göre üretim sistemlerinin genel yapısı düşünüldüğünde mümkün görünmemektedir.
Toplam Üretken Bakım	Sistem içinde TPM ekibi oluşturularak kolaylıkla uygulanabilir.	
5S	Genel bir felsefe olduğu için sistemin her yerinde 5S uygulamaları rahatlıkla yapılabilir.	
Kazien – Kalite Çemberleri	Oluşturulan kalite çemberleri ile sürekli iyileştirme sağlayacak çalışmalar yapılabilir ve sistem çalışanları bu yönde motive edilerek Kaizen konusunda süreklilik sağlanmış olur.	

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yalın üretim konusu 1980'lerin başlarından itibaren üzerinde sürekli çalışılan bir konu olmuştur. Özellikle Toyota Üretim Sistemi olarak da bilinen yalın üretim, uygulanmış olduğu şirketlere sağlamış olduğu hızlı başarı sayesinde, küçük büyük ayırt etmeden tüm işletmelerin dikkatini çekmeyi başarmıştır. Literatüre bakıldığında da yalın üretim konusu üzerine yazılmış oldukça fazla makale bulunmaktadır. Yalın üretim, bir önceki bölümde de üzerine vurgu yapıldığı üzere genellikle ürün talebinin düzenli ve yüksek, ürün çeşitliliğinin çok değişkenlik göstermediği sistemlere daha kolay uygulanabilmektedir. Çünkü yalın üretimin tüm teknikleri ve uygulamaları bu tarz sistemlerin karakteristikleri ile daha çok örtüşmektedir. Siparişe göre üretim yapan sistemler temel alındığında yalın üretim konusu üzerine yapılan araştırma ve çalışmaların çok daha az sayıda olduğu söylenebilir.

Yapılan tez çalışması yalın üretimin siparişe göre üretim sistemlerinde uygulanabilirliğini konu edindiği için bu bölümde yapılacak olan literatür araştırmasında, yüksek ürün çeşitliliği ve düzenli olmayan talep koşulları altında ki siparişe göre üretim yapan sistemlerde yalın üretimin uygulanabilirliği üzerine daha önceden yapılmış olan çalışmalar incelenecektir. Gerçekleştirilecek olan uygulama çalışmasının yeri ve siparişe göre üretim yapan firmalarının pekçoğunun KOBİ sınıfına girmesinden dolayı KOBİ'lerde yalın üretim uygulamalarına yönelik olarak geçmişte ve günümüzde yapılmış olan çalışmaları incelemekte de fayda bulunmaktadır.

Im ve Lee (1989), ABD'deki şirketler üzerinde yapmış oldukları bir ankette, yalın üretim uygulanabilmesi için yalın üretim teknikleri arasında belirli bir uygulama sırasının olup olmadığını araştırmışlardır. Fakat anketten çıkan sonuçlara göre uygulanan genel bir sıralama bulunamamıştır. Şirketler tarafından sıklıkla kullanılan yalın üretim tekniklerinin ise şunlar olduğu görülmüştür: Kanban, esnek iş gücü, tam

zamanında satın alma, kalite çemberleri, önleyici bakım, karışık yükleme, u-tipi yerleşim ve hücresele üretim.

Ahlstrom (1998) de, Im ve Lee gibi yalın üretimde bir uygulama sırası olup olmadığını araştırmıştır. Ahlstrom yazmış olduğu makalesinde bu soruya cevap aramış, iki buçuk yıl boyunca yalın üretim uygulayan bir şirkette çalışma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda yalın üretim prensiplerinin uygulanmasında çeşitli sıralamalar olduğu bulgusuna varılmıştır. Çalışmanın bir diğer odak noktası ise yönetimlerin yalın uygulama konusunda daha fazla çaba harcaması ve aynı paralelde daha fazla kaynak tahsis etmesi gerektiğidir. Ahlstrom, çalışmış olduğu Office Machines firmasında yaşamış olduğu tecrübelerle dayanarak bu konuyu desteklemekte, sürekli iyileşmenin de yöneticilerin yalın uygulama işine verdiği destekle doğru orantılı şekilde sağlanabileceğini savunmaktadır.

Crawford (1988), makalesinde bir anket çalışması yapmıştır. Crawford yapmış olduğu ankette, yalın üretim uygulaması ve yalın üretimin operasyonları ile ilgili problemleri tanımlamak istemiştir. Bu anket çalışmasına göre yalın üretim uygulamaları için genel olarak iki tip engel bulunmaktadır. Bu engeller, insan ile ilgili problemler ve teknik problemlerdir. Şirketler, bu kültürel değişime direnç gösteren çalışanların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi için ciddi bir kaynak yaratmalıdır. Buna ek olarak, çalışanlarının çok fonksiyonlu işçilik kavramına ayak uydurmasını sağlamalıdır. Ana üretim çizelgesinin dengelenmesi ve tüm departmanların katılımının sağlandığı disiplinler arası takımlar kurmak yalın üretim uygulaması için anahtar meselelerdir.

Gilbert (1990), kaizen uygulaması ile ilişkili tam olarak 31 adet meseleyi ele almıştır. Bu çalışma kapsamında ABD'deki küçük, orta ve büyük işletmelerden oluşan örneklem bir şirket grubu incelenmiştir. Büyük şirketler "Kanban Uygulaması" konusunu uygulama listelerinde üst sıralara koymuşlardır. Ancak, organizasyon tipi ve büyüklüğü ne olursa olsun, genellikle şu konular öncelikli olarak ele alınmaktadır: Tam zamanında satın alma, parti büyüklüğü azaltma, esnek iş gücü geliştirme, özel tahsis edilmiş üretim hatlarının kullanımı ve önleyici bakım çalışmaları.

Eprahimpour ve Schonberger (1984), gelişmiş ülkelerdeki üretim firmaları tarafından karşılaşılan bazı tipik problemleri incelemişlerdir. Çalışmaya göre, işçi ve makinelerin düşük verimle çalışması, güvenilir olmayan ve uzun temin süreleri, yetersiz kalite, yüksek seviyede hatalı ve hurda ürün oranı, eksik bakım çalışmaları, hammaddenin noksanlığı, yetenekli işçi eksikliği, sıradan şekilde yapılan kalite kontrol çalışmaları gibi sorunlar gelişmiş ülkelerdeki KOBİ'lerin karşılaştığı olduğu ana sorunlar olarak görülmektedir.

Ramaswamy ve diğerleri (2000), KOBİ'lerde kazien uygulaması için uygun elemanların tanımlanmasına yönelik bir anket çalışmasında bulunmuştur. Çalışmanın sonucuna göre KOBİ'ler için en uygun 10 eleman şu şekildedir: Parti büyüklüğü azaltma, hazırlık süresi düşürme, tampon stoklarını kaldırma, grup teknolojisi, tahsis edilmiş üretim hatları, bileşen ve rotalama standardizasyonu, çapraz eğitilmiş işçiler, otonomasyon, önleyici bakım, tam zamanında satın alma.

Ramaswamy ve diğerleri (2002), yalın üretim felsefesinin genellikle büyük ölçekli endüstrilerde uygulandığını vurgulamıştır. Yapmış oldukları araştırmalarda yalın üretim uygulamasının KOBİ'lerde daha nadiren uygulandığı sonucuna varmışlar, bu tarz organizasyonlarda yalın üretim kavramının uygulanması noktasında bazı problemlerle karşılaşıldığına kanaat getirmişlerdir. Çalışmalarında ise KOBİ'lerde yalın üretim uygulaması yapabilmek için çeşitli yalın teknik ve uygulamaların seçimi ve önceliklendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Bu amacın sağlanabilmesi için QFD (Quality Function Deployment) yani kalite fonksiyon yayılımı tekniğinden yararlanılmıştır. Tampon stoklarının kaldırılması ve parti büyüklüklerinin azaltılması, uygulama üzerinde çok yüksek önceliğe sahip anahtar meseleler olarak değerlendirilmiştir. Ancak bu önceliklendirme işleminin vakadan vakaya değişebileceği belirtilmiş, her üretim sisteminin farklı amaçlar ve hedefler doğrultusunda farklı içerikteki önceliklendirmelere sahip olabileceği vurgulanmıştır.

Dowlathshahi ve Taham (2009), çalışmalarında öncelikle tam zamanında üretim sistemlerinin her endüstride uygulanabilir olmasına karşın özellikle büyük organizasyonlarda uygulandığına dikkat çekmiştir. Sonrasında JIT felsefesinin KOBİ'lere uygun olan tarafları analiz edilmiştir. KOBİ'lerin önemine vurgu yapılmış, pek çok ülke ekonomisi için çok önemli bir rol oynadıkları belirtilmiştir.

Büyük organizasyonlarda olduğu KOBİ'lerde de JIT'in faydalarından yararlanabileceği, fakat bazı keskin KOBİ karakteristiklerinin bu uygulamanın önünde engel teşkil edebileceği gözler önüne serilmiştir. Veri analizleri yapabilmek için Japonya, Hindistan, Malezya ve Bali/Endonezya'da çeşitli KOBİ'ler incelenmiştir. Makalede JIT uygulamasına engel teşkil eden ve JIT uygulamasını etkinleştiren durumlar ayrı ayrı belirtilerek, KOBİ'lerdeki JIT uygulamaları için hipotezlerle desteklenen kavramsal bir çerçeve yaratılmıştır.

KOBİ'lerde yalın üretim performansına negatif etki yaptığı savunulan 12 adet hipotez, 5 ana başlık altında toplanmıştır. KOBİ'ler için kavramsal çerçevedeki engeller şunlardır:

- Teknik Konulardaki Engeller: Teknoloji yetersizliği, JIT'e dair bilgi eksikliği, uygun olmayan talep yönetimi, kalite kontrol sistemi eksikliği.
- Finansal Konulardaki Engeller: Sermaye yetersizliği, nakit para problemleri, banka işlemleri ve kredi problemleri.
- İnsan Kaynakları Konularındaki Engeller: Kalifiye işgücü yetersizliği, eğitim programlarının eksikliği.
- Tedarikçi ile İlgili Konulardaki Engeller: Yüksek işlem maliyetleri, güvenilir tedarik kaynaklarının yetersizliği.
- Kanuni Konulardaki Engeller: Kısıtlayıcı hükümet yaptırımları veya müdahaleleri.

KOBİ'lerde yalın üretim performansına pozitif etki yaptığı savunulan 6 adet hipotez, 3 ana başlık altında toplanmıştır. KOBİ'ler için kavramsal çerçevedeki etkinleştiriciler şunlardır:

İnsan Kaynakları Konularındaki Etkinleştiriciler: Motive edilmiş ve yetkilendirilmiş işgücü varlığı, işgücünün esnekliği ve bağlılığı.

JIT Uygulamaları Konularındaki Etkinleştiriciler: Değişime direnç gösteren çalışanların daha az sayıda olması, JIT uygulama süresinin daha düşük olması.

Kanuni Konulardaki Etkinleştiriciler: Makroekonomik gelişim ve altyapı desteği, yatırımların desteklenmesi.

Bu hipotezler, JIT uygulamasının kendileri için doğru olup olmadığına karar vermeleri için KOBİ'lere bir ölçümleme kümesi sağlamaktadır.

Benzer bir çalışma yapan Achanga ve diğerleri (2006), KOBİ'lerde yalın üretim uygulayabilmek için kritik başarı faktörlerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, doğu Britanya'da bulunan 10 adet KOBİ üzerinden yapılmıştır. Bu şirketlerdeki yalın üretimin kullanım derecesini vurgulamak amacıyla öncelikle şirketlerin uygulamaları gözlenmiştir. Bu gözlemleri takiben şirketlerdeki yalın üretim uygulamalarında görev alan ilgili ve kilit personeller ile görüşmeler yapılmıştır. Analizler sonucunda yalın üretim kavramının KOBİ'lerde başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için bazı kritik faktörler tanımlanmıştır. Diğer etkenlerin yanı sıra liderlik ve yönetim, finans, örgüt kültürü, yetenek ve uzmanlık, KOBİ'lerde yalın üretimin başarı ile uygulanabilmesi için en kritik faktörler olarak belirlenmiştir. Bunlara verilen yüzelere bakılacak olursa %50'lik bir değerle liderlik ve yönetim faktörü en kritik başarı faktörü olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca çalışmaya göre KOBİ'ler yalın üretimin faydaları hakkında kesin bir bilgiye sahip değillerdir. Bu nedenle daha fazla yatırım için yönetsel açıdan gönüllü davranmamaktadırlar.

Slomp ve diğerleri (2009)'ne göre, yalın üretimin başarısına bağlı olarak pek çok firma yalın üretim kontrol sistemi uygulaması konusu ile ilgilenmektedirler. Yalın üretim kontrol prensipleri üretimin düzgünleştirilmesini, çekme mekanizması kullanmayı ve takt süresinin kontrolünü içermektedir. Bu prensipler genellikle yüksek hacimli akış tipi üretim çevrelerinde uygulanmaktadırlar. Bu tip üretim sistemlerinde siparişler sınırlandırılmış sayıdaki belirli rotalar üzerinde tek bir doğrultuda hareket etmektedir. Slomp ve diğerleri, yalın üretimdeki üretim kontrol mekanizmasının siparişe göre üretim yapan atölye tipi firmalarda nasıl uygulanabileceğini araştırmıştır. Bir yalın üretim kontrol sisteminde üretim düzgünleştirme, sabit WIP, FIFO ve takt sürelerinin nasıl birbirine entegre edilebileceğini göstermişlerdir. Yaptıkları vaka çalışması, yüksek çeşitlilik/düşük hacim içeren bir ortamda dahi yalın üretim kontrol prensiplerinin başarılı bir şekilde uygulanabileceğini açıkça ortaya koymaktadır. Yapmış oldukları uygulama ile akış sürelerinde azalma sağlanmış, hizmet seviyesinde de artış gözlenmiştir. Zamanında teslimat performansında ise %55'den %80 seviyesine bir artış yaşanmıştır.

