



**SİPARİŞE GÖRE ÜRETİMDE MALZEME HAZIRLAMA VE  
ÜRETİM HATTININ BESLENMESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ:  
YALIN ÜRETİM UYGULAMASI**

**Fatih İPEK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2015**

Fatih İPEK tarafından hazırlanan "SİPARİŞE GÖRE ÜRETİMDE MALZEME HAZIRLAMA VE ÜRETİM HATTININ BESLENMESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ: YALIN ÜRETİM UYGULAMASI" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Ertan GÜNER  
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum .....

**Üye :** Doç. Dr. Feyzan Arıkan ÖKTEMER  
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum .....

**Üye :** Yrd. Doç. Dr. Kemal ALAYKIRAN  
Endüstri Mühendisliği, Necmettin Erbakan Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum .....

Tez Savunma Tarihi: 30/04/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU  
Fen Bilimler Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fatih İPEK  
30 / 04 / 2015

SİPARİŞE GÖRE ÜRETİMDE MALZEME HAZIRLAMA VE ÜRETİM HATTININ  
BESLENMESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ: YALIN ÜRETİM UYGULAMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Fatih İPEK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2015

ÖZET

Günümüzde şirketlerin hayatta kalabilmelerinin temel şartı kitle üretim yapmak değil, müşterilerin isterlerine göre ürün üretebilmektir. Artan rekabet ortamında bir ürünün en kısa sürede ve istenen kalitede üretilebilmesi için tüm süreçlerinin bir biri ile uyum halinde çalışması gerekmektedir. Bu süreçler içerisinde malzeme hazırlama ve üretim hattının malzeme ile beslenmesi de büyük önem taşımaktadır. Tez çalışması savunma sanayi için siparişe göre üretim yapan bir fabrikada yalın üretim teknikleri kullanılarak bu sürecinin iyileştirilmesi amacı ile hazırlanmıştır. Ülkemizin bulunduğu jeopolitik konumdan dolayı üretilecek ürünlerin bazen talep edilen zamandan da önce teslim edilmesi gerekebilmektedir. Bu sebep ile hızlı ve anlık tepki verecek bir sistem kurulmalıdır. Çalışma sonucunda ortalama 15 günlük üretim talebinin açılması onaylanması ve malzemelerin üretim hattına aktarılması süreci 1,84 güne indirilmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.1141

Anahtar Kelimeler : Yalın Üretim, Kanban, Andon, Malzeme Hazırlama

Sayfa Adedi : 85

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ertan GÜNER

IMPROVING MATERIAL HANDLING AND PRODUCTION LINE FEEDING IN  
MAKE TO ORDER PRODUCTION: A LEAN MANUFACTURING APPLICATION

(M. Sc. Thesis)

Fatih İPEK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2015

ABSTRACT

Today, survival of companies highly depends on the ability to satisfy the variety of customer demands rather than making mass production. In an increasingly competitive environment to produce a product as soon as possible and in a desired quality, all production processes must work in a harmony. Among these processes, feeding the product line with material is of paramount importance. This thesis study performed in a factory which makes to production in defense industry and it aims to improve the processes of the factory by using lean manufacturing methods. Sometimes products need to be delivered before the previously determined due dates because of the critical defense security requirements. For this reason, a system should be established to provide a quick and instant response in the factory. As a result of these improved activities based on the constructed system, 15-day period for material request process has been reduced to 1.84 days.

Science Code : 906.1.1141

Key Words : Lean Production, Kanban, Andon, Material Handling

Page Number : 85

Supervisor : Prof. Dr. Ertan GÜNER

## TEŞEKKÜRLER

Çalışmalarım boyunca beni yönlendiren Sn. Prof. Dr. Ertan GÜNER'e ve yalın üretim çalışmalarında paylaştığı tecrübe ve yöntemler ile ufkumu geliştiren Sn. Cevdet ÖZDOĞAN'a teşekkürü borç bilirim. Aynı zamanda şirket içerisinde beraber yoğun bir şekilde çalıştığım değerli arkadaşlarım Sn. Alper SOYUPEK ve Sn. Berat GÖKBEK'e, bilgi sistemleri ve yazılım konusunda hiçbir desteğini esirgemeyen Sn. Ali ÇINAR'a, stok kontrol bölümünde beraber çalıştığım ve tüm iyileştirmelerde beraber karar aldığımız Sn. Taşkın Fırat YURTOĞLU, Sn. Aydın ÖZHAN ve Sn. Halil İbrahim PEHLİVAN'a ve her zaman beni destekleyen annem, babam, kardeşim ve sevgili eşime teşekkürü borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. YALIN ÜRETİMİN SİSTEMİ .....	3
2.1. Yalın Üretim Sisteminin Tarihçesi.....	3
2.2. Yalın Üretimin Tanımı .....	5
2.3. Yalın Üretim Teknikleri .....	7
2.3.1. 5S yöntemi .....	7
2.3.2. Tekli dakikalarda kalıp değiştirme yöntemi.....	8
2.3.3. Hata önleyici düzenekler .....	9
2.3.4. Jidoka .....	9
2.3.5. Tam zamanında üretim sistemi .....	9
2.3.6. Karışık yükleme .....	9
2.3.7. Toplam üretken bakım .....	10
2.3.8. Kaizen .....	10
2.3.9. Görsel kontrol sistemleri (Andon uygulamaları) .....	11
2.3.10. Tek parça akışı .....	14



	<b>Sayfa</b>
2.3.11. Kanban .....	15
2.4. Malzeme Teminine Yönelik Yalın Üretim Teknikleri .....	19
2.4.1. Çekme sistemi .....	19
2.4.2. Conwip .....	19
2.4.3. Polca.....	20
2.4.4. Kit halinde teslimat .....	24
2.4.5. Döngüsel sefer .....	26
2.4.6. Karma sistemler .....	27
2.5. Yalın Üretim Sürekli Süreç Endüstrisinde Uygulanması .....	27
2.6. Yalın Üretim Seri Üretim İle Karşılaştırması .....	28
<b>3. DEPOLAMA VE SİPARİŞ/TALEP TOPLAMA .....</b>	<b>31</b>
3.1. Depoya Ürünlerin Yerleştirilmesi .....	31
3.1.1. Rastgele depolama .....	31
3.1.2. En yakın boş bölgeye depolama .....	32
3.1.3. Belirlenen yere depolama .....	32
3.1.4. Tam devir depolama .....	32
3.1.5. Aile bazlı gruplama .....	33
3.1.6. Bölgelere ayırma .....	33
3.1.7. Kümeleme .....	33
3.2. Sipariş/Talep Toplama .....	34
3.2.1. Toplayıcının parçalara gittiği sistem.....	37
3.2.2. Parçaların toplayıcıya geldiği sistem .....	38
3.2.3. Yerleştirme sistemleri .....	38
3.2.4. Talep toplamada karşılaşılan diğer durumlar .....	38

	<b>Sayfa</b>
3.3. Sipariş/Talep Toplama ve Depoya Malzeme Atanması Alanında Yapılmış Çeşitli Çalışmalar .....	39
<b>4. YALIN ÜRETİM UYGULAMASI.....</b>	<b>45</b>
4.1. Önceki Durum Analizi .....	45
4.1.1. Depolama koşulları .....	45
4.1.2. Depo yerleşimi .....	48
4.1.3. Sipariş toplama yöntemi .....	49
4.1.4. Görsel kontrol, çekme sistemi ve sorumluluklar .....	51
4.2. Yapılan Yalın Üretim Çalışmaları .....	52
4.2.1. Planlama Fazı .....	52
4.2.2. Faz I .....	56
4.2.3. Faz II .....	65
4.3. Yalın Üretim Çalışmasının Sonuçları .....	71
<b>5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>75</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>79</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>86</b>

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Yalın üretim ve HTÜ karşılaştırması.....	21
Çizelge 4.1. Projelere ait malzemelerin depolardaki miktar dağılımı.....	49
Çizelge 4.2. Sipariş toplama adımları .....	49
Çizelge 4.3. İş emri listesi örneği.....	50
Çizelge 4.4. Planlama fazı.....	53
Çizelge 4.5. A projesinin malzemelerin kümelenmesi.....	58
Çizelge 4.6. Aylara göre kanban ihtiyaç miktarları .....	62
Çizelge 4.7. Birleştirilmiş kanban miktarları .....	62
Çizelge 4.8. Kümelenmiş depo - malzeme dağılımı .....	65
Çizelge 4.9. İş emri barkod etiketi bilgileri .....	67

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kanban çeşitleri .....	16
Şekil 2.2. Sinyal kanban türleri .....	17
Şekil 2.3. Kanban akışının simgesel gösterimi .....	17
Şekil 2.4. CONWIP çalışma şematiği .....	19
Şekil 2.5. XYZ şirketinde üretim hücreleri dağılımı .....	22
Şekil 2.6. Örnek POLCA kartı .....	23
Şekil 2.7. POLCA kartlarının akışı .....	23
Şekil 3.1. Sipariş/talep toplama süresinin tipik dağılımı .....	35
Şekil 3.2. Talep toplama sistemlerinin sınıflandırılması .....	37
Şekil 4.1. Fabrikada sipariş toplama süresinin dağılımı .....	50
Şekil 4.2. Yalın üretim fazları .....	52
Şekil 4.3. Üretim siparişinin depoya ulaşması ve hazırlanması .....	55
Şekil 4.4. Gelecek durum haritası. ....	56
Şekil 4.5. Yamazumi genel grafikleri .....	59
Şekil 4.6. Depo sorumluları yamazumi grafikleri .....	60
Şekil 4.7. Süpermarket kanban çekme sistemi .....	63
Şekil 4.8. Yalın üretim öncesi - sonrası karşılaştırma .....	71
Şekil 4.9. Yalın üretim öncesi - sonrası bilgi akış süresinin karşılaştırılması .....	72
Şekil 4.10. Yalın üretim öncesi-sonrası malzeme hazırlama süresinin karşılaştırılması	72
Şekil 4.11. Görsel uygulama sonrası bilgi akışı .....	73

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. Görsel kontrolde kullanılan panolar [Toyota Boshoku Fabrikası] .....	12
Resim 4.1. Dar koridor raf sistemi .....	46
Resim 4.2. Otomatik stoklama kabininde tepsi bölmeleri .....	47
Resim 4.3. Otomatik stoklama kabinleri .....	47
Resim 4.4. Kimyasal depolama kabinleri .....	48
Resim 4.5. Kanban kart örneği .....	62
Resim 4.6. İş emri talebi girme ekranı .....	66
Resim 4.7. İş emri barkod etiket hazırlama kutusu.....	68
Resim 4.8. Akış izleme ekranı .....	68
Resim 4.9. Kit birleşme alanı.....	70

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>CONWIP</b>	Süreç içi sabit stok
<b>DAH</b>	Değer akış haritalama
<b>ERP</b>	Kurumsal kaynak planlaması
<b>ESD</b>	Elektrostatik deşarj
<b>MİP</b>	Malzeme ihtiyaç planlaması
<b>OEE</b>	Toplam ekipman etkinliği
<b>O.S.K</b>	Otomatik stoklama kabini
<b>HTÜ</b>	Hızlı tepkisel üretim
<b>SAP</b>	Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımı
<b>SMED</b>	Tek dakikalarda model değişimi
<b>TPM</b>	Toplam verimli bakım
<b>TÜS</b>	Toyota üretim sistemi
<b>TZÜ</b>	Tam zamanında üretim
<b>ÜA</b>	Ürün Ağacı
<b>Ü.P.M</b>	Üretim planlama müdürlüğü
<b>Ü.M</b>	Üretim müdürlüğü
<b>YMS</b>	Yarı mamul stoğu
<b>5S</b>	Sınıflandırma, düzen,temizlik, standartlaşma, disiplin

## 1. GİRİŞ

Günümüzde artan rekabet koşullarında şirketlerin ayakta kalabilmeleri ve karlılıklarını devam ettirebilmeleri oldukça zorlaşmakta ve her geçen gün zorluk seviyesi daha da artmaktadır. Gelişen teknolojik imkanlar, bilgiye erişimdeki kolaylık, artan rakip sayısı, müşterilerin beklentilerinin yükselmesi gibi durumlar şirketler için rekabet ortamını artırmaktadır. Bu şartlar altında ürünün siparişinden müşteriye teslimine kadar ki tüm süreçlerin hızlı, düşük maliyetli ve kaliteli ürün çıkarabilmesi için detaylı incelenmesi ve israfların belirlenip ortadan kaldırılması/en aza indirilmesi gerekmektedir.

Süreçlerdeki israfların görselleştirilmesi ve ortadan kaldırılması/en aza indirilmesi için şirketler yalın üretim uygulamalarına geçmeye başlamışlardır. Başlangıçta Toyota firmasında otomobil üretimi için geliştirilen yalın üretim/yalın düşünce felsefesi bugün rekabet gücünü artırmak isteyen şirketler tarafından oldukça rağbet görmektedir.

Yalın üretime geçiş aşamasında olan şirketler daha rekabetçi olabilmek için sadece üretim hattını değil, üretimi etkileyen yan süreçleri de iyileştirilmek için çaba sarf etmektedirler. Üretim hattını etkileyen yan süreçlerden birisi de üretim hattının depodan en kısa sürede malzeme ile beslenmesi sürecidir. Çünkü depoyu bir delta olarak düşünürsek, delta nasıl ki akarsu ile gelen taşlara, odun parçalarına ve benzer engellere rağmen suyu tahliye edip deniz ile buluşturmak zorunda ise depoda aynı şekilde üretim hattı tarafından gelen birçok malzeme talebini üretim hattına ulaştırmak zorundadır. Eğer gelen taleplerden bir vidanın dahi üretim hattına geç iletilmesi veya eksik miktarda hazırlanması üretim hattının durmasına sebep olacaktır. Duran bir üretim hattı geç teslimata, geç teslimat da firma için itibar ve para kaybına sebep olacaktır. Bu neden ile bu denli önemli olan malzeme hazırlama ve üretim hattının malzeme ile beslenmesi sürecini iyileştirmek için bu çalışma hazırlanmıştır.

Çalışma beş bölüme ayrılmıştır. İlk bölüm olan giriş bölümünde, çalışmanın gerekliliğine yönelik bilgi verilmiştir. İkinci bölümde, yalın üretim sistemi ve teknikleri hakkında literatür araştırması yapılmıştır. Üçüncü bölümde, depolama ve sipariş toplama yöntemlerine yönelik literatür araştırması yapılmıştır. Dördüncü bölümde, ikinci ve üçüncü bölümdeki literatür araştırmalarını da baz alarak, yalın üretim uygulamasının hangi

depolama koşulunda, nasıl uygulandığı ve elde edilen uygulama sonuçları hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölüm olan sonuç ve değerlendirme bölümünde ise yapılan çalışmaların özeti, çalışmanın neden tercih edildiği ve uygulama sonrasında elde edilen sonuçlar değerlendirilerek çalışma sonlandırılmıştır.



## 2. YALIN ÜRETİMİN SİSTEMİ

### 2.1. Yalın Üretim Sisteminin Tarihçesi

1950'lerde Toyoda ailesinin bireylerinden mühendis Eiji Toyoda ve beraber çalıştığı mühendis Taiichi Ohno Ford firmasını incelemek ve ülkenin içinde bulunduğu ekonomik koşulları en verimli nasıl değerlendireceklerini saptamak üzere Amerika'ya yaptığı gezisinde edindiği bilgilerin ışığında Ford'un yüzyılın başlarından itibaren öncülük ettiği "kitle üretim" sisteminin Japonya için hiç de uygun olmadığına karar verirler. Bu karar yepyeni bir üretim ve yönetim anlayışının ilk adımlarının atılmasına yol açar [1].

Başta Toyoda ve Ohno'nun öncülüğünde, adım adım ilerlenip, üretim adeta bir mikroskop altına yatırılıp titizlikle incelenerek ve geliştirilerek, bugün "yalın üretim" diye tanımlanan 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 [1].

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 [2].

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 ülkelerde de uygulanmaya başlanmıştır.

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 yerleşmiştir. 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 şirketi olmuştur. 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 işçisinin üretkenliğini: 1950’de yılda 2 otomobilden 1960’da 14,8’e; 1970’de 19,4’e ve 1982 yılında ise 56 otomobile çıkartmayı başarmıştır [2].

Öte yandan dünyada kitle (fordist) üretiminin, giderek artan ve çeşitlenen müşteri isteklerini yerine getirememesi, mamul ömrünün giderek kısılması ve maliyet uyumunu zorunlu kılan rekabetçi koşullara karşı esnek olamaması gibi temel oluşumlara karşı, pazar ve tüketici yapısındaki değişime cevap verebilmek ve kıt kaynakları en verimli şekilde kullanmak amacıyla üretim sisteminde radikal bir değişikliğe gidilmesi gerekli görülmüştür [3].

Bu içinde bulunulan zor koşullara karşı, Japon firmaları kendilerini kurtarmayı ve tesislerini yeniden kurmayı amaçlamışlardır. Çünkü ekonomik varlıklarını sürdürebilmek için kısıtlı olan kaynakları mümkün olan en düşük maliyetle kullanmayı öğrenmek zorunda kalmışlardır [4].

1971 petrol krizi sonrasında “Yalın üretim” felsefesinin önemi diğer Japon firmaları tarafından da anlaşılmış ve bu yaklaşım ülke genelinde uygulanmaya başlanmıştır. 1980’lerin başından itibaren ise yalın üretim sistemlerinin Amerika ve Avrupa’da da uygulanmaya başladığı görülmektedir. Amerika’da yapılan bir araştırmaya göre 1987 yılında bu ülkede “Yalın üretim” yaklaşımını uygulayan işletmelerin oranı % 25 iken, bu oranın 1992’de % 55’e yükseldiği belirlenmiştir [5].

Buna ek olarak, üretim yapan tüm işletmelerde yalın üretim felsefesinin yaygınlaştırılması ve uygulanması için yalın eğitim programları ve danışmanlıkları veren kurumlar bulunmaktadır. Fakat bu programlar yüksek maliyet gerektirdiğinden, genellikle otomotiv sanayi gibi büyük ölçekli işletmeler tarafından tercih edilmektedir [6]. Küçük ve orta ölçekli işletmeler içinse, 1932’de kurulmuş, dünyadaki üretim endüstrisi için hizmet veren

SME (Üretim Mühendisleri Topluluğu) bulunmaktadır. Bu topluluk yalın üretime geçmek isteyen fakat danışmanlık ve eğitim hizmetlerine karşı sınırlı bütçeye sahip küçük veya orta ölçekli işletmelere eğitim vermek ve bu konuda daha fazla kişi ve şirket oluşturulması için gerekli çabayı göstermek amacıyla kurulmuştur [7].

## 2.2. Yalın Üretimin Tanımı

Bu sisteme yalın üretim denilse de sistemin kurucularında Taiichi Ohno “Tam Zamanlı Üretim” terimini, Japon uzman ve araştırmacılar “Toyota Üretim Sistemi” terimini, ünlü Japon danışman Shigeo Shingo ise “Stoksuz Üretim Sistemi” terimini kullanmışlardır. Bazı literatürlerde ise halen bu terimler kullanılmakta hatta “Eş Zamanlı Üretim Sistemi” olarak da anılmaktadır. Her ne kadar bu sistemi ilk geliştiren ve uygulayan firma “Toyota Motor Company” firması olsa da sistemin geliştirilip yaygınlaştırılmasında başka firma ve uzmanlar da katkıda bulunmuş ve sistem Toyota’nın sınırlarını çoktan aşmıştır [8]. Bu sebepten terimin “Toyota Üretim Sistemi” olarak kullanılması yetersiz kalacaktır. Aynı zamanda bu sistemde, belirli bir miktar değer yaratmak için her şeyin daha azına ihtiyaç duyulduğundan dolayı, kullanılan “Tam Zamanlı Üretim Sistemi” terimi de eksik bir ifade oluşturmaktadır. Sonuç olarak, sistemin “Yalın Üretim Sistemi” adı ile anılması özünü daha iyi ifade etmesi itibari ile daha uygundur [9].

Yalın üretim, sistemdeki israfları ortadan kaldırmak ve sürekli olarak sistem etkinliğini arttırmak temeline dayanan bütünsel bir yaklaşımdır. Başka bir deyişle yalın üretim, pazardan gelebilecek talepleri karşılayabilmek için üst yönetimden işçisine ve yan sanayicisine kadar herkesin çalışmasını içerir ve sorumluluğu herkese paylaştırır. Yalın üretimde çok yönlü eğitilmiş personel ile yüksek derece esnekliği olan ve otomasyon düzeyi yüksek makineler kullanılır. Yalın üretim seri üretimle kıyaslandığında karmaşıklıktan uzak ve her şeyin (insan gücü, imalat alanı, araç-gereç yatırımı, stok vb.) azını kullanır [10].

Yalın üretim, üretimin müşteri talebinin esnekliğine bire bir uyacak, talebe anında yanıt verecek şekilde ayarlanması ilkesine dayanır. Ünlü uzman 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” ilkesi üzerine kurulmuş olmasıdır. Onun sözleriyle: “stok, üretimdeki tüm kötülüklerin kaynağıdır” [11].

Yalın üretim; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan; hata, stok, işçilik, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği ve maliyet gibi unsurların en aza indirildiği üretim sistemidir. Yalın üretim, “En az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de bire bir uyabilecek/yanıt verebilecek şekilde, en az israfta (daha doğrusu israfsız) ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanılmasıdır” [12].

Yalın düşüncede israf, bilinen anlamının ötesinde ürün ya da hizmetin kullanıcıya herhangi bir fayda sunmayan, müşterinin fazladan bedel ödemeyi kabul etmeyeceği her şeydir. Tasarımdan sevkiyata tüm ürün/hizmet yaratma aşamalarındaki her türlü israfın (hatalar, aşırı üretim, stoklar, beklemeler, gereksiz işler, gereksiz hareketler, gereksiz taşımalar) yok edilmesi ile maliyetlerin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması, piyasa koşullarına uyum esnekliğinin kazanılması, nakit akışının hızlandırılması dolayısı ile firma kârlılığının artırılması hedeflenir [13].

Yalın üretim yaklaşımını kullanarak işletmeler performanslarında çok önemli artışlar sağlayabilmektedirler. Gereksiz tüm aşamaların ortadan kaldırılması, tüm aşamaların süreklilik arz eden bir akış içine yayılması, işgücünün faaliyetlerine göre fonksiyonlar arasında tekrar dağıtılması ve gelişme için sürekli bir çaba ile işletmeler genel giderler, zaman, araç, gereç ve insan gücü açısından çok daha az kaynak harcayarak mal ve hizmetleri geliştirme, üretme ve dağıtma imkânına sahip olacaklardır. Ayrıca yalın üretimde düzgün bir üretim akışı meydana geldiği için acele ve telaşın sebep olduğu hatalarda azalır. Böylece, bu sistem Toplam Kalite Kontrolün “ilk anda doğru yap” çalışma ilkesini gerçekleştiren doğal bir mekanizma oluşturarak kalite standartlarının yükselmesi sonucunu da doğurur [14].

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, organizasyon-teknoloji-sabit kıymet yerine kaynakları ürün ve ürünü etkileyecek çalışmalara odaklamak, israflardan arınarak zenginliği yakalamaktır [15].

Yine James Womack'a göre yalın üretimde yedi çeşit israf tanımlanmaktadır [10]:

- Aşırı Üretim: İstenilenden daha fazla veya istenilenden daha önce üretim yapmak,
- Stok: Yüksek çevrim süreli büyük üretim partilerinin sonucunda süreçler arasındaki gereksiz fazla yarı mamul veya hammadde,
- Taşıma: Ürüne değer katmayan taşıma faaliyetleridir. Taşıma şekillerini geliştirmektense, en aza indirilmeli veya tamamen ortadan kaldırılmalıdır,
- Aşırı İşleme: Gereksiz tüm süreç adımları ortadan kaldırılmalıdır. Bunları belirlemek için neden belirli süreçlere veya ürün özelliklerine ihtiyaç duyulduğu soruları sorulmalıdır,
- Hareket: Çalışanların ve makinelerin uygunsuz yerleşimlerden dolayı gerçekleşen hareket israftır. İstisraf edilen hareketin otomasyonunun yerine, direk operatör geliştirilmelidir,
- Bekleme: Bir makinenin kendi sürecini bitirmesini beklemek veya bir operatörün herhangi bir parçayı veya hammaddeyi beklemesi israftır ve ortadan kaldırılmalıdır. Bu prensip makinenin kullanım oranının artmasındansa, operatörün verimliliğini artırmayı hedeflemektedir,
- Hatalı Ürünler: Hatalı parça veya ürünler yapmak baslı başına bir israftır. Bunları bulma veya tamir etme yoluna gitmektense direk olarak ortadan kaldırma yoluna gidilmelidir

### 2.3. Yalın Üretim Teknikleri

Yalın üretimin/yalın düşüncenin hayata geçirilmesi için birçok teknikten faydalanılmaktadır. Bu tekniklerden ilk adımda kullanılanlar veya yaygın olarak kullanılan teknikleri şu şekilde açıklayabiliriz.

#### 2.3.1. 5S yöntemi

5S, aksesuar, el aleti, malzeme, doküman ve bilgiyi ilgili tezgah ve teknisyenin yakınına getirmeyi amaçlayan bir “İş Yeri Organizasyonu Süreci” dir. Operatörün, kullanım yerinde işe başlamak için gereken girdileri aramaktan kurtulmasını amaçlayan 5S, yalın üretime giden yolda ilk adımdır [16].

5S genellikle hatların güzel ve düzenli görünmesi için kullanıldığı düşünülür fakat 5S'in temel mantığı hattım düzenli görünsün ki israflar ortaya çıksın veya herhangi yanlış giden bir durum rahatça izlenebilsin için yapılmalıdır.

Bir firmada 5S uygulamasının tam anlamıyla yapılabilmesi için öncelikle çalışanların katılımı şarttır. Çalışanlar 5S'i yapmaya ihtiyaçları olduğu hissetmelidir. Eğer çalışanların desteği alınmadan ve ihtiyaç durumları sorgulanmadan yönetim tarafından yapılan 5S çalışmaları 3S'den öteye gitmemektedir. Ülkemizde bir çok kurumda 5S çalışması yapılmaya çalışmakta fakat aşağıdaki sıraladığımız 3 adımdan öteye gitmediği görülmektedir. 5S'de önemli olan 4. adım standartlaşma ve 5. adım disiplin şirket kültürü olarak yerleşmelidir.