Rose ve diğeri (2011), KOBİ'lerde uygulanabilecek en iyi yalın uygulamaları araştırmışlardır. Son 20 yıl boyunca, yalın üretim ve onun uygulamaları olan toplam kalite yönetimi, toplam üretken bakım gibi üretim geliştirme alanlarında pek çok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar otomotiv, elektronik, plastik gibi çok çeşitli sektörlerde uygulama alanı bulmuştur. Makaleye göre ise bu durum 21. yüzyıldaki en iyi üretim sisteminin yalın üretim olduğunu göstermektedir. Rose ve diğeri, yapmış oldukları çalışmada KOBİ'nin tanımlanması ve KOBİ'lerin karakteristikleri üzerine odaklanmışlardır. Bunu takiben, yalın uygulamalara genel bir bakış yapılmış ve bu uygulamalar, KOBİ'lerin yetenekleri temel alınarak tartışılmıştır. Makalenin ana amacı ise KOBİ'lerde yalın üretime geçilebilmesi için uygun olan yalın uygulamaları sunmaktır. KOBİ'lerin karakteristikleri ile ilişkili olan ve uygun görülen 17 adet yalın uygulama olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu uygulamalar “düşük yatırımlı”, “KOBİ'lerde uygulamak için uygun” ve “araştırmacılar tarafından tavsiye edilen” olmak üzere 3 kategoriye ayrılmıştır. Rose ve diğeri, makalelerinde, KOBİ'lerin karakteristikleri ile uyuşacaklarını öngördükleri şu 17 yalın uygulamaya yer vermişlerdir: Hazırlık süresi düşürme, Kanban, küçük partiler ile üretim, tedarikçi yönetimi, önleyici bakım, çok fonksiyonlu işçiler, tek parça akışı, görsel kontrol, kalite çemberleri, toplam kalite yönetimi, eğitim, takım çalışması, üretim düzgünleştirme, sürekli iyileştirme, 5S ve standartlaştırma.

Satoğlu ve Durmuşoğlu (2003), Türkiye'de faaliyet gösteren 17 adet orta ve büyük ölçekli kuruluşun fabrikalarında yalın tekniklerin olgunluk düzeylerini gözlemlemiştir. Bu çalışmada veriler fabrika yetkilileri ile yapılan bir anket yoluyla sağlanmıştır. Her bir teknik için fabrikaya 1 ile 5 arasında bir puan verilmiştir. Her bileşen için belirlenen puanlardan yola çıkılarak incelenen kuruluşların her teknikteki olgunluk düzeyleri belirlenmiştir. Üretim Yönetimi altında incelenen konulara bakıldığında, yalın olgunluk düzeyi en yüksek olan konu tedarikçi ilişkileri yönetimi iken yalın olgunluk düzeyi en düşük olan konu açık ara farkla Kanban sistemi olmuştur. Çünkü Türkiye'deki üretim firmalarının itme üretim kontrol sisteminden vazgeçemediği görülmüştür. Stratejik Yönetim altında incelenen konulara bakıldığında ise yalın olgunluk düzeylerinin daha dengeli olduğu görülmüştür.

Bonavia ve Marin (2006), İspanya'daki sermarik tuğla endüstrisindeki en tipik yalın üretim uygulamalarından bazılarının kullanım derecelerini hesaplamak ve fabrika büyüklüğü ile ilişkilerini incelemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma belirli bir lokasyon özelinde yapılmış gibi görünse de genel çıkarımlarda bulunmaktadır. Belirlenen sektördeki firmaların pek çoğunun siparişe göre üretim yapan firmalar olduğu aktarılmıştır. Yapılan çalışma kapsamında, bazı yalın tekniklerin uygulamalarında güçlükler yaşandığı tespit edilmiştir. Bunlar grup teknolojisi, Kanban, hazırlık sürelerinin düşürülmesi, çok fonksiyonlu işçilerin yetiştirilmesi ve görsel fabrika olarak belirlenmiştir. Bazı yalın tekniklerin ise daha geniş bir çevrede kullanıldığı görülmüştür. Bunlar da; işlemlerin standartlaştırılması, toplam üretken bakım ve kalite kontroldür. Ayrıca makalede bu tekniklerin kullanımlarının fabrikanın büyüklüğüne de bağlı olduğu belirtilmektedir.

Bamber ve Dale (2000), havacılık sektöründe faaliyet gösteren ve geleneksel üretim yapan bir organizasyon için yalın üretim metotlarının uygulanmasını ele alan bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada uygulama yeri olarak seçilen firma siparişe göre üretim yapan bir firmadır. Bamber ve Dale, yalın üretim uygulaması konusunda iki temel engelle karşılaşmıştır. Bunlar işçi eğitimlerinin yetersizliği ve yedekleme programıdır. Çalışma kapsamında bazı yalın üretim metotlarının da, motor üretim çevrelerinde etkili olmayacağı görüşüne varılmıştır. Bunun nedeni ise müşteri taleplerinin karakteristiği ve şirketteki baskın rolüdür. Buna ek olarak çalışmaya göre hem yönetim hem de işçiler geleneksel üretimden yalın üretime geçişi sağlamanın oldukça zor olduğunu düşünmektedirler. Çalışmada çeşitli teknikler açısından olaya yaklaşmış, özellikle Kanban konusunda siparişe göre üretim yapıyor olmanın getirisi olarak ek bir zorlanma ile karşılaşacağından bahsedilmiştir.

Lee (1997), Kore'deki küçük üretim tesislerinde JIT uygulamaları üzerine bir çalışma yapmıştır. Lee'ye göre Kore endüstrisinde yalın üretim sistemine oldukça büyük bir ilgi vardır. Daha önce yapılan çalışmalarda da Kore'deki çeşitli endüstrilerde JIT tekniklerinin uygulanabilirlikleri görülmüştür. Buna karşın çok az araştırmacı JIT uygulamalarının Kore'deki küçük ölçekli firmalara adapte edilebilirliği üzerine çalışmıştır. Lee'ye göre küçük firmalar ile büyük firmalar arasında yönetim şekli, üretim süreçleri, mevcut sermaye, satın alma uygulamaları,

stok sistemleri ve pazarlık gücü gibi konularda büyük farklılıklar mevcuttur. Lee makalesini bu konu doğrultusunda yönlendirmiş ve küçük çaptaki firmalarda yalın üretim uygulamasına engel olan bazı durumlar ile karşılaşmıştır. En önemli engeller olarak ise tedarikçilere karşı mevcut olan pazarlık gücü ve sermaye yetersizliği olarak belirlenmiştir.

Richard ve diğerleri (1999), ABD'deki küçük ve büyük ölçekli üreticiler arasında, yalın üretim uygulaması konusundaki farklılıkları araştırmıştır. Çalışmada firmalar JIT kavramını oluşturan 10 adet yönetim uygulaması açısından bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışmanın sonucu olarak, bu 10 adet JIT yönetim uygulamasının firmalarda uygulanabilmesinin firmaların büyüklüklerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Zhu ve Meredith (1995), JIT uygulamasındaki kritik elemanları tanımlamak için bir anket çalışması yapmışlardır. Çalışma kapsamında 24 konu ele alınmış ve bu 24 konu araştırma yönteminin tipine göre 3 farklı yol ile değerlendirilmiştir. Yapılan anket, vaka çalışmaları ve tartışmalar göz önüne alınarak yapılan değerlendirmede JIT uygulamalarında ki en kritik ilk 3 eleman; kalite çemberleri, hazırlık sürelerinin düşürülmesi ve çapraz eğitilmiş işçiler olarak belirlenmiştir.

Gupta ve Brennan (1995), yaklaşık 150 çalışana sahip küçük bir firmada JIT metodolojisinin uygulanması konusunda bir çalışma yapmıştır. İkili ilk olarak yapmış oldukları analizler ile üretim süreçlerinde var olan çeşitli problemleri tanımlamıştır. Şirketin uygulama öncesi ve uygulama sonrası şartları detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. Süreçlerin yeniden tasarlanması ile malzeme akışına hız kazandırılmış, gereksiz elde tutma işlemleri azaltılmıştır. Malzemenin hammaddeden son ürüne kadar olan düzgün akışı sağlanarak JIT felsefesinin diğer tekniklerinin uygulanabilmesine de ön ayak olunmuştur. Bu çalışmaya göre küçük şirketlerde JIT uygulamasının yapılabilmesi bir ölçüde sürekli akışın sağlanmasına bağlıdır.

Inman ve Mehra (1990), küçük firmaların da büyük firmalar kadar JIT uygulamaya uygun olduğunu göstermek için 100'den fazla büyük ve küçük ölçekli firma ile bir çalışma yapmıştır. Yapılan anketlerin sonucuna göre JIT uygulaması için kritik olan tüm elemanların hem küçük hem de büyük firmalarda eşit şekilde var olduğu

görülmüştür. Tek farklılık, uygulamaya yardımcı olmak için dışarıdan danışman kullanımını ve tedarikçi parti büyüklüklerindeki azalmadır. Ayrıca küçük firmalarda JIT uygulamanın, stokları azalttığı ve stok devir oranını yükselttiği tespit edilmiştir. Ayrıca Inman ve Mehra, küçük firmalarda JIT uygulamanın büyük firmalarda JIT uygulamaktan çok daha fazla avantaj sağlayabileceğini söylemiştir.

Golicic ve Medland (2007), ABD'deki küçük bir firmadaki yalın üretim uygulaması üzerinde tedarik zinciri üyelerinin etkisini deneysel olarak açığa çıkarmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki, küçük firmalar tedarikçilerinin ve müşterilerinin tutumlarındaki değişimler konusunda herhangi bir etkiye sahip değilse, bu firmalardaki yalın uygulamaların başarısı da sınırlı olacaktır.

Jing (2004) bir benzetim deneyi yapmıştır. Bu deneyin amacı, atölye tipi üretim yapan çevrelerde çekme sistemi ile performans geliştirmeyi sağlamak için JIT uygulamalarını koordine etmeye yönelik planları incelemektir. JIT uygulamalarının 4 temel bileşeni; hücreli üretim, üst üste gelen operasyonlar, hazırlık/işlem süresi değişkenliğini azaltma ve hazırlık sürelerini azaltmaktır. Deney sonuçları, hücreli üretim ve hazırlık sürelerinin azaltılması konusunda işbirliği önermektedir ve bu konulara öncelik verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kabadurmuş ve Durmuşoğlu (2005) makalesinde, kanban çeşitlerinin ortalama hazırlık süresi, kullanım alanları arasındaki mesafe, ürün çeşitliliği ve talep değişkenliği gibi faktörlerle olan ilişkileri incelemiştir. Kanban sisteminin talep değişkenliği düşük/orta seviyedeki ortamlarda uygulanabilirliği yüksek iken, sipariş göre üretim sistemlerinde (talep değişkenliği ve ürün çeşitliliği yüksek olan durumlarda) uygun bir yöntem olmadığı görülmüştür. Bu karakteristik özellikle uyan tek kanban çeşidinin melez bir sistem olan POLCA olması dikkat çekici bir noktadır. Bu nedenle sipariş (atölye) tipi üretim yapan çevrelerde kanban metodu yerine POLCA metodunun daha uygulanabilir olacağı öngörüsüne varılmıştır.

Suri (2002), QRM (Quick Response Manufacturing - Hızlı Tepkisel Üretim) ile ilgili temel açıklamalar yaptığı çalışmasında POLCA ile ilgili temel bilgileri ortaya koymuştur. POLCA'nın QRM metodundaki Kanban mekanizmasına alternatif bir üretim kontrol mekanizması olduğu belirtilmiş ve Kanban'dan farklılıkları

açıklanmıştır. POLCA'nın temelini anlamak için QRM stratejisinin en efektif olduğu alanlara bakmak gerektiğini söyleyen Suri, bu alanları; "küçük partiler ile çok özelleştirilmiş ürünler üreten firmalar" ve "her ürün için yeni tasarım gerektirmeyen ama çok çeşitli ürün üreten firmalar" olarak ikiye ayırmıştır. POLCA'nın bu alanlarda uygulanmasının faydalı olacağını öne süren Suri, POLCA uygulamasının hücre çiftleri arasında bilgi iletişimini sağlayarak malzeme kontrolünü sağlayabileceğini bunu da POLCA kartları yardımı ile yapabileceğini bildirmiştir. Çalışmanın sonunda Suri, CFP adlı bir şirkette POLCA uygulamasının teorik olarak gösterimini yapmış, POLCA kartlarının nasıl bir işlev sağlayacağından bahsetmiştir.

Riezebos (2008), POLCA'nın siparişe göre üretim yapan firmalar için tasarlanmış bir malzeme kontrol sistemi olduğunu belirtmiş ve POLCA sisteminin nasıl tasarlanması gerektiği konusunda çeşitli düzenlemeler ortaya koymuştur. Siparişe göre üretim yapan sistemlerin yüksek çeşitlilikte ürün üretmekte olduğu ve düşük temin sürelerini karşılamak zorunda olduğuna değinilmiştir. Firma için uygun bir POLCA sisteminin tasarlanmasının, hem üretim zamanının hem de temin süresinin ortalamalarında bir düşüş sağlayacağı önceki çalışmalara dayanılarak ortaya konulmuş ve uygulamada POLCA kartlarının nasıl kullanılacağı üzerine odaklanılmıştır. Özellikle rotalama mekanizmasının POLCA sistem tasarımında ne kadar etkili bir araç olduğu gösterilmiş ve bir örnek üzerinde nasıl uygulanacağı açıkça gösterilmiştir. Bir POLCA kartının, sistemde yer alan iki birim arasında etkileşim sağladığı ve ilgili siparişin iki işlemi boyunca beraberinde taşınacağı belirtilmiştir. Örneğin A, B, C ve D birimlerinden sırayla geçecek bir sipariş için A biriminde AB kartı eklenecektir. B birimine geldiğinde AB kartı siparişin üzerinde kalacak, ayrıca BC kartı eklenecektir. Aynı sipariş C birimine geçtiğinde AB kartı A birimine geçerek yeni bir siparişin sisteme girmesine yetki verecektir. Bu çalışmada POLCA'nın bir yetkilendirme aracı olduğu açıkça ortaya konulmuştur.

Fernandes ve Filho (2011) ise yaptıkları çalışmada üretim kontrol sistemleri üzerinde bir literatür araştırması gerçekleştirmişlerdir. 4 farklı kategoride sınıflandırma yaptıkları bu çalışmada POLCA üretim kontrol sistemini hibrit sistemler arasında göstermişler ve POLCA sisteminin Suri tarafından 1998 yılında ortaya atılan, QRM ilkelerinden hareketle tasarlanan bir sistem olduğu belirtilmiştir. POLCA'nın,

POLCA kartları olarak bilinen üretim kontrol kartları ve yetkilendirme kavramının birleşmesinden oluşan bir mekanizma olduğu açıklanmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalara da vurgu yapılarak, POLCA'nın yüksek çeşitli ya da özelleştirilmiş ürünler üretmek için uygun bir kontrol ve yetkilendirme sistemi olduğu açıkça ortaya konmuştur.

4.1. Literatür Araştırması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Literatürü oluşturan makalelerin büyük çoğunluğu siparişe göre üretim yapan çevrelerde ve KOBİ'lerde yalın üretimin uygulanabilirliği üzerinedir. Siparişe göre üretim yapan sistemler genellikle KOBİ sınıfına girdikleri için, bu anahtar sözcükle yapılan araştırmalar da, yapılan literatür çalışmasında yer almıştır. İncelenen makalelerin büyük çoğunluğunda aynı şeyden söz edilmektedir. Yalın üretim üzerine pek çok makale yayınlanmasına karşın bu konuda yapılan çalışmaların pek çoğu, talebin düzenli ve tekrarlı olduğu, ürün çeşitliliğinin çok yüksek olmadığı çevrelerde gerçekleşmiştir. Bu özellikler genellikle büyük ölçekli firmaların özellikleri olduğu için yalın üretim çalışmalarının da genellikle büyük ölçekli firmalarda yapıldığını söylemek yanlış olmayacaktır. İncelenen makaleler, ortak özellik bakımından bu duruma tam ters karakterde olan, yüksek ürün çeşitliliği ve talep düzensizliği şartları altında iş yapan çevrelerde yalın üretimin uygulanıp uygulanamayacağını sorgulamaktadır.

Yalın üretimin tekniklerinin neredeyse tamamının, büyük firmalarda uygulandığı gibi küçük firmalarda da uygulanabileceği görüşüne varılmıştır. Buna karşın genel kanı, firma büyüklüğüne göre yalın üretim tekniklerinin ve metotlarının uygulanabilirlikleri değişiklik göstermektedir. Atölye tipi denilen siparişe göre üretim yapan küçük üretim tesislerine yalın üretim uygulamaları adapte edilirken çeşitli zorluklarla ve engellerle karşılaşmak olağan bir durumdur. Bu tarz firmalarda sermayenin büyük firmalara nazaran çok daha düşük olması, birçok makaleye göre yalın üretim uygulamalarına geçiş konusunda bu ölçekteki firmaların en büyük handikaplarından biri olarak görülmektedir. Aynı zamanda tedarikçi ilişkilerinde büyük firmalar kadar güç sahibi olunamaması da küçük firmaların yalın üretim uygulamalarına geçişte yaşadığı en önemli problemlerden biridir. Büyük firmalar

tedarikçilerini gerekirse sadece kendileri için çalıştırabilirler. Böylece büyük firmalar tedarikçileri üzerinde söz sahibi olabilir; onların da yalınlaşmasına destek olarak kendi yalınlık düzeylerini üst seviyeye çekebilirler. Küçük firmalar ise tedarikçileri ile yaşadıkları problemleri aşma konusunda daha şanssızdır. Bu tarz firmalarda tedarikçiden kaynaklı hammadde sıkıntısı da sıklıkla yaşanmaktadır. Bu da yalın üretimin en önemli prensiplerinden biri olan sürekli akışın sağlanması konusunda küçük firmalara büyük bir dezavantaj getirmektedir. İşçi eğitimlerinin yetersizliği de bir diğer önemli sorun olarak göze çarpmaktadır.

Bu olumsuz durumlara karşın siparişe göre üretim yapan firmaların da yalın üretimi uygulama noktasında büyük firmalara göre çeşitli avantajları mevcuttur. Bunlardan en önemlisi çalışan sayısının az olmasıdır. Sistemde bulunan çalışan sayısının az olması, firmadaki kültürel değişim için gösterilecek olan direncin daha az olmasını da beraberinde getirecektir. Ayrıca bu tarz küçük firmalar genellikle aile şirketi hüviyetinde olduğu için, yalınlaşma gibi radikal kararların alınabilmesi ve tüm sisteme uygulanabilmesi daha kolay ve daha kısa sürede gerçekleşebilecektir.

5. ÜRETİM KONTROL MEKANİZMASI ALTERNATİFLERİ

5.1.Hızlı Tepkisel Üretim (QRM) ve POLCA

POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization), yalın üretim sisteminin üretim kontrolünde kullanmış olduğu kanban sistemine alternatif olarak Rajan Suri tarafından temelleri atılmış bir üretim kontrol mekanizmasıdır. POLCA'yı anlatmadan önce Rajan Suri'nin ortaya atmış olduğu QRM (Quick Response Manufacturing-Hızlı Tepkisel Üretim) teriminin temellerini açıklamakta yarar vardır. Yalın üretim, felsefe olarak kaliteyi arttırmak ve maliyetleri düşürmek için organizasyondaki katma değersiz işleri yok etme üzerine odaklanırken; QRM ise kaliteyi arttırmak, maliyetleri düşürmek ve katma değersiz işleri yok etmek için operasyonların çevrim sürelerini düşürmek üzerine odaklanmaktadır.

QRM, tamamıyla yenilikçi ve diğer üretim sistemlerini göz ardı etmemizi gerektirecek bir üretim sistemi değildir. QRM programı diğer fikirlerin üzerine inşa edilmiş yeni bir basamak değil, sürekli başarıyı sağlayabilmek adına kullanılacak daha geniş bir basamaktır. (Krishnamurthy ve Suri, 2009)

Yalın üretim uygulanabilmesi için yüksek hacimli ürün ve sabit bir talep gerekmektedir. QRM'de ise tek bir tip ürün olabileceği gibi Atölye Tipi üretim sistemlerinde de rahatlıkla kullanılabilir. Yalın üretim de üretim kontrol mekanizması olarak Kanban kullanılırken, bu mekanizma QRM'e tam anlamı ile uymamaktadır. Bunun için QRM sisteminde yeni bir alternatif mekanizma önerilmektedir. Bu da POLCA'dır. Bir önceki bölümde Kanban çeşitleri anlatılırken gördüğümüz üzere POLCA, Kanban çeşitleri arasında ürün çeşitliliği ve talep değişkenliğinin yüksek olduğu yerlerde kullanılacak tek Kanban sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmada da Siparişe Göre Üretim sistemleri incelendiği için POLCA sistemi bu üretim tipinin karakteristiklerine uygun görünmektedir.

5.1.1. POLCA sistem tasarımı

POLCA, çıktı zamanı kontrolünü geliştirme görevine sahip yöneticilerin, planlamacıların ve çalışanların işlerini kolaylaştırmak için çeşitli araçlar ve metotlar kullanır. Literatürdeki POLCA çalışmalarına bakılırsa, rotalama metodunun en sık kullanılan metot olduğu görülmektedir.

POLCA malzeme kontrol sistemi malzeme akış kontrolünü ürüne özel değil rotaya özel sağlamaktadır. Ürüne özel kontrol Kanban örneğinde ve çift konteynır çekme sistemlerinde sağlanmaktadır. Bu gibi sistemlerde, özel bir bileşen ya da stok saklama birimi için bir stok pozisyonunun dolusunda sinyale ihtiyaç duyulur. Bu gibi sistemler, sipariş için üretim yapan firmalarda etkili olmazlar. Bunun temel sebebi bu tip firmalarda genellikle ürün çeşitliliğinin stok için üretim yapan firmalara göre daha fazla olması, aynı zamanda bu ürünlere talep sıklığının ise daha düşük olmasıdır.

Ürüne özel kontrol için bir alternatif de ürün-anonim kontroldür. Bu kategoride CONWIP ve Generik Kanban gibi birkaç sistem geliştirilmiştir. Ürün-anonim kontrolü ise malzeme kontrol sisteminin sadece yeni bir siparişi atölyeye bırakırken (ürün tipinden bağımsız) sinyale ihtiyaç duyması fikrine dayanmaktadır.

POLCA, rotaya özel malzeme akış kontrolünü tanıtarak bu tip sinyalleri daha da ayrıntılandırmıştır. Rotaya özel kontrol, ürün-anonim kontrolün özel bir türüdür. Ancak aralarında önemli bir fark vardır. Atölyede bir siparişin bırakılması ya da ilerlemesi hakkında karar verilirken, siparişin kalan rotalaması üzerindeki önemli bilgi dikkate alınır.

POLCA'da rotaya özel kontrolü uygulamak için tek bir yol yoktur. İki temel mesele söz konusu olmuştur:

- a. Görsel sinyal tasarımı
- b. Kontrol döngüleri tasarımı

Görsel sinyal için Suri (1998) aşağıdaki bilgilerin sağlanmasını önermiştir:

- Başlangıç hücresi (nden)
- Hedef hücresi (ne)
- Kart tanımlayıcıları (firma adı, kartın seri numarası vb.)

Sinyal, tıpkı Kanban gibi bir kart aracılığıyla sağlanır. Kartın sol tarafında başlangıç hücresinden bilgiler listelenirken, kartın sağ tarafında hedef hücrene ait bilgiler listelenir.

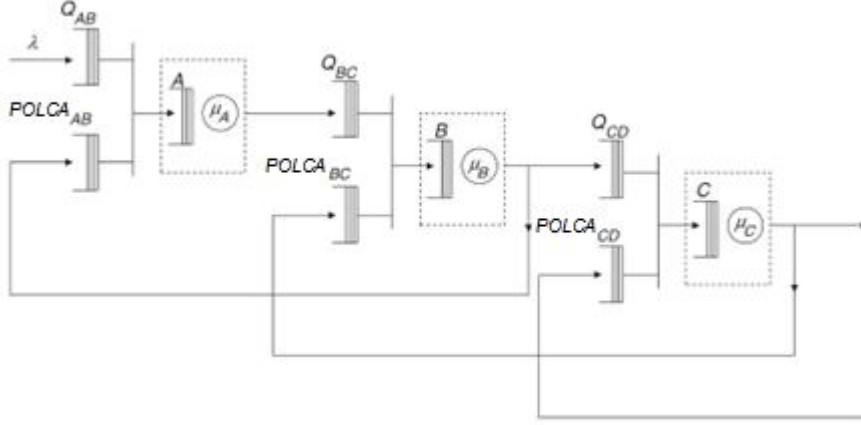
Pieffer ve Riezabos (2006), bu kartlardaki görselliği arttırmak adına hücreleri tanımlamak için renk kodlaması kullanılması gerektiğini önermişlerdir. Eğer tüm hücreler ayrı renk olursa, her kart iki farklı renkten oluşacaktır. Böylelikle herhangi bir hücrede ki çalışanlar kart akış yönünü kolaylıkla belirleyebileceklerdir.

Daha sonra, Vandaele tarafından elektronik sinyal kullanımını önerilmiştir; bunun en büyük sebebi de kendi vaka çalışmasındaki atölye yerleşimidir. Elektronik sinyaller iş istasyonlarındaki ekranlar üzerinde yer almaktadır ve operatör sistemindeki siparişler için bu sinyalleri ekleyip çıkarabilmektedir. Elektronik sinyallerin temel avantajı, bir siparişten sinyal çıkarıldığı zaman görsel sinyalin ulaştırılmasından kaynaklanan bilgi gecikmesine izin vermemesidir. Bir diğer avantajı ise kartlar eklenip çıkarılırken oluşabilecek hasarlanma ve kaybolma gibi durumların önüne geçilmiş olmasıdır. Temel dezavantajı ise malzeme ve bilgi akışı arasındaki bağlantının kaybolmasıdır. Bu da işçiler tarafından sisteme duyulan güveni azaltabilir.



Şekil 5.1: Örnek bir POLCA kartı.

İkinci önemli konu ise kontrol döngüleridir. A, B ve C şeklinde üç hücreden oluşan bir sistem ele alalım.



Şekil 5.2: Örnek bir POLCA sistemi (Riezbos, 2009).

Her hücrenin bir iç kuyruğu vardır. Hücrenin kapasitesi uygun hale gelene kadar bu kuyruktaki işlerin başlamasına izin verilmez. Ortalama hücre çıktı zamanı $1/\mu_i$ 'dir. Buradaki "i" hücreleri sembolize eder. İşler ise bu hücreleri belirli varış oranlarında (talep oranlarında) ziyaret ederler. Bu oran da λ ile gösterilir. İlk olarak, bir sonraki hücrede işlemin başlamasına yetki veren bir sinyal olması için ilk işe uygun bir POLCA eklenmesine ihtiyaç duyulur. Bu POLCA işin rotasına bağlı olarak eklenmelidir. Örneğimizdeki ilk POLCA A ve B rotasındaki ilk iki hücre arasında döngü yapar. $POLCA_{AB}$ kuyruğunda uygun olan hiçbir POLCA yoksa iş Q_{AB} kuyruğunda beklemeye başlar. Kısa bir süre sonra her iki kuyrukta da uygun olan birer eleman olduğunda POLCA işe eklenecek ve A hücresinin iç kuyruğuna ilerleyecektir. A hücresindeki işlem tamamlandıktan sonra hem iş hem de $POLCA_{AB}$, B hücresine ilerler. Ancak onların B hücresinin iç kuyruğuna girmesine izin verilmeden önce mevcut işe ilk olarak yeni bir POLCA eklenir. Bu POLCA, B hücresi ile rotadaki bir sonraki hücre arasında sağlanan yeni kontrol döngüsüdür. Bu örnekte B hücresinden sonra rotaya göre C hücresi vardır. Bu nedenle eklenmesi gereken yeni kart, $POLCA_{BC}$ 'dir. $POLCA_{BC}$ 'de uygun kart yoksa $POLCA_{AB}$ 'li iş Q_{BC} kuyruğunda bekleyecektir. Uygun kart geldiği zaman o da işe eklenecek ve iş üzerindeki iki adet POLCA ile işlem görmek için ilerleyecektir. B hücresindeki iş de

tamamlandıktan sonra POLCA_{AB} çıkarılır ve başlangıç hücresine geri döner. İş ise C hücresine ilerler. Burada da A ve B hücreleri arasında gerçekleşen döngü gerçekleşir. Bu yöntemin mantığı eğer B hücresinde bir kesinti ya da arıza yaşanırsa hiçbir POLCA_{AB} A hücresine geri dönmeyecek ve A'da tamamlanıp B'de işlem görmesi gereken hiçbir yeni işin başlamasına yetki verilmeyecektir. Eğer B hücresi darboğaz ise, muhtemelen POLCA_{AB}'lerin pek çoğu Q_{BC}'de bekleyecektir. Yani darboğaz hücrenin iç kuyruğu uzun olacaktır.