5S uygulamasının adımları:

1. Seiri, Sınıflandırma
2. Seiton, Düzenlilik
3. Seiso, Temizlik
4. Seiketsu, Standartlaştırma
5. Shitsuke, Disiplin

### **2.3.2. Tekli dakikalarda kalıp değiştirme yöntemi**

Seri üretim sisteminde stoklu çalışmaya birinci sırada gösterilen gerekçe, makinalarda bir kalıptan diğer kalıba hatasız ürün elde edecek şekilde geçme süresinin çok uzun olmasıdır. Hazırlık süresi uzadıkça büyük kitleler halinde üretim yapma zorunluluğu ortaya çıkar, çünkü makine herhangi bir kalıbı en az hazırlık süresi kadar kullanmalıdır ki makineden alınan verim yüksek, işçilik maliyetleri düşük olsun. Bu nedenle stoksuz çalışma (parçaları istenildiği zaman üretme) imkansız hale gelmektedir. Shigeo Shingo'nun geliştirdiği Tekli dakikalarda kalıp değiştirme yöntemi ile hangi makine olursa olsun hazırlık süresi bir dakikaya indirebilir [17].

### **2.3.3. Hata önleyici düzenekler**

Hata önleyici düzenekler (Poka-yoke) unutkanlık, dikkatsizlik, yanlış anlama, konsantrasyon eksikliği, standartların eksikliği, tecrübesizlik, boş vermek, sabotaj vb. insan faktöründen kaynaklanan durumlara karşı çeşitli, hata yapmayı önleyici ve yardımcı araç ve stratejileri kullanarak ancak daha fazla kontrol elemanına gerek duymadan, sıfır hatalı üretime ulaşmayı amaçlar. Bu amaçla gerekirse kullanılan tezgaha ilave mekanizmaların eklenmesine ve/veya ürün üzerinde tasarım değişikliğine gidilebilir [17].

### **2.3.4. Jidoka**

Jidoka tekniğine göre çalışan birisi, eğer prosesin hatalı parça ürettiğini hissederse üretimi durdurabilir. Hattı durdurma yetkisi gelişen teknoloji ile birlikte artık sadece teknisyenlere verilmemektedir. Parçada oluşan bir hatayı sensörleri ile otomatik olarak algılayan bir makine de hattı durdurabilir. Bu tekniğin felsefesinin altında, hatalı parça üretmektense hiç bir şey üretmemenin daha doğru olduğu yatar [18].

### **2.3.5. Tam zamanında üretim sistemi**

Tam zamanında üretim sisteminin esas fikri, israfın önlenmesi yoluyla maliyetlerin en azlanmasıdır. Bu da ancak ve ancak sadece gereken parçaların gerekli miktarda, gerekli görülen kalite düzeyinde gerekli olduğu zamanda ve yerde üretimiyle sağlanabilir. TZÜ, bir üretim hattında her bir parçanın bu üretim hattını izleyen safha (imalat departmanı) tarafından ihtiyaç duyulan kadar derhal üretildiği sistemdir. Bu sistemle hemen hemen stoksuz bir üretim sağlanmaktadır. İdeal olarak, TZÜ sistemi stoksuz çalışmaktadır. İhtiyaç duyulduğu kadar malzeme, en az stok üretim sistemi ve sıfır stokla üretim sistemi TZÜ yaklaşımını ifade eden kavramlardır [19].

### **2.3.6. Karışık yükleme**

Karışık yüklemenin (Heijunka) birincil ve en önemli işlevi, üretimin talep değişikliklerine, hesapta olmayan bitmiş ya da işlenmekte olan ürün stoğu ile karşılanılmaksızın kolayca adapte olabilmelerini sağlamaktır. Ayrıca, aynı hatta birden fazla modelin veya ürünün

monte edilmesi, gereken toplam hat sayısını ve dolayısıyla toplam fabrika alanını da azaltır. Karışık yüklemenin bir üçüncü işlevi de, ürünlerin müşterilere istenilen sipariş bileşimine erişildikten hemen sonra sevk edilebilmelerini sağlayarak, üreticileri gereksiz stok alanı bulundurma zorunluluğundan kurtarmaktır. Karışık yükleme düzeninin ne olacağını tayin eden, bayilerden gelen müşteri talep miktarı ve bileşimidir [18].

### **2.3.7. Toplam üretken bakım**

Toplam üretken bakımın amacı, ekipman ömrünü uzatmak, üretim veya servis için fabrika ve ekipmanları optimum koşullarda tutmak ve yatırımların geri dönüşünü artırmak, acil durumlarla başa çıkma yeteneğini artırmak ve güvenliği sağlamaktır. Toplam üretken bakım sayesinde, toplam ekipman verimliliği artarak, global tesis verimliliği en büyüklenir, makine/teçhizatın bütün yaşam eğrisi boyunca gerek duyduğu bakım sistemleri kurulur, proses hurda oranları, tezgah ve hat duruşları, tezgah arızaları, iş kazaları azalır [20].

### **2.3.8. Kaizen**

Stokla beslenmeyen, bu anlamda son derece hassas olan yalın üretim bugün ulaştığı “en iyi uygulama” konumuna karşın, asla gelinmiş noktaya yetinen, durağan bir sistem değildir. Tam tersine daha da yetkinleştirilmesi, olabilecek tüm zaman kayıplarının ve israfın saptanıp gerekli önlemlerin alınması sistemin devamlılığı için ön koşuldur. Bu yüzden yalın üretimi bünyesine almış firmalarda, her an, her aşamada, üretimin daha da iyileştirilmesine yönelik sürekli ve düzenli çalışmalar yapılır, sistemin bütününe yayılmış bu dinamik iyileştirme anlayışına KAIZEN denir.

Yalın üretimde KAIZEN uygulamasında en önemli özelliklerden biri, işçilerin KAIZEN iyileştirme çalışmalarına bir takım çalışması anlayışı içinde katılmalarıdır. Yalın üretim, tüm çalışanların yaratıcı potansiyeline saygı duyan bir sistemdir ve KAIZEN’de bu potansiyelin üretime kanalize edilmesi “kalite çemberleri” yardımıyla gerçekleşir [21].

KAIZEN felsefesinin neredeyse anısı olan Sürekli İyileştirme Süreci ( SİS ) ise, Avrupa (çoğunlukla Alman kökenli ) şirketleri tarafından uygulanan bir istemdir.



### 2.3.9. Görsel kontrol sistemleri (Andon uygulamaları)

Karmaşık fikirlere mutabakat sağlamak için iletişim gereklidir. “Bir resim bin sözcüğe bedeldir” insanların görselliğe eğilimli olduğundan hareketle yalın üretimde görsel unsurlarla iletişim kurulur [22]. En geniş anlamda görsel kontrol faaliyetlerin ve süreçlerin hızlı ve düzgün yürütülmesini sağlamak için gerekli enformasyonu tam zamanında elde etmenin tasarlanmasıyla ilgilidir. Günlük yaşamda bununla ilgili olarak, trafik işaretleri ve işaretleme sistemi gibi pek çok örnekleme vardır [22].

Görsellik sürece, alete, stoka, bilgiye veya bir çalışmayı yapmakta olan kişiye bakarak o işin yerine getirilmesi için hangi standardın kullanıldığını ve bundan sapma olup olmadığını derhal anlaşılması anlamına gelir. Şu soruyu sorun: Yöneticiniz atölyede, ofiste yada tesisin iş yapılan herhangi bir bölümünde dolaştığında standart çalışmaya yada prosedürlere uyulup uyulmadığını fark edebiliyor mu? Her aletin nerede bulunacağını ilişkin kesin bir standart varsa ve bu görünen bir yer ise, o zaman yönetici yerinde olmayan aleti kolayca saptayabilir. Bu nedenle her bir aletin “Gölge” sinin çizilmesi 5S’in gözde faaliyetlerinden biridir. Her aletin bulunması gereken yere gölgesi çizilir; örneğin çekici resmi çekicinin nerede duracağını gösterir, böylece yerinde olup olmadığı da kolaylıkla anlaşılır [22].

Önemli bir bilginin bir an önce iletilmesini kolaylaştırmak üzere andon, kanban, üretim kontrol panosu ve benzerleri kullanılır. Bunlar aslında fabrikada bilgi aktarım biçimleridir. Görsel nitelikleri nedeniyle bu araçlara “görsel kontrol” araçları denir [23]. Aslında yalın üretimin araçlarından pek çoğu standarttan her sapmayı görünür kılan ve akışı kolaylaştıran görsel kontrollerdir. Karmaşık bilgisayar sistemlerine rağmen günlük işlemleri esas yönlendiren şey, görsel yönetim araçlarıdır [22].

Üzerinde kanban kartı olmayan bir kutu fazla üretimin görsel işaretidir. Standart görev prosedürleri duvarda asılıdır; bu nedenle her operatörün istasyonunda akışı sağlamak için en iyi yöntemin hangisi olduğu bellidir [22]. Yalın bir tesiste tüm bilgiler her iş istasyonundan görülebilen andon levhalarında ilan edilmektedir. Tesiste herhangi bir yerde aksaklık olduğunda, nasıl yardım edebileceğini bilen çalışanlar derhal yardıma koşarlar [22].

Süreç kontrol panosu sayesinde nezaretçi bir bakışta faaliyetin durumunu görebilir ve bu pano kesintisiz akışı gerçekleştirmeye yardımcı olur çalışanlar geride kaldıklarını derhal fark ederler; arayı kapamak için ya ek çaba gösterir ya da yardım isterler düzeltilmiş zaman planının üstünde performans gösterirlerse, nezaretçi bunu açık bir şekilde görecektir. Böylece üretimin dengelenmesi (heijunka) her gün yeniden perçinlenir [22]. Görsel kontrolde kullanılan pano örnekleri Resim 2.1’de gösterilmiştir.



Resim 2.1. Görsel kontrolde kullanılan panolar [Toyota Boshoku Fabrikası]

Herkesin her saniye, üretimin hangi aşamada olduğunu görebilmesini sağlayan görsel kontrol, üretimin her zaman takt zamanına uygun olarak sürdürülmesini sağlar ve tüm ekibi, siparişlerdeki artışa uyum sağlamak üzere takt zamanının kısaltılması gerektiği durumlarda, israfın önlenmesi için gerekli önlemin alınması konusunda uyarır [24].

A3 formları da yalın üretimde kullanılan görsel araçlardandır. A3, standartlaştırılmış bir iletişim formatıdır, karmaşık fikirleri doğru şekilde tek bir kağıtta belirten disiplinli bir süreci ifade eder [25]. Toyota'nın öncülük ettiği ve problemin analizinin, düzeltici faaliyetlerinin ve faaliyet planının, genellikle grafikler kullanılarak A3 kağıdına aktarıldığı bir uygulamadır [26]. A3 raporu, Deming'in ünlü "planla, uygula, kontrol et, eyleme geç" döngüsünün görsel bir versiyonudur [27]. Deming her iyi problem çözme sürecinin PUKE unsurlarını içermesi gerektiğini söylemişti. A3 raporlarının yazımı konusunda eğitime katılanlar PUKE konusunda bir ders almaları zorunludur [22].

Tipik bir A3 raporu bir bilgi notu değildir; bu süreci belgeleyen bütünsel bir rapordur. Örneğin; problem çözmeye yönelik bir A3’te şunlar vardır; sorunun ne olduğu, mevcut durum, buna yol açan kökendeki neden, alternatif çözümler, önerilen çözüm ve bir maliyet analizi. A3 raporu üst sol baştan başlayarak okunur, sonra ikinci sütuna geçilir. Mutabakat sağlamak gerçekten zahmetli bir süreçtir ancak bütün farklı görüşler, senaryolar ve rakamlar kağıdın bir yüzünde toplanınca, işler çok daha hızlı yürür [22]. A3 formu süreçle ilgili herkesin görebileceği bir yere asılır [27].

Yalın üretim çalışanları bilgi toplama, gerçek problemleri teşhis etme, kritik gereklilikleri kavrama, çeşitli potansiyel çözümler düşünme, nemawashi<sup>1</sup> yoluyla geniş bir girdi elde etme, kaynak nedenler için yaratıcı şekilde karşı önlemler geliştirme ve yaparken disiplin kullanma gibi çok ayrıntılı yöntemlerle uzun bir eğitim geçmişi vardır. Bunlar bir kere gerçekleşti mi, yalın üretim çalışanları standartlaştırma ve sürekli iyileştirmeyi kollar. Çalışanlar bilgiyi kısaca ve görsel araçlar kullanarak sunmanın değerini öğrenir. Bu kültürel bağlam olmadan, A3 mekanik bir gereksinim haline gelir, patronu memnun etmek için karmaşık bilgileri özetleme alıştırmasıdır [25].

Yalın üretim görsel yönetimin insanları tamamladığını düşünür, çünkü bizler yönümüzü görerek, dokunarak ve işiterek buluruz. En iyi görsel göstergeler doğrudan işin yapıldığı mekândadır; dikkat çekerler ve sizi ses, görüntü ve temas aracılığıyla standardı ve standarttan sapmaları gösterirler. Görsel kontrol sistemi verimi artırır kusur ve hataları azaltır işin zamanında bitmesini sağlar iletişimi kolaylaştırır, güvenliği artırır, maliyeti düşürür ve genel olarak çalışanların çevrelerini daha fazla denetleyebilmelerini sağlar [22].

Yalın şirket basit; basittir ve güzeldir anlayışı çerçevesinde hareket eder ve çalışanların katılımı ile basit ve görsel bir ortam oluşturur. Eğer sistem açık, herkes tarafından kolaylıkla anlaşılabilir şekilde basit değilse, görsel kontrol prensipleri ile tam olarak uyumlu değildir [28]. Görsel kontrol, hiçbir problemin saklı kalmaması için kullanılır [22].

---

<sup>1</sup> Japon kültürüne ait bir deyiş. Kelime anlamı "bir bitkiyi yerinden çıkarıp başka bir yere dikmek için köklerinin çevresini dikkatlice kazmak" anlamına gelmektedir. Kelime anlamından ziyade mecazi anlamı önem taşıyan bir deyiştir.

### 2.3.10. Tek parça akışı

Herhangi bir günde hattan çıkacak ürünlerin tüm parçalarının da ilke olarak o gün içinde üretilmesi, tüm üretim birimlerinin kanban ve üretimde düzenlilik ilkesine göre mümkün olan en küçük partilerle çalışılabilmeleri, tahmin edileceği gibi bazı ön koşullara bağlıdır. Her şeyden önce, üretkenliğin çok yüksek, üretim zamanlarının çok kısa olması, üretim akışı içinde gerek işçilerin, gerek de bitmiş ve işlenmekte olan parçaların “beklemeyle” hiçbir vakit kaybetmemeleri gerekir. İşlenmekte olan parçaların “beklemesi” demek, bir parçanın bir işlenme aşamasından diğerine hemen geçmemesi demektir, stoklu çalışmada işler zorunlu olarak bu şekilde yürümektedir.

Yalın üretimin bu zaman harcamasına bulduğu çözümlerden biri de, herhangi bir atölye içinde bir parçanın nihai halini alması için gereken tüm makinelerin, parçaların işlenme akışına dayanarak birbirini ardı sıra yerleştirilmeleri, ve parçanın bir önceki süreç için gereken makineden bir sonraki süreçte kullanılacak makineye hiç beklemeden geçmesi şeklindedir. Makinelerin bu şekilde yerleştirilmelerine “ürün bazlı yerleşim” ya da “ürün-bazlı hat” ve parçaların süreçler arasında beklemeden teker teker aktarılmasına da “tek-parça akışı” denilmektedir. Tek-parça akışını, süreçler/makinalar arası aktarma partisinin bir adete indirilmesiyle hat/makine yani stoğun “sıfırlanması” olarak da tanımlayabiliriz [29].

Tek parça akışı, Toyota'nın mühendisi Taiichi Ohno'nun eseridir. Ohno, Ford üretim Sistemini incelerken, sistemin en etkin ve yararlanılabilecek ögesinin son montaj hattı olduğuna karar verir. Bilindiği gibi, son montaj hattında, arabalar bir süreçten diğerine, hat yanı yedek araba stoğu olmaksızın, ilk süreçte yapılması gereken işler tamamlanır tamamlanmaz, yani beklemeden ve her zaman birer adet halinde aktarılmaktadırlar. Ohno, günümüzde dahi çoğu üreticide sadece son montaj hattında kullanılan bu sistemin, aslında son montaj hattıyla kısıtlı olması gerekmediğini, tüm fabrika içinde ve atölyelerin kendi içlerinde de uygulanabileceğini, böylece stok olayının tümüyle elimine edilebileceğini, bundan neredeyse yarım yüzyıl önce (!) fark eder. [29].

### 2.3.11. Kanban

Kanban, Japonca görsel kayıt, kart anlamına gelmektedir. Kanban bir iş istasyonunun bir önceki istasyona ilgili parçayı işlemesi için verdiği bir işarettir. Kanban sadece talep oluştuğunda ürünlerin üretilmesini sağlayan çekme sistemini uygulamak için kullanılır. Kanban her zaman ihtiyaç duyulan ürünlerle ilerler ve her süreç için bir iş emri anlamına gelir. Bu sayede aşırı üretimi ve malzemelere yüksek sermaye ayrılmasını engeller. Kanban ile üretimdeki işçiler ne üreteceğini bilirler ve üretmeye başlama kararını kendileri verirler. Bu nedenle kanban sistemi, yönetilmesi kolay ve süreç içi stoğu azaltıcı bir karakteristiğe sahiptir. [30].

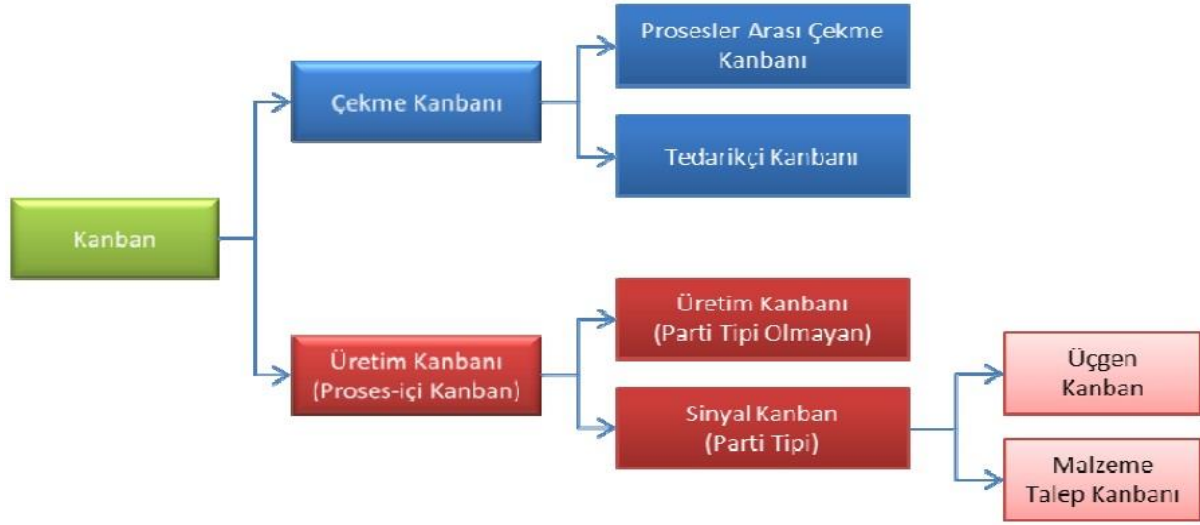
Toyota üretim sisteminin alt sistemlerinden biri olan kanban; bileşenlerin üretimini ve tedarikini hatta bazı durumlarda ham maddelerin stok seviyelerini kontrol etmek için yaratılmıştır [31].

*Kanban yapısı* : Toyota üretim sisteminin temelini oluşturan operasyonel metot olan Kanban, ilk ve yaygın kullanım formu olan, üzeri vinil veya PVC (Polivinil Klorür) kaplı kağıt parçasıdır [32].

Bu “kağıt parçası”, üzerinde üç kategoride tariflenebilecek veri içerir [32]:

- Toplama Bilgisi,
- Transfer Bilgisi,
- Üretim Bilgisi

*Kanban türleri*: Temel olarak iki tür kanban vardır: *Çekme Kanbanı* ve *Üretim Kanbanı*. Bu iki kanban türü fonksiyonel olarak, uygulamaya özel durumlara göre Şekil 2.1’de gösterildiği şekilde çeşitlenebilir.



Şekil 2.1. Kanban çeşitleri

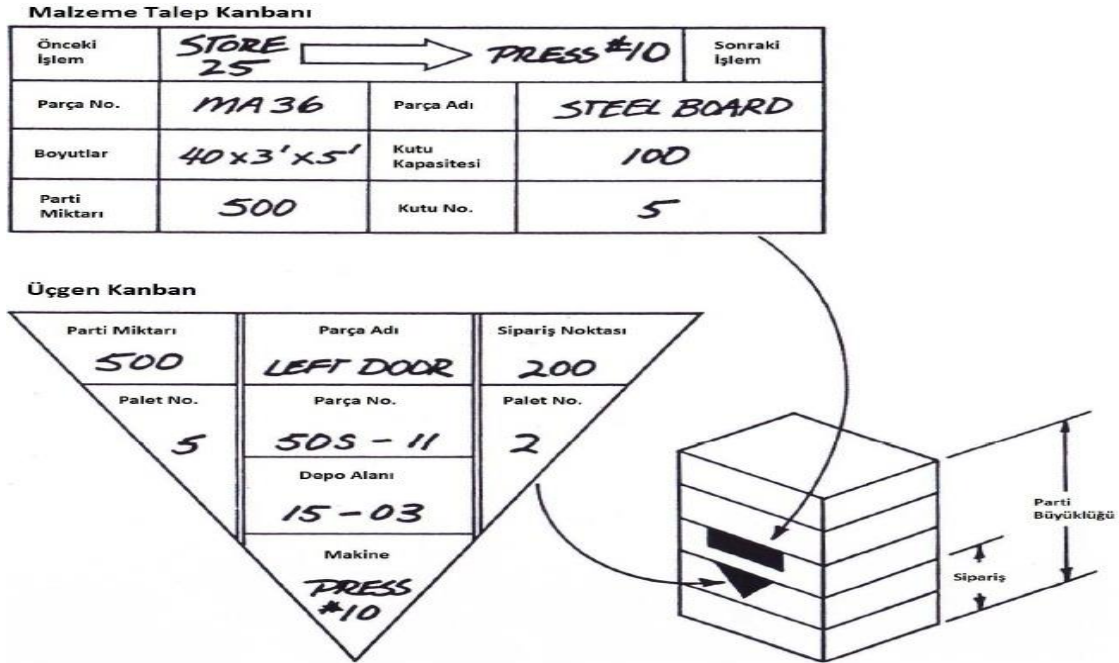
Çekme kanbanının iki çeşidinden biri olan prosesler arası kanban, süpermarket olarak kullanılan atölyeler arası veya tedarik edilen malzeme depo alanından malzeme çekmeyi koordine etme amacıyla kullanılır [33].

Diğer çekme kanbanı uygulaması olan tedarikçi kanbanı, kanban uygulayan ana sanayi firmasının, tedarikçilerinden temin ettiği malzemeleri "tam zamanında" teslim etmelerini istediğinde kullanılır. Burada önemli noktalardan biri, tam zamanında üretim ve sevkiyat yapılmaya başlandığında, tedarikçilerin buna hazır ve istekli olmalarıdır; aksi takdirde saat bazında teslimat yapmak zorunda kalan tedarikçilerin bunu yüksek stok ile karşılamaları gerekir ve zarar görürler [33].

1982 yılı itibariyle Toyota tedarikçilerinin %98'i ile tedarikçi kanbanı kullanıyordu, fakat tedarikçilerin yalnızca %50'si kendi işletmelerinde üretim kanbanı uyguluyordu [33].

Üretim kanbanı çeşitlerinden olan normal tip üretim kanbanı, montaj hatları ve hazırlık zamanlarının hemen hemen sıfır olduğu diğer alanlar için kullanılır [33].

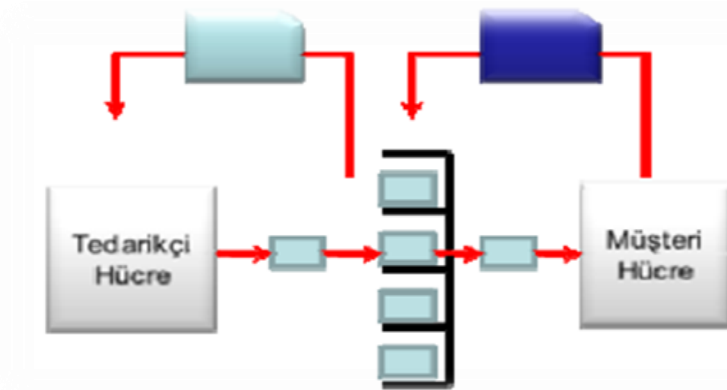
Sinyal kanbanı ise, pres, döküm, enjeksiyon kalıbı gibi alanlardaki parti tipi üretimde kullanılır. Sinyal kanbanı çeşitlerinden üçgen kanban, parça stoklama alanlarında önceden hesaplanmış seviyeye (yeniden sipariş seviyesi) yerleştirilerek, yine önceden hesaplanmış üretim miktarı kadar üretim siparişi oluşturulur [33].



Şekil 2.2. Sinyal kanban türleri [33].

Şekil 2.2' deki üçgen kanbanda, malzeme miktarı 200 adete düştüğünde, 10 numaralı preste 500 adetlik parti halinde malzeme basılması gerektiği gösteriliyor. Şekil 2.2' de aynı zamanda ikinci sinyal kanban türü olan malzeme talep kanbanı görülüyor. Malzeme tüketilip bu kanban açığa çıktığında, kart 25 numaralı bölgeye gönderilir ve buradan 10 numaralı prese 500 adetlik malzeme gönderilmesi gerektiği bilgisi iletilmiş olur [33].