5.1.2. POLCA ve kanban

POLCA kartları dediğimiz üretim kontrol kartları, hücreler arasındaki malzeme hareketlerinin iletişimini sağlar ve kontrol eder. Bu durum Kanban ile benzerlik gösterirken bazı önemli farklılıkları da vardır. İlk olarak kartlar sadece hücreler arasındaki hareketi kontrol etmek için kullanılırlar; hücrelerin içlerinde kullanılmazlar. Bir hücre içindeki iş merkezlerinin arasındaki malzeme kontrolü için hücreler çeşitli yöntemler kullanmakta özgürdür. İkinci olarak POLCA kartları ürüne özgü olmak yerine, hücre çiftlerine atanırlar. Örneğin P1-F2-A4-S1 şeklinde hücrelerin olduğunu var sayarsak verilen bir sipariş P1/F2 – F2/A4 – A4/S1 çiftleri ile POLCA kart döngüsü üzerinden işlem görecektir. POLCA'nın Kanban'dan üçüncü farkı ise her hücre çifti için POLCA kartları her iki hücre arasındaki seyahat boyunca işin üzerinde kalır. Uygulama alanına göre karşılaştıracak olursak, klasik kanbanlar talebin dengeli ve düzenli olduğu çevrelerde uygulanmaya müsaitken, POLCA yöntemi sipariş (atölye) tipi üretim sistemleri için daha uygun bir alternatiftir. POLCA yöntemi atölye tipi yerleşimi (hücresel üretimi) de desteklemektedir.

5.2.Kısıtlar Teorisi ve DBR

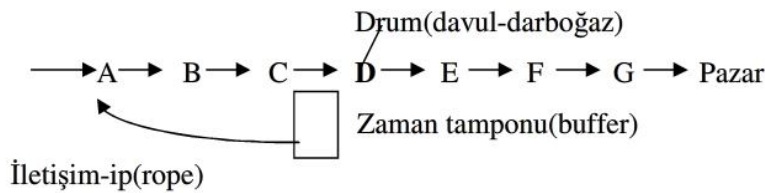
Drum-Buffer-Rope (DBR) metodu şu an pek çok organizasyona uygulanabilen, atölye tipi üretim yapan firmalarda daha iyi çizelgeleme ve karar vermeyi sağlayan bir metottur. DBR metodu 1980'lerin ortalarında Eliyahu tarafından ortaya atılan kısıtlar teorisine dayanmaktadır. Kısıtlar teorisi, sistemin kısıtlarına odaklanır. Kısıtların işletilmesi sağlanır ve sistemin geri kalan elemanlarının üzerinde bu

kısıtların etkilerine odaklanır. Sistemlerin içerisinde bir takım kısıtlar her zaman var olur; bunlar zaman ve kapasite kısıtları olabilir. Bir kısıt yok edildiğinde bir başka kısıt ele alınır ve sürekli iyileştirme süreci sağlanmış olur. Kısıtlar teorisinin üç temel bileşeni vardır. Bunlar lojistik, performans ölçümü ve mantıksal düşünme bileşenleridir. DBR ve tampon yönetimi ise bu bileşenlerden lojistik bileşenin alt başlığıdır. (Demirel, 2007)

5.2.1. DBR metodu ve tampon yönetimi

Kısıtlar teorisinin üretim sistemlerine uygulanmış haline “senkronize üretim” denmektedir. Bu sistem, üretim süreçlerinin bir arada ve uyum içerisinde çalışması esasına dayanmaktadır. Sistemin amacı, bağımlı parçaların akış hızlarını darboğazlı kaynakta ki üretim hızına uyacak şekilde senkronize eden programlar hazırlamaktır. Senkronize üretim sistemlerinde DBR mekanizması, bu sistemlerin atölye düzeyindeki üretim kontrol mekanizması olarak kabul edilmektedir. (Demirel, 2007) Genellikle siparişe göre üretim yapan (atölye tipi) firmalar da darboğaz kaynakların varlığı ve üretimi ciddi manada kısıtlaması; ayrıca stokless çalışmanın çeşitli sebeplerden oldukça zor olması, bizleri bu tip bir üretim kontrol mekanizmasını incelemeye itmiştir.

DBR'nin amacına kısaca siparişlerle ürün akışını uyumlu hale getirmektir diyebiliriz. DBR'ye göre üretim sistemlerinin tamamında, ürünün sistemdeki ilerleyişini kontrol etmek için bazı kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Eğer sistemde bir darboğaz varsa bu darboğaz en iyi kontrol noktasıdır. Buna da Drum denir. Bu kaynak sistemin hızını belirleyen kaynaktır. Bir nevi sistem üzerinde trompet vuruşu yapmaktadır. Şayet sistemde darboğaz yoksa en iyi kontrol yeri kapasite kısıtlı kaynak yeri (CCR)'dir. Bu yerler dikkatli planlanmazsa darboğaza dönüşebilirler. Eğer sistemde her iki tip kaynak da yoksa kontrol noktası herhangi bir yer seçilebilir.



Şekil 5.3: Örnek bir DBR sistemi (Demirel, 2007).

Bu örnekte D kaynağı darboğaz olsun. Eğer kontrol edilmez ise önünde birçok yarı mamul stoğu birikecektir. Bu darboğaz kaynakla ilgili yapılması gereken bazı şeyler vardır.

- Darboğaz kaynağın önünde kaynağın sürekli çalışmasını sağlamak için Buffer (Tampon) oluşturulabilir. Böylelikle darboğaz olan kaynaktan önceki yerlerde sıkıntı olursa bu kaynakta üretim kesilmemiş olur.
- Yapılabilecek bir diğer şey ise A kaynağının D kaynağının üretebileceği kadar üretmesini sağlamak olabilir. Bu şekilde stokların birikmesi önlenmektedir.

Tamponlar zaman ve stok tamponları olarak iki çeşit olabilmektedir. Karmaşık DBR'lerde her iki tipten tampon da sisteme entegre edilebilir. Zaman tamponları da kendi içinde "koruyucu tamponlar" ve "nakledici tamponlar" olarak ikiye ayrılır. Koruyucu tamponlar, üretim hattının başı ile sistem kısıtı arasında iken nakledici tamponlar, üretim hattının sonu ile sistem kısıtı arasındadır.

DBR yaklaşımında zaman tamponunu dikkate almak çok önemlidir. Çünkü zaman tamponları atölye tipi üretimde temin süresi hesaplanırken özellikle tanımlanan bir yerdir. (Rajamramasamy ve diğ, 2010)

$$P_{lt} = \sum (p + S_t) + T_b$$

P_{lt} : Planlanan teslim tarihi

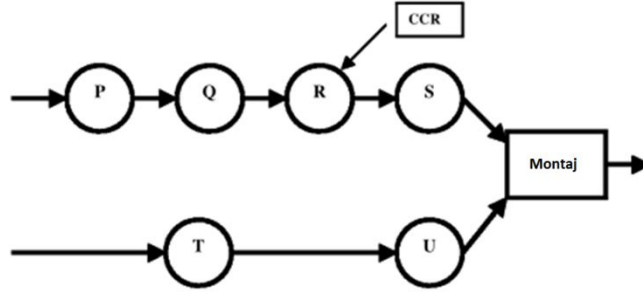
p : İşlem süresi

S_t : Hazırlık zamanı

T_b : Zaman tamponu

Sistemdeki tüm kaynakların eşzamanlılığını korumak için kritik kontrol noktaları arasındaki iletişimi sağlamaya ise Rope (İp) denir. İpin en önemli işlevi, davul programını desteklemek için sistemin içine doğru zamanda doğru malzemeleri yerleştirmektir.

Eğer “davul” darboğazlı bir kaynak değil de CCR ise sistemin iki farklı yerinde stok oluşturmaya ihtiyaç olabilir. Bir tampon CCR’nin önüne, diğer tampon da mamul stoku olarak sistemin en sonun konulacaktır.

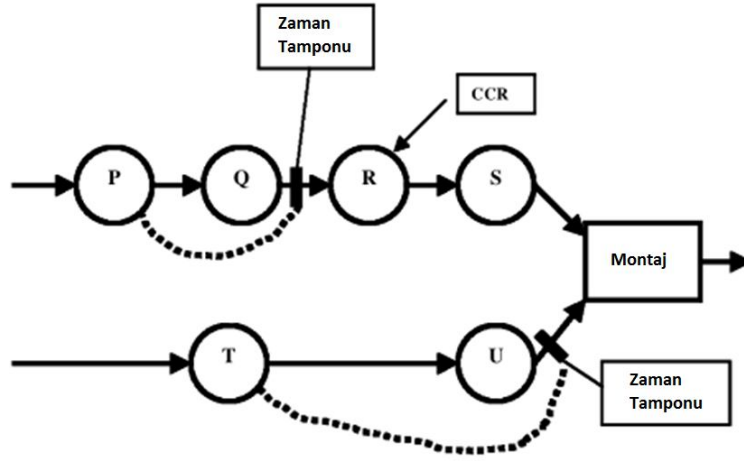


Şekil 5.4: Örnek bir DBR uygulaması (öncesi) (Rajamramasamy ve diğ., 2010).

Şekildeki sistemde iş merkezlerinin kapasiteleri şu şekildedir:

- P = 550 birim/hafta
- Q = 500 birim/hafta
- **R = 350 birim/hafta (CCR)**
- S = 550 birim/hafta
- T = 500 birim/hafta
- U = 450 birim/hafta
- Montaj = 400 birim/hafta

Sistemin CCR’si R kaynağıdır ve sisteme 2 adet zaman tamponu aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi konulmuştur. Sonuç olarak ise sistemden 350 parça çıkmaktadır. Burada zaman tamponlarının ve iplerin amacı bu 350 parça çıktısını kesin olarak sağlamak, sistemin diğer kaynaklarından dolayı daha az çıktı almayı engellemektir.



Şekil 5.5: Örnek bir DBR uygulaması (sonrası) (Rajamramasamy ve diğ, 2010).

5.2.2. DBR ve kanban

Üretim kontrol mekanizması olarak DBR ile Kanban metotlarını karşılaştıracak olursak arada belirgin farklılıkların olduğunu gözlemlemek oldukça olağandır. Öncelikle yalın üretim ve kanban metodu bir çekme sistemidir. Kısıtlar teorisinin geliştirmiş olduğu DBR metodu ise kısıt öncesinde itme, kısıt sonrasında çekme sistemidir. Eğer ki sistemin kısıtı pazardan kaynaklanan bir kısıt ise tamamen çekme sistemi olarak çalışmaktadır. Ayrıca DBR, kanban sistemine göre daha esnektir ve değişikliklere daha kolay adapte olabilmektedir. Bu da kanban yöntemine göre sipariş (atölye) tipi çalışan sistemlerde daha uygulanabilir bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Stoklara bakış açısından bakarsak da iki metot arasında farklılıklar mevcuttur. Kanban'da sıfır stok hedeflenmektedir. Kısıtlar teorisi ve DBR metodu da stokla çalışmayı sevmez. Ancak bu metot, program dışı çalışmama ve arıza sürelerini minimum seviyeye çekmek için kısıtın önüne güvenlik tamponu koymayı önerir. Bundan dolayı, DBR metodu daha yüksek kısıt kullanımı ve daha büyük nakit girdi-süreç seviyesine neden olmaktadır. Ancak darboğaz yok ise, Kanban'da olduğu gibi sıfır seviyesine yakın stokla çalışmak desteklenen durumdur.

Darboğaz kaynakta kapasiteyi optimize etmek için ve darboğaz olmayan kaynakların çıktılarını kontrol etmek için DBR olarak bilinen bu üçlü sistem uygulanmalıdır. Bu yaklaşım yöneticilere, gereksiz stok artışı olmadan darboğaz kaynağın kapasitesine

bağlı olarak sistemin tamamının etkinliğinin optimize edilmesine olanak sağlamaktadır.

6. SİPARİŞE GÖRE ÜRETİM YAPAN BİR FİRMADA POLCA UYGULAMASI

Uygulama için seçilen firma İstanbul'da bulunan bir hidrolik valf üreticisidir. Bu firma üretimini siparişe göre üretim biçiminde gerçekleştirmektedir ve büyüklük olarak KOBİ sınıfına girmektedir. Firma üretim kontrolü olarak geleneksel itme kontrol yaklaşımını benimsemiştir. Aile şirketi olarak değerlendirilebilecek bu firmada, firma sahipleri tarafından yalın üretim felsefesine karşı bir ilgi oluşmuş ve bu durum kendi sistemlerinde yalın üretim tekniklerinin ne derece uygulanabileceği problemini ortaya çıkarmıştır.

Yalın üretim konusunda bu güne kadar yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde daha çok kitlesel üretim gerçekleştirilen firmalarda, talebin dengeli ve düzenli olduğu sistemlerde uygulandığı gözlemlenmiştir. Mevcut sistemin farklı ürün tiplerini değişken talepler doğrultusunda ürettiği düşünüldüğünde nasıl bir uygulama yapılabileceği araştırma konusu olmuştur.

Bu bölümde öncelikle mevcut üretim sisteminin özellikleri, üretilen ürünler ve üretim süreçleri hakkında bilgiler verilecektir. Daha sonra mevcut üretim sistemi belli varsayımlar altında Arena 11.0 programı üzerinde modellenerek bir benzetim çalışması yapılacak ve yapılan çalışma sonucunda sistemin mevcut durumu analiz edilecektir. Bu benzetim çalışmasının ardından firmada mevcut olan item üretim kontrol sistemine alternatif olarak sunulan POLCA üretim kontrol tekniğinin firmaya uygulanmasını içeren bir sistem modellenerek Arena 11.0 programı üzerinde benzetim çalışması yapılacaktır. Bu çalışmanın sonuçları ile mevcut durumun sonuçları karşılaştırılarak önerilen POLCA sisteminin firmaya sağlamış olduğu kazanımlar ortaya konulacaktır.

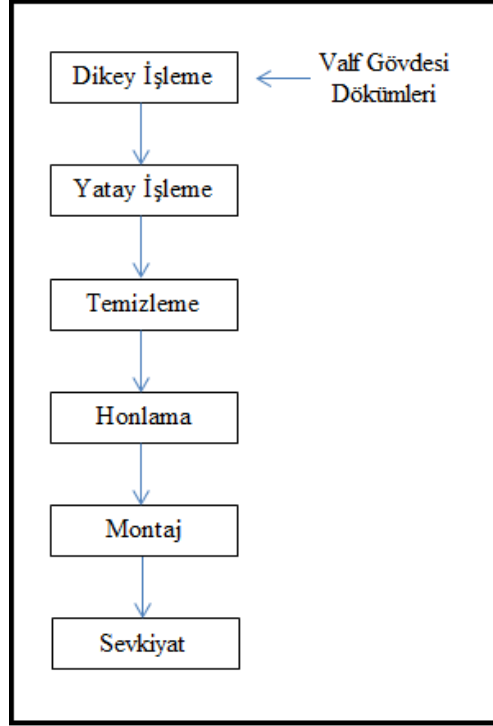
6.1.Seçilen Üretim Sisteminin Mevcut Durum Analizi

Uygulama için seçilen firma bünyesinde çeşitli özelliklerde hidrolik valf üretimi gerçekleştirmektedir. Firma ağırlıklı olarak ihracata yönelik üretim yapmaktadır. Son 3 yılın verileri incelendiğinde gelen siparişlerin %80'inden fazlasının yurt dışından geldiği görülmüştür. Firma üretim sistemi olarak atölye tipi üretim gerçekleştirmektedir.

Firmada siparişler satış departmanına gelmektedir. Siparişleri alıp onaylayan satış bölümü, gelen siparişlerin bilgisini talaşlı üretim bölümünden sorumlu olan üretim şefine ve satın alma departmanına aktarmaktadır. Satın alma çalışanı, gelen siparişlerin üretimi için gereken gövde ihtiyaçlarını dışarıdan temin etmek için gövde tedarikçi ile görüşür ve ihtiyaçları kadar valf gövdesi talep eder. Bu valf gövdeleri firma için en önemli hammadde sayılmaktadır.

Valf dökümleri dökümcüden geldikten sonra üretim şefi gelen siparişler doğrultusunda bu dökümleri üretim hattına dahil eder. Bu aşamada firmanın üretim hattını incelemekte fayda vardır.

Firma 13 çeşit hidrolik valf üretmektedir. Bu valfler, içerisinden geçmesine izin verdiği sıvı hacmi, göz sayısı gibi özellikler bakımından çeşitlenmiş durumdadır. Bu 13 çeşit ürünün tamamı benzer bir üretim sürecine sahiptir. Firmadaki valflerin üretim süreci Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1: Mevcut ürün akış diyagramı.

Firmanın üretmiş olduğu 13 tip ürün de ürün akış diyagramında yer alan üretim birimlerinden geçmektedir. Dikey İşleme ve Yatay İşleme, talaşlı imalat bölümünün en önemli işlemleri olarak görülmektedir. Üretim sisteminde dikey işleme ve yatay işleme merkezleri şeklinde tanımlanan birimlerde aynı işlevsellikte üçer adet CNC makine bulunmaktadır. Üretim şefi, gelen siparişleri dikey işleme merkezinde bulunan üç makine boş olana; boş makine yoksa bekleme kuyruğunda en az sipariş bulunan makineye atar. Bu atama yapıldıktan sonra ilgili siparişin dökümleri atama yapılan makine kuyruğuna girer. Sistemde bulunan 3 dikey işleme makinesi de tüm ürünleri işleyebilmektedir ve üretim sürelerinde makineye bağlı herhangi bir fark mevcut değildir.

Dikey işleme merkezinde işlenmiş olan gövdeler daha sonra yatay işleme merkezindeki 3 adet makineden boş olan; boş makine yoksa bekleme kuyruğunda en az sipariş bulunan makineye atar. Bu atama sonrası dikey işleme merkezinden gelen herhangi bir siparişe ait gövdeler, yatay işleme işlemlerini de gerçekleştirerek temizleme bölümüne aktarılır. Tıpkı dikey işleme merkezinde olduğu gibi yatay

işleme merkezindeki makineler de tüm ürün tiplerini aynı işlem süresi ile işleyebilmektedirler.

Temizleme bölümü tüm ürünlerin dikey ve yatay işlemler sonrası uğramış olduğu bölümdür. Burada talaşlı imalattan çıkmış olan parçaların spul deliklerinde kalmış olan çapak alma işlemleri gerçekleştirilerek honlamaya hazır hale getirilirler. Bu işlem tek bir temizlik görevlisi tarafından gerçekleştirilmekte ve çok zaman almamaktadır. Temizleme bölümünde işleri biten gövdeler honlama bölümüne gönderilir.

Honlama bölümü sistem içindeki en büyük problemi teşkil eden bölümdür. Gerek honlama işleminin her ürün tipi için zaman alıcı olması; gerekse sistemde sadece bir tane honlama makinesi bulunması bu bölümü adeta bir darboğaz noktası haline getirmiştir. Gelen tüm gövdeler montaja girmeden önce spul deliklerinin tamamen pürüzsüzleşmesi ve bu deliklere spulların takılması için honlama biriminden geçmektedir. Tüm siparişlere ait gövdeler bu bölümdeki tek kaynağın üzerinden geçmek zorunda olduğu için kaynak önünde uzun kuyruklar ve ara stoklar oluşmaktadır. Firmanın üretim hattında çözmeye çalıştığı en önemli sorunlardan biri de honlama makinesi önünde oluşan yüksek ara stok miktarı ve kuyruk uzunluğudur.

Honlama bölümünde spul delikleri pürüzsüzleşerek spulları takılan valf gövdeleri montaj bölümüne geçer. Montaj bölümünde iki montaj masası bulunmakta ve montaj elemanları gelen valf gövdelerine çeşitli yan parçaları takarak sevkiyata hazır hale getirirler. Böylelikle üretim süreci tamamlanmış olur.

Sistemin dikkate alınması gereken özelliklerinden biri de, sistem içinde dolaşan valf gövdelerinin siparişlere bağlı şekilde hareket etmesidir. Örneğin firmaya 6. tip üründen 120 adet sipariş geldiğinde bu 120 adet valfin gövdesi hammadde olarak dökümcüden getirilir ve dikey işlemleri için bir dikey işleme makinesinin kuyruğuna alınır. Bu aşamadan sonra bu 120 adet 6. tip valf gövdesi sistem içinde asla ayrılmaz ve montajdan çıkana kadar birlikte hareket eder.

Firma bu üretim hattı içerisinde üretim kontrolünü geleneksel itme sistemine uygun şekilde gerçekleştirmektedir. Sipariş geldikten sonra tedarik edilen gövdeler, dikey

işleme merkezine girdikten sonra sevkiyata kadar sürekli önceki bölümün gövdeleri işleyerek bir sonraki bölüme itmesi prensibine göre ilerler. Bu durumda firma içinde yüksek ara stok seviyelerine neden olmaktadır. Bu da firma tarafından problem olarak algılanmakta ve çözülmek istenmektedir.

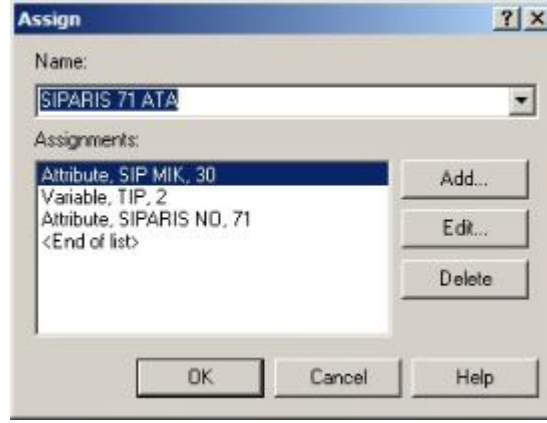
6.2.Mevcut Durum Simülasyonu

Firmanın itme sisteminin sonucu olarak yaşamış olduğu yüksek ara stok ve yüksek bekleme süreleri gibi problemleri daha iyi görebilmek adına öncelikle mevcut durumun benzetim çalışması yapılacaktır. Benzetim çalışması yapılırken Arena 11.0 paket programından yararlanılacak ve bu program üzerinde model kurulacaktır.

Mevcut sistemin modellenmesine geçmeden önce mevcut sistemin verilerini ve modelde yapılacak olan varsayımları aktarmakta fayda vardır.

Arena modelini kurmak için sisteme gelen gerçek siparişlerden faydalanılmış ve gerçek zaman verileri kullanılmıştır. Firmanın net çalışma süresi 10 saattir. İlk olarak bu süre modele aktarılmıştır.

Firmanın üretmiş olduğu 13 tip ürün için 4 aylık bir sipariş listesinden yola çıkılarak toplam 109 farklı sipariş gelişi oluşturulmuştur. Sisteme gelen ilk sipariş 1.günün başında sisteme giriş yapıyorken 109.sırada gelen sipariş 117.günün başında sisteme giriş yapmaktadır. Gelen her siparişe ürünün tipi ve siparişin miktarı atanmakta (Şekil 6.2), daha sonra sistem içinde siparişlerin bir bütün olarak hareket edebilmeleri için “Batch” modülü kullanılarak siparişler geçici olarak bir bütün haline getirilmektedir. Bir bütün haline getirilen siparişler üretim birimlerinden geçerken birim işlem süreleri atanan sipariş miktarı ile çarpılarak hesaplanacaktır.



Şekil 6.2: Model üzerinde örnek bir sipariş ataması.

13 tip ürünün farklı üretim birimlerindeki işlem süreleri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Bu işlem sürelerinin tamamı Arena programının “Expression” kısmında tanımlanmıştır. Ayrıca bu 4 birimdeki işlem sürelerinin sabit olduğu ve değişiklik göstermediği varsayılmıştır.

Çizelge 6.1: Ürün tiplerinin işlem süreleri.

Ürün Tipi	İşlem Süreleri (sn)			
	Dikey İşleme	Yatay İşleme	Honlama	Montaj
1	204	528	180	90
2	305	417	360	180
3	285	603	540	270
4	361	748	720	360
5	310	1425	900	450
6	354	1680	1080	540
7	380	823	180	90
8	384	962	360	180
9	420	1212	540	270
10	436	1872	900	450
11	417	3123	1080	540
12	154	240	180	90
13	142	322	180	90

Çizelge 6.1’de yer almayan tek üretim birimi temizleme bölümüdür. Temizleme bölümünde tüm ürünler için aynı işlem süresinin geçerli olduğu gözlemlenmiştir ve gözlenen değerlerin üçgensel dağılıma uygun bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Mevcut durum modellenirken de temizleme işlem süresi her ürün tipi için 40-60-75 (sn) üçgensel dağılımı şeklinde kabul edilmiştir. Bu da temizleme sürelerinin en az 40 sn, en fazla 75 sn, en yaygın şekilde de 60 sn sürdüğü anlamına gelmektedir.

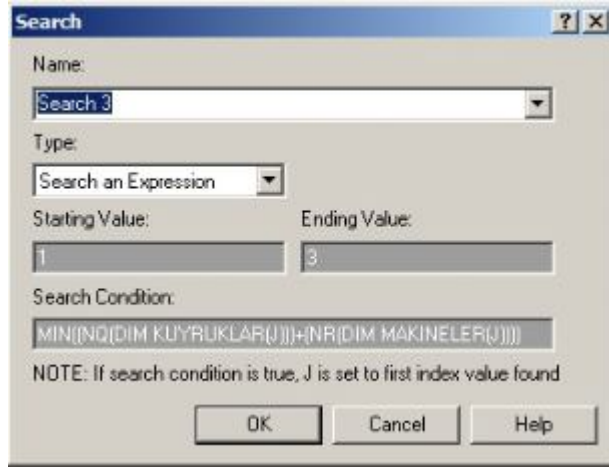
İşlem süreleri ile ilgili modele yansıtılan bir diğer konu da dikey ve yatay işleme makinelerinde yaşanacak olan hazırlık süreleridir. Dikey ve yatay işleme merkezlerinde bulunan toplam 6 makinenin her biri, bir ürün tipinden başka bir ürün tipine geçerken hazırlık işlemi gerçekleştirmektedir. Bu süreler dikey işleme merkezindeki 3 makinenin her biri için 1 saat, yatay işleme merkezindeki 3 makinenin her biri içinse 1.5 saattir. Bu süreler makinelerin işlem süreleri tanımlanırken Şekil 6.3’deki gibi modele yansıtılmıştır. Makinelerin işlediği ürün ile bir sonraki işleyeceği ürünün farklı olup olmadığını anlaması ise makinelerin sonrasına “Çıkan Tip Ata” adında bir atama modülü konularak sağlanmıştır.

The image shows a software interface with two sections. The top section is titled "Dikey İşleme Makineleri" and contains an "Expression:" label followed by a dropdown menu with the formula "SIP MIK*DIKEY ISLEM SURELERI(TIP)+[CIKAN TIP<>TIP]*3600". The bottom section is titled "Yatay İşleme Makineleri" and contains an "Expression:" label followed by a dropdown menu with the formula "SIP MIK*YATAY ISLEM SURELERI(TIP)+[CIKAN TIP<>TIP]*5400".

Şekil 6.3: Hazırlık sürelerinin modele aktarımı.

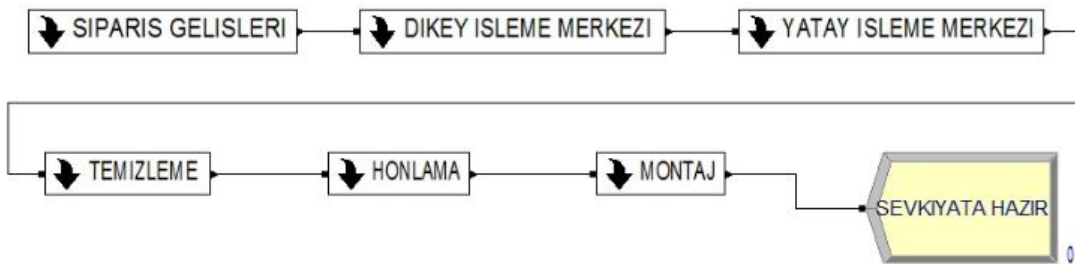
Dikey ve yatay işleme merkezlerinde üçer adet makine bulunduğu için gelen siparişlerin hangi makinede işlenmesi gerektiğini belirlemek için bir kural tanımlamak gerekmektedir. Bu da modelde dikey ve yatay işleme makinelerinin önüne konulan bir “Search” modülü yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Gerçek sistemdeki gibi makinelerde işlem gören sipariş ve makinelerin kuyruklarında bulunan sipariş sayısı toplamı en düşük makine, sıradaki sipariş için atanmakta, sipariş o makinenin kuyruğuna girmektedir. “Search” modülünün nasıl tanımlandığı

Şekil 6.4’de görülmektedir. Gelen siparişler arama şartına göre en düşük değeri sağlayan makinenin kuyruğuna girmektedir.