Değer akış haritasındaki kanban gösteriminde kullanılan şekli ile, Şekil 2.3'te bir tedarikçi hücre ile bu hücrenin ürettiği yarı-mamulleri kullanan bir müşteri hücre görülmektedir. Aralarında ise, kontrollü bir stok alanı olan "süpermarket" simgesi bulunmaktadır [34].



Şekil 2.3. Kanban akışının simgesel gösterimi

*Uygulama kısıtları:* Her ne kadar prensip oldukça kolay gözüke de, sahadaki şartlar bu ideal durumu sağlıklı şekilde uygulamaya elverişli olmayabilir. Eğer bir işletmede aşağıdaki durumlar mevcut ise, kanban uygulaması zor veya imkansız olabilir [33,35]:

- Düzgünleştirilemeyen üretim,
- Proses yerleşimlerinde bozukluk,
- İşlerin standartlaştırılmaması,
- Düşük miktartlı, devamı olmayan iş emirleri,
- Yüksek hazırlık süreleri,
- Hurda kayıpları,
- Talepteki büyük ve öngörülemeyen dalgalanmalar

Yalın üretime göre bozukluk olarak tanımlanabilecek yukarıdaki durumların varlığı ile birlikte kanban uygulanması durumunda, asli amaç gerçekleşmeyecek, kanbanın kendisi tehlikeli bir silaha dönüşerek stok birikmesine neden olacaktır.

*Kanban kuralları:* Kanban sisteminin işletileceği üretim ortamında, tam zamanında üretimin amacına ulaşılabilmesi için, aşağıda verilen kurallar dahilinde bir uygulama disiplini sağlanması önemlidir [23,32].

- Akış yönündeki süreç elemanları, sökülmüş kanban kartının üzerindeki bilgiye uygun olarak, kaynak yönündeki süreçten gelen parçaları edinmelidir.
- Üretim sürecindeki iş görenler, kanban üzerindeki bilgiye uygun olarak parçaları üretmelidir.
- Hiç kanban yoksa üretim yapılmayacak ve malzeme taşınmayacaktır.
- Kanban, parçaların üretim ya da taşınma emri için dolaşımda olmadığı sürece, parça kutusuna konulmamalıdır.
- Üretim sürecindeki iş görenler, parçaları kutularına koymadan önce, bunların %100 kaliteli parçalar olduğundan emin olmalılar.
- Süreçleri daha iyi bağlamak ve iyileştirmek üzere israfı açığa çıkarmak için, kanban sayısı zamanla azaltılmalıdır



## 2.4. Malzeme Teminine Yönelik Yalın Üretim Teknikleri

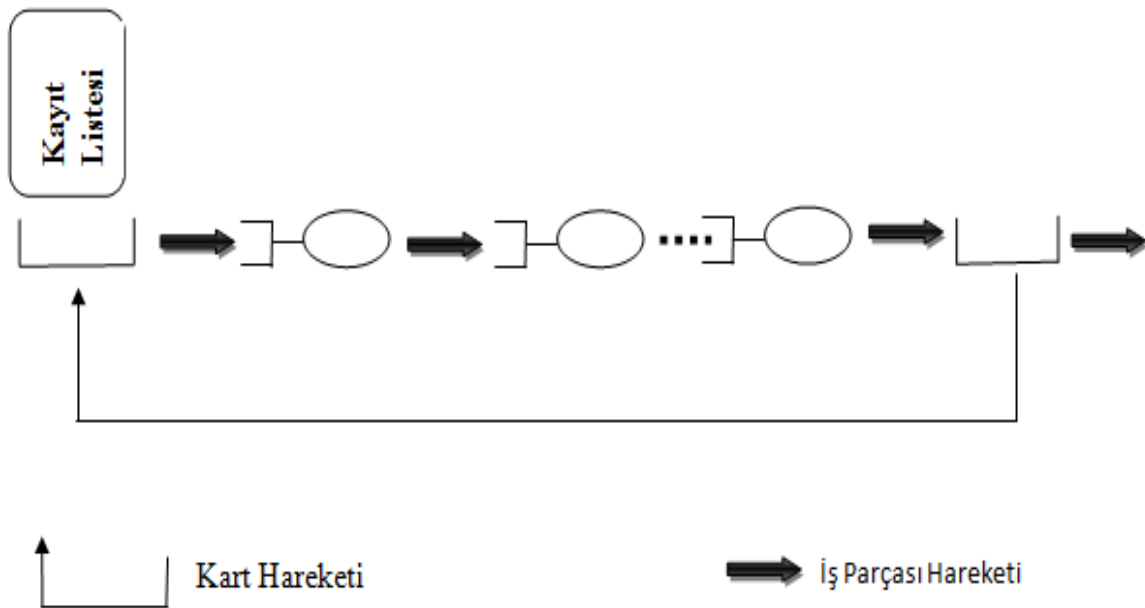
### 2.4.1. Çekme sistemi

Çekme sistemi içerisindeki her bir aşamada kanban sistemi üretimin zamanlamasını kontrol eden bir sistemdir. Kanban aşamalar arasında bir iletişim aracı olarak kullanılan kartlara verilen isimdir . Kanban ile ilgili bilgi (bknz 2.3.11) önceki bölümde detaylı olarak verilmiştir.

### 2.4.2. Conwip

Conwip (süreç içi sabit stok) , kanbanın genelleştirilmiş halidir. Kanban gibi elektronik sinyaller veya kartlar ile çalışır. Conwip sisteminde, kartlar tüm üretim hattını kapsayan bir devre üzerinde dolaşır [36].

Hattın en başında, standart malzeme kutusu üzerine bir kart iliştilir. Hattın sonunda kutu içindeki malzemeler kullanıldığında, kart ayrılır ve başka bir malzeme kutusuna iliştilmek için kart sırasına girmek üzere hattın başına gönderilir. İşleyiş şematığı Şekil 2.4'te verilmiştir [36].



Şekil 2.4. Conwip çalışma şematığı [36].

Kanban sisteminde, her kart tek bir malzemenin üretim sinyalini oluşturur. Conwip üretim kartları ise üretim hattına atanmıştır ve malzemeye özel değildir. Hattın başında, malzeme numaraları kartlara atanır. Malzeme numaraları ile kartlar, referans olarak tutulan bir kayıt listesi ile eşleştirilir. Üretim hattının ilk işlem alanında çalışma gerektiğinde, kart sırasındaki ilk kart alınır ve kayıt listesinde ilk malzeme ile işaretlenir. Malzeme numarası eşleştirme zamanı da kart üzerine "sisteme giriş zamanı" olarak yazılır [36].

Kayıt listesinin işletilmesi, üretim ve stok kontrol iş görenlerinin sorumluluğundadır. Çoğu durumda, kayıt listesi ana üretim programından oluşturulur. Diğer durumlarda, kesin siparişler alındıkça kayıt listesine eklenir. Yetkili kişilerin kayıt listesine müdahale ederek malzeme numarası ekleyip çıkartmalarına izin verilir, fakat işlem alanı boşta bekliyor olsa bile, hiç bir şekilde, kart olmadan üretim başlatılmasına müsaade edilmez. En düşük sistem giriş zamanına sahip olan işlem ilk olarak başlatılır. Tek istisna tashih ürünleridir; en yüksek öncelik bunlardadır [36].

Çekme sistemleri YMS'yi kontrol altında tutup malzeme akış oranını ölçtüğünden, "doğru" malzeme akış oranı seviyelerini garanti edecek mekanizmanın kurulması gerekebilir. Azami kapasitesinin üzerinde talebi olan bir üretim bandında, olabildiği kadar hızlı üretim yapabilmek için, bahsedilen mekanizmaya ihtiyaç olmayabilir. Tersisi durumda ise, hedef üretim seviyesinin ve hedeften düşük veya yüksek kalma durumunda alınacak aksiyonların belirlenmesi amacıyla kontrol parametreleri belirlenmelidir [36].

### **2.4.3. Polca**

POLCA (Paired-cell overlapping loops of cards with authorization) uygulamasını hakkında bilgi vermeden önce, 1998 yılında Amerikan Wisconsin-Madison Üniversitesi'nden Prof. Dr. Rajan Suri tarafından ortaya atılmış ve Yalın Üretim Sistemine alternatif olarak sunulmuş HTÜ (Hızlı Tepki Üretimi) sistemi incelenmiştir.

HTÜ, şirketlerin üretkenliklerini geleneksel maliyetle ilişkili performans metrikleri ile izlemeyi terk ederek, yalnızca akış sürelerinin düşürülmesine odaklanması gerektiğini savunan üretim felsefesidir [37].

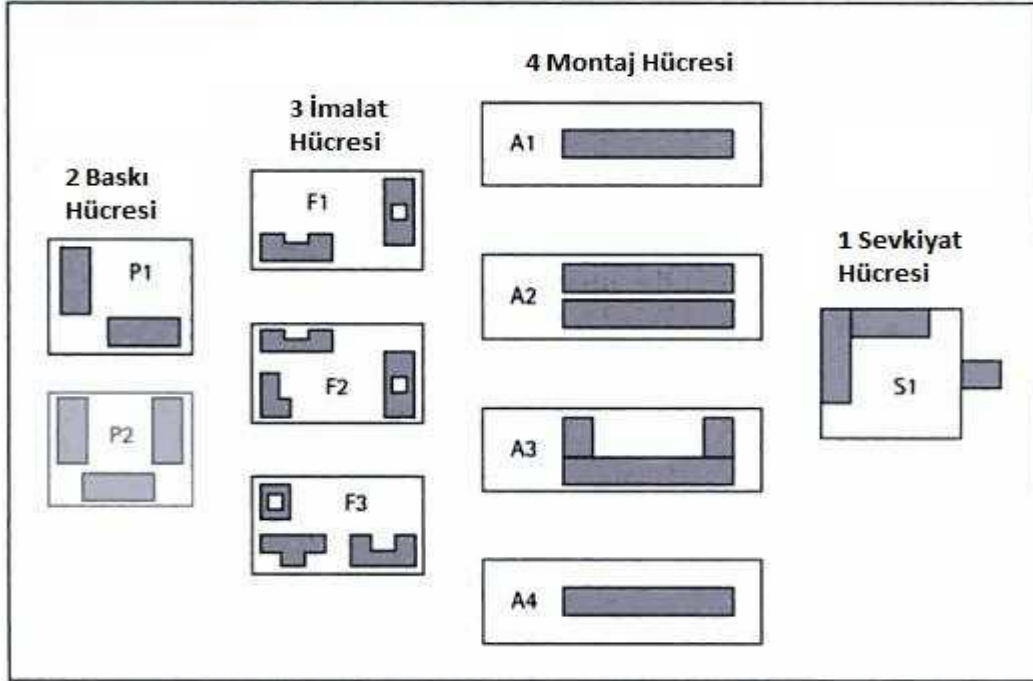
Sistem altyapısı Toyota Üretim Sistemine dayanır. Atölye yerleşimi hücrelerden oluşur. Makine kapasitelerinin tam kullanımı yerine akışa önem verilir. İsrâfların eliminasyonu ve çekme tipi üretim konuları aynen korunmaktadır. Çizelge 2.1'de Yalın Üretim ve HTÜ arasındaki karşılaştırma verilmiştir [38].

Çizelge 2.1. Yalın üretim ve HTÜ karşılaştırması [38].

Yalın Üretim	HTÜ
İsrâfların sistematik şekilde elimine edilmesi, sürekli iyileşmeye götürür.	Akış süresinin düşürülmesi, sürekli iyileştirme ve israfların eliminasyonu ile sonuçlanır
Tek parça akışı hedeflenir	Tek parça akışı gerekli değildir; ürün yapısı gereği küçük parti üretimi gerekebilir.
Takt süresi ve dengelenmiş planlama ile akış desteklenir. Tüm üretim alanında dengelenmiş takt sürelerinin elde edilmesi için detaylı iş elemanı analizi ve standartlaştırılması gerekir.	Kurumsal esneklik, zaman dilimleme ve sistem dinamiklerinin açığa çıkartılması gibi tekniklerin kullanımı ile geniş ölçüde değişken ürün taleplerini karşılama yeteneği desteklenir.
Tedarikçiler, akış gerekliliklerini çekme sinyalleri ile sağlarlar.	Tedarikçiler "hızlı tepki"yi, operasyonları değiştirerek ve müşteri ile olan etkileşimlerini yeniden tanımlayarak sağlarlar.
Çekme, malzeme beslemeyi tetikler: bir gönder, bir üret. Bu, sevk edecek bitmiş ürün stoğu olacağını ima eder. Ayrıca, tedarik zincirinin her noktasında stok tutulması gerekir. Nihai ürün çeşidi fazla ise, çok fazla ürün stoğu olması gerekir. Özel tasarım ürünlerde çalışmaz.	Çok yüksek ürün çeşitliliği olan şirketlerde özel olarak kurgulanır. HTÜ'nün amacı, bir siparişi olmadığı sürece o işi başlatmamaktır. Malzeme planlama ve sipariş verme için itme sistemini, sıkışıklığı önlemek için düzenlenmiş çekme yaklaşımı kullanılır.
Dengeli talep gerektirir.	Öngörülemeyen ve hızlı değişen talep durumunda kullanılır
Tam zamanında teslimatı, ilk öncelikli performans kriteri olarak vurgular.	İlk öncelikli ölçüt, akış süresinin düşürülmesidir.

Özetle HTÜ stratejisi, ve düşük parti miktarlı üretim yapan veya çok çeşitli ürün yelpazesine sahip olup, üretiminin ara aşamalarında bu çeşitliliğe karşılık gelecek yüksek stoğu karşılayamayacak işletmeler için etkin olarak kullanılabilir [38].

Bu noktada, HTÜ'nün malzeme kontrol yöntemi olan POLCA ortaya atılmıştır. Şekil 2.5'te, örnek olarak alınan XYZ şirketinin mevcut üretim hücrelerinin yerleşimi görülmektedir. Ürün akışında sırasıyla baskı, imalat, montaj hücreleri bulunmakta ve tüm ürünler tek olan sevkiyat hücresinde paketlenerek sevk edilmektedir. Her ürün sırasıyla bu hücre ailelerine uğramalıdır, fakat her ürün için sıralı hücre dizilimi farklı olabilir [38].



Şekil 2.5. XYZ şirketinde üretim hücreleri dağılımı [38].

POLCA olarak adlandırılan HTÜ malzeme kontrol ve dağıtım sistemi üç unsur gerektirir: Yüksek seviyeli MİP sistemi, hücresel organizasyon ve tek seviyeli ürün ağacı [38].

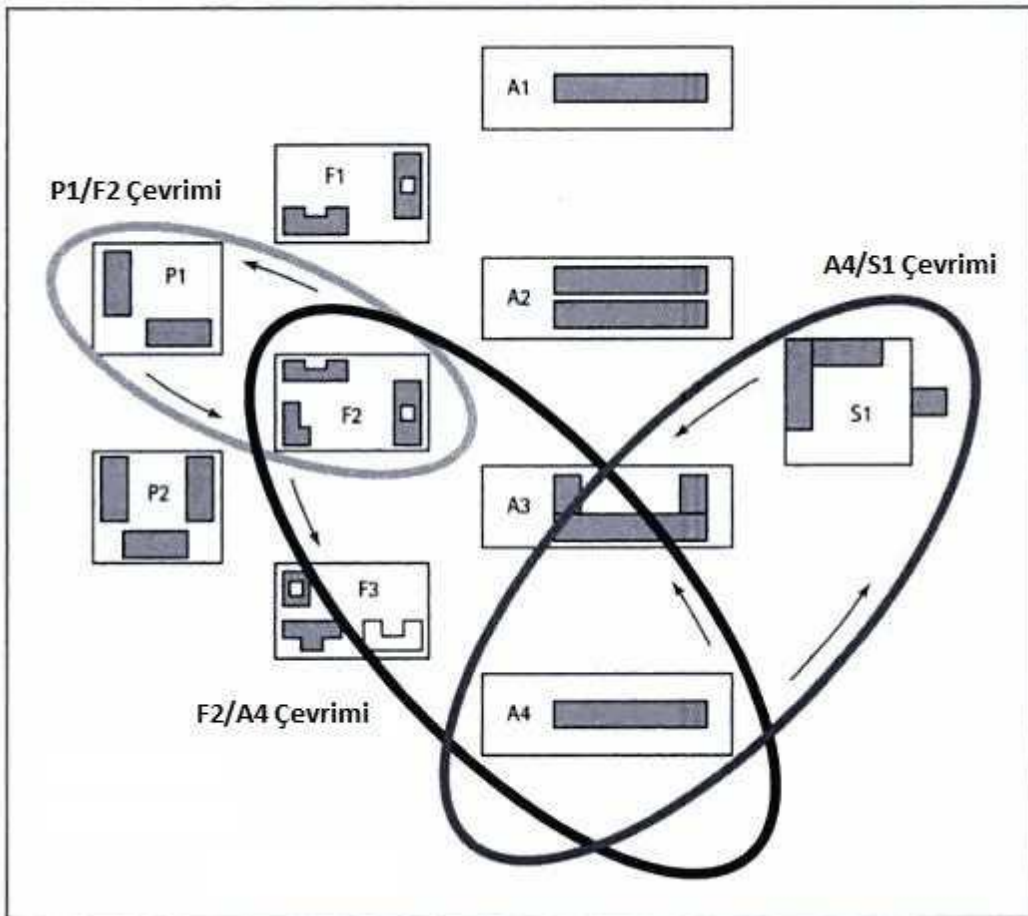
POLCA, MİP ve kanban sistemlerinin bakış açılarını birleştirirken, üretimdeki tıkanmalar ve aşırı YMS'yi kontrol edecek dört anahtar özelliğe sahiptir [38]:

- Üretim siparişi yetkileri, MİP aracılığıyla yaratılır.
- Hücreler arası malzeme hareketlerinin haberleşme ve kontrolü, POLCA kartları aracılığıyla sağlanır. Hücre içi istasyonlar arası malzeme kontrolü için kanban veya benzeri bir sistem kullanılabilir
- POLCA üretim kontrol kartları ürüne özel olmak yerine, bir hücre çiftine atanır. Bir siparişin rotasında gelen hücre P1, sonrasında gidilecek hücre F2 ise, belli sayıdaki bu kartlara P1/F2 kartları adı verilir. Şekil 2.6'da örnek olarak P1/F2 kartı görülmektedir.



Şekil 2.6. Örnek POLCA kartı

- Her POLCA kartı, atandığı işe, üzerinde yazılı hücre çifti boyunca eşlik eder. Örneğin iş P1 hücresine geldiğinde kart ilişirilir, sonraki hücre olan F2'ye birlikte giderler ve F2'de işlem tamamlanıp bir sonraki hücreye gideceği aşamada kart ayrılır ve tekrar P1'e gönderilir. Bu şekilde üretim hattı boyunca birbirini takip eden, Şekil 2.7'de görülen çevrimler oluşturulur.



Şekil 2.7. POLCA kartlarının akışı

Başlangıç hücresinin işe başlaması öncesinde MİP tarafından, nihai ürünün gerçekleşmesi için geçmesi gereken hücreleri sırasıyla içeren bir rota bilgisi yayınlanır. Sonrasında da MİP'de tanımlı işlem zamanları ile yetkilendirmeyi ve dolayısıyla önceliklendirmeyi yönetmesi beklenir [38].

Özetle, bir hücrenin üretim yapmaya başlaması için üç şartın yerine getirilmesi beklenir; işin (malzeme veya alt komple) olması, boşta uygun adresli POLCA kartı olması ve MİP tarafından verilmiş yetki. Bu üç şartı bir araya getiren siparişe önceliklendirilerek işleme başlanır. Bir hücre çiftine ait POLCA kartı sayısı ise, o hücrelerin akış süreleri ve planlama süresi boyunca günde ortalama kaç parça geçişinin olacağı bilgisi ile tayin edilir [38].

#### **2.4.4. Kit halinde teslimat**

Üretim sistemlerinde malzemelerin üretime dağıtımı sürekli olarak iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Malzeme besleme sistemlerinden bir tanesi de kit halinde teslimattır. Kit halinde teslimat sistemi basit olarak bir nihai ürünü oluşturan parçaların set halinde üretilmek üzere iş istasyonuna sevk edilmesidir [39].

Otomotiv endüstrisinde; malzemelerin elde bulundurma maliyetinin yüksek olması, müşterinin isteğine göre yapılan değişikliklerin çok fazla olması ve her bir özel parçanın montaj hatlarında etkin bir şekilde depolanması alan açısından problem yaratmaktadır. Bu problemle başa çıkabilmek için kit halinde teslimat bu sektörde etkin bir şekilde uygulanabilmektedir. Otomotiv üreticilerinin bu problemde rekabet avantajı sağlamalarının tek yolu montaj hattındaki her bir ürüne özel kitlerin oluşturulmasıdır. Böylece hem üretim hattında fazla stok tutulmaz hem de her aracın hangi özelliklere sahip olacağı üretimin en başından belirlenir. Bu da üretimde çalışan personelin yanlış parçayı kullanmasına ve parçaları aramasına engel olur[39].

Literatüre bakıldığında kit halinde teslimat ile montaj hattında stoklamaya alternatif olarak ortaya atılmıştır. Burada belirli sayıda bileşenin farklı ürünlerin farklı kitlelere tahsis edilmesinde yaşanan problemler incelenmiştir. Bütün incelenen modellerde amaç işin erken veya geç bitirilmesi, süreç içi stok bulundurma ve elde bulundurma maliyetlerinin en küçüklenmesidir. Kit halinde teslimatın yapılabilmesi için malzemelerin mevcut malzeme arabaları ile nasıl taşınacağına yönelik model geliştirmiştir. Bu modelde elde bulundurma

ve depolama maliyeti minimize edilmeye çalışılmıştır [40]. Ayrıca kit halinde teslimat ergonomi ile ilişkili olarak da incelenmiştir. Kitin biçiminin çalışanın performansı üzerindeki etkisi ve tasarımın çalışanın performansını en üst düzeyde kullanabileceği şekilde yapılması incelenmiştir [41].

Kit halinde teslimat ile montaj hattında stoklama birbirleri ile kıyaslanmış ve hangisinin hangi koşullar altında daha iyi performansa sahip olduğu incelenmiştir. Herhangi bir parçanın kitin içinde mi yoksa üretim hattının yanındaki stoklama alanında mı bulunması gerektiği çok ölçütlü karar verme tekniği ile incelenmiştir [42]. Kit halinde teslimat, montaj hattında stoklama ve kanban gibi sistemleri karma olarak uygulamak için ABC analizini kullanmışlardır [43].

Kit halinde teslimatta iki tip kitten bahsedilebilir. Bunlardan birincisi istasyon bazında olan kittir ve istasyona verildikten sonra tükenene kadar orada kalmaktadır. İkincisi ise tükenene kadar nihai ürün ile birlikte hareket eden kittir.

Kit halinde teslimatın yapılabilmesi için malzemelerin kasalara uygun biçimde konulması gerekmektedir. Kitler merkezi depoda veya montaj hattına yakın bir noktada oluşturulabilirler. Kit haline getirilmiş parçalar iş istasyonlarına gönderilebilir veya çalışanlar kitleri almak için teslimat noktasına gelebilirler. Burada kitlerin hazırlanması için depoda bir alana ve insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kitler, işçilik ücretlerinin ucuz olduğu durumlarda daha avantajlıdır. Birkaç montaj hattının eş zamanlı olarak çalıştığı ve çok fazla malzeme talebi gerektiren durumlarda veya aynı malzemeleri kullanan paralel montaj hatlarında kit halinde teslimat avantajlıdır [44].

Merkezi bir depoya sahip olan bir otomotiv firmasının kitleri süpermarket sistemi ile stoklandığı sistemi kurdukları matematiksel modeli bir vakada kullanarak incelemişlerdir. Herhangi bir alan sıkıntısı olmayan durumlarda bütün ürünlerin üretim hattında stoklanması en uygun olmaktadır. Bu çözüm en uygun çözümden bile daha iyi olmasına karşın olurlu değildir. Bütün ürünlerin kit halinde teslim edilmesi de en uygun çözümden daha kötü bir sonuç doğurmaktadır. Dolayısıyla en uygun çözüm iki sistemin de karma olarak kullanıldığı yapıyı gerektirmektedir. Kit halinde teslimat, bir maliyete yol açmakla birlikte hattın yanında çok fazla alan kazandırmaktadır. Kitlerin oluşturulması toplu halde

malzemelerin stoklanmasından daha fazla elde bulundurma maliyetine sebep olmasına karşın, malzemelerin etkin biçimde kit haline getirilmesi ekonomik açıdan bu maliyeti telafi edecektir. Küçük parçaların kit haline getirilmesi büyük parçalara göre daha çok avantaj sağlamaktadır [45].

Kit halinde teslimat sisteminin tasarlanması için matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu modelde süreç içi sabit stok ve kit haline getirmek için ihtiyaç duyulacak olan çalışan sayısının en azlanması incelenmiştir. Yapılan çalışmada kit halinde teslimatın tasarımında 5 önemli faktör olduğu gözlemlenmiştir. Bunlar; kit sayısı, turun periyodu, kit haline getiren çalışanların sayısı, kit alanı ve taşıyıcının kapasitesidir. Bu matematiksel modelin mevcut literatürden farkı kitlerin dönüşüm periyodu süresinin de modelin içine katılmış olmasıdır. Bu modelde optimum döngü zamanı ve kitlerin sayısı, süreç içi stoğu ve kit hazırlayan çalışan sayısını en azlayarak hesaplanmıştır [46].

#### **2.4.5. Döngüsel sefer**

Döngüsel sefer (Milkrun) lojistiği, malzemeleri rotalar kullanarak alıcının topladığı bir lojistik tedarik yönteminin genel adıdır. Firma (ana sanayi), belirlenmiş bir zaman periyodunda, yardımcı sanayi firmalarını dolaşan ve önceden belirlenmiş bir rota üzerinde yol alan bir kamyon dolaştırır ve topladığı malzemeleri fabrikaya getirir. Genel olarak, milkrun kullanımı aşağıdaki nedenler ile yapılır [47]:

- Malzeme toplam satın alma maliyeti içindeki, taşıma maliyetinin netleştirilmesi,
- Taşıma maliyetlerinin azaltılması,
- Firma üretim hattı ile senkronizasyon sağlanması ve tam zamanında teslimat performansının artırılması,

Bir çok fabrikada, malzeme organizasyonu malzemeleri hatlara, aynı süre yetecek miktarlarda göndermek yerine, aynı alanı veya hacmi kaplayacak miktarda sevk eder. Bunun gerekçeleri malzemelerin forkliftler ile getiriliyor olması, forklift iş göreninin yarım paletler için zaman kaybetmek istememesi veya AS/RS'nin (Automatic Storage / Retrieval System, Otomatik Depolama Sistemi) yarım paletler ile işlem yapmaya programlanmamış olması olabilir. Sonuçta hat yanına tam paletler gider ve bu bir tam palet, tüketim hızına göre 30 dakikalık veya bir haftalık üretimi karşılıyor olabilir. Eğer X parçasının hacmi, Y



parçasının beş katı kadar ise, X parçasının hat yanına sevkiyatı, miktardan bağımsız olarak, Y'nin beşte biri kadar yapılır [48].

#### **2.4.6. Karma sistemler**

Günümüzde kanban ve kit halinde teslimat seçenekleri yaygın ve birbirine entegre olarak kullanılmaktadır. Örneğin otomotiv endüstrisinde bir araca monte edilecek far grupları(ön, arka ve sis farları), lastikler ve jantlar kit haline getirilip daha sonra da belli bir kanban büyüklüğü ile stoklanmaktadır. Böylece her bir malzeme için ayrı ayrı kanban takibi yapmak yerine tüm kitin sadece tek bir noktadan takibi yapılabilmektedir. Özellikle Kanban ile kit halinde teslimat arasındaki etkileşim literatürde en çok karşılaşılan konulardır [39].

#### **2.5. Yalın Üretimin Sürekli Süreç Endüstrisinde Uygulanması**

Yalın üretimin başarısının büyük bir bölümü özellikle montaj hattı süreçlerinden olmak üzere otomotiv sektöründen gelmektedir. Elektronik sektöründe çalışan diğer kesikli üretim şirketleri otomotiv firmalarını takip ederek yalın üretim tekniklerini uygulamışlardır. Bu şirketlerin çoğu yalın uygulamalarını başarmışlardır. Günümüzün zor konusu ise yalın üretim teknik ve araçlarının sürekli süreç üretimlerinde çalışan şirketlere uyumlaştırmaktır [49].

Yüksek hacim, düşük çeşitlilik ve esnek olmayan süreçler sürekli üretimi temsil etmektedir. Yöneticiler bu süreçlere yalın üretim fikirlerini uyumlaştırmada yavaş hareket etmektedirler. Korku, parti büyüklüklerinin azaltılmasının zor olduğu süreçlerin esnek olmayışından gelmektedir. Örneğin sürekli üretim süreçlerinde hazırlık süreleri çok uzun ve değişim sürelerinde süreçleri kapatmak hayli maliyetlidir [50].

Süreç endüstrisi, kesikli üretimdeki parça üretimin aksine malzeme üretimi olarak düşünülebilir. İki endüstri de genel bazı özelliklere sahiptir; fakat ikisi arasındaki temel fark operasyonların farklılığıdır. Aynı zamanda lojistik bakış açısından bakıldığında büyük bir zorluk oluşturan sürekli süreç endüstrisinde bir süreci kapatmak çok pahalıya mal olmaktadır. Fakat sürekli süreç endüstrisinde de her zaman kesikli parçaların üretimi

yapılmaktadır. Yalın üretim kavramı kesikli üretim yapılan bu süreçlere uygulanmalıdır. Bu uygulamaları kesikli üretim endüstrilerindeki gibi israfları ortadan kaldırmak, sürekli üretim endüstrisindeki kısıtlar üzerinde uygulamak için gerçekleştirilmelidir. Bu kısıtlar da ortadan kaldırıldıktan sonra her endüstri için zor ve farklı olan konular geriye kalmaktadır. Daha sonra derece derece bu kısıtlardan kurtularak, bunların etkisinin en aza indirilmesi için uğraşmak en doğru yol olacaktır [51].

## **2.6. Yalın Üretimin Seri Üretim İle Karşılaştırması**

Seri üretim ile yalın üretim arasındaki en çarpıcı farklılık asıl amaçlarında yatmaktadır. Seri üreticiler kendilerine sınırlı bir hedef tayin ederler. Bu da, azami sayıda, standardize edilmiş ürünler anlamına gelir. Daha iyisini yapmak, bu anlayışa göre çok pahalıya mal olacaktır veya insanın doğal yeteneklerini aşacaktır. Diğer tarafta, yalın üreticiler kesin olarak kusursuzluğu hedef almışlardır. Devamlı düşen maliyetler, sıfır bozuk mal, sıfır stok vs sonu gelmeyen ürün çeşitliliği vb. Yalın üretici bu hedefe ulaşmak için sürekli mükemmellik arayışı içindedir [52].

Kitle üretimi, büyük ölçekte ve standart mal üretimi sağlayan iş bölümünün katı bir şekilde yapıldığı, ürünün standart halde olmasının verimlilik artışı sağladığı ve artan talebin de bu standartlaştırmayı hızlandırdığı bir üretim biçimidir. Bu tip üretimlerde makineler sadece belirli bir amaç için kullanılırlar. Bunun sonucunda ortaya düşük maliyetli fakat çeşitliliğe sahip olmayan ürünler çıkmaktadır. Yalın üretimde ise her hacimde kalitesi yüksek ve düşük maliyetli üretim yapılır. Bu üretim sisteminde daha az alan, daha az zaman, daha az donanım, daha az işgücü kullanılır. Yalın üretim yapan firmalar israfı ortadan kaldırmayı, kaliteyi geliştirmeyi, verimliliği arttırmayı, ürünlerde ve üretim süreçlerinde sürekli iyileştirmeyi hedeflemektedirler. Tüm bu çabaların sonucunda da işletmenin rekabet gücünde ve kârlılığında artış elde edilir.

Fordist (seri) üretim ile Post-Fordist (yalın) üretim arasındaki en çarpıcı farklılık onların amaçlarında yatmaktadır. Fordist üretimde, hiç durmaksızın seri bir şekilde çok büyük miktarlarda üretim yapılır [53]. Aynı zamanda kalite kontroller, üretimin belirli aşamalarında ve belirli bölümlerin sorumluluğu altında yapılır [54]. Bu da sonuç olarak, “üretim akışının kesintiye uğramasına yol açar ve kabul edilebilir sayıda bozuk mallar,

azami seviyede kabul edilebilir stoklar, düşük seviyeli standardize edilmiş ürünler” anlamına gelir.

Yalın üretimde ise kalite kontroller, Fordist üretimde olduğu gibi üretimin belirli aşamalarında veya belirli bölümlerin sorumluluğunda değil, sürekli olarak yapılmaktadır. Her işçi, kendi kalitesinden sorumlu olmakta ayrıca yapılan işin kalitesi hemen sonraki işin yapılması sırasında kontrol edilmektedir [55].

Bu demektir ki, yalın üreticiler, kesin olarak kusursuzluğu hedef almışlardır. Devamlı düşen maliyetler, sıfır bozuk mal, sıfır stok ve sonu gelmeyen ürün çeşitliliği gibi [10].



### **3. DEPOLAMA VE SİPARİŞ/TALEP TOPLAMA**

Bu bölümde literatürde depolama ile ilgili yapılmış araştırmalar ve depolama yöntemlerinden bahsedilecektir. Ayrıca bu bölümde bazı çalışmalarda sipariş toplama bazı çalışmalarda talep toplama olarak belirtilen, depodan malzeme toplama işlemi için yöntemler ve literatürde yapılmış çalışmalardan da bahsedilecektir.

#### **3.1. Depoya Ürünlerin Yerleştirilmesi**

Ürünlerin depoya yerleştirilmeleri şirketlerin ürettikleri ürüne, stok devir hızına, malzemenin ağırlığına, malzemenin teknik özelliklerine göre değişmektedir. Depoya ürünlerin yerleştirilmesinde genel olarak kullanılan yaklaşımlar aşağıda verilmiştir:

- Rastgele depolama
- En yakın boş bölgeye depolama
- Belirlenen yere depolama
- Tam devir depolama
- Aile bazlı gruplama
- Bölgelere ayırma
- Kümeleme

##### **3.1.1. Rastgele depolama**

Rastgele depolama sistemini, ürünlerin mevcut boş yerlere eşit olasılıklarla rassal olarak atanması şeklinde tanımlamaktadır. Ancak bilgisayarla kontrol edilen bir üretim ortamında uygulanabilmektedir [56]. Bu sistem, depolarda yaygın olarak kullanılmaktadır çünkü uygulaması kolay ve diğer yöntemlere göre daha az alan gerektirmektedir. Ayrıca depolarda yüksek kullanım oranıyla sonuçlanmaktadır [57].

Rastgele depolama yönteminin dezavantajı, firmanın bilgisayar sisteminde yaşanacak herhangi bir problemde sistem manuel olmadığından ve her şey bilgisayar ile yönetildiğinden tüm sistem olumsuz yönde etkilenecektir.

### **3.1.2. En yakın boş bölgeye depolama**

Talep toplayıcının, depo yerini kendisinin seçtiği sistem, en yakın boş bölgeye depolama sistemidir. Toplayıcı tarafında rast gelinen ilk boş yer kullanılacak, dolayısıyla başlangıç noktası etrafındaki raflar dolu olup arka yerler daha boş olacaktır. Bu sistem ve rassal depolama, sadece dolu paletlerin kullanılması durumunda benzer performans göstereceklerdir [56].

Bu yöntem farklı boyutlara sahip ürünler ile üretim yapılmaya çalışıldığında verimsiz depo alanlarının oluşmasına sebep olacaktır. Bu uygulama seri ve tek tip üretim yapan firmalarda kullanılabilir. Bu yöntemi kullanırken FIFO uygulamasına da dikkat edilmelidir.

### **3.1.3. Belirlenen yere depolama**

Belirlenen yere depolama, her ürün için belirli bir yerin ayrıldığı depolama yöntemidir. Bu yöntemin dezavantajı, depo yerlerinin, stokta bulunmayan parçalar için de rezerve edilmesidir. Ayrıca maksimum stok seviyesine göre depolama yapmak için stok gereksinimi fazladır ve depoya atama yöntemleri arasında en düşük alan kullanım oranına sahip yöntemdir. Bu yöntemde, talep toplayıcıların ürün depo yerini biliyor olması en önemli avantajdır [56].

### **3.1.4. Tam devir depolama**

Tam devir depolama yönteminde, ürünler devir hızlarına göre stok alanına dağıtılmaktadır. Hızlı devir eden parçalar, erişimi kolay yerlere, daha çok başlangıç noktası etrafına, yavaş hareket eden parçalar ise deponun arka alanlara yerleştirilmektedir. Yöntemin en önemli dezavantajı, talep oranlarının devamlı olarak farklılık göstermesi ve ürün çeşidinin sıkça değişmesidir. Bu durumda her değişim, depoda, stokların yüksek oranda yeniden düzenlenmesi ve ürünlerin yeniden sıralanması sonucunu getirmektedir. Dolayısıyla esneklik ve verimlilik kayıpları yaşanabilmektedir [56].

Bu tip depolamanın bir örneği olan COI (Cupe per order index) kurallı depolama sistemi üzerine çalışmıştır. COI, bir parça için gerekli depo alanının, ilgili parçanın stok devir

hızına oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşımda, düşük COI oranına sahip olan ürünler başlangıç ya da boşaltma noktasına yakın yerlere yerleştirilmektedir [58].

### **3.1.5. Aile bazlı gruplama**

Aile bazlı gruplama, benzer ürünlerin aynı stok alanında depolandığı bir depoya atama yöntemidir. Bu yöntemde, ürünler arasındaki ilişkiler dikkate alınmıştır. Bu sistemin uygulanabilmesi için ürünler arasındaki istatistiksel korelasyonun bilinmesi ya da en azından tahmin edilebilir olması gerekmektedir. Bu yöntem de daha önce bahsedilen depoya atama yöntemleriyle birleştirilerek uygulanabilmektedir [65].

### **3.1.6. Bölgelere ayırma**

Talep toplama sistemlerinde alınması gereken operasyonel kararlardan bir tanesi de bölgelendirme. Bölgelendirme, talep toplama alanının bölgelere ayrılması ve her toplayıcının kendisine atanan bölgeden sorumlu olması şeklinde tanımlanmaktadır. Depoyu bölgelendirmek için önemli sebeplerden birisi talep toplama faaliyetlerini organize edebilmektir. En temel avantajları talep toplayıcıların daha küçük bir alanda çalışması, bölgedeki ürünlerin yerlerine aşına olabilmesi ve daha kısa talep toplama süresidir. Dezavantajı ise talepler bölündüğü için gönderilmeden önce tekrar birleştirilmesi gerektiğidir. Bu alanda yapılmış çalışmalar sınırlı sayıdadır [59].

### **3.1.7. Kümeleme**

Talep toplama sistemlerinde, talep toplayıcının dolaşım süresini kısaltacak yöntemlerden birisi de kümelemedir. Benzer toplama yerine sahip taleplerin birlikte kümelenmesi ve aynı toplama turunda toplanması durumunda talep toplayıcının gezi süresi önemli ölçüde azalmaktadır [60]. Küme, aynı turda eş zamanlı olarak toplanan talepler grubudur [61]. Kümelemenin uygulanabilmesi için taleplerin boyutlarının küçük olması gerekmektedir. Eğer talepler büyük ise her bir talep ancak tek olarak toplanabilmektedir.

Kümeleme için temelde iki faktör belirlemiştir:

- Toplama yerleri arasındaki yakınlık
- Zaman aralığı

Yakınlığa göre kümelemede, her bir talebin bulunduğu yer ile diğer taleplerin yakınlığı temel alınarak kümeye atama yapılmaktadır. Burada en önemli problem, talepler arasındaki yakınlığın nasıl ölçüleceğidir. Sabit ya da değişen zaman aralığına göre kümelemede ise, aynı zaman aralığına gelen talepler aynı kümeye atanmaktadır [56].

### 3.2. Sipariş/Talep Toplama

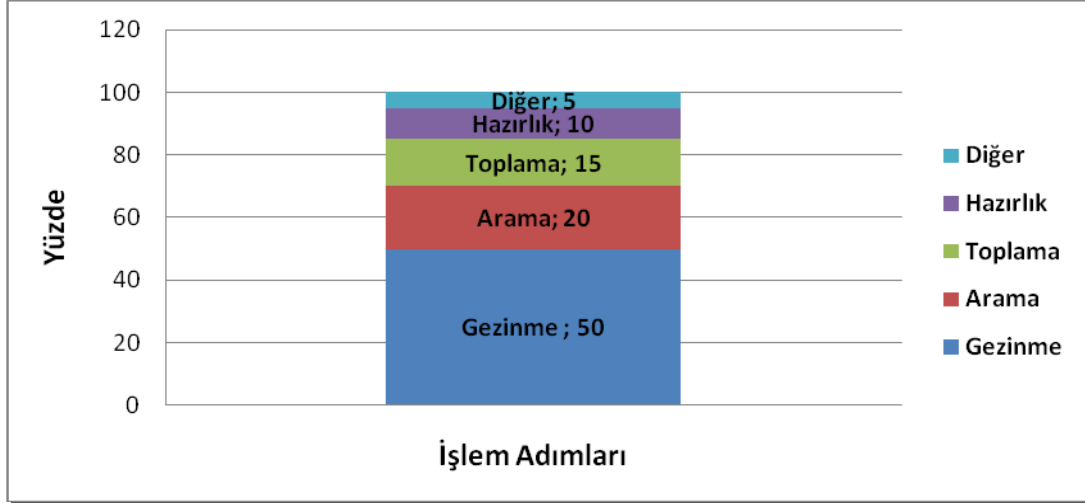
Bazı kaynaklarda sipariş toplama olarak bazı kaynaklarda ise talep toplama olarak tanımlanan işlem bu çalışmada depodan malzeme toplama olarak tanımlanmış olup bu konuda literatürde yapılmış tanımlamalar ve açıklamalardan aşağıda verilmiştir:

- Açıklama: Talep toplama işlemi, emek yoğun olduğu ve tekrar gerektirdiği için maliyetli bir süreçtir [62] [63]. Araştırmalar göstermiştir ki toplam depo maliyetlerinin % 60'ını talep toplama işlemleri oluşturmaktadır ve bugün hala talep toplama işlemleri manüel olarak yapılmaktadır. Talep toplayıcıların % 50'den fazla zamanı ise toplama yerleri ve başlangıç noktası arasında dolaşım ile geçmektedir [64]. Bu süreleri düşürmenin bir yolu tamamıyla yeni bir depo tasarlamaktır. Fakat genellikle operasyonel süreçleri değiştirmek gibi daha az radikal metotlarla da bu süreleri düşürmek mümkündür [65].
- Tanım: Talep toplama için bir başka tanımda "talep toplama, belirli bir müşteri isteğine karşı depodan ya da stok alanından ürünlerin toplanması işlemidir" [56] .

Talep toplama sistemlerinde yaygın hedefi; işgücü, makine, sermaye kısıtları altında servis seviyesini en büyükmektir [56]. Bu sebep ile gelen taleplerin en kısa sürede toplanması önemlidir. Şekil 3.1'de talep toplayıcının talep toplama sürecinde harcadığı zamanın dağılımı gösterilmiştir. Talep toplayıcının talep toplama süreci içerisinde gezinme süresi en fazla tutan süredir. Süreç içerisindeki gezinme adımı sipariş toplamaya değer katmayan fakat zorunlu israf olan bir süreçtir. Bu sebeple talep toplamada gezinme sürecindeki



mesafeler en azlanmalıdır. Bu sürecin kısaltılması toplam maliyetin düşürülmesine de etki edecektir.



Şekil 3.1. Sipariş/talep toplama süresinin tipik dağılımı [56].

Şekil 3.1’de, sipariş/talep toplama sürecinde harcanan toplam sürenin alt işlem adımlarında dağılımı yüzde oran olarak gösterilmiştir. Bu yüzde dağılıma göre, bir talebin toplanma sürecinde en çok zaman alan (% 50 oranındaki pay ile) depo içerisindeki gezinme süresi, diğer bir deyişle talep edilen ürünlerin bulunduğu depo alanları arasında gitme - gelme süresidir.

Bir deponun talep toplama yerleşimleri ile birlikte modellenmesi ve tüm talep toplama ekipmanlarının aynı modelde dikkate alınması, iyi bir talep toplama rotasının belirlenmesi ile eşzamanlı olarak depo içerisindeki gezinme sürelerinin azaltılması yönünde yarar sağlamaktadır. Ayrıca, bir talep toplama rotasındaki çeşitli siparişlerin kümelenmesi, gezinme sürelerinin indirgenmesinde dikkate alınabilir [66].

Temel depo süreçlerinin dört adımda ele alındığı (Mal kabul, Depolama, Sipariş toplama, Sevkiyat) ve Van den Berg ve Zijm (1999) tarafından sunulan çalışmada, talep toplama maliyetlerinin, temel dört depo faaliyetine ilişkin toplam maliyetin % 60’ından fazlasını oluşturduğu ifade edilmiştir. Bu orana bakıldığında, talep toplamının en maliyetli süreç olduğu görülmektedir. De Koster ve arkadaşlarının (2007) çalışmasında da bu bulgu desteklenmektedir.

Sipariş toplama sürecinin verimliliği, depolama sistemleri, yerleşim, kontrol mekanizmaları gibi faktörlere bağlıdır. Genel olarak sipariş toplama sürecinin verimliliğini arttırmak; sipariş toplama süresini azaltmak ya da depoda gidilen mesafeleri en azlamak için dört yaklaşım mevcuttur [65] :

- İlk yaklaşım, seyahat süresini en azlamak için talep toplama rotasını planlamaktır.
- İkinci yaklaşım, depoyu bölgelere ayırmaktır. Böylece talep toplayıcılar sadece kendilerine atanan bölgede bulunan talepleri toplayacaktırlar.
- Üçüncü yaklaşım, depo yeri atama yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda depo yerleri, rafların en iyi kullanımına göre seçilmektedir. Burada depoya atama kuralı ve rotalama metodu arasındaki ilişki önemlidir.
- Son yaklaşım ise talep kümeleme yaklaşımıdır. Talep kümeleme yaklaşımında, bazı talepler gruplanmakta ve aynı kümeye atanan taleplerin tek seferde toplanması yoluyla gidilen mesafe azaltılmaktadır

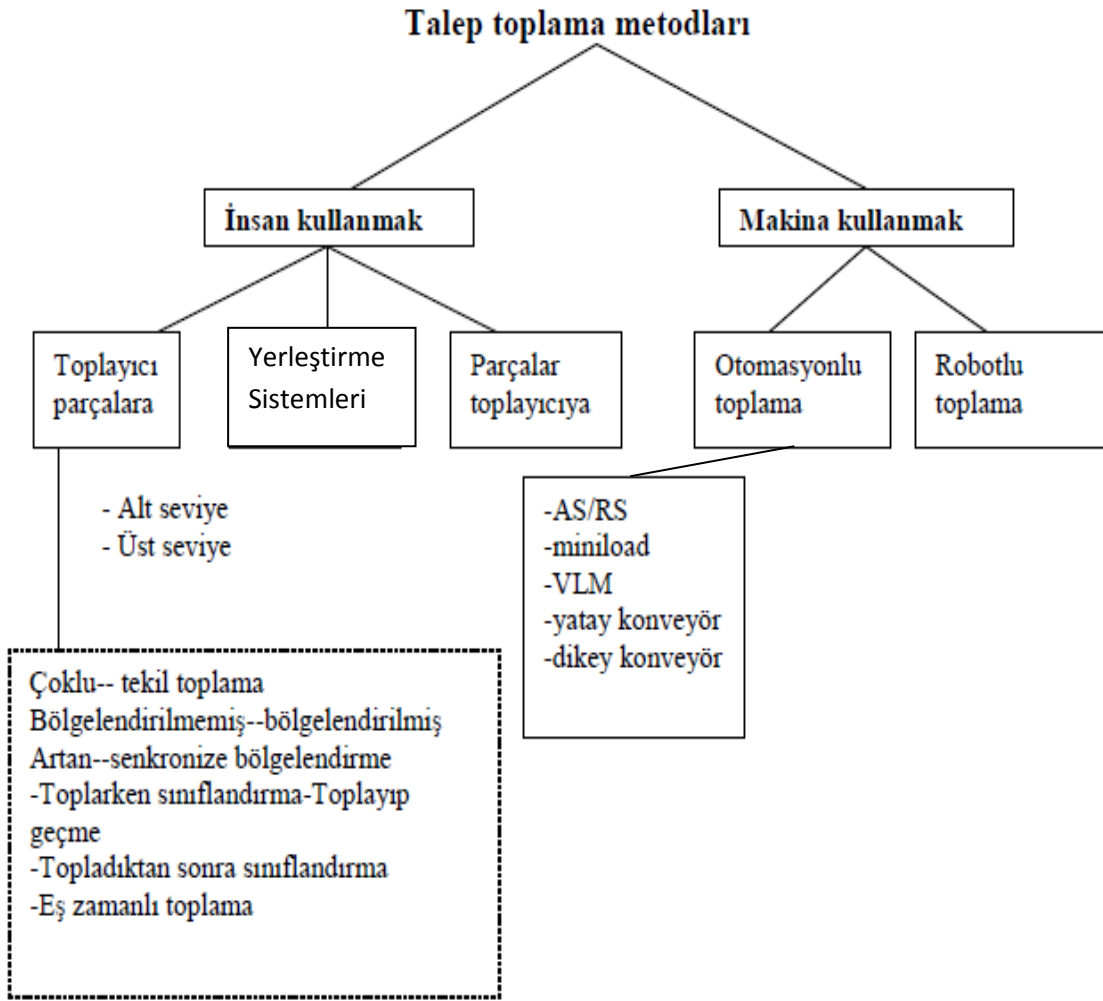
Talep toplama sistemlerinde dikkate alınan diğer hedefler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Bir talebin gerektirdiği süreyi en aza indirmek
- Tüm taleplerin gerektirdiği süreyi en aza indirmek
- Alan kullanımını en büyükmek
- Ekipman kullanımını en büyükmek
- İşgücü kullanımını en büyükmek
- Tüm parçaların erişilebilirliğini en büyükmek

Üç ana tip talep toplama sistemi bulunmaktadır:

- Toplayıcının parçalara gittiği sistem
- Parçaların toplayıcıya gittiği sistem
- Yerleştirme sistemleri

Talep toplama sistemlerinin daha detaylı bir sınıflandırması Şekil 3.2'deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Talep toplama sistemlerinin sınıflandırılması [67]

### 3.2.1. Toplayıcının parçalara gittiği sistem

Bu sistemde talep toplayıcılar koridorlar boyunca parçalara doğru yürümekte ya da araçlarını sürmektedir. Bu sistem yaygın olarak kullanılmaktadır. İki tipi vardır:

- Alt seviyede toplama
- Üst seviyede toplama

Alt seviyede toplamada, talep toplayıcı, istenen parçaları depo raflarından toplamaktadır. Üst seviyede toplamada ise toplayıcılar, asansörlü bir zeminin üzerinde ya da talep toplayıcı aracın üzerinde toplama noktalarına ulaşmaktadır. Araç, uygun toplama noktasının önünde otomatik olarak durmakta ve talep toplayıcının toplama işlemini gerçekleştirmesi için beklemektedir [67].

### 3.2.2. Parçaların toplayıcıya geldiği sistem

Bu sistemde otomatik depolama ve çekme sistemleri bulunmaktadır. Sistemde kullanılan cihazların çalışma alanı daha çok ilgili koridorlarda sınırlıdır ve bir ya da daha fazla sayıda birim yükü toplama noktasına bırakılmaktadır. Bu noktada talep toplayıcı kendisine gelen malzemeleri talep edilen miktar kadar alır. Daha sonra talep toplayıcı cihazı geri gönderir. Böylece kalan miktar da tekrar depolanmak üzere depodaki geldiği yere otomatik olarak gider.[67].

### 3.2.3. Yerleştirme sistemleri

Bu sistemde parçalar öncelikle toplayıcı parçalara ya da parçalar toplayıcıya sistemlerinden biriyle toplanmaktadır. Toplanan birimler talep toplayıcı tarafından müşteri kartonlarına yerleştirilmektedir. Bu sistem daha çok, çok sayıda müşteri talebinin kısa zamanda toplanması gerektiği durumlarda tercih edilmektedir [67].

### 3.2.4. Talep toplamada karşılaşılan diğer durumlar

- Küme Toplama-Ayrık Toplama: Küme toplamada, çok sayıdaki müşteri talebi, talep toplayıcı tarafından eş zamanlı olarak toplanmaktadır. Bu sistemde talep toplayıcı, toplamanın hemen ardından sınıflandırma yapabilir ya da toplama işlemi tamamıyla bittikten sonra sınıflandırma işlemini yapabilir. Tekil toplamada ise talep geldikçe toplama işlemi yapılmaktadır [56].
- Bölgeleme: Bu sistemde toplayıcılar belirli bölgelere atanmaktadır. Bir bölgede toplanan taleplerin, tamamlanma için diğer bölgelere geçirilmesi ya da paralel olarak toplanması durumuna göre aşamalı ve senkronize bölgeleme olmak üzere iki tipi bulunmaktadır [56].
- Eş Zamanlı Toplama: Gidecekleri yer ortak olan taleplerin tüm depo alanlarında eş zamanlı olarak toplanmasıdır [56].

### 3.3. Sipariş/Talep Toplama ve Depoya Malzeme Atanması Alanında Yapılmış Çeşitli Çalışmalar

Sipariş/Talep toplama veya depoya malzeme atanması kapsamında yapılmış çeşitli çalışmalar bu kısımda anlatılmıştır. Çalışmaların özeti ve içeriği hakkında bilgi verilmiştir.

Caron, Marchet ve Perego (1998) çalışmalarında alt seviye parçalar toplayıcıya talep toplama sisteminde farklı rotalama stratejilerini tahmini seyahat süresi bazında karşılaştırmış ve değerlendirmiştir. COI tabanlı stoklama sistemlerinde S-şekilli ve dönüş rotalama yöntemleri için COI tabanlı ABC eğrisi, bir turdaki toplama sayısı, koridorların sayısı, uzunluğu, genişliği gibi parametreler dikkate alınarak elde edilen tahmini seyahat süresi ile ilişkili analitik modeller türetilmiş ve bu modellerin doğruluğunu destekleyen benzetim sonuçları sunulmuştur [68].

De Koster, Van der Poort ve Wolters (1999) Çekirdek ve Zaman tasarrufu algoritmalarının performansını, S-şekilli ve En büyük boşluk rotalama stratejilerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Ulaştıkları sonuçlar, Çekirdek algoritmalarının S-şekilli rotalama stratejisi ve yüksek kapasiteli talep toplama aracıyla kullanıldığı zaman; Zaman tasarrufu algoritmalarının ise En büyük boşluk rotalama stratejisi ve düşük kapasiteli talep toplama aracıyla kullanıldığı zaman en iyi performansı sağladıklarını göstermiştir [69].

Berg ve Zijm (1999) depolama sistemleri ve depo yönetim problemlerini tartışmışlar, depolama sistemlerinin, tasarım, planlama ve kontrol aşamalarında karar problemlerinin hiyerarşisini sunmuşlardır [70].

Roodbergen ve De Koster (2001) iki ya da daha fazla çapraz koridorlu, rassal stoklamanın kullanıldığı depolarda talep toplama rotaları için sezgisel yöntemler sunmuşlardır. Literatürdeki sezgisel yöntemlere ek olarak birleştirilmiş sezgisel yöntemi geliştirmişlerdir. Tüm sezgisel yöntemlerin sonuçlarını dal sınır algoritmasından elde ettikleri optimal çözümle karşılaştırmışlar ve birleştirilmiş sezgiselin en iyi performansı gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca seyahat süresiyle ilgili çapraz koridor sayısının, toplama koridoru sayısına, koridor uzunluğuna ve parça sayısına bağlı olduğunu açıklamışlardır [65].

Faber ve arkadaşları (2002) ile Ballard (1996) da, kaynak plânlamasındaki bir diğer önemli konu olan depo yönetim sistemlerini, deponun karmaşık yapısının ve stok yönetiminin etkin şekilde yönetimi açısından çalışmışlardır [71-72]. Hill (2002) depo yönetim sisteminin plânlanmasına ilişkin süreci tasarlamış [73] ve Connolly (2008) çalışmasında, depo stok kontrolünde kullanılan farklı teknolojileri sunmuştur [74].

Petersen ve Aase (2004) manüel talep toplama sistemlerindeki toplama, depolama, rotalama kurallarını karşılaştırmak için bir benzetim modeli kullanmışlardır. Talep boyutunun, dağılımının ve depo yapısının etkilerini pek çok duyarlılık analizi ile incelemişler ve taleplerin küçük boyutlu olması durumunda kümelemenin daha çok kazanç getirdiğini, ortalama talep büyüklüğünde ise sınıf tabanlı depolamanın kümelemeyle aynı seviyede kazanç getirdiğini göstermişlerdir [75].

Hwan, Oh ve Lee (2004) S-şekilli, dönüş ve orta nokta rotalama yöntemleri için koridor sayısının tek ya da çift olmasına dayanan toplam seyahat mesafesi tahmini için analitik modeller geliştirmişler ve modelleri simülasyon sonuçları ile test etmişlerdir. Ardından COI tabanlı ABC eğrisi, bir turdaki toplama sayısı, depo uzunluğunun genişliğine oranı parametreleri için rotalama kurallarının performansı test edilmiştir [76].

Hwang ve Kim (2005) S-şekilli, dönüş ve orta nokta rotalama yöntemlerinin her biri için kümeleme analizine dayanan verimli bir talep kümeleme algoritması geliştirmişlerdir [77].

Won ve Olafsson (2005) kümeleme ve talep toplama problemi için kümeleme ve sıralama problemini birlikte ele alan bir sıralama geliştirmişler ve yalnızca depo verimliliğini değil müşteri talebine cevap yeteneğini de hedeflemişlerdir. Bu zor problemi makul sürede çözebilmek için iki sezgisel yöntem geliştirmişlerdir. İlki önce kümeleme, sonrasında her kümedeki talepleri sıralama işlemini yapmaktadır. İkincisinde ise kümeleme ve sıralama problemini birlikte ele almanın getireceği avantaj kullanılarak başka bir sezgisel yöntem önerilmiştir [78].

Hsu, Chen ve Chen (2005) genetik algoritmaya dayalı bir kümeleme yaklaşımı geliştirmişlerdir. Algoritma toplam gezilen mesafeyi direkt olarak en azlamaktadır. Geliştirilen algoritma her tür depo yerleşimine ve küme yapısına uyumludur [79].

Le-Duc ve De Koster (2005) sınıf tabanlı depolamanın kullanıldığı bir depolama sisteminde ortalama talep toplama gezi mesafesini tahmin eden bir model geliştirmişler ve bu ortalama talep toplama gezi mesafesini amaç fonksiyonu olarak kullanarak depo bölgelendirme optimizasyon problemi için matematiksel model geliştirmişlerdir. Büyük depolarda problemin optimal çözümünü bulmak zorlaşacağı için bir sezgisel yöntem kullanarak optimal bölge büyüklüğüne karar vermişlerdir [80].

Ho ve Tseng (2006) bir tohum talep seçim kuralı ve eklenecek taleplerin seçim kurallarına göre oluşturulan farklı kümeleme yöntemlerini incelemişlerdir. Tohum talep seçim kuralı, kümeye ilk olarak atanacak talebi, eklenecek taleplerin seçim kuralı, kümeye atanacak diğer taleplerin seçim kuralını ifade etmektedir. Çalışmalarında, toplama koridoru ve alan tabanlı dokuz adet tohum talep seçim kuralı ve on adet eklenecek taleplerin, seçim kuralının iki farklı rotalama yöntemi ve iki farklı koridor toplama- sıklık dağılımında performansı değerlendirmişlerdir [81].

De Koster ve arkadaşları [56] ile Petersen ve arkadaşları sipariş toplama sürecinin tasarımı ve bu sürecin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar ortaya koyarlarken [82] , Petersen II. sipariş toplama sürecindeki rotalama ve depolama sürecindeki yerleştirme politikalarından söz etmiştir [83]. Önüt ve arkadaşları (2007) da, sipariş toplama ve yerleştirme gibi kısıtları dikkate alarak depo yerleşim plânının optimizasyonunu ile ilgili bir algoritma sunmuşlardır [66]. Gu ve arkadaşları (2007) ise, depo tasarımı ve depo operasyonları ile ilgili problemleri irdeleyerek, bu problemler bazında çeşitli karar destek modelleri ve çözüm algoritmalarına yer vermişlerdir [59].

Bozer ve Kile (2007) talep kümeleme problemlerini teorik olarak ele almışlardır. Sadece belirli özel problem tiplerinin çözülebilir olduğunu, diğerlerinin ise NP-zor problem tipinde olduklarını belirtmişlerdir. Geliştirdikleri karışık tam sayılı programlama modeli ile gerçeğe yakın çözümler elde etmişler ve sezgisel algoritmalar kullanılarak daha iyi sonuçlar elde etmenin yolunun açık olduğu sonucuna ulaşmışlardır [84].

Gu, Goetschalckx ve McGinnis (2007) depo operasyonları planlama problemleri üzerine geniş bir literatür araştırması yapmışlar, depo operasyonlarını, kabul, stoklama, talep

planlama ve sevkiyat şeklinde kategoriler halinde özetleyerek mevcut çözüm algoritmalarını sunmuşlar ve gelecek araştırmalar için fırsatları açıklamışlardır [59].

De Koster, Le-Duc ve Roodbergen (2007) çalışmalarında manuel talep toplama sistemlerinin tasarım ve kontrol aşamasındaki tipik karar problemlerinin literatür taramasını sunmuşlardır. Tesis tasarımı, depoya atama yöntemleri, rotalama yöntemleri, talep kümeleme ve bölgelendirme üzerine odaklanmışlardır. Talep toplama sistemleri ile ilgili yapılmış pek çok çalışmaya rağmen genel tasarım prosedürlerinin ve global en iyileme modellerinin hala eksik kaldığı sonucunu belirtmişlerdir [56].

Chen ve He (2008) otomasyonlu depolama sistemleri için depoya atama stratejilerini tartışmışlar ve depoya atama en iyilemesi için matematiksel model geliştirmişlerdir. Büyük boyutlu problemlerin üstesinden gelebilmek için Pareto optimal çözümüne dayalı parçacık sürü optimizasyon yöntemiyle depoya atama problemini çözmüşlerdir [85].

Muppani ve Adil (2008) sınıf tabanlı bir depolama yönteminin mevcut olduğu bir sistemi incelemişlerdir. Sınıfları oluşturmak ve depoya atamaları çözmek için oluşturulan tamsayı programlama modeli için tavlama benzetimi algoritması geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde hem talep toplama maliyetleri hem de literatürdeki çalışmalardan farklı olarak depo alan maliyetleri birlikte ele alınmıştır [58].

Muppani ve Adil (2008) alan azalımı, elleçleme maliyetleri, stoklama alan maliyetlerini göz önüne alarak, sınıf tabanlı depolama düzeni için doğrusal olmayan tamsayı programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen doğrusal olmayan modeli çözmek için dal sınır algoritmasını kullanmışlardır [86]. Sınıf tabanlı depolamada klasik yaklaşım Pareto yasasına göre ürünlerin sınıflara bölünmesidir. Petersen ve arkadaşları (2004) Pareto yasasına dayanarak ürünleri farklı sayıdaki sınıflara bölmüşler ve talep toplama süresindeki gelişmeyi incelemişlerdir [87].

Ho, Su ve Shi (2008) iki koridorlu talep toplama deposunda tohum talep seçim ve eklenecek taleplerin seçim kurallarına odaklanmışlardır. Önceki çalışmalardan farklı olarak sadece toplama koridoru ve yeri değil, alan ve mesafeyi de dikkate alarak yeni kurallar geliştirmişlerdir. Toplamda on bir adet tohum talep seçim kuralı ve on dört adet eklenecek taleplerin seçim kuralının iki farklı rotalama yöntemi ve iki farklı koridor-toplama-sıklık



dağılımında performansını değerlendirmiş, yeni geliştirilen kuralların daha iyi sonuçlar verdiğini ve kuralların, birbirlerinin performansını da etkilediğini göstermişlerdir [60].

Tsai, Liou ve Huang (2008) optimal küme toplama planlarını, çoklu Genetik Algoritma (GA) metodunu kullanarak çözmüşlerdir. Toplayıcı parçalara sisteminin uygulandığı ve tahsis edilmiş depolamanın kullanıldığı varsayılmıştır. Çoklu GA metodu, GA\_Küme ve GA\_Gezgin Satıcı (TSP) algoritmalarından oluşmaktadır. GA\_Küme toplam seyahat maliyetini ve erken gelme, geç kalma cezalarını en azlayacak en iyi küme toplama planını bulmakta, GA\_TSP ise seyahat mesafesini en aza indirecek seyahat rotasını bulmaya çalışmaktadır [88].

Baker ve Canessa (2009)'nın da ifade ettikleri gibi, literatüre bakıldığında, genellikle depo tasarımının belli başlı konuları (sipariş toplama politikaları, yerleşim düzeni, personel plânlaması, ekipman plânlaması vb.) parça parça irdelenmiş olup, depo tasarım sürecinin sistemsel akısına yönelik az sayıda çalışma bulunmaktadır [89].

Hopbaoğlu F. (2009) da tedarik zincirinde toplam maliyetlerin büyük bir kısmının lojistik maliyetlerinin oluşturduğu ve lojistik maliyetleri içerisinde de en kritik ikinci maliyet kaleminin depolama olduğu belirtilmiştir. Çalışmada depolama fonksiyonunun ve depo yönetiminin tedarik zincirinde ve lojistik süreçler kapsamında önemine bağlı olarak, depo tasarımının gerekliliği vurgulanmış ve depo tasarımına ilişkin süreç adımları anlatılmıştır [90].



## 4. YALIN ÜRETİM UYGULAMASI

Bu çalışmada uygulanan yalın üretim çalışması üç bölümde anlatılacaktır. İlk bölümde uygulamadan önceki işleyiş ve fabrika hakkında genel bilgi verilecektir. İkinci bölümde yapılan çalışmalar ve bu çalışmaların neden tercih edildiğinden bahsedilecektir. Son bölümde ise elde edilen iyileşme sonuçlarından bahsedilecektir.

### 4.1. Önceki Durum Analizi

Önceki durumun analizi dört kısma ayrılarak anlatılacaktır. Öncelikle çalışmanın yapıldığı ortamın anlaşılabilmesi için depolama koşulları hakkında bilgi verilecektir. Daha sonra çalışmanın yapıldığı yerdeki depo yerleşimi hakkında bilgi verilecektir. Depo yerleşiminden sonra operasyonel olarak işlerin nasıl yapıldığının ve en son olarak da görsel kontrol, çekme sistemleri ve sorumluluklar hakkında bilgi verilecektir.

#### 4.1.1. Depolama koşulları

Malzemeler üç farklı depolama ortamında saklanmaktadır. Bu depolama alanları dar koridor raf sistemi, otomatik stoklama kabinleri ve kimyasal malzemelerin saklandığı kimyasal depolama alanlarıdır. Depolama alanları hakkında detaylı bilgi aşağıda anlatılmıştır:

- Dar koridor raf sistemi

Raf sistemi Resim 4.1'de gösterildiği gibi dar koridor raf sistemidir. Sistem forklifti ile malzemeler hazırlanmaktadır. Raf bölgesinde rafın ilk girişinden en üst uzak köşedeki malzemeye ulaşım ve malzemenin başlangıç noktasına getirilmesi 3,5 - 10 dakika arasında bir zaman almaktadır. Bu süre toplanacak malzemenin miktarı ve boyutuna göre değişmektedir. Rafın bir bölmesine üç adet euro palet (80 cm X 120 cm) sığmaktadır. Bir raf bölmesinin uzunluğu 255 cm'dir.



Resim 4.1. Dar Koridor Raf sistemi

Raf sisteminin teknik özelliklerini belirttikten sonra raf yerleşiminden bahsedecek olursak; Önceki durumda raf sistemine malzemeler rast gele (hangi raf bölümü boş ise o raf bölümüne) yerleştirilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konu malzemenin rafa yerleştikten hemen sonra sistem işleminin yapılmasıdır. Ayrıca boyutu küçük ancak miktarı çok olan malzemeler de raf bölgesinde depolanmaktadır.

- Otomatik stoklama kabini

ESD (elektrostatik deşarj) özellikli malzemeler bu bölgede saklanmaktadır. Buradaki malzemeler genellikle küçük ebatlı malzemelerdir. En ağır malzeme 10 kg'ı geçmemektedir. Malzemeler Resim 4.2'de gösterilen tepşilerde bölmeli olarak ESD özellikli kutularda saklanmaktadır. Otomatik stoklama kabinleri Resim 4.3'te gösterilmiştir. Otomatik stoklama kabinlerinde herhangi bir tepşinin geliş süresi yaklaşık olarak 45 sn'dir.

Otomatik stoklama kabinlerine (OSK) malzemeler şu şekilde yerleştirilmektedir. Otomatik stoklama kabinini kullanan personel boş bir tepşi gördüğünde o tepşi numarasını OSK üzerine yapıştırılmış kağıda not almaktaydı. Başka bir depo çalışanı bu depoya malzeme yerleştireceksen, elindeki malzemenin depoda devamı yok ise kağıt üzerinde belirtilen boş yere malzemeyi yerleştirmekteydi. SAP programında boş depo yerlerinin görülebilmesine

rağmen gündelik hayatta daha pratik olan bu yöntem kullanılmaktaydı. Kısaca malzemeler SAP üzerinden de takip edilebildiği için rast gele yerleştirilmekteydi.



Resim 4.2. Otomatik stoklama kabininde tepsi bölmeleri



Resim 4.3. Otomatik stoklama kabinleri

- Kimyasal Depolama

Malzemeler teknik özelliklerine göre -40 derece, 2-5 derece arasında veya oda koşullarındaki kimyasal dolaplarda saklanmaktadır. Kullanılan kimyasal dolaplar Resim 4.4'te gösterilmiştir. Kimyasal malzemelerin kullanılması, ömür bilgisinin takibi gibi tüm işlemler büyük bir hassasiyet ile yapılmaktadır. Kimyasal deponun sorumlu bir depo

çalışanı bulunmaktadır. Çok acil durumlar dışında kimyasal depo sorumlusu haricinde başka bir depo çalışanı kimyasal depodan malzeme vermemektedir.



Resim 4.4. Kimyasal Depolama Kabinleri

#### 4.1.2. Depo yerleşimi

Depolama alanlarını analiz ettikten sonra malzemelerin depolara nasıl yerleştiği konusunda bir inceleme yapılmıştır. İnceleme yapılırken kurumsal kaynak planlaması için kullanılan SAP uygulamasından malzeme - depo adresi listesi alınmıştır. Listede yer alan malzemelerin türleri - özellikleri ile depo yerleşimleri incelendiğinde malzemelerin, malzeme türüne göre yerleştirildiği gözlenmiştir. Örneğin tüm vidalar aynı depo bölgesinde, tüm pullar, tüm kart malzemeleri... aynı depolama alanlarında toplandığı gözlenmiştir.

Depo yerleşiminde benzer malzemelerin bir arada bulunması ve bu malzemelerin stok kodlarının birbirlerine benzemesinden dolayı hatalı malzeme verilmesi gibi yanlış işlemler yapılmaktaydı. Hatalı malzeme verilmesinden kaynaklı zaman ve işçilik kayıpları hem üretim personeli hem de depo personelini etkilemekteydi.

### 4.1.3. Sipariş toplama yöntemi

Sipariş toplama işlemi Bölüm 3'te de belirtildiği gibi depo maliyetleri içerisinde en çok maliyeti oluşturan kalemdir. Sipariş toplamının işlem adımları içerisinde (bkz. Şekil 3.1.) en çok zaman alan işlem, malzeme toplama sırasındaki gezinme işlemidir. Çalışma yapılan depoda en çok malzemesi olan beş projenin depolardaki malzeme miktarı dağılımı Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Projelere ait malzemelerin depolardaki miktar dağılımı

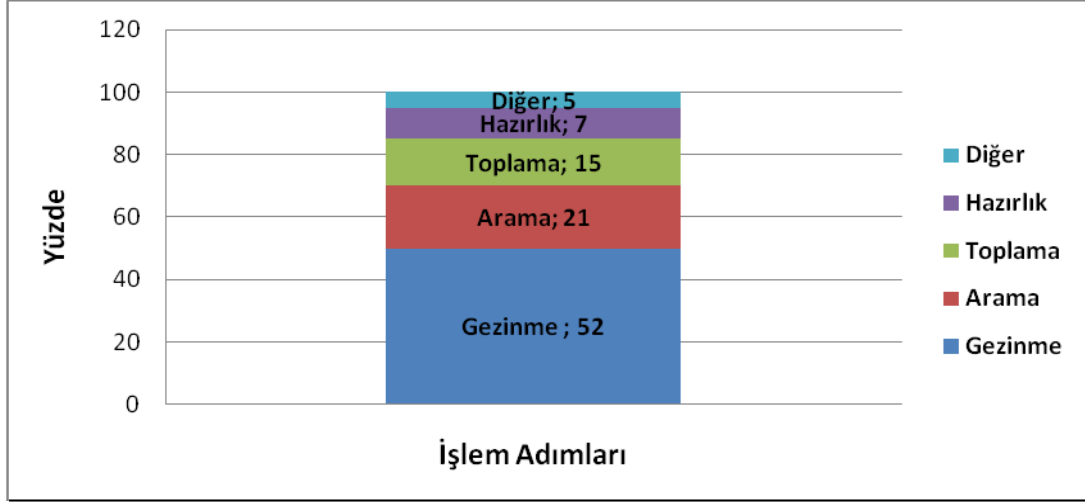
Proje Tanımı	Önceki Durum - Depo Yeri Dağılımı									Toplam
	Depo1	Depo2	Depo3	Depo4	Depo5	Depo6	Depo7	Depo8	Depo9	
A Projesi	13	475	14	32	1137	205	265	38	37	2587
B Projesi		422		1	905	158	281	212	335	2514
C Projesi	2	398	3	24	422	185	192	120	70	1705
D Projesi	2	437		3	531	135	260	34	62	1550
E Projesi	10	215	9	38	289	130	97	58	62	1428

Projelere ait malzemelerin çok farklı depolarda yerleştirilmesinin temel sebebi malzeme türüne göre yerleşmekten kaynaklanmaktaydı. Bu sebep ile A projesi için depoya üretim siparişi iletilindiğinde bir çalışan 9 depo adresini gezmekteydi. Aynı zaman dilinde B Projesi veya C projesine ait sipariş talebi geldiğinde de personeller birbirlerini beklemekteydi. Malzemelerin bu şekilde yerleştirilmesi personelin depolar arasında gezinmesine sebep olmaktaydı. Ayrıca aynı anda farklı projelere ait malzemeleri toplayan depo sorumluları ortak depolarda gereksiz yere birbirlerini bekleyerek vakit kaybı yaşanmaktaydılar. Depoda hazırlanan 100 talebin ortalama sipariş toplamada geçen süresi Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sipariş toplama adımları

İşlem	Süre	Birim	Toplam Süre içerisindeki %
Hazırlık	20	sn	6,90
Arama	45	sn	15,52
Toplama	60	sn	20,69
Gezinme	150	sn	51,72
Diğer	15	sn	5,17
Toplam	290	sn	

Ayrıca durumun daha net görülebilmesi için Şekil 4.1. de de Çizelge 4.2. de verilen sürelerin yüzde dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Fabrikada sipariş toplama süresinin dağılımı

Çizelge 4.2. de belirtilen işlem adımlarını detaylı olarak açıklayacak olursak;

- Hazırlık adımı: Üretim bölümü tarafından depoya iletilen iş emri listesinin (sipariş talep listesi) önceden belirlenen bölgeden alınması ve listenin kabaca gözden gezden geçirilmesi,
- Arama adımı: İş emri listesinde yazan depo adresi bilgisine göre depo yerinin bulunması adımıdır. (İş emri listesinde, talep edilen malzemenin bulunduğu satırda malzemenin hangi depoda yer aldığı bilgisi bulunmaktadır.) Örnek bir iş emri listesi Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. İş emri listesi örneği

Sıra	Stok no	Tanım	Depo Adresi	Parti	Seri	Depo Miktarı	İht. Miktarı	Çekilen Miktar
1	A100	Vida	depo1/12/08	2014		800	10	10
2	K320	Gövde	R01/08/03	2014		28	2	2
3								

Çizelge 4.3'te 4. kolonda belirtilen "Depo Adresi" başlığı altında malzemenin depo yeri bilgisi bulunmaktadır. Örneğin 1. Satırda yer alan A100 malzemesinin Depo Adresi başlığının altında "depo1/12/08" olarak belirtilen depo yeri, 1. deponun 12. Tepsinin 8. bölmesidir. Aynı şekilde 2. Satırda yer alan malzemenin "R01/08/03" olarak belirtilen depo yeri ise 1. Raf sırasının 8. bölmesinin 3. katındaki malzemenin yerini belirtmektedir. Ayrıca hangi partiye ait malzeme talep ediliyor ise "Parti" kolonunda parti bilgisi



bulunmaktadır. Malzeme seri nolu ise "Seri" kolonunda bilgi bulunmaktadır. Ayrıca iş emri listesinde depodaki malzeme miktar bilgisi ve üretiminin ihtiyaç bilgisi de bulunmaktadır.

- Toplama adımı: Talep edilen malzemenin ilgi depo yerinden istenen miktar kadar sayılarak hazırlanması, malzemenin poşetlenmesi ve etiketinin yapıştırılması işlemidir.
- Gezinme adımı: Talep edilen malzemelerin toplanması sırasında depo yerleri arasında ilgili depo çalışanın gidip-gelmesidir.
- Diğer: Malzeme hazırlanması sırasında yaşanan aksaklıklar, otomatik stoklama kabininin durması veya aranan malzemenin o an bulunamaması gibi...

#### **4.1.4. Görsel kontrol, çekme sistemi ve sorumluluklar**

*Görsel kontrol:* Fabrika içerisinde görsel kontrol sistemleri mevcut değildi. Tüm işlemler SAP programı üzerinden izleniyordu. SAP’de işlem yapıldıktan sonra işlemin tamamlandığı görülebiliyordu. SAP programını da sürekli olarak çalıştırıp rapor almak zaman kaybına sebep olacağından gün sonunda program çalıştırıp durum analiz edilebiliyordu. Ancak malzeme özelinde takip yapılıyor ise sisteme girip inceleniyordu. Toplu olarak tüm işlerin yapılmasının izlenebilirliği kolay değildi.

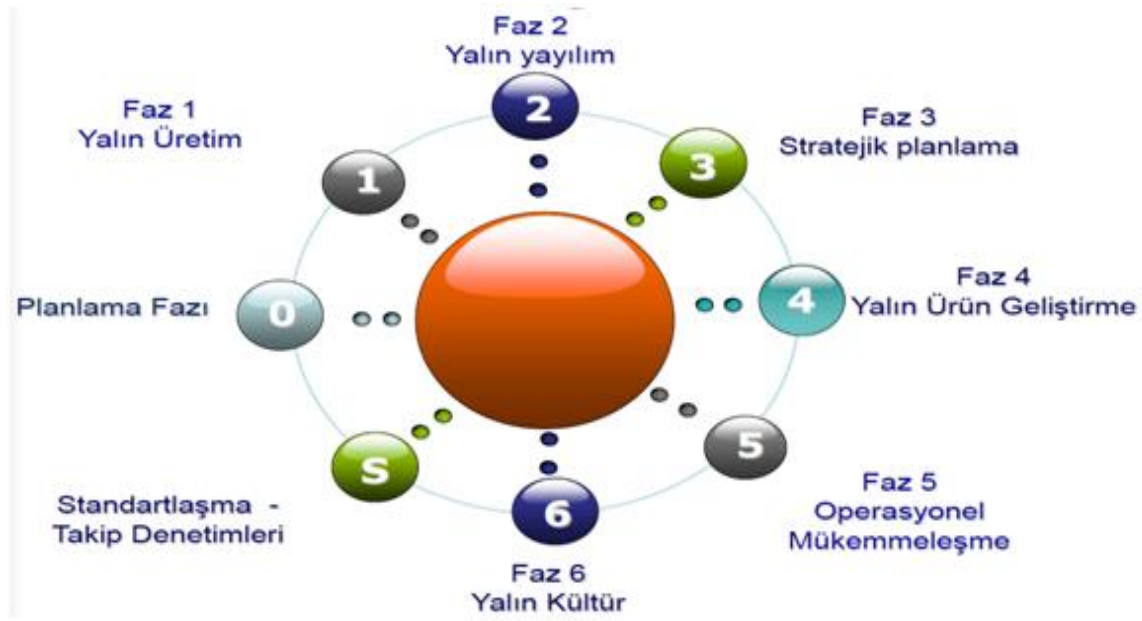
*Çekme sistemi:* Çekme sistemi kullanılmıyordu. Üretim tarafından talep edilen pul, vida, civata gibi malzemeler (değeri 5\$ altı malzemeler) her talep edildiğinde tekrar tekrar hazırlanıyordu. Sadece bazı çok tüketilen malzemeler üretimde emniyet stoku olarak tutulmaktaydı. Yapılan gözlemler sırasında bu tarz kürek malzemesi olarak da adlandırılan malzemelerin hazırlanma süresinin çok daha pahalı malzemelerin hazırlanma süresinden daha uzun sürdüğü gözlenmiştir. Bunun sebebi de örneğin pahalı malzemelerden 1 adet verilir iken bu tarz malzemelerden 10 - 100 adet verildiği ve malzemelerin teker teker sayılarak verildiği düşünülürse kaybedilen zaman kaybı daha net anlaşılacaktır.

*Sorumluluklar:* Depolardaki otomatik stoklama kabinlerinin sorumluları yoktu. Herkes her işten sorumluydu. Üretim tarafından talep edilen bir iş emri o anda uygun olan çalışan tarafından hazırlanmaktaydı. Aynı ürün farklı bir günde başka bir çalışan tarafından da hazırlanabiliyordu. Bu durum çalışanların uzmanlığını etkilemekteydi. Ayrıca aynı ürünün farklı kişiler tarafından hazırlanmasından dolayı ürüne ait malzemelerin miktarında

sonradan eksik tespit edildiğinde eksikliğin kaynağı anlaşılamıyordu. Bu sebep ile yapılan işe sahiplenme azdı.

## 4.2. Yapılan Yalın Üretim Çalışmaları

Bölüm 4.1’de belirtilen önceki durumlar neticesinde mevcut işleyiş nasıl daha verimli hale getirilebilir yaklaşımı ile yalın üretim çalışmalarına başlanmıştır. Yalın üretim çalışmalarında izlenecek fazlar Şekil 4.2’deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Yalın üretim fazları

Tez çalışmasında üç faz gerçekleştirilmiştir. Yalın üretim bir proje değil bir şirket kültürü olması gerektiğinden çok uzun soluklu bir yolculuktur. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen üç faz (planlama fazı – faz I – fazII) hakkında bilgi verilmiştir.

### 4.2.1. Planlama fazı

Yalın üretim çalışmaları Şekil 4.2. de gösterildiği gibi 8 adım ve 7 fazdan oluşmaktadır. Her çalışmanın başlangıcında olduğu gibi yalın üretim çalışmalarına başlamak için de bir planlama çalışması yapılmıştır. Bu planlamanın yapıldığı döneme de planlama fazı denilmiştir. Yalın üretim çalışmaları için belirlediğimiz planlama fazı 2 aylık bir süreçtir.

Çizelge 4.4. Planlama Fazı

Planlama	Faaliyetler	Sonuçlar
2 ay	Kick off	Tüm çalışanların katılımı
	Proje ekibinin ve ofisin oluşması	Değer akış yöneticisi
	Yaygın yalın düşünce eğitimleri	
	Mevcut durum değer akış haritalama	Gelişim noktalarının ve getiri potansiyelinin tesbiti
	Gelecek durum değer akışı haritalama	
	Kaizen uygulama planları	Geleceğin ve yayılımın planlanması, üst yönetim mutabakatı

Çizelge 4.4'te özet biçimde sıralı olarak verilen faaliyetlerin detayı ve bizim bu faaliyetlerde neler yapıldığı aşağıda verilmiştir:

*Kick off:* Tüm çalışanların katılımı sağlanacaktır. Bu katılımı ilgili tüm çalışanlar konferans/toplantı salonunda toplanacak ve yalın üretim çalışmaları hakkında bilgi verilecektir. Bilindiği gibi yalın üretim çalışmalarının başarıya ulaşmasındaki en önemli faktör insan faktörüdür. Çalışanlar tarafından benimsenmeyen hiçbir çalışma uzun ömürlü olmaz. Bu sebep ile tüm çalışanların katılımının sağlanması önem arz etmektedir.

- Tüm çalışanların katılımı ile yalın üretim seminerleri düzenlenmiştir. Seminerde yalın üretimin ne olduğu ve ne olmadığı anlatılmıştır. Çalışanların soruları cevaplanmıştır. Böylece yalın üretim çalışmalarına başlanmıştır.

*Proje ekibinin ve ofisinin oluşturulması:* Çalışanların bilgilendirilmesinden sonra proje ekibi oluşturulur. Proje ekibi, çekirdek bir ekip ve yapılan iş ile ilgili olarak da bu ekibe zaman zaman takviye personel desteği olarak çalışır.

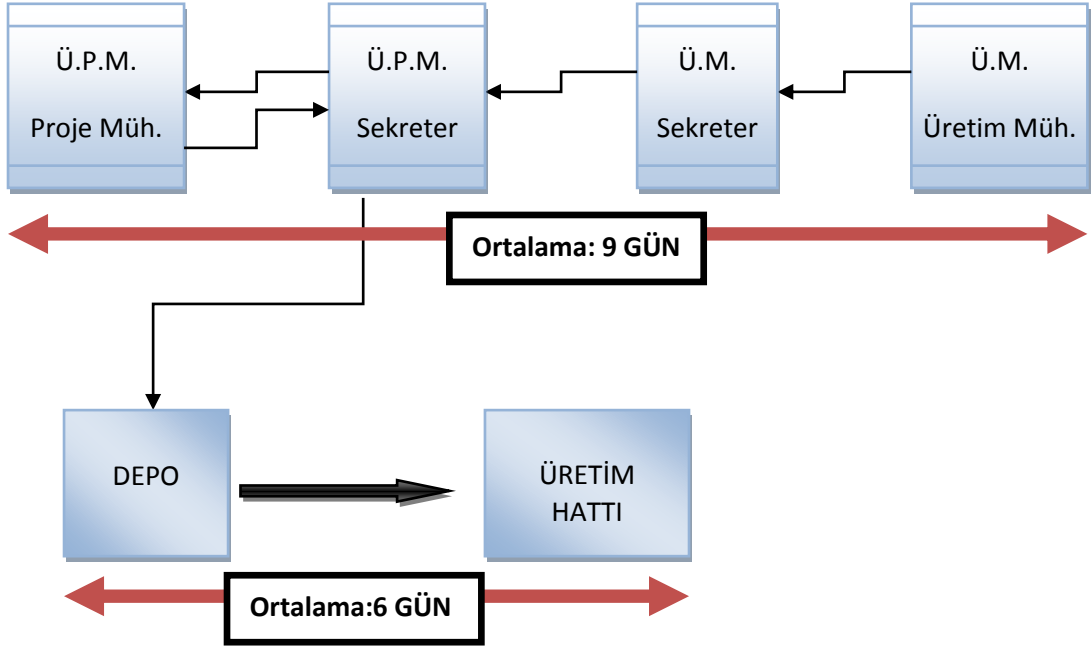
- İlgili bölümlerden (üretim – kalite – bakım onarım) proje ekibinin oluşturulması için personel görevlendirilmiştir. Bu ekip kendi alt ekipleri oluşturmuştur. Haftalık, bazen de 2 güne bir toplantılar yapılarak gündem değerlendirilmesi yapılmıştır. Bazı özel konuların takibi için her gün 15 dakikalık hat toplantıları yapılmıştır.

*Yaygın yalın düşünce eğitimleri:* Planlama döneminde personele sürekli yalın üretim ile ilgili eğitimler verilmektedir. Verilen eğitimlerde çalışmalara neden ihtiyaç duyulduğu anlatılmaya çalışılmaktadır. Genellikle “yalın üretim nedir?” , “yalın üretim neden yapılır?”, “yalın üretim çalışmaları sonucu açığa çıkacak personel fazlasını işten çıkartmak için değil farklı bölgelere kaydırarak fabrikanın iş gücü kaynağını daha verimli hale getirileceği”, gibi yalın üretim ile ilgili ön yargıları kırarak ve benimsetecek eğitimler verilir. Bu eğitimlerdeki temel amaç felsefenin sadece yalın üretim proje ekibi tarafından değil tüm çalışanlar tarafından benimsenmesinin sağlanması için yapılır.

- Tüm çalışanların katılımının sağlanması için sürekli olarak yalın üretim bilgilendirme eğitimleri verilmiştir. Birçok eğitimde sahada çalışan personelin bizzat katıldığı oyunlar veya uygulamalar ile farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır.

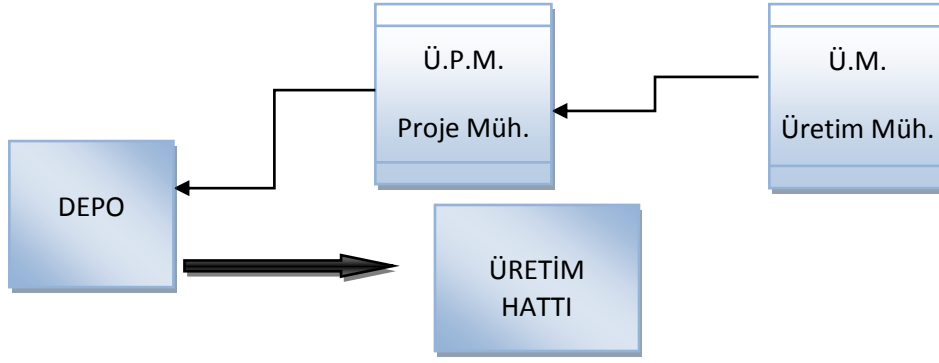
*Mevcut durum değer akış haritalama:* Mevcut durumu değerlendirebilmek için mevcut durum değer akış haritalaması yapılır. Mevcut durum değer akış haritalaması ile gelişim noktaları ve potansiyelleri tespit edilir. Mevcut durum değer akış haritasının çıkarılması ile israf noktaları net bir şekilde tespit edilebilir. Mevcut durumu analiz edildikten sonra mevcut durumdaki israflar ortadan kaldırılarak gelecek durum haritası çıkarılır. Planlama fazında pilot bir ürün seçimi yapılır ve bu ürün için değer akış haritası çıkarılır. Seçilen pilot üründe üretilecek miktar ve ilk seferde doğruluk oranı dikkate alınmıştır.

- Mevcut durumun gözlenebilmesi için örnek bir proje seçilmiştir. Seçilen projenin tüm aşamalarının değer akış haritası çıkartılmıştır. (Satın alma sürecinden müşteriye ulaşıncaya kadar tüm sürecin değer akışı çıkartılmıştır.) D.A.H (değer akış haritası) süreci ikiye ayrılmıştır. D.A.H'sının üst kısımda bilgi akışı gösterilmiş, alt kısmında ise malzeme akışı gösterilmiştir. D.A.H. üzerinde süreçteki gelişecek noktalar ve israf noktaları belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 4.3. te üretim tarafından başlatılan talep ve üretimi besleme sürecindeki değer akış haritası gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Üretim siparişinin depoya ulaşması ve hazırlanması

Mevcut değer akışın üst kısmında gösterilen Üretim Müdürlüğündeki (Ü.M.) ilgili mühendis tarafından açılan iş emri üretim planlama müdürlüğüne (Ü.P.M.) gönderilmesi için üretim müdürlüğünün sekreterine bırakılmaktadır. Üretim müdürlüğünde görevli sekreter iş emri listesini üretim planlama müdürlüğünde görevli sekretere teslim etmektedir. Üretim planlama müdürlüğünün sekreteri de üretilecek ürünün sorumlusu ilgili proje mühendisine iş emri listesini incelemesi için teslim etmektedir. Proje mühendisi iş emri listesini inceldikten sonra listenin depoya ulaşması için listeyi üretim planlama sekreterine aktarmaktadır. Üretim planlama sekreteri de listeyi hazırlanması için depoda ilgili depo çalışanına iletmektedir. İş emri listesinin oluşturulması ve incelenip hazırlanması için depoya teslim edilmesi ortalama 9 günlük süre içerisinde gerçekleşmekteydi. Bu sürenin iyileştirilebilmesi için tüm sürecin elektronik ortamda yapılabilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Bunun için şirket içerisinde yazılımcılar ile görüşülmüştür. Yazılımcılara DAH'sı gösterilerek (sekreterlerde geçen) kayıp zamanların en aza indirilecek bir akış çizilmiştir. Bu akışta gelecek durumun haritası Şekil 4.4'teki gibidir. Bu program kullanıldıktan sonra 9 günlük süre birkaç saatlere düşürülmüştür. Elde edilen kazanç sonuçlar bölümünde verilecektir.



Şekil 4.4. Gelecek Durum Haritası

*Kaizen uygulama planları:* Kaizen uygulamalarının nasıl yapılabileceği ve bu uygulama sistematığının nasıl şirket kültürü olabileceğine yönelik çalışmalar yapılır. Kaizen öneri sistematığının nasıl kurulacağı üzerine çalışmalar yapılır. Ödül ve teşvik yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılır.

- Kaizen öneri sistematığının nasıl kurulacağı üzerine toplantılar yapılmıştır. Öneri veren ve önerisi kabul gören çalışana nasıl bir ödül verileceği üzerine görüşmeler yapılmıştır.

#### 4.2.2. Faz I

Planlama fazında A projesinin ürünü pilot ürün seçildiğinden Faz I de elde edilecek gelişmelere ve iyileşmelere göre diğer projelere yalın felsefenin yayılıp yayılmaması konusunda karar verilecektir.

(Bknz. Şekil 4.3) Gösterilen DAH'da bir ürün için üretim tarafından talep yaratılması, talebin incelenmesi ve onaylanması, sonrasında da malzemelerin hazırlanıp üretim hattının beslemesi sürecinin bir önceki yılki verileri analiz edildiğinde ortalama 15 günlük zaman aldığı tespit edilmiştir. Yalın yaklaşım ile bu süreci nasıl iyileştirebiliriz ve sürecin gereksiz adımları nelerdir diye çalışma yapılmıştır. Faz I'de Şekil 4.3'te gösterilen üretimi besleme sürecinin süresini düşürmek için sırayla 2 yol izlenmiştir:

- Birincisi, ortalama 9 gün süren bilgi akışını yalın hale getirmek,
- İkincisi, çalışmada sipariş toplama süreci adımlarını analiz ederek 6 günlük süreyi iyileştirmek.

Öncelikle bilgi akışı (bilginin - hazırlanacak iş emri listenin iletilmesi) fiziksel bir işlemden çok sistemselsel bir işlem gerektireceğinden en hızlı bu sürecin iyileştirilebileceği düşünülmüştür. Bu sebep ile mevcut akış değiştirilerek Şekil 4.4'teki gelecek durum haritası çıkarılmıştır. Süreçte aracı rolü oynayan sekreterlerin iş emri listesini ulaştırma adımları akıştan çıkarılarak firma içerisinde intranet üzerinde bir takip listesi oluşturulmuştur. Ü.M. mühendisi iş emri listesini ortak alandaki bir bölgeye işleyecek ve outlook üzerinde ÜPM proje mühendisine bilgi maili iletecektir. Bu geçici çözüm, kalıcı bir görsel uygulama yazılana kadar kullanılmıştır.

Depoya iş emri listenin onaylanarak ulaşması sürecinin bilgisayar ortamında gerçekleştirilebilmesi çalışmaları devam ederken, A projesinin depoda nasıl daha hızlı toplanıp üretim hattına ulaştırılabileceği konusunda analizler yapılmaya başlanmıştır. Pilot uygulama olarak seçilen A projesinin depodaki dağılımı (bkz. Çizelge 4.1) oldukça dağınıktı. Malzeme yerleşiminde Petersen ve Aaese (2004) "taleplerin küçük boyutlu olması durumunda kümelemenin daha çok kazanç getirdiğini, ortalama talep büyüklüğünde ise sınıf tabanlı depolamanın kümelemeyle aynı seviyede kazanç getirdiğini" görüşünü belirtmişlerdi. Ancak (bkz. Çizelge 4.1) görüldüğü üzere depoda sınıf tabanlı depolama yapıldığından birden fazla personel malzeme toplamaya başladığında depolarda birbirleri ile çakıştığından birbirlerini engellemekteydiler. Çünkü otomatik stoklama kabinlerinin çalışma şekline dolayısıyla sadece 1 çalışan etkili olarak çalışabilmektedir. Bu sebep ile sınıf tabanlı depolama sürekli vakit kayıplarına sebep olmaktaydı. Petersen ve Aaese (2004) te belirttiğinin aksine depolama koşullarından dolayı talep seviyesi ister küçük ister büyük olsun kümeleme yöntemi bu tez çalışmasında en etkili yöntem olmuştur.

Ayrıca De Koster ve diğerleri (2007) belirttiğine göre ailesel gruplama, benzer ürünlerin aynı stok alanında depolandığı bir depoya uygulanabilmesi için ürünler arasındaki istatistiksel korelasyonun bilinmesi ya da en azından tahmin edilebilir olması gerekmektedir. Ancak yapılan incelemelerde depodaki malzemelerin istatistiksel korelasyona göre değil rassal olarak yerleştirildiği gözlenmiştir. Bu da yerleşimin hatalı olduğunu ve yerleşimin değiştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Yapılan literatür araştırmaların değerlendirilmesi, personelin tüm adımların izlenmesi sonucunda yerleşim şeklinin kümeleme olarak değiştirilmesi kararı alınmıştır. Bu karar

oldukça radikal bir karardı. Çünkü 50.000 kalem malzemenin yeri değiştirilecekti. Ayrıca işlerin sahiplenilmesi için her depoya depo sorumlusu atanacaktır. Roodbergen, K. J. ve R. De Koster. (2001) 'e göre süreleri düşürmenin bir yolu tamamıyla yeni bir depo tasarlamaktır. Fakat genellikle operasyonel süreçleri değiştirmek gibi daha az radikal metotlarla da bu süreleri düşürmek mümkündür şeklindedir. Tez çalışmasında hem bu radikal değişikliği yapmayı hem de operasyonel süreçleri değiştirebilmek için çalışmalara başlanılmıştır.

Pilot uygulama seçilen A projesinin tüm malzemeleri depo 9 ve depo 10 da toparlanmıştır. Hammaddeler ve küçük ürünler depo 9 da, yarı mamuller depo 10 da toplanmıştır. Ayrıca tüm depolar iş yoğunluğu dikkate alınarak bölgelere ayrılmıştır. Kümeleme yönteminde izlenen yol, projeye ait malzemelerin aynı otomatik stoklama kabiniinde toparlanması yönündedir. Bir otomatik stoklama kabini, 8 veya 9 projeye ait malzemeyi stoklama kapasitesine sahip olduğundan, aynı ürün aile grubuna ait yani ortak malzemeleri olan projeler aynı otomatik stoklama kabinine yerleştirilmiştir. Ho, Y ve diğerlerinin (2008) "benzer toplama yerlerine sahip taleplerin birlikte kümelenmesi ve aynı toplama turunda toplanması durumunda talep toplayıcının gezi süresi önemli ölçüde azalmaktadır." görüşü de yaptığımız çalışmaları desteklemektedir.

Çizelge 4.5'te belirtilen 10 depo 4 farklı çalışana atanmıştır. Depo 1-2-3, 4-5-6, 7-8 ve 9-10 olmak üzere 4 çalışana atanmıştır. Ayrıca Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere A projesine ait malzemeler (2589 kalem malzeme) tek bir depo sorumlusunda belirli bir bölgede kümelenmiştir. (Çalışma esnasında yeni O.S.K. alındığından depo sayısı 10 olmuştur.)

Çizelge 4.5. A projesinin malzemelerin kümelenmesi

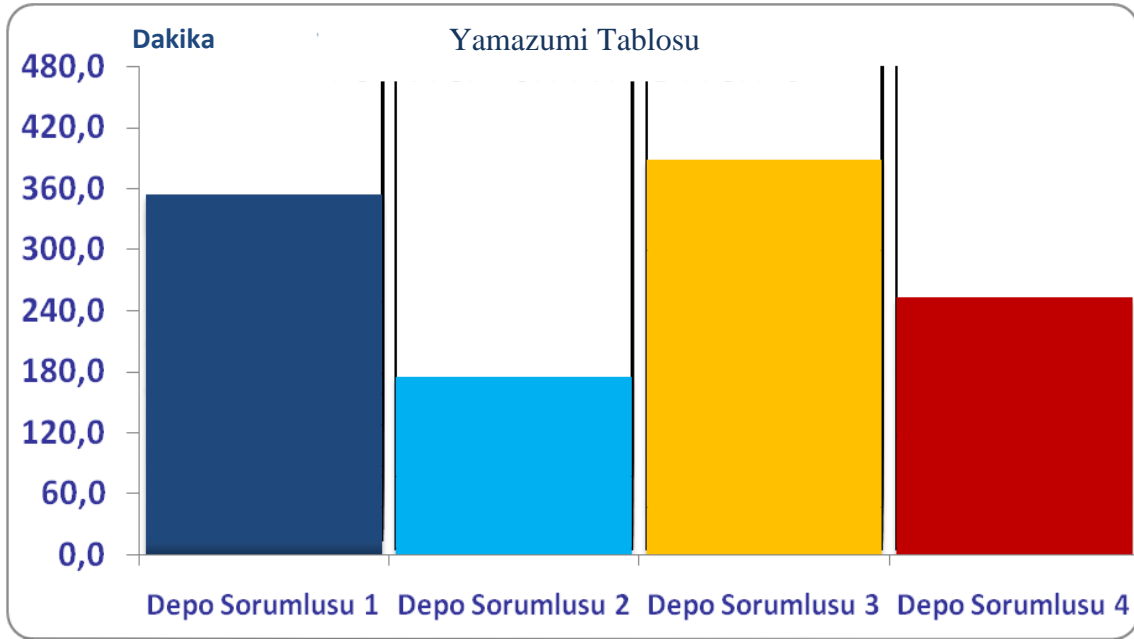
2014 Kasım Proje Depo Yeri Dağılımı											
Proje Tanımı	Depo 1	Depo 2	Depo 3	Depo 4	Depo 5	Depo 6	Depo 7	Depo 8	Depo 9	Depo 10	Toplam
A Projesi									1688	62	2589

Genel olarak talep toplama sürecinin verimliliğini arttırmak; talep toplama süresini azaltmak ya da depoda gidilen mesafeleri en aza indirmek için dört yaklaşım Roodbergen, K. J. ve R. De Koster. (2001) tarafından öne sürülmüştü. Bu yalın üretim çalışmasında bu dört yaklaşımdan ikincisi olan depoyu bölgelere ayırmak ve böylece talep toplayıcılar



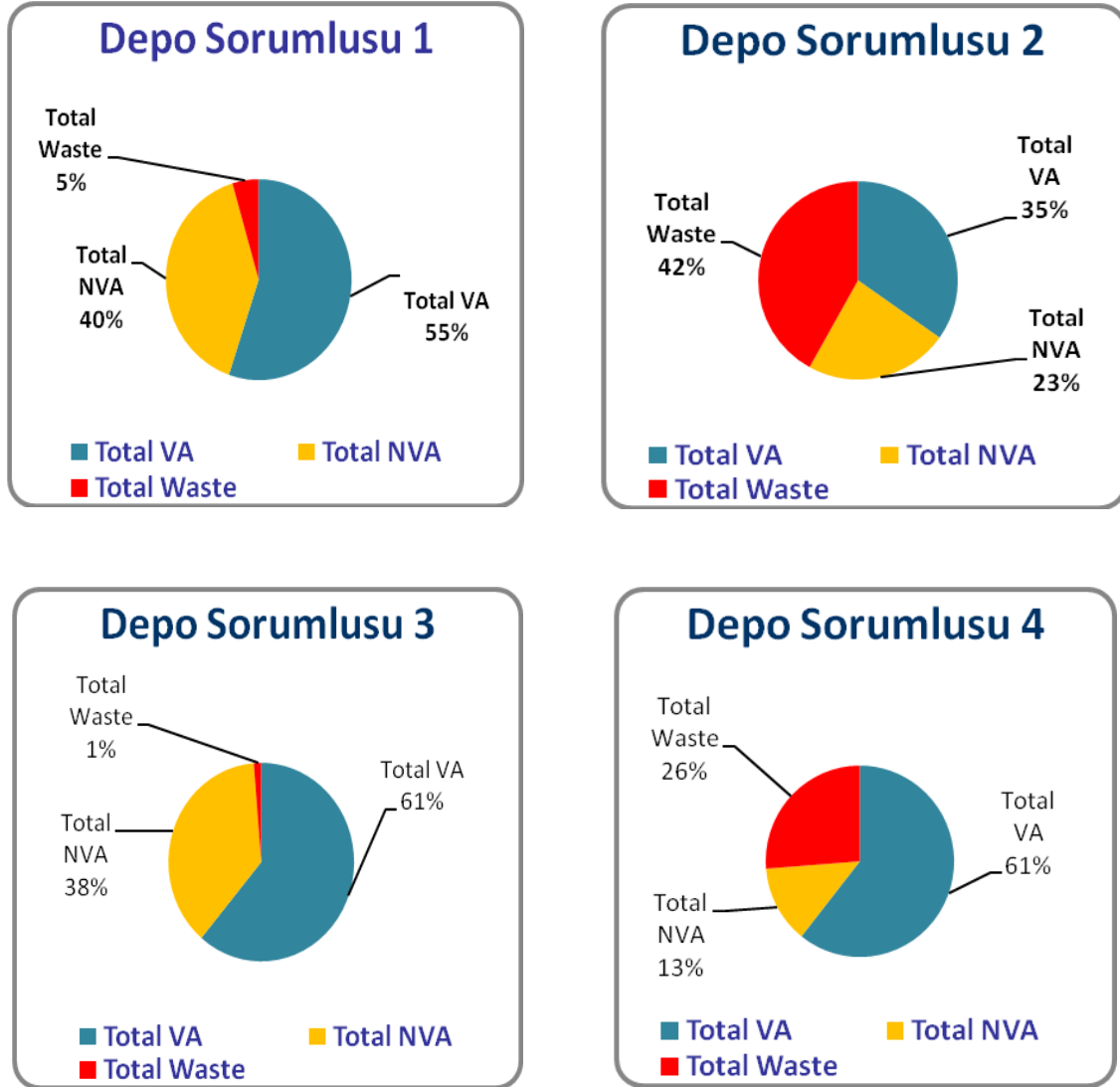
sadece kendilerine atanan bölgede bulunan talepleri toplayacaklardır yaklaşımına paralel olarak depoyu bölgelere ayırmıştır. Böylece her personelin uzmanlık alanı oluşurken, sorumluluk alanlarını da daha çok sahipleneceklerdir. Dördüncü yaklaşım da ise (talep kümeleme yaklaşımı), bazı talepler gruplanmakta ve aynı kümeye atanan taleplerin tek seferde toplanması yoluyla gidilen mesafe azaltılmaktadır” şeklinde idi. Çizelge 4.5’de projelere göre malzemelerin yerleştirilmesi bu düşünce ile aynı paraleldedir.

Kümeleme çalışmaları devam ederken personelin günlük bazda yaptığı işleri değer katan, değer katmayan ve değer katmayan zorunlu israflar olarak değerlendirmek için yamazumi tabloları oluşturmak için veriler tutulmuştur. Elde edilen veriler sonucunda personelin iş yoğunluğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Yamazumi genel grafikleri

Şekil 4.5 ile depo sorumlularının günlük yoğunlukları tespit edilmiştir. Bu grafiklerden yola çıkılarak depo sorumluları arasında iş yükü dengelemesi yapılmıştır. Böylece her çalışan eşit iş dağıtmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın hazırlanması sırasında depo sorumlularının gün boyunca yaptığı tüm işlemler kayıt altına alınmıştır. Çalışma 1 ay süre ile elde edilen verilerin ortalaması dikkate alınarak hazırlanmıştır. Günlük çalışma süresi (15'er dakikalık 2 çay molası ve 30 dakika yemek molası çıkarıldığında) 420 dakikadır.



Şekil 4.6. Depo sorumluları yamazumi grafikleri

Şekil 4.6’te “Total Waste” dilimi ile gösterilen oran israf zamanını (yani sürece hiçbir değer katmayan işlem) göstermektedir. “Total Waste” dilimi ile gösterilen israf zamanlarından en önemlisi depo sorumlularının teslim ettikleri malzemeler için evrak imzalatmaları ve bu evrakları dosyalamalarıydı. Bu tarz işlemlerin tamamı dosyalama işleri ile ilgili büro çalışanına aktarılmıştır. Böylece depo sorumlusunun katma değersiz vakit kaybı azalmıştır. Ayrıca (zorunlu israf oranını gösteren) “Total NVA” diliminde ise en çok vakit alan iş, malzeme toplarken otomatik stoklama kabininin tepsisinin gelme süresiydi. Malzeme hazırlarken en az sayıda tepsi çağırmak için aynı ürün ağacında yer alan malzemeler tek tepside bir araya toplanmaya çalışılmıştır. Böylece malzeme toplarken

yaşanan tepsi çağırma süresi iyileştirilmiş olacaktır. “Total VA” dilimi ise depo sorumlusunun katma değerli yaptığı işin yüzdesini göstermektedir.



Pilot projenin malzemelerini kümeleme yerleşimine göre yerleştirip, depo sorumlusu atadıktan sonra süreçte operasyonel iyileşmeler üzerinde çalışmalar devam edilmiştir. Operasyonel iyileştirmelerden birisi de kanban uygulamasıdır. Kanban uygulamasında miktarın belirlenmesi literatürdeki kanban sayısının hesaplamasından farklı olarak fabrikanın sistemine göre düzenlenmiştir. Kanban sayısının belirlenmesinde depo ile üretim arasındaki mesafe ve ortalama talep hazırlanma süresi dikkate alınmıştır. Bu neden ile kanban sayısı aşağıdaki denklem ile belirlenmektedir:

$$\text{Kanban Sayısı} = \text{Üretilcek üründeki ihtiyaç miktarı} \times 5 + \text{Fire miktarı}$$

Yukarıdaki denklemdeki kanban sayısının hesaplanmasındaki;

- *Üretilcek üründeki ihtiyaç miktarı*: ana üretim planlamasına göre üretilcek bir adet ürünün ürün ağacında yer alan kanban malzemesinin miktarıdır.
- *5*: 5 ürünlük kanban ihtiyacı üretim hattın ihtiyacını karşılamaktadır. Bu sebep ile 5 ürün üretebilecek kadar kanban malzemesinin üretim hattında tutulması yeterlidir. 5 sayısının belirlenmesinin sebebi yıllık üretim miktarları ve talep edilen bir malzemenin depodan üretim hattına ulaşması süreleri dikkate alınarak belirlenmiştir.
- *Fire miktarı* = üretilen son 5 ürüne göre ortalama fire edilen malzeme sayısına göre belirlenen miktardır.

Üretilcek ürün miktarına ek olarak arızalanan veya hasar gören ürünler tamir veya bakım onarım için plan dışında gelebilmektedir. Bu sebep ile kanban miktarını dengeleyebilmek için çift kutu kanban yöntemi kullanılmaktadır. Çift kutu kanban yönteminde emniyet stoğu olarak ikinci bir kutu bulunmaktadır. Bu ikinci kutuda malzemenin tüketim miktarına göre genellikle 3 ürün üretebilecek kadar, kanban malzemesi bulunmaktadır. Planlanan üretim planının dışında gelişen durumlarda beklenen süreden önce bu kutunun kullanılmasına ihtiyaç olursa kutuda yer alan kanban kartı depoya ulaştırılmaktadır. Resim 4.5'de kanban kartı ve kartta yer alan bilgiler gösterilmiştir. Emniyet stoğu yani ikinci kutudaki malzemeler bitene kadar ihtiyaç miktarı üretim hattına ulaştırılmaktadır. Böylece üretim de bakım onarım hattı da durmamış olmaktadır.

MALZEME NO		MALZEME TANIM	
<b>KANBAN KARTI</b>			
MİKTAR	DEPO KONUMU	HAT KONUMU	
<b>1</b>			

Resim 4.5. Kanban kart örneği

Ana üretim planına göre A projesi için aylık hesaplanan kanban miktarları Çizelge 4.6'daki gibidir:

Çizelge 4.6. Aylara göre kanban ihtiyaç miktarları

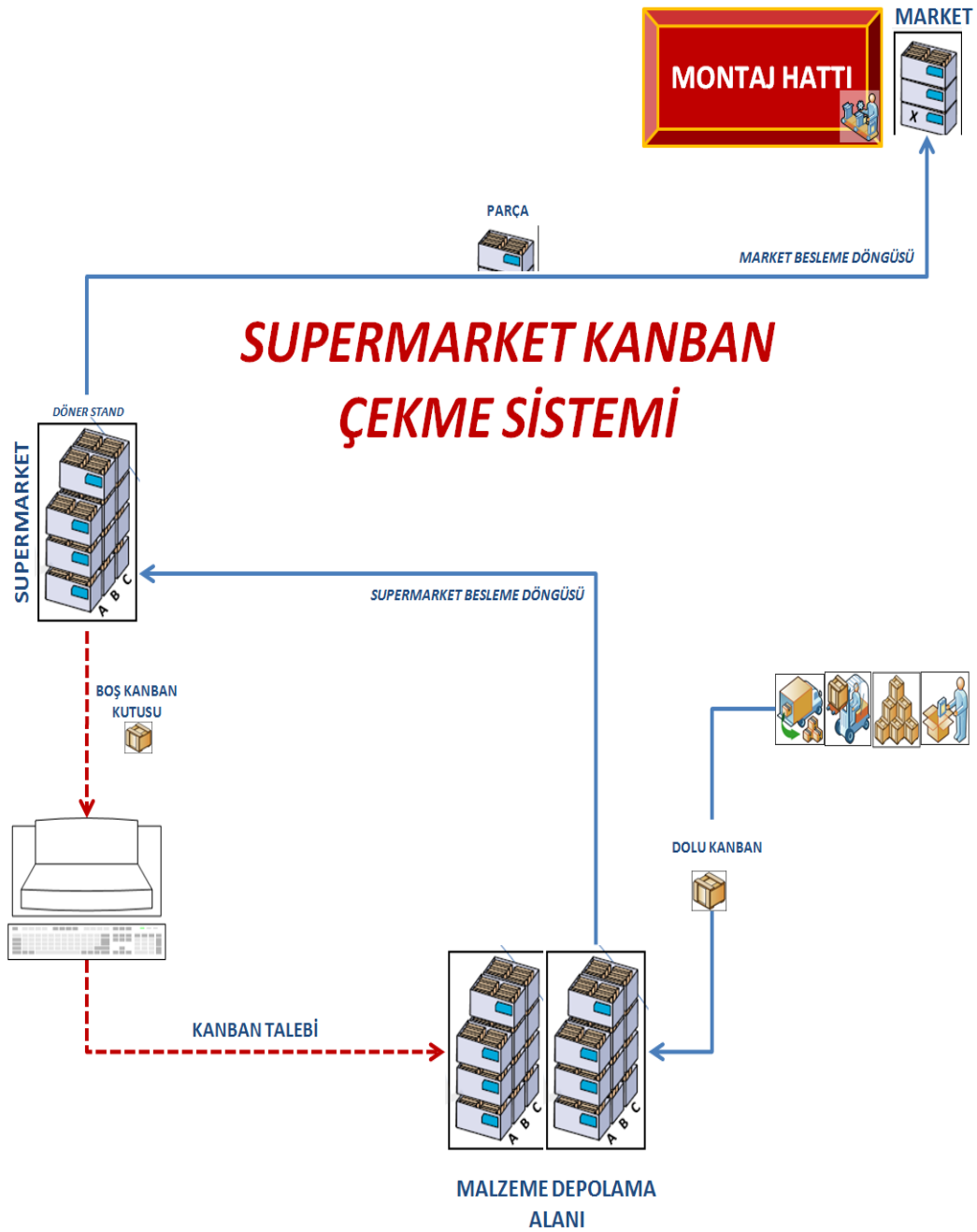
Aylara Göre Kanban İhtiyaç Miktarı												
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
İht. Mik.	300	55	15	60	520	40	15	10	20	100	255	60

İşçilik maliyetlerini düşürmek ve malzeme hazırlama sayısını azaltmak için Çizelge 4.6'da gösterilen aylara ait sipariş miktarları birleştirilip Çizelge 4.7.'deki dağılım oluşturulmuştur. Kanban malzemeleri Çizelge 4.7'deki gibi üretim hattına iletilmektedir.

Çizelge 4.7. Birleştirilmiş kanban miktarları

Aylara Göre Kanban İhtiyaç Miktarı												
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
İht. Mik.	300	70	0	60	520	40	45	0	0	100	255	60

Kanban malzeme miktarları belirledikten sonra en etkin bir şekilde hazırlanıp üretim hattına gönderilen malzemelerin (boyutları küçük olan, sık kullanılan birim fiyatı düşük olan (5\$ altı)) üretim alanında depolanması gerektiğinden üretimi besleyecek kanban depoları oluşturulmuştur. Uygulanan süpermarket kanban çekme sistemi Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Süpermarket kanban çekme sistemi

Şekil 4.7'da gösterilen süpermarket kanban uygulamasında depodan talep edilen malzemeler üretim hattına yakın bir bölgede stoklanmaktadır. Bu bölgeye süpermarket alanı denilmektedir. Bu arada süpermarkette (dönen malzeme standı) her kanban malzemesinin kendine özgü yeri mevcuttur. Malzeme ihtiyacı olan üretim personeli ihtiyacı olan malzemeyi buradan alarak kendi masasındaki market ismi verilen (daha küçük üretim hattına özel tasarlanmış küçük gözlü raflarda) bölgede stoklamaktadır. Üretim sırasında beklemeyen bir ihtiyaç çıktığında üretim personeli hızla süpermarket

bölgesinden malzemeleri teslim alınabilir. Böylece fiyatı küçük ama üretimi durdurma ihtimali olan malzemeler daha hızlı temin edilir.

Pilot proje olan A projesinde kümeleme yerleşimi ve kanban çalışmaları yapılırken diğer taraftan bu projeye ait malzemelerin nasıl daha hızlı toplanacağı üzerine çalışmalar devam etmiştir. Gelen talepler önce tek tek toplanıp üretime iletilmiştir. Daha sonrada kit halinde teslimat (kitting) yöntemi ile malzemeler toplanıp üretime iletilmiştir. Kitting yöntemi ile üretim hattına iletilen taleplerin toplamda daha az sürede iletildiği gözlenmiştir. Bunun sebebi ise üretim hattının malzeme talepleri tek tek toplanıp üretime iletildiğinde, bir sonraki malzeme talebi içinde aynı sürede otomatik stoklama kabinin tepsiyi beklenmektedir. Ancak kit halinde malzemeler toplandığında aynı tepsi defalarca çağrılmamaktadır.

Kit yöntemini destekleyen tez çalışmalarına da örnek verecek olursa Uçan, K. (2014)'e göre malzemeler kit halinde üretime aktarıldığında üretimde çalışan personelin yanlış parçayı kullanmasına ve parçaları aramasına engel olur görüşü de yaptığımız çalışmayı desteklemektedir. Bir başka tez çalışmasında ise Caputo, A.C. ve Pelaggage, P.M. (2011)'e göre Birkaç montaj hattının eş zamanlı olarak çalıştığı ve çok fazla malzeme talebi gerektiren durumlarda veya aynı malzemeleri kullanan paralel montaj hatlarında kit halinde teslimat avantajlıdır görüşü de çalışmadaki fabrika ortamı ile uyuşmaktadır. Verilen örnekler ve elde edilen sonuçlar dolayısı ile malzemelerin kit ile toplanmasına karar verilmiştir.

### 4.2.3. Faz II

Faz II'de, Faz I sonucunda yapılan yalın üretim çalışmalarının süreci iyileştirdiği gözlenmiş ve tüm projelere yalın üretim çalışmalarının genişletilmesine karar verilmiştir. Öncelikle (bkz Çizelge 4.1) malzeme türüne göre depo yerleşimi, tüm projelerin belirli depolarda kümelendiği Çizelge 4.8'deki gibi yerleşime dönüştürülmüştür. Kasım 2014 itibari ile depoda yer alan 100'e yakın projenin (50.000 kalem malzeme) %99.8'i kümeleme mantığı ile yerleştirilmiştir. Çizelge 4.8'de depoda en çok malzemesi olan 6 projenin dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Kümelenmiş depo - malzeme dağılımı

MİP TANIMI	2014 Kasım Proje Depo Yeri Dağılımı									
	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08	K09	K10
F Projesi										2323
C Projesi									1858	71
A Projesi									1688	62
B Projesi								1413		
D Projesi				32		1284				
E Projesi									1039	603

Projelere ait malzemelerinin kümelenmesi malzemelerin toplanması sırasında personelin gezinme süresini iyileştirmiştir. Ayrıca tüm projelerin depo sorumlularına göre atanması da personelin uzmanlaşmasını sağlamıştır.

Faz II'de yalın üretimin önemli bir aracı olan görsel yönetim çalışmalarına ağırlık verilmiştir. Üretim bölümü tarafından depodan malzeme talebinin yapılması, malzemelerin hazırlanması ve malzemelerin üretim hattına gönderilmesine kadar tüm sürecin izlenebileceği görsel bir uygulama hazırlanmıştır. Hazırlanan görsel uygulamanın adı: "Kit Yönetim Bilgi Sistemi" dir.

Görsel yönetim uygulaması ile planlama fazında anlatılan ve Şekil 4.3'te gösterilen değer akış haritasındaki 9 günlük bilgi akışının elektronik ortama aktarılması sağlanmıştır. Artık üretim personeli üretim taleplerini Resim 4.6'teki ekranları kullanarak onaya iletilmektedir.

Talep Eden (Sicil No)	1234 (İsim bulunamadı!)
Stok No	A12345
İşemri No	2014A06
Mip Kodu	
İhtiyaç Miktarı	10
Öncelik	İvedi

Kaydet ve Onaya Gönder

« Geri Ana Sayfa

Resim 4.6. İş emri talebi girme ekranı

Resim 4.6'da gösterilen iş emri talebi girme ekranındaki girilmesi gereken bilgiler şu şekildedir:

- Talep Eden: Sistemde hangi kullanıcı iş emrini talep ediyor ise kendi sicilini girmektedir.
- Stok no: Üretilecek ürünün stok numarası girilmektedir. Üst takım numarası da denilmektedir.
- İşemri no: Üretilecek ürünün iş emri numarası girilmektedir.
- MİP Kodu: Projenin kodu girilmektedir. Bu ekrana proje kodu girildiğinde ilgili planlama sorumlusunun ismi parantez içerisinde gelmektedir. Böylece proje sorumlusuna yanlış iş emrinin onaya gönderilmesi engellenmektedir.
- İhtiyaç miktarı: İhtiyaç duyulan miktarı belirtmek için girilmektedir.
- Öncelik: bazı özel durumlarda üretim planı değişmektedir. Buradaki önceliklendirme dikkate alınarak iş emri depo sorumluları tarafından öncelik verilerek hazırlanmaktadır. Önceliklendirmenin 3 seçeneği vardır: Normal, İvedi, Çok İvedi.

Bu yalnız görsel uygulama ile üretim tarafından başlatılan talep doğrudan proje mühendisine gitmektedir. İlgili proje mühendisi bir gün içerisinde proje kalemlerinin üretilebilirliği ve proje maliyetlerini değerlendiremez ya da herhangi bir sebepten iş emri onayını atlar ise uygulama outlook üzerinden ilgili proje mühendisini tekrar uyarı elektronik postası iletmektedir. Elektronik posta ile uyarı sistemi sayesinde hiçbir iş emri



atlanmamaktadır. Ayrıca gereksiz işlem adımları ortadan kalktığından dolayı süreç içerisindeki kayıp zamanlar ortadan kalmıştır.

Proje mühendisi tarafından onaylanan iş emri doğrudan depoya iletilmektedir. Böylece (bkz. Şekil 4.4) gelecek durum haritasının bilgi akış kısmı gerçekleşmiş olmuştur. Bilgi akışının süresi ortalama 9 günden 1-2 saatlere indirilmiştir.

Proje mühendisinin onayından sonra uygulama üzerinden depo sorumlusuna hazırlanacak iş emri bilgisi gelmektedir. Gelen bilgi doğrultusunda hazırlanacak iş emri listesindeki malzemelerin barkod etiketi depoda etiketlerin dökülmesi ve dağıtılması işleminden sorumlu depo çalışanı tarafından dökülmektedir. Barkod etiketler döküldükten sonra depo sorumlularına hazırlayacakları etiketler atanmaktadır. Depo sorumlularına hazırlamaları için iletilen barkod etikette yer alan bilgiler Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. İş emri barkod etiket bilgileri

İş emri no	
Stok no	
Tanım	
Parti/Seri No	
Depo Adresi	
İhtiyaç Miktarı	

Barkod etiketi her malzeme için özel olarak dökülmektedir. Barkod etiket yapışkanlı kağıt olduğundan malzeme hazırlandıktan sonra malzemenin üzerine yapıştırılmaktadır. Böylece el yazısı ile yazılan yazılardan kaynaklı yazım hataları ortadan kalmıştır.

Atanan barkod etiketleri depo sorumlusu teslim alarak malzemeleri hazırlamaya başlamaktadır. Bu süreçte barkod etiketlerin hazırlanıp hazırlanmadığı veya verilen etiketlerin ne kadar süredir beklediğinin gözlenmesi için Resim 4.7 deki gibi etiket kutuları tasarlanmıştır. Böylece depoda depo bazında ne kadar ve hangi günden beri bekleyen malzeme olduğu görsel olarak izlenebilmektedir. Bu etiket kutuları yoğun iş zamanlarında gelen işlerin hangi sıra ile bitirileceğine de yardımcı olmaktadır. Depo sorumluları gelen işleri önce aciliyet sırasına göre, eğer aciliyet yok ise ilk gelen işi ilk önce bitirmeye çalışmaktadır.



Resim 4.7. İş emri barkod etiket hazırlama kutusu

Resim 4.7 da görüldüğü gibi barkod etiketin konulduğu kutu haftanın, hafta içi günlerine bölünmüştür. Pazartesi hazırlanması için depo çalışanına iletilen etiketler Pazartesi yazan bölmeye konulmaktadır. Çarşamba günü barkod etiketi geldiğinde eğer Pazartesi gününde hala etiket var ise 2 gündür etiketin beklediği ve bir problemin olduğu görülmektedir. Bu durumda ilgili şef teknisyen hızla sorunun çözülmesi için ilgili depo çalışanın yanına gitmektedir. Eğer sorun çözülemez ise ilgili stok kontrol mühendisi çözüm üretmek için depo alanına gitmektedir. Buradaki amaç ilgili depo sorumlusunun sorununun görüldüğü ve ona yardım etmek için ilgili amirlerinin bulunduğu göstermektir.

İşler personellere atandıktan sonra yapılacak işlerin izlenmesi için tasarlanan akış izleme ekranı Resim 4.8 deki gibidir.

AMBARDA İŞLEMİ DEVAM EDEN İŞEMİRLERİ												
Sıra No	Öncelik	Talep Eden	Stok No	İşemri No	İht. Mik.	KBA	Sıra No	Durum	Depo Yeri	Etiket Sayısı	Süre (Saat)	
1	Çok İvedi	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	320	A4-575	1	Hazırlandı	[REDACTED]	5	13,83	[REDACTED]
							2	Hazırlandı	[REDACTED]	1	16,98	[REDACTED]
							3	Hazırlandı	[REDACTED]	3	11,8	[REDACTED]
							4	Hazırlandı	[REDACTED]	1	8,22	[REDACTED]
2	Çok İvedi	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	20	B1-1	1	Hazırlandı	[REDACTED]	1	3,13	[REDACTED]
							2	Hazırlandı	[REDACTED]	6	9,98	[REDACTED]
							3	Hazırlandı	[REDACTED]	14	9,98	[REDACTED]
3	Çok İvedi	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	40	B2-25	1	Hazırlandı	[REDACTED]	2	8,03	[REDACTED]
							2	Hazırlandı	[REDACTED]	12	8,03	[REDACTED]
							3	Hazırlandı	[REDACTED]	1	5,92	[REDACTED]
							4	Hazırlandı	[REDACTED]	2	5,92	[REDACTED]
							5	Depo Sor. Atandı	[REDACTED]	2	11	[REDACTED]

Resim 4.8. Akış izleme ekranı

Resim 4.8'deki akış izleme ekranındaki kolonlardaki bilgilerin detayı şu şekildedir:

- Sıra No: Açılan iş emrinin sıra numarası,
- Öncelik bilgisi: İş emri talebinin öncelik bilgisi
- Talep Eden: Talep eden kişinin isminin görüldüğü kısımdır. Malzemeler hazırlandığında teslim edilecek kişinin kim olduğunu bilgisini vermektedir.
- Stok no: Hazırlanacak üst takımın stok numarası bilgisi
- İş emri no: Talep edilen iş emrinin numarasının bilgisi
- İht. Miktarı. : Üretim tarafından ihtiyaç duyulan miktar
- KBA: kit birleşme alanını göstermektedir. Resim 4.8 'de 1 nolu iş emri 4 depo bölgesinden toplanacaktır. Malzemeleri kit halinde teslim edileceğinden toplanan malzemeler tek bir yerde birleştirilecektir. Depo çalışanının hazırladığı malzemeyi bırakacağı bölgeyi buradaki bilgi belirtmektedir. Bu sürecinde iyileştirilmesi için kaizen çalışmaları yapılmıştır. Yapılan kaizen çalışması ile (bknz. Resim 4.9) güzel bir 5S çalışması ortaya çıkmıştır.
- Durum: Hazırlanacak iş emrinin durumunu bildirmektedir. 3 farklı durum vardır. Eğer barkod etiketleri depo sorumlusuna atandı ancak depo sorumlusu malzeme hazırlamaya başlamadı ise durum “depo sor. atandı” olarak görülecek ve kırmızı renkli olarak yanıp sönecektir. Depo sorumlusu barkod etiketleri alıp malzemeleri hazırlamaya başlamadan önce kendi kullanıcı ekranından hangi iş emrini hazırlayacak ise o iş emrinin bulunduğu yere sicil bilgisini girmektedir. Depo sorumlusu bu işlemten sonra malzeme hazırlamaya başlamaktadır. Depo sorumlusu sicil bilgisini girdikten sonra ekranda hazırlayacağı iş emrinin depo yeri satırı mavi renkli olarak görünmekte ve durum kolonunda da “malzeme hazırlanıyor” bilgisi yazmaktadır. Malzemeler hazırlandıktan sonra depo sorumlusu kendi kullanıcı ekranında malzemeler hazırlandı onayını vermektedir. Bu onaydan sonra ekranda “yeşil” renkli “Hazırlandı” bilgisi görünmektedir. Tüm depo sorumluları malzemelerini hazırladıklarında o iş emri tamamen yeşil yanmaktadır. İş emri tamamen yeşil yandığı zaman malzemeler üretime sevk edilebilir bilgisi malzemeleri üretime götürecek depo çalışanına Outlook üzerinden elektronik bilgi postası ile iletilmektedir. Malzemeleri transfer edecek depo sorumlusu, malzemeler ile üretime gideceği zaman ekranındaki onay tuşuna bastığında iş emrini talep edene “bir sonraki ring ile malzemeler tarafınıza iletilecektir.” Elektronik postası ulaşmaktadır. Talep eden üretim personeli de ring saatlerine göre

malzemenin indirileceği bölgeye gitmektedir. Böylece malzemeyi talep eden personel her defasında ringin iletileceği bölgeyi kontrol etmek zorunda kalmamıştır.

- Depo yeri: Malzemelerin depolandığı alanları göstermektedir. Depo yerleri ile ilgili detay bilgi (bkz. bölüm 4.1.1) verilmiştir.
- Etiket sayısı: Hazırlanacak malzeme miktarını kalem bazında belirtmektedir.
- Süre (Saat) : Saat bazında atanan işin ekran yeşil ise ne kadar sürede tamamlandığını, ekran kırmızı veya mavi ise ne kadar süredir tamamlanmadığı göstermektedir.
- Son kolonda ise herhangi bir sıkıntı yaşanır ise depo çalışanı tarafından girilen bilgi görülmektedir.

Malzemeler hazırlandıktan sonra malzemelerin kit halinde iletilmesi için depo içerisinde bir bölgede toplanması gerekmektedir. Önceki durumda herhangi bir 5S çalışması yapılmadığından, aynı anda üretim tarafından 100'ün üzerinde iş emri açıldığında hangi malzemenin, hangi kutuya konulacağı kolayca bulunamıyordu. Depo personeli 100 kutuya göz gezdirerek malzemelerini koyacağı kutuyu bulabiliyordu. Bu sebep ile depo personelinin de görüşü alınarak, hazırlanacak malzemelerin en hızlı zamanda nasıl kit birleşme alanına bırakılacağı üzerine çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ve araştırmalar sonucunda görsel yönetim uygulamasına kit birleşme alanı bilgisi girilmiştir. Kit birleşme alanının daha hızlı bulunması içinde her iş emrine bir sayı verilmiştir. Resim 4.9'da görüldüğü üzere hazırlanacak iş emri D1 rafındaki 91 numaralı kutuya bırakılacaktır.



Resim 4.9. Kit birleşme alanı

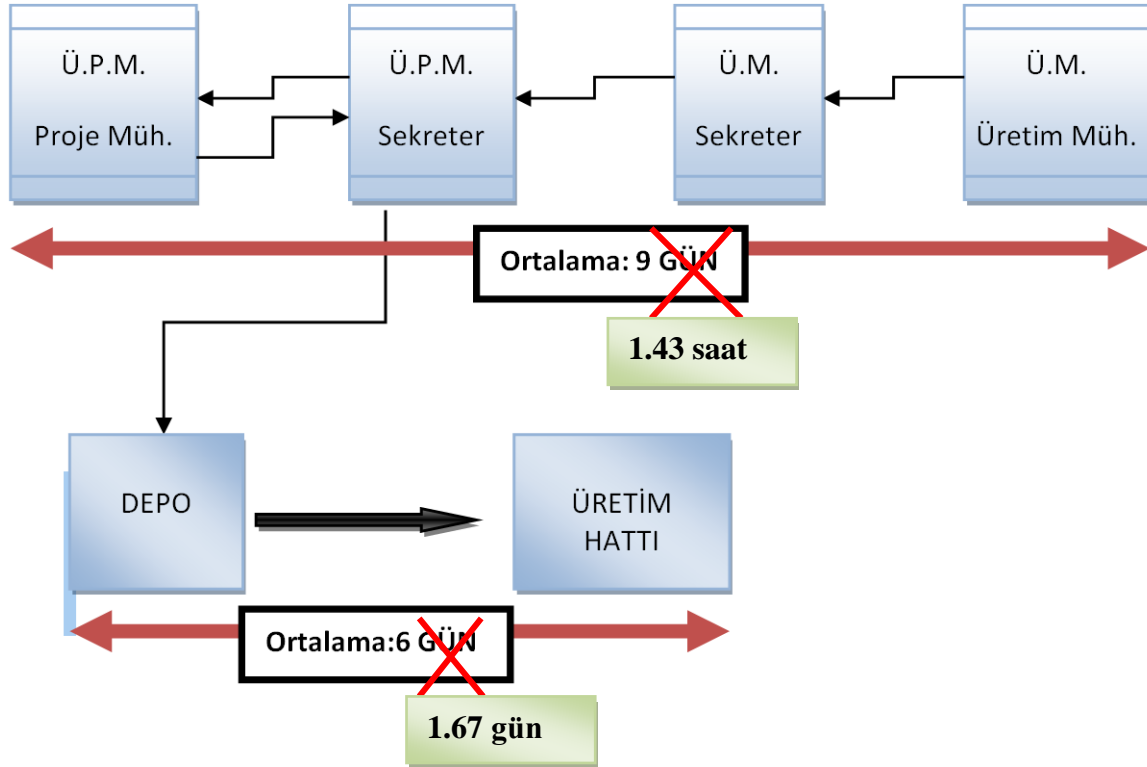
Malzemeleri üretime aktaracak depo çalışanı da kendisine gelen “D1 rafındaki 91 numaralı kutu hazırdır” outlook elektronik postası sonra buradaki malzemeyi üretime aktarmaktadır.

### 4.3. Yalın Üretim Çalışmasının Sonuçları

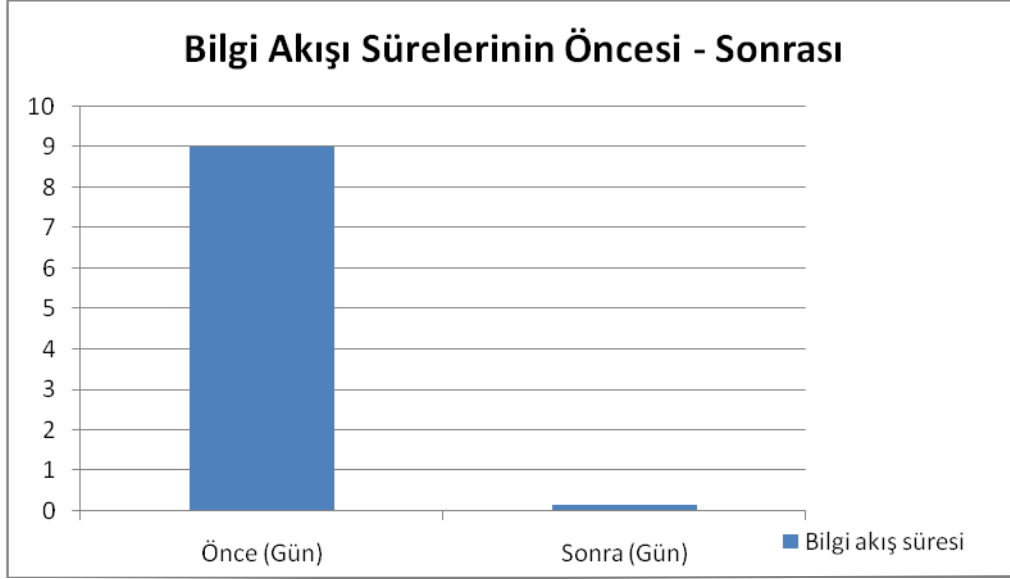
Bu tez çalışmasının uygulama aşamasında 8 adım ve 7 fazdan oluşan yalın felsefenin 3 fazı uygulanmıştır. Planlama fazında yalın üretim çalışmalarına nasıl başlanacağı ve izlenecek ana plan belirlenmiş, Faz I'de de pilot proje üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Faz I'de yapılan pilot çalışmanın sonuçları incelenmiş, malzeme toplama ve üretimi besleme sürecinin iyileştiği gözlenmiştir. Faz II'de Faz I'de yapılan çalışmalar yaygınlaştırılmıştır. Ayrıca kanban ve kaizen uygulamaları ile de süreç geliştirilmeye çalışılmıştır. Geriye kalan yalın üretim fazları, yalın üretimin şirket kültürü olması için yapılacak çalışmalarıdır. Bu çalışma uzun soluklu bir yolculuktur ve yalın felsefenin şirket kültürü olması için çalışmalara kesintisiz devam edilecektir.

Faz II'nin uygulanması sonrasında yalın üretim çalışmalarından elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

1. Yalın üretim uygulamaları öncesinde toplam süreç ortalama 15 gün sürer iken yapılan çalışmalardan sonra toplam süreç ortalama 1.84 güne indirilmiştir. Şekil 4.8'de süreçteki değişiklik gösterilmektedir.

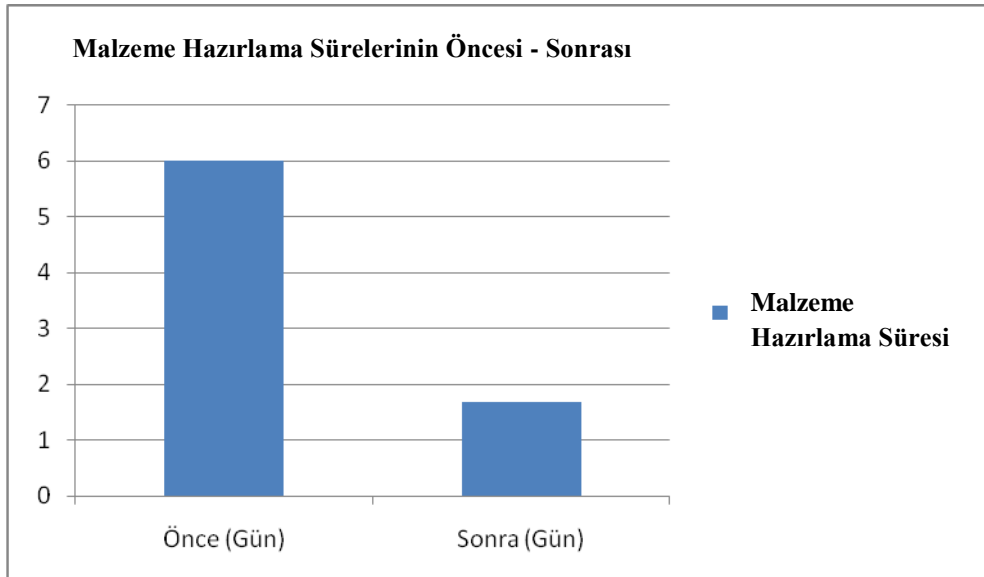


Şekil 4.8. Yalın üretim öncesi - sonrası karşılaştırma



Şekil 4.9. Yalın üretim öncesi - sonrası bilgi akış süresinin karşılaştırılması

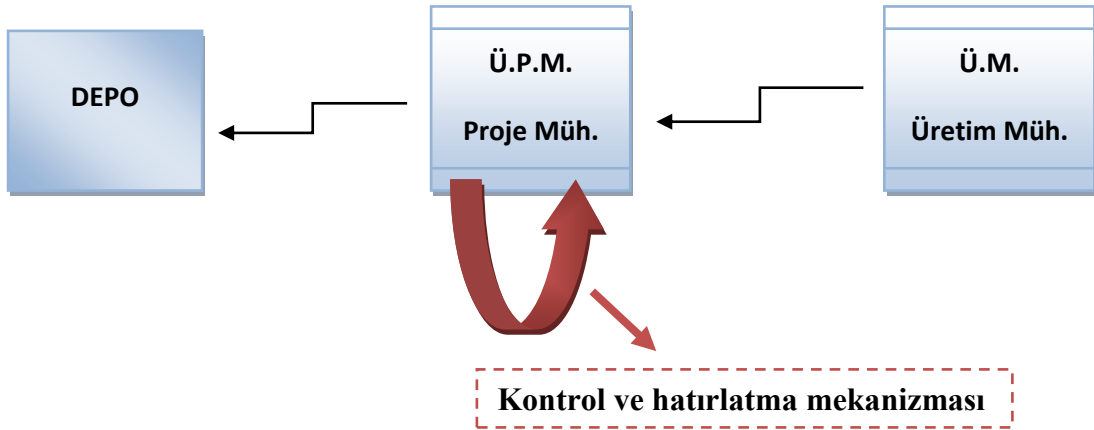
Bilgi akış süresindeki % 98.13 lük iyileşme Şekil 4.9'da net olarak görülmektedir. Ortalama 9 günlük süreç, yapılan iyileştirme çalışmaları sonrasında 1,43 saate düşürülmüştür. Malzeme hazırlama süresindeki % 72,17 lik değişim de Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Ortalama 6 günlük süreç, yapılan iyileştirme çalışmalar sonrasında ortalama 1.67 güne düşürülmüştür.



Şekil 4.10. Yalın üretim öncesi - sonrası malzeme hazırlama süresinin karşılaştırılması

Yalın üretim görsel uygulama yazılımı ile bilgi akışı da yalınlaşmıştır ve Şekil 4.11'deki gibi süreç oluşturulmuştur. Böylece 9 günlük süreç 1-2 saatlere inmiştir. Bu sürecin bu

kadar büyük bir iyileştirme göstermesinin sebebi kontrol ve hatırlatma mekanizmasının kurulması ile olmuştur. Kontrol mekanizması ile hangi proje mühendisinde, ne kadar onaylanmayı bekleyen iş emri olduğu ve bu iş emirlerinin ne kadar süredir onaylanmayı beklediği anlık olarak izlenebilmektedir. Ayrıca proje mühendisi iş yoğunluğundan dolayı herhangi bir iş emrini onaylamayı atlar ise program iş emri onaylana kadar 5 saatte bir outlook üzerinden hatırlatma maili iletmektedir. Bu hatırlatma mekanizması ile gözden kaçan iş emirlerinin beklemesi de ortadan kalkmıştır.



Şekil 4.11. Görsel uygulama sonrası bilgi akışı

2. Yapılan yamazumi çalışmaları sonrasında israf noktaları belirlenmiştir. Ayrıca depo personeli üzerindeki iş yükü daha eşit miktarda dağıtılmaya çalışılmıştır. İşlerin eşit miktarda dağıtılmaya çalışılması ile depo personelinin kapasite kullanımı artmıştır.
3. Aynı personel iş gücü ile işlerin daha organize ve hızlı bitmesi sağlanmıştır. Artan zamanda depo sorumluları sorumlu oldukları depoda daha çok malzeme sayım ve kontrolü yapmıştır. Böylece depo doğruluk oranı da yükselmeye başlamıştır.
4. Siparişe göre üretim yapıldığından aylık ve hatta yıllık iş miktarı büyük ölçüde belli olduğundan, depo personeli kendisine atanan işi daha kısa sürede tamamlamaya başlayınca personelin eğitimi için vakit kalmaktadır. Bilindiği üzere yalın felsefenin yürütülmesi için en önemli etken olan insan faktörüdür. Verilen güvenli taşıma, elektronik malzemelerin depolanması gibi eğitimler ile depo çalışanlarının uzmanlaşması sağlanmıştır. Eğitimler sonrasında hatalı alt takım/malzeme nedeniyle

Üretim hattındaki beklemler minimize edilmiŒtir. Hazırlanan iŒ emrinin güvenliği artırılmıŒtır.

5. Depoda yapılan iŒler hamaliye iŒ olmaktan çıkarılarak teknoloji ile desteklenmiŒ ve deponun üretim bir parçası olduğu net olarak gsterilmiŒtir. Malzemelerin zamanında teslim edilmesi üretim hattındaki beklemleri en aza indirmiŒtir.
6. Kanban uygulaması ile SAP’de yer alan teyit sonrası otomatik çekim özelliği devreye alınan yaklaŒık 200 malzemenin dŒm iŒlem süreleri minimize edilmiŒtir. Böylece bu malzemelerin dŒmleri içinde ekstra vakit kaybı yaŒanmayacaktır.



## 7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışma, siparişe göre üretim yapan bir fabrikada depodan talep edilen malzemelerin hazırlanması ve üretim hattına aktarılması sürecinin yalın üretim teknikleri kullanılarak iyileştirilmesi amacı ile hazırlanmıştır.

Çalışmada önce yalın üretim teknikleri ve sipariş toplama konusu üzerine literatür araştırması yapılmış ve takiben yalın üretim teknikleri üç fazda uygulanmıştır. Uygulamanın sonucu ve değerlendirmesi aşağıda verilmiştir:

Yalın üretimin fazlarından ilki olan planlama fazı, yalın üretim kavram ve tekniklerinin tüm fabrika çalışanlarına anlatıldığı ve çalışanlar tarafından benimsenmeye çalışıldığı bir fazdır. Planlama fazına iki aylık bir süre ayrılmıştır. Bu süre içerisinde ağırlıklı olarak yalın kavramlar ve yalın düşünce eğitimleri verilmiştir. Eğitimlerdeki amaç tüm çalışanların yalın felsefeyi özümsemesi ve böylece yapılacak çalışmalara yüksek katılımının sağlanmasıdır. Ayrıca bu fazda yalın üretim kavramının daha hızlı yayılması ve yapılan çalışmaların takip edilebilmesi için yalın üretim proje ekibi oluşturulmuştur. Planlama fazındaki en önemli çalışmalardan biri de yalın üretim uygulamaları için pilot ürün seçilmesidir. Pilot ürünün seçilmesinde ana üretim planına göre yıllık üretim miktarı etkili olmuştur. Yıllık üretimi en çok olan ürün pilot ürün seçilmiştir. Pilot ürünün seçilmesinden sonra ürünün talep ve üretime aktarılması süreçlerinin değer akış haritası çıkartılmıştır. Değer akış haritasında sürece değer katmayan adımlar belirlenmiş ve bu adımlar çıkartılarak gelecek durum değer akış haritası çizilmiştir.

Faz I' de literatürdeki çalışmalardan faydalanarak malzeme toplama ve malzemelerin depoya yerleştirilmesinin yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. Pilot projenin malzemelerinin depo dağılımı SAP uygulamasından alınmış ve malzemelerin ürün ailesine göre yerleştirildiği görülmüştür. Ancak ürünün ailesine göre yerleşimden kümeleme yöntemine göre yerleşime geçmenin süreci iyileştireceği ön görülmüştür. Yapılan literatür araştırmaları da bu öngörüye desteklemiştir. Bu ön görü ile pilot ürüne ait malzemeler kümeleme yöntemi ile tek bir bölgede toplanmıştır. Pilot ürünün toplandığı bölgeye depo sorumlusu atanmıştır. Pilot ürüne ait malzemelerin tek bir alanda toplanması üretim tarafından iş emri talebi geldiğinde (malzemelerin tek elden ve tek bölgeden toplanacak

olması nedeniyle) depo personelinin gezinme süresini düşürmüş ve süreci iyileştirmiştir. Daha sonra Faz I' de yamazumi tekniği ile personelin üzerindeki tüm iş yoğunluğu gözlenmiş ve bunun yanında personelin yaptığı ancak malzemenin toplanmasına değer katmayan işler de belirlenmiştir. Özellikle evrak ve dosyalama işleri gibi malzeme toplama işine değer katmayan işler büro personeline aktarılmıştır. Yamazumi tekniği ile hangi personelin ne kadar yoğun olduğu görüldüğünden tüm depo personeline eşit iş dağıtılmaya çalışılmıştır. Faz I' de kullanılan yöntemlerden biri de kanban sistemidir. Kanban sistemi pilot ürünün küçük ebatlı değeri 5 \$ altındaki malzemelerinin hazırlanması ve üretime aktarılmasında kullanılmıştır. Kanban yöntemi ile küçük ebatlı ucuz malzemelerin defalarca hazırlanmasından kaynaklı süre kayıpları da ortadan kalkmıştır. Ayrıca Faz I'de malzemelerin tek tek değil, kit halinde üretime teslim edilmesinin üretim hattının malzeme beslenmesi sürecini iyileştirdiği gözlenmiştir.

Faz II de, Faz I de pilot ürünün malzemelerinin toplanması ve üretim hattına iletilmesi sürecinin iyileştirildiğinin gözlenmesi sonucunda yalın üretim uygulamasının tüm projelere yayılması kararı alınmıştır. Faz II'de, Faz I'de yapılan çalışmalara ek olarak (andon) görsel kontrolü sağlayacak bilgisayar destekli bir uygulama tasarlanmıştır. Bu uygulama ile anlık olarak yapılan tüm işlemler izlenebilmiştir. Ayrıca 5S uygulamaları ile görsel yönetim sisteminin etkinliği arttırılmıştır.

Sonuç olarak siparişe göre üretim yapan bir fabrikada malzeme yerleşiminin kümele yöntemine göre yapılması, malzemelerin kit halinde toplanması ve üretim hattına iletilmesi, tüm adımların görsel kontrol sistemleri ile anlık olarak izlenmesi ortalama 15 günlük (iş emri talebinin yapılmasından, talebin hazırlanıp üretim hattına iletilmesine kadar geçen süre) sürecin ortalama 1.84 güne indirilmesini sağlamıştır. Sürecin bu denli iyileştirilmesi sonucunda iş gücü depo sayımına, depo düzeninin sağlanmasına ve eğitim almaya kaydırılmıştır. Depo sayım ve düzenlemeleri sayesinde depo doğruluğunun artması sağlanmıştır. Eğitimler ile bilgi seviyesi yükselmiş çalışanlar daha az hata yapmaktalar ve bu da ürün kalitesini arttırmaktadır. Çalışma sonucunda zamanında teslimat yapma ve ürün kalitesinin artışı olumlu etkilenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Okur, S. A. (1997). *Yalın Üretim: 2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli* (Birinci Baskı). İstanbul: Söz Yayınları. 24.
2. Akçagün, E. (2006). *Hazır Giyim İşletmelerinde Yalın Üretim Tekniklerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Duruiz, L. (1993). Yeni Üretim ve Teknoloji Anlayışı: Dünya ve Tekstil Sanayinde Uygulamalar. *Tekstil işveren dergisi*, sayı:175/ Eylül-Ekim, 20.
4. Tam Zamanında Üretim Sisteminin Tekstil Ve 115 Konfeksiyon Sanayine Uygulanabilirliği. (2006 \ 4). *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 274.
5. Acar, N. (2003). *Tam Zamanında Üretim* (Altıncı Baskı). Ankara: MPM Yayınları, 9.
6. Waurzyniak, P. (2004). *Lean Manufacturing for the Contract Manufacturer Manufacturing Engineering*, Number:2, Volume:133, 21.
7. Grieves, M. W., (2003). *Plm-Beyond Lean Manufacturing. Manufacturing Engineering*, Number:3, Volume:130, 23.
8. Okur, S. A. (1997). *Yalın Üretim: 2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli* (Birinci Baskı). İstanbul: Söz Yayınları. 10.
9. Güner, M. ve Deveci, Ş. (2007). Dokuma Ürün Geliştirmede Yalın Üretim Uygulanabilirliği. *Tekstil maraton dergisi*, sayı:88/Ocak-Şubat, 30.
10. Womack, P. J., Jones, D. T. and Ross D. (1990) *Dünyayı Değiştiren Makina* (çev. Kobak O.) Otomotiv Sanayi Derneği Yayınları. (Eserin orinali 1990'da yayımlandı), 13, 101.
11. Arslan, S. (2006). *Yalın Üretim ve MAN Türkiye A.Ş.'de Örnek Bir Yalın Üretim Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
12. Cesur, N. (2004). İşletmelerde Yeni İlke; Yalın Üretim. *Verimlilik Dergisi*, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, 7.
13. Shah, R. and Ward, P. T. (2007). *Defining and Developing Measures of Lean Production Journal of Operations Management*, 25 (4) : 785-805.
14. Akın, Ö. (2001). *Toplam kalite yönetimi ve insan: KOBİ'ler üzerine bir inceleme: yöneticiler için*. Bursa: Ezgi Kitapevi. 60.
15. Seçkin, F. (2007). *Yalın Üretim Teknikleri ve KOBİ'lerde Uygulanabilirliğinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

16. Panizzolo, R. (1998). Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers.: The relevance of relationships management, *International Journal of Production Economics*, 55 (3) : 223-240.
17. Herron, C. and Hicks, C., (2008). The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(4) : 524-531.
18. Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*, New York: Mc Graw Hill,, 37 - 324.
19. Meyers, F. F. and Steward, J. R. (2001). *Time and Motion Study For Lean Manufacturing*, (Üçüncü Baskı) New Jersey: Prentice Hall.45-152.
20. Rivera, L., Chen, F. F. (2007). Measuring the impact of Lean tools on the cost–time investment of a product using cost–time profiles, *Robotics and Computer- Integrated Manufacturing*, 23 (6) : 684-689.
21. Bessant, J., Caffyn, S., Gallagher, M. (2000). An evolutionary model of continuous improvement behaviour, *Technovation*, 21 (2