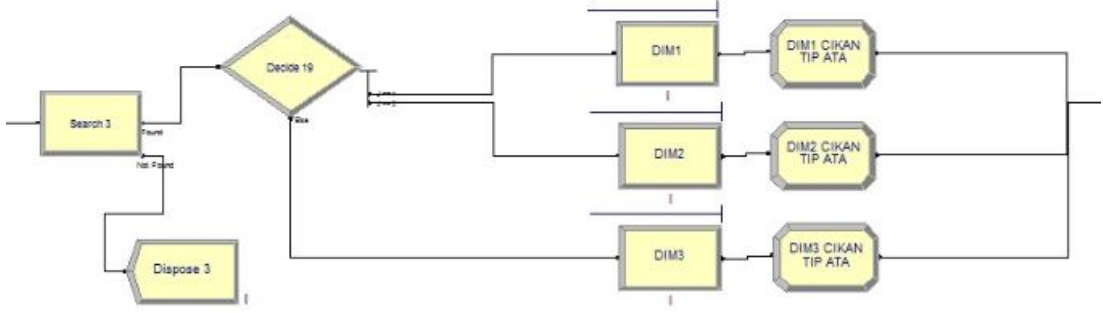
Şekil 6.4: Dikey ve yatay işleme merkezlerinde makine seçme kuralı.

Dikey ve yatay işleme merkezleri modellendikten sonra temizleme, honlama ve montaj bölümleri de modele eklenerek “Dispose” modülü ile sevkiyata hazır hale gelen ürünler sistemden çıkarılmaktadır. Yalnız siparişler sistem içerisinde bir grup halinde dolaşabilsinler diye siparişler sisteme girdikten sonra “Batch” modülü ile bir bütün haline getirildiğinden sistemden çıkarmadan önce “Seperate” modülü ile sipariş miktarı kadar ayrılmakta ve sistemden sipariş büyüklüğü kadar parça halinde çıkarılmaktadır. Arena üzerinde modellenen mevcut sistem Şekil 6.5’de gösterilmektedir.



Şekil 6.5: Mevcut durum modelinin genel görüntüsü.

Şekil 6.6’da ise dikey işleme merkezinin görüntüsü verilmektedir. Yatay işleme merkezi de 3 makineden oluştuğu için Şekil 6.6’da gösterilen dikey işleme merkezi modeli ile tıpatıp benzer bir yapıdadır.



Şekil 6.6: Dikey işleme merkezi modelinin genel görüntüsü.

Modelin koşturulmasından önce bazı ön varsayımların aktarılması gerekmektedir. Bu varsayımları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Siparişler her 120 günde bir tekrar etmektedir.
- Günlük çalışma süresi 10 saat olarak hesaplanmıştır.
- Sistemin ilk 117 günlük periyodu “warm up” süresi olarak tanımlanmış, bu süre modelin ısınması için değerlendirilmiştir.
- Temizleme bölümünün işlem süreleri üçgensel dağılıma uyarlanmış, diğer bölümlerin işlem süreleri sabit kabul edilmiştir.
- Makinelerin %100 kapasite ile çalıştığı varsayılmış, makine arızalanmaları ihmal edilmiştir.
- Dikey işleme makineleri DIM1, DIM2, DIM3; yatay işleme makineleri YIM1, YIM2, YIM3 şeklinde belirtilmiştir.

Bu varsayımlar altında hazırlanmış olan model, toplamda 117 günü kapsayan siparişlerin 25 kez tekrarlandığı 2925 günlük bir periyotta koşturulmuştur.

Ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki durumlar açısından değerlendirilmiştir:

- Sistemden çıkan ürün sayısı
- Siparişlerin proseslerde geçirmiş olduğu ortalama süreler (katma değerli süre - bekleme süresi - toplam süre)
- Proses kuyruklarındaki ortalama bekleme süreleri
- Proses kuyruklarındaki ortalama bekleyen sipariş sayıları
- Her ürün tipi için ortalama süreç içi stok miktarı

Mevcut Durum Simülasyon Sonuçları

Mevcut durum modeli önceki bölümde belirtilen varsayımlar ve koşullar altında koşturulduktan sonra sistemden çıkan toplam ürün sayısı 179.182 olmuştur. Çıkan ürünler tiplerine göre Çizelge 6.2'deki gibidir.

Çizelge 6.2:Sistemden çıkan ürün sayıları (Mevcut Durum).

Tip	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Çıkan Ürün	13914	43802	20142	5668	4648	4371	15394	19167	1685	276	282	33611	18725

Siparişlerin proseslerde geçirmiş oldukları süreler ise 3 farklı açıdan bakılabilir. Bunlar prosesler üzerinde gerçekleştirilen katma değerli işlerin süresi, bekleme süreleri ve toplam geçirmiş oldukları süredir. Sipariş başına proseslerde geçen süreler Çizelge 6.3'de saat cinsinden verilmiştir.

Çizelge 6.3: Sipariş başına proseslerde geçen ortalama süreler (Mevcut Durum).

Prosesler	İşlem	Bekleme	Toplam
DIM1	6.0503	3.0965	9.1468
DIM2	5.7653	2.7778	8.5430
DIM3	6.5001	2.0855	8.5856
HONLAMA	6.3914	32.1901	38.5814
MONTAJ	3.1582	1.8481	5.0064
TEMİZLEME	1.1579	0.2311	1.3890
YIM1	12.4834	14.1565	26.6398
YIM2	13.2849	15.3068	28.5918
YIM3	13.5911	17.4457	31.0368

Mevcut durumda proses kuyruklarındaki ortalama bekleme süreleri (saat cinsinden) ve ortalama bekleyen sipariş sayıları da Çizelge 6.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.4:Kuyruklardaki ortalama bekleme süreleri ve bekleyen sipariş sayıları
(Mevcut Durum).

Kuyruklar	Bekleme Süresi	Bekleyen Sip. Sayısı
DIM1.Queue	3.0994	0.1240
DIM2.Queue	2.7742	0.07676460
DIM3.Queue	2.0892	0.04605487
HONLAMA.Queue	32.1814	2.8732
MONTAJ.Queue	1.8474	0.1647
TEMİZLEME.Queue	0.2311	0.02066534
YIM1.Queue	14.1433	0.5416
YIM2.Queue	15.3068	0.4257
YIM3.Queue	17.4457	0.4076

Her ürün tipi için ortalama süreç içi stok (WIP) miktarları ve sistem içerisinde geçirdiği ortalama toplam süre Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5: Ürün tipine göre ortalama WIP miktarları ve sistemde geçen toplam süreler (Mevcut Durum).

Ürün Tipi	Ortalama WIP Miktarı	Sistemde Geçen Ortalama Toplam Süre (sa)
1	45.2876	91.2783
2	241.62	155.50
3	81.0382	113.92
4	16.5816	82.3000
5	15.7091	95.8299
6	22.6817	145.90
7	95.0088	174.37
8	77.6933	112.97
9	4.4479	73.8266
10	0.05203836	5.3200
11	1.0403	103.59
12	127.24	106.03
13	96.0691	144.43

6.3.POLCA Uygulamasının Simülasyonu

Firmanın mevcut itme üretim kontrol sistemi ile üretim yapması, pek çok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların en önemlileri süreç içi stok miktarlarının yani ara stokların oldukça falza olması, proseslerin önünde oluşan uzun kuyruklar ve yüksek temin süreleridir.

Bu sorunları çözmek ve firmaya yalın üretim sistemini uygulayabilmek adına itme sistemi yerine yalın üretimin üretim kontrol tekniği olan çekme sistemi uygulaması yapmak düşünülmüştür. Tezin önceki bölümlerinde anlatılanlar dikkate alındığında, klasik kanban çekme sistemlerinin talebin düzensiz ve değişken olduğu, ürün çeşitliliğinin fazla olduğu sistemlerde uygulanabilir olmadığı görülecektir. Firmada, klasik kanban sistemi yerine siparişe göre üretim yapan sistemlerin karakterine daha uygun olduğu görülen POLCA çekme sistemi uygulanacaktır.

Çekme sistemi üretim içi stoku azaltırken, itme ile aynı miktarda çıktıyı sağlamaktadır (Hopp ve Spearman, 2001). Buna bağlı olarak da uygulandığı sistemlere temin sürelerinde düşüş ve müşteriye daha hızlı tepki verme imkânı sağlamaktadır. POLCA sisteminin detaylı tanımı ve nasıl işlediği tezin ilgili bölümünde anlatılmıştır.

POLCA sisteminde, her müşteri siparişinin bir POLCA kartı ile işlem görmesi ideal olan durumdur. Sisteme giren siparişler işlem görmeye başlamadan önce bir POLCA kartı ile eşleşir ve o şekilde işlem görür. Sipariş ikinci işleme geçtiğinde POLCA kartını yanında taşır ve ikinci işlem için de bir POLCA kartı üzerine eklenir. Bu şekilde sipariş ikinci işlemini üzerinde 2 adet POLCA kartı ile gerçekleştirmiş olur. İkinci işlemini tamamlayan sipariş üçüncü işleme geçeceği sırada ilk işlemde eklenen POLCA kartı serbest kalarak başka bir siparişi birinci işleme sokmak için geri döner. POLCA sisteminin istenen şekilde çalışabilmesi için bir çalışma sistematığının kurulması ve işletilmesi şarttır. Malzeme ve bilgi akışının etkin şekilde sağlanması buna bağlıdır.

POLCA modellenmesine geçilmeden önce, mevcut durum modeli ile aynı kalacak olan parametreler açıklanacaktır. Daha sonrasında modelin POLCA uygulamasına nasıl adapte edildiği gösterilecek ve POLCA modelinin sonuçları verilecektir.

POLCA modelinde, mevcut durum modelinde kullanılan tüm sipariş ve proses bilgileri aynen kullanılacaktır. Yine 1. günden 117. güne kadar toplam 109 sipariş sisteme gelecek ve bu siparişler aynı işlem birimlerinden aynı işlem süreleri ile geçerek sevkiyata hazır hale gelecektir.

POLCA modelinin getirmiş olduğu yenilik siparişlerin sistem içerisine bırakılması noktasında olacaktır. Bu modelde gelen siparişler dikey işleme makinelerinden birinin kuyruğuna girmeden önce bir POLCA kartı ile birleştirilmek zorundadır. POLCA kartı ile eşleşmeyen hiçbir siparişin üretimine izin verilmez. Böylelikle gereğinden fazla süreç içi stok oluşmasının önüne geçilmek hedeflenmektedir. Yeni modelde üretim birimleri arasında POLCA kart ikililerinin gelişleri yeni “Create” eklemeleri ile tanımlanmıştır. Dikey işleme ve yatay işleme arasında POLCA-DY; yatay işleme ve temizleme arasında POLCA-YT; temizleme ve honlama arasında POLCA-TH; son olarak honlama ve montaj arasında POLCA-HM kartları tanımlanarak sisteme ilk anda eklenmiştir.

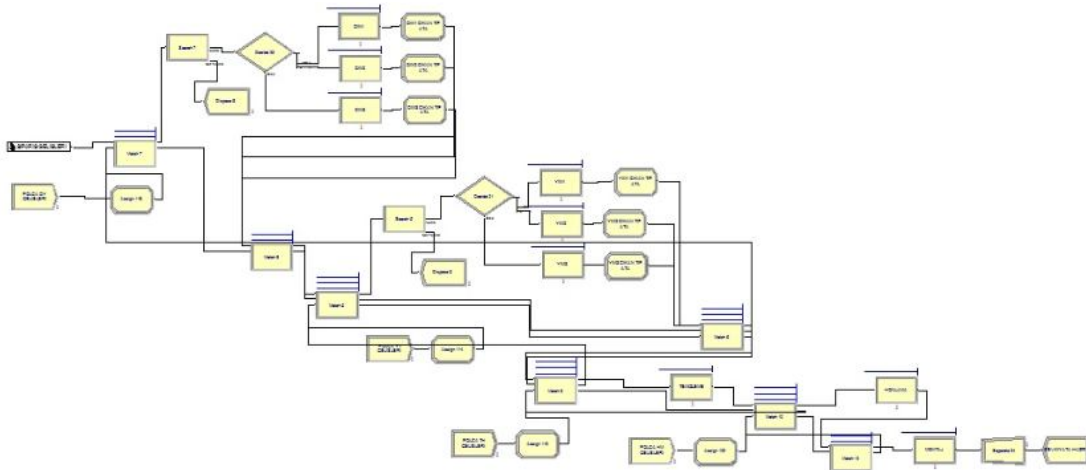
Böylelikle sisteme gelen siparişler POLCA-DY havuzundaki kartlardan biri ile eşleşerek dikey işleme makinelerinden birine geçmektedir. Eğer kart havuzlarında mevcut kart yoksa gelen siparişler üretime geçmeyerek beklemektedirler. Bu nedenle POLCA kart havuzundaki kartların olabildiğince düşük olmasında fayda vardır. Bu modelde; POLCA-DY sayısı 6, POLCA-YT sayısı 3, POLCA-TH sayısı 6 ve POLCA-HM sayısı 2 olarak kabul edilmiştir. Sistemde üçer adet dikey ve yatay işleme makinesi olduğu için bu birimlerdeki POLCA kartı sayıları 3 ve üzerinde olmalıdır. POLCA-DY kartı, siparişlerin sistem içerisine dahil edilmesini sağladığı için ve yatay işleme merkezinin dikey işleme merkezine nazaran daha uzun işlem sürelerine sahip olması dolayısıyla her makinede birer siparişin kuyruğa alınmasının çok sakıncalı olmayacağı kanaatine varılmıştır. Bu nedenle 3 makinenin bulunduğu dikey işleme merkezine siparişlerin aktarılması konusunda gerekli olan POLCA kart havuzunda 6 adet POLCA kartı bulundurulması kararlaştırılmıştır. Böylelikle en fazla 6 adet sipariş aynı anda sistem içerisinde hareket edebilecektir. Ayrıca honlama bölümü darboğaz niteliği taşıdığı ve tek kaynak kullandığı için bu bölüme giriş yetkisi veren POLCA kart sayısı 2 ile sınırlandırılmıştır.

Siparişler ve POLCA kartlarını eşleştirebilmek için Arena modelinde “Match” modülü kullanılmıştır. Siparişe eklenen kart, sipariş ile birlikte iki proses ilerledikten sonra tekrar ait olduğu kart havuzuna dönerek başka bir siparişi iki proses ilerletmek üzere siparişin üzerine eklenir.

POLCA uygulamasının mevcut duruma adapte edilmiş hali Şekil 6.7’de gösterilmektedir.

Modelin koşturulmasından önce bazı ön varsayımların aktarılması gerekmektedir. Bu varsayımları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Siparişler her 120 günde bir tekrar etmektedir.
- Günlük çalışma süresi 10 saat olarak hesaplanmıştır.
- Sistemin ilk 117 günlük periyodu “warm up” süresi olarak tanımlanmış, bu süre modelin ısınması için değerlendirilmiştir.
- Temizleme bölümünün işlem süreleri üçgensel dağılıma uyarlanmış, diğer bölümlerin işlem süreleri sabit kabul edilmiştir.
- Makinelerin %100 kapasite ile çalıştığı varsayılmış, makine arızalanmaları ihmal edilmiştir.
- Dikey işleme makineleri DIM1, DIM2, DIM3; yatay işleme makineleri YIM1, YIM2, YIM3 şeklinde belirtilmiştir.



Şekil 6.7: POLCA uygulaması modelinin genel görüntüsü.

Bu varsayımlar altında hazırlanmış olan model, toplamda 117 günü kapsayan siparişlerin 25 kez tekrarlandığı 2925 günlük bir periyotta koşturulmuştur.

Ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki durumlar açısından değerlendirilmiştir:

- Sistemden çıkan ürün sayısı
- Siparişlerin proseslerde geçirmiş olduğu ortalama süreler (katma değerli süre - bekleme süresi - toplam süre)
- Proses kuyruklarındaki ortalama bekleme süreleri
- Proses kuyruklarındaki ortalama bekleyen sipariş sayıları
- Her ürün tipi için ortalama süreç içi stok miktarı

POLCA Uygulaması Simülasyon Sonuçları

POLCA uygulaması modeli önceki bölümde belirtilen varsayımlar ve koşullar altında koşturulduktan sonra sistemden çıkan toplam ürün sayısı 179.398 olmuştur. Çıkan ürünler tiplerine göre Çizelge 6.6'daki gibidir.

Çizelge 6.6: Sistemden çıkan ürün sayıları (POLCA).

Tip	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Çıkan Ürün	13914	43829	20142	5668	4638	4371	15394	19368	1685	276	282	33611	18725

Sipariş başına proseslerde geçen süreler Çizelge 6.7'de saat cinsinden verilmiştir.

Çizelge 6.7: Sipariş başına proseslerde geçen ortalama süreler (POLCA).

Prosesler	İşlem	Bekleme	Toplam
DIM1	5.8374	1.2006	7.0380
DIM2	5.8393	0.6466	6.4859
DIM3	5.1910	0.4507	5.6417
HONLAMA	6.1644	4.7164	10.8809
MONTAJ	3.0933	1.4971	4.5904
TEMİZLEME	1.1566	0.2193	1.3759
YIM1	11.9891	0.00	11.9891
YIM2	10.3917	0.00	10.3917
YIM3	11.3860	0.00	11.3860

POLCA uygulamasında proses kuyruklarındaki ortalama bekleme süreleri (saat cinsinden) ve ortalama bekleyen sipariş sayıları da Çizelge 6.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.8: Kuyruklardaki ortalama bekleme süreleri ve bekleyen sipariş sayıları (POLCA).

Kuyruklar	Bekleme Süresi	Bekleyen Sip. Sayısı
DIM1.Queue	1.2022	0.05449684
DIM2.Queue	0.6457	0.01718973
DIM3.Queue	0.4507	0.00790226
HONLAMA.Queue	4.7163	0.4214
MONTAJ.Queue	1.4965	0.1337
TEMİZLEME.Queue	0.2193	0.01959954
YIM1.Queue	0.00	0.00
YIM2.Queue	0.00	0.00
YIM3.Queue	0.00	0.00

Her ürün tipi için ortalama süreç içi stok (WIP) miktarları ve sistem içerisinde geçirdiği ortalama toplam süre Çizelge 6.9’da verilmiştir.

Çizelge 6.9: Ürün tipine göre ortalama WIP miktarları ve sistemde geçen toplam süreler (POLCA).

Ürün Tipi	Ortalama WIP Miktarı	Sistemde Geçen Ortalama Toplam Süre (sa)
1	39.8296	80.1884
2	228.20	146.84
3	71.1732	100.03
4	13.1936	65.2952
5	15.4118	94.3066
6	17.1541	110.07
7	83.7714	153.65
8	66.1033	95.9242
9	3.4966	57.4589
10	0.05048267	5.1576
11	0.9179	91.3339
12	118.01	98.2109
13	87.0670	131.05

6.4.İki Modelin Karşılaştırması ve Sonuçların Analizi

Mevcut durum ve POLCA uygulaması olmak üzere iki farklı model aynı şartlar altında koşturulmuş ve sonuçlar alınmıştır. Alınan bu sonuçlar karşılaştırılarak, geleneksel itme üretim kontrolü uygulayan ve siparişe göre üretim yapan bir firmada POLCA uygulamasının ne derece kazanç sağlayabileceği irdelenecektir.

İlk olarak aynı süre (2925 gün) içerisinde koşturulan iki model arasında çıktı sayısı açısından pek bir fark bulunmamaktadır. Sayısal değerlere bakıldığında POLCA uygulaması lehine bir 216 üründük bir fark bulunmaktadır. Ancak bu sayı toplam çıktı sayısı göz önüne alındığında çok ama çok küçük bir yer teşkil etmektedir. Zaten çekme sistemi uygulamasının item sistemine göre avantajının bekleme sürelerinde ve süreç içi stoklarda yaşandığı, buna karşın aynı çıktı oranının sağlandığı daha önceki kısımlarda da vurgulanan bir nokta olmuştur.

Sipariş başına proseslerde geçen ortalama süreler ele alındığında POLCA uygulamasının hem katma değerli sürelerde hem bekleme sürelerinde önemli bir iyileştirme sağladığı görülmektedir. Bu alanda POLCA uygulamasının mevcut duruma göre yapmış olduğu iyileştirmeler Çizelge 6.10’da yüzde cinsinden verilmiştir. Çizelgede düşürülen süreler “+” değerlendirilirken, mevcut duruma göre artış gösteren süreler “-” yüzde olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.10: Sipariş başına proseslerde geçen ortalama sürelerin karşılaştırılması.

Prosesler	Mevcut POLCA			Mevcut POLCA			Mevcut POLCA		
	İşlem	İşlem	Yüzde	Bekleme	Bekleme	Yüzde	Toplam	Toplam	Yüzde
DIM1	6.0503	5.8374	4	3.0965	1.2006	61	9.1468	7.0380	23
DIM2	5.7653	5.8393	-1	2.7778	0.6466	77	8.5430	6.4859	24
DIM3	6.5001	5.1910	20	2.0855	0.4507	78	8.5856	5.6417	34
HONLAMA	6.3914	6.1644	4	32.1901	4.7164	85	38.5814	10.8809	72
MONTAJ	3.1582	3.0933	2	1.8481	1.4971	19	5.0064	4.5904	8
TEMİZLEME	1.1579	1.1566	0	0.2311	0.2193	5	1.3890	1.3759	1
YIM1	12.4834	11.9891	4	14.1565	0.00	100	26.6398	11.9891	55
YIM2	13.2849	10.3917	22	15.3068	0.00	100	28.5918	10.3917	64
YIM3	13.5911	11.3860	16	17.4457	0.00	100	31.0368	11.3860	63

Özellikle yatay işleme merkezlerinin önündeki POLCA sayısının sadece kapasite kadar olması yatay işleme makinelerinin önündeki bekleme süreleri sıfıra indirmiş, bu proseslerin bekleme sürelerinde %100’lük bir iyileştirme sağlanmıştır. Herhangi bir siparişin bir prosesde geçirdiği ortalama toplam süre baz alındığında ise en iyi

iyileştirmenin darboğaz diye adlandırılan honlama bölümünde %72 gibi oldukça yüksek bir değerle sağlanmış olması POLCA uygulamasının itme sistemine olan üstünlüğünü açık şekilde göstermektedir. Tüm prosesler için POLCA sistemi, siparişlerin proseslerde geçirmiş olduğu ortalama toplam süreler üzerinde iyileştirme sağlamıştır.

Proseslerin önünde oluşan ortalama kuyruk uzunlukları ve bir siparişin bir prosesin kuyruğunda ortalama bekleme süreleri karşılaştırıldığında da POLCA çekme sisteminin item sistemine nazaran üstün olduğu açıkça görülmektedir. Çizelge 6.11’de detaylı karşılaştırma yapılmıştır.

Çizelge 6.11: Kuyruklardaki ortalama bekleme süreleri ve bekleyen sipariş sayılarının karşılaştırılması

Kuyruklar	Mevcut Bekleme Süresi	POLCA Bekleme Süresi	Yüzde	Mevcut Bekleyen Sip. Sayısı	POLCA Bekleyen Sip. Sayısı	Yüzde
DIM1.Queue	3.0994	1.2022	61	0.1240	0.05449684	56
DIM2.Queue	2.7742	0.6457	77	0.07676460	0.01718973	77
DIM3.Queue	2.0892	0.4507	78	0.04605487	0.00790226	82
HONLAMA.Queue	32.1814	4.7163	85	2.8732	0.4214	85
MONTAJ.Queue	1.8474	1.4965	19	0.1647	0.1337	19
TEMİZLEME.Queue	0.2311	0.2193	5	0.02066534	0.01959954	5
YIM1.Queue	14.1433	0.00	100	0.5416	0.00	100
YIM2.Queue	15.3068	0.00	100	0.4257	0.00	100
YIM3.Queue	17.4457	0.00	100	0.4076	0.00	100

Görüldüğü üzere POLCA uygulaması ile tüm proseslerin kuyruklarındaki bekleme süreleri ve bekleyen sipariş sayılarında ciddi iyileştirmeler sağlanmıştır. Özellikle darboğaz noktası olarak görülen honlama bölümündeki siparişlerin ortalama bekleme sürelerinin 32 saatten 5 saat civarına inmesi ve işleme merkezlerinde yaşanan ciddi bekleme süresi iyileştirmeleri POLCA sisteminin başarısı olarak göze çarpmaktadır. Bekleme sürelerinin azalması doğal olarak süreç içi stokların da azalması anlamına gelmektedir.

Son olarak mevcut sistem ve POLCA uygulaması süreç içi stok ve her ürün tipi için sistemde geçen ortalama toplam zaman üzerinden karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırma Çizelge 6.12’de detaylı şekilde verilmiştir.

Çizelge 6.12: Ürün tipine göre ortalama WIP miktarları ve sistemde geçen toplam sürelerin karşılaştırılması

Ürün Tipi	Mevcut	POLCA	Yüzde	Mevcut	POLCA	Yüzde
	Ortalama WIP Miktarı	Ortalama WIP Miktarı		Sistemde Geçen Ortalama Toplam Süre (sa)	Sistemde Geçen Ortalama Toplam Süre (sa)	
1	45.2876	39.8296	12	91.2783	80.1884	12
2	241.62	228.20	6	155.50	146.84	6
3	81.0382	71.1732	12	113.92	100.03	12
4	16.5816	13.1936	20	82.3000	65.2952	21
5	15.7091	15.4118	2	95.8299	94.3066	2
6	22.6817	17.1541	24	145.90	110.07	25
7	95.0088	83.7714	12	174.37	153.65	12
8	77.6933	66.1033	15	112.97	95.9242	15
9	4.4479	3.4966	21	73.8266	57.4589	22
10	0.05203836	0.05048267	3	5.3200	5.1576	3
11	1.0403	0.9179	12	103.59	91.3339	12
12	127.24	118.01	7	106.03	98.2109	7
13	96.0691	87.0670	9	144.43	131.05	9

Ortalama süreç içi stok miktarlarını düşürebilmek POLCA uygulaması yapmanın temel hedeflerinden biriydi. Yapılan uygulama sonuçlarına bakıldığında da POLCA çekme sisteminin, 13 ürün tipi üzerinde de süreç içi stok miktarlarını düşürerek iyileştirme sağladığı görülmektedir. Genel toplam üzerinden bir yüzde hesaplanacak olursa toplam süreç içi stok miktarlarında POLCA uygulamasının mevcut duruma göre yaklaşık %10'luk bir iyileştirmeye sağladığı görülmektedir. Aynı oran ürünlerin sistem içerisinde geçirdikleri toplam süre (temin süresi) için de geçerlidir.

Sonuç olarak bakıldığında POLCA çekme sistemi uygulamasının, geleneksel itme sistemi kullanarak siparişe göre üretim yapan bir firmada bekleme süreleri, makine kuyrukları, temin süresi, süreç içi stok gibi değerleri önemli ölçülerde düşürerek iyileştirmeler sağladığını söylemek mümkündür. Bu yüzden siparişe göre üretim yapan sistemlerde POLCA çekme sistemi kullanarak yalnız üretim kontrol mekanizması uygulamak sistemlerin mevcut problemlerinin çözümünde ideal bir

alternatiftir. POLCA uygulaması, üretim birimlerindeki çiftler üzerine tanımlanmış kartlarla gerçekleşen oldukça basit ama sonuçları etkili bir üretim kontrol yöntemidir. Klasik kanban tekniğinin siparişe göre üretim sistemlerinde uygulanması için oluşan engellere takılmadan; POLCA tekniğini talebin dengesiz olduğu, ürün çeşitliliğinin yüksek olduğu siparişe göre üretim yapan sistemlerde uygulamak mümkündür.

7. SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada siparişe göre üretim yapan sistemlerde yalın üretim tekniklerinin uygulanabilirliği incelenmiştir. Siparişe göre üretim yapan sistemler talebin değişken ve düzensiz, ürün çeşitliliğinin yüksek olduğu sistemlerdir. Yalın üretim ise günümüze kadar yapılan bir çok çalışma kapsamında incelenmiş; bu konu hakkında yapılan uygulamaların pek çoğunun talebin düzenli ve dengeli olduğu, tedarikçi ilişkilerinin sağlam ve ürün çeşitliliğinin çok fazla olmadığı sistemlerde başarıyla uygulandığı görülmüştür. Bu çerçevede 9 adet yalın üretim tekniği detaylı bir şekilde anlatılmış ve her tekniğin sonunda siparişe göre üretim yapan sistemlerde uygulanıp uygulanamayacağı konusunda fikirler ortaya atılmıştır. Bu fikirler ortaya atılırken, siparişe göre üretim yapan sistemlerde ve KOBİ'lerde yapılan yalın üretim çalışmalarından ve deneyimlerden yararlanılmıştır. Literatürde siparişe göre üretim yapan sistemlerde yalın üretimin bazı tekniklerinin uygulanmasının çok zor, hatta imkansız olduğu belirtilmektedir. Bu tekniklerin en başında ise çekme sistemi, yani kanban kartları ile üretim kontrol tekniği yer almaktadır. Durmuşoğlu ve Satoğlu (2003)'nin çalışmalarında da bu durum açıkça görülmektedir. Bu nedenle çalışmanın bir bölümü Kanban sistemine alternatif 2 adet üretim kontrol mekanizmasının incelenmesine ayrılmıştır. Bu mekanizmalar POLCA ve DBR teknikleridir.

Kanban dışındaki teknikler tek tek ele alındığında çoğunun basit bir felsefeye dayandığı görülmektedir. Bu da tekniklerin üretim sistemi yahut firma büyüklüklerinden bağımsız şekilde uygulanabilir olmalarını sağlamaktadır. Örneğin Toplam Üretken Bakım, 5S, Kaizen ve Kalite Çemberleri gibi yalın teknikler hangi sistemde olursa olsun uygulanabilir tekniklerdir. Oldukça basit görünen bu teknikler sistematik bir şekilde uygulanmaya kalktığında çok ciddi kazanımlar sağlayacaktır. U tipi hat tekniği de siparişe göre üretim yapan sistemlerde uygulanabilecek bir diğer yalın üretim tekniğidir. Siparişe göre üretim yapan sistemlerde benzer işlevlerdeki

makinelerin gruplandırıldığı bilinmektedir. Atölye tipi üretim de denilen bu tarz üretim sistemlerinde, her iş istasyonu kendi içerisinde U tipi hat şekline getirilirse tüm sistem büyük bir birleşik U tipi hatta dönüşmüş olur. Bunu yapabilmeyenin önündeki tek engel ise eğitilmiş ve kalifiye işçi eksikliği olarak göze batmaktadır. Bu nedenle U tipi hatların siparişe göre üretim sistemlerine uygulanıp, dolaylı olarak Shojinka ve iş rotasyonlarının yapılabilmesi için işçilerin eğitilmeleri ön şart olarak ortaya çıkmaktadır. Üretimde düzgünleştirme ve karışık yükleme çalışmalarının yapılabilmesi içinse ön şart olarak bir diğer yalın üretim tekniği olan hazırlık sürelerinin düşürülmesi öne çıkmaktadır. Hazırlık sürelerinin düşürülmesi ise siparişe göre üretim yapan sistemlerde kısmen mümkündür. SMED tekniğinin tam anlamıyla uygulanması firma şartlarına bağlı olarak (maddi olanaklar) gerçekleşmesi dahi belirli bir düzeyde çalışmalar yürütülebilir. Sadece hazırlık işlemlerini içsel ve dışsal işler olarak ayırıp bunlar üzerinde düzenlemeye giderek hazırlık sürelerinden %30'un üzerinde bir iyileştirme yapmak mümkün olacaktır. Yine firmanın şartlarına ve gücüne bağlı olarak SMED tekniğini uygulamak için özel kalıp değişim teçhizatları satın alınabilir yahut geliştirilebilir. Bu koşullar oluştuğu takdirde hem hazırlık sürelerinin düşürülmesi sağlanmış olacak hem de dolaylı olarak üretimde düzgünleştirme ve karışık yükleme teknikleri uygulanabilecektir.

Uygulama bölümünde ise siparişe göre üretim yapan bir hidrolik valf üreticisinde POLCA çalışması yapılmıştır. Önce geleneksel itme kontrol mekanizması ile üretim yapan mevcut sistemin benzetimi yapılmış, daha sonra itme sistemine alternatif olarak öne çıkarılan POLCA tekniği sisteme adapte edilerek benzetim çalışması yapılmıştır. Bu çalışma neticesinde görülmüştür ki, talebin değişken ve ürün çeşitliliğinin fazla olduğu siparişe göre üretim yapan sistemlerde POLCA uygulamak itme sistemine nazaran temin süresi, bekleme süresi, WIP, kuyruk uzunlukları gibi konularda çok ciddi iyileştirmeler sağlamıştır. Özellikle firmanın darboğaz noktası sayılan honlama biriminin %85'lere varan kuyruk uzunluğu ve kuyruktaki sipariş sayısı iyileştirmesi POLCA tekniğinin darboğaz ile çalışan sistemlerde de etkili olacağını göstermiştir.

Bundan sonra ki çalışmalarda POLCA tekniğinin benzetim çalışması sırasında sistemdeki POLCA havuzlarında bulunan kart sayılarının değişikliğe uğraması

durumunda sistemin başarı faktörlerinin nasıl etkileneceği ölçülebilir. Aynı zamanda yalın üretimin üretim kontrol mekanizması (Kanban, POLCA vs.) dışındaki diğer teknikleri de simülasyon modellemesinin içine katılarak yalın üretim uygulamalarının toplu olarak sistem üzerinde yaptığı iyileştirmeler ölçülebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, N.,**(2003). “Tam Zamanında Üretim”, *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, Ankara, 87.
- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R. ve Nelder, G.,** (2006).“Critical success factors for lean implementation within SMEs,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(4), syf 460-471.
- Ahlstrom, P.,** (1998). “Sequences in the implementation of Lean Production”, *European Management Journal*, Vol:16, Issue 3, syf 327-334.
- Akçagün, E.,** (2006). “Hazır Giyim İşletmelerinde Yalın Üretim Tekniklerinin Araştırılması”, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- Arslan, S.,** (2006). “Yalın Üretim ve MAN Türkiye A.Ş.’de Örnek Bir Yalın Üretim Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- Bamber, L. ve Dale, B.G.,**(2000).“Lean production: a study of application in a traditional manufacturing environment,” *Production planning and control*, 11(3), syf 291-298.
- Baraçlı, H., Coşkun, S. ve Sezer, A.,** (2001). “Toplam Kalite Programlarının Başarılı Olarak Uygulanabilmesinde Toplam Üretken Bakım Tekniği”, *1.Ulusal Demir-Çelik Sempozyumu Bildiriler Kitabı-1*, MMO Yayın No: E/2001/274-1, syf 331-341.
- Baskak, M. ve Tanyaş M.,** (2006). Üretim Planlama ve Kontrol. İrfan Yayıncılık, İstanbul.
- Bay, M. ve Çiçek, E.,**(2007). “Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Hata Önleyiciler: Poka-Yokeler”, *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi, Yerel Ekonomiler Özel Sayısı*, syf 53-62.
- Bodek, N.,**(1988).“Improving Quality by Preventing Defec”t, Edited by Shimbun, N.K, Ltd./ *Factory Magazine, Productivity Press, Portland, Oregon*,syf.1-28.
- Bonavia, T. ve Marin, J.A** (2006). “An empirical study of lean production in the ceramic tile industry in Spain”, *International Journal of Operations & Production Management*, 26(5), syf 505-531.
- Bozkurt, R. ve Eşit, C.,** (2002).“Kalite Çemberleri”, *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, Ankara, 15.

- Crawford, K.M. ve Blackstone, J.H.,** (1988). "A study of JIT implementation and operating problems", *Internat J. Production Res.* 26, syf 1561-1568.
- Demirel Utku, B.,** (2007). "Kısıtlar Teorisine Dayalı Süreç Katkı Muhasebesinin Muhasebe Yöntemleri ile Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi: Bir Örnek Olay Çalışması", *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Doktora Tezi.*
- Dowlatshahi, S. ve Taham, F.,** (2009). "The development of a conceptual framework for Just-In-Time implementation in SMEs", *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 20:7, 611-621.
- Durmuşoğlu, B.,**(2008). "Yalın Üretim ve Yönetim", *Ders Notları, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Fernandes, F.C.F. ve Filho, M.G.,** (2011). "Production control systems: Literature review, classification, and insights regarding practical application", *African Journal of Business Management.*
- Gilbert, J.P.,**(1990). "The state of JIT implementation and development in the USA. *Internat J. Production Res.* 28, syf 1099-1109.
- Golicic, S.L. ve Medland, S.,** (2007). "Size Might Matter: A Case Study of Lean Implementation in an SME," *Society for Marketing Advances Proceedings*, syf 261-264.
- Görener, A. ve Yenen, V.Z.,** (2007). "İşletmelerde Toplam Verimli Bakım Çalışmaları Kapsamında Yapılan Faaliyetler ve Verimliliğe Katkıları", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Yıl:6 Sayı:11, syf 47-63.
- Grout, J.,R. ve Downs, B.,T.,**(1998). "Fail-safing and Measurement Control Charts", *Quality Management Journal*, 5, (2), syf 67-75.
- Gupta, S.M. ve Brennan, L.,** (1995). "Implementation of just in time methodology in a small company," *Production Planning and Control*, 6(4), syf 358-368.
- Ho, S.K.M.,**(1999). "The 5S auditing". *Manage. Audit. J.*, 14: sayf 294-301.
- Ho, S.K.M. ve Fung, C.K.H.,** (1994). "Developing a TQM excellence model". *TQM Mag.*, 6: syf 24-30.
- Hopp, W. J. ve Spearman, M. L.,**(2001). "Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management", *Mc-Graw Hill*, Chicago.
- Im, J.H. ve Lee, S.M.,** (1989). "Implementation of Just-in-time Systems in US Manufacturing Firms", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 9 Iss: 1, syf 5-14.
- Inman, R.A. ve Mehra, S.,** (1990). "The transferability of just in time concepts to American small businesses," *Interfaces*, 20(3-4), syf 30-37.
- Jones, D.T.,** (2006). "Heijunka: Leveling Production", *Manufacturing Engineering* Aug 2006; 137, 2; ABI/INFORM Complete, syf 29-35.

- Kabadurmuş, Ö. ve Durmuşoğlu, M.B.,** (2005). “Aksiyomlarla Tasarım İlkelerini Kullanarak Çekme/Kanban Üretim Kontrol Sistemlerinin Tasarımı”, *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*.
- Krishnamurthy, A. ve Suri, R.,** (2009). “Planning and implementing POLCA: a card-based control system for high variety or custom engineered products”, *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 20:7, 596-610.
- Lee, C.Y.,** (1997). “JIT adoption by small manufacturers in Korea,” *Journal of Small Business Management*, 35(3), syf 98-107.
- Miltenburg, J.,** (2001). “U-shaped production lines: A review of theory and practice”, *Int. J. Production Economics*, 201-214.
- Okur, A.S.,** (1997). “Yalın Üretim 2000’li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli”, Söz Yayın.
- Pieffers, J. ve Riezebos, J.,**(2006). “POLCA as innovative material control system”, *Technical Report University of Groningen*, Hollanda.
- Ramaswamy, N.R., Selladurai, V., ve Gunasekaran, A.,** (2002). “Just-in-time implementation in small and medium enterprises”. *Work Study*, 51 (2/3), syf 85–90.
- Riezebos, J.,**(2009). “Design of POLCA material control systems”, *International Journal of Production Research*.
- Rose, A.M.N., Deros, B.Md., Rahman, M.N.Ab. ve Nordin, N.,**(2011). “Lean manufacturing best practices in SMEs”, *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Kuala Lumpur, Malaysia, January 22 – 24.
- Satoğlu, Ş.I. ve Durmuşoğlu, M.B.,** (2003). “A Field Study on Measuring the Lean Maturity Level in Manufacturing Firms in Turkey”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt 14, Sayı 3.
- Schonberger, R.J. ve Ebrahimpour, M.,** (1984). "The Japanese just-in-time/total quality control production system: potential for developing countries", *International Journal of Production Research*, vol: 22, issue: 3, syf 421-430.
- Seçkin, F.,** (2007). “Yalın Üretim Teknikleri ve KOBİ’lerde Uygulanabilirliğinin İncelenmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- Shingo, S.,** (1989). “A Study of The Toyota Production System”, *Productivity Pres*, syf 21-24.
- Sivasubramanian, R., Selladurai V. ve Rajamramasamy, N.,** (2010). “The effect of the drum buffer-rope (DBR) approach on the performance of a synchronous manufacturing system (SMS)”, *Production Planning & Control: The Management of Operations*.

- Slomp, A., Bokhorst, J.A.C. ve Germs, R.,** (2009). “A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation”, *Production Planning & Control*, Vol. 20, No. 7, syf 586–595.
- Suri, R.,** (1998). “Quick Response Manufacturing : a Companywide Approach to Reducing Lead Times”, *Productivity Press*, Portland.
- Suri, R.,** (2002). “Quick Response Manufacturing: A Competitive Strategy for the 21st Century”, *Proceedings of the 2002 POLCA Implementation Workshop*.
- Suri, R.,** (2003). “QRM and POLCA: A Winning Combination for Manufacturing Enterprises in the 21st Century”, *Technical Report, Center for Quick Response Manufacturing*.
- Top, A.,** (1996). “Üretim Sistemleri Analiz ve Planlaması”, Alfa Basım Yayın Dağıtım.
- Ye, T., Wan, H.,** (2008). “Determination of buffer sizes for drum–buffer–rope (DBR) controlled production systems”, *International Journal of Production Research*.
- Yingling, J.C., Detty, R.B. ve Sottile, J.,** (2000). “Lean Manufacturing Principles and Their Applicability to The Mining Industry”, *Mineral Resources Engineering*, Vol. 9, No. 2, syf 215–238.
- Zhu, Z. ve Meredith, P.H.,** (1995). “Defining critical elements in JIT implementation: a survey,” *Industrial Management and Data System*, 95(8), syf 21-28.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:Eren YILMAZ

Doğum Yeri ve Tarihi: Bolu - 11.09.1988

Adres:Türkali Mah. Selaltı Sok. 22/9 – Beşiktaş/İSTANBUL

E-Posta: erenyilmaz14@gmail.com

Lisans: Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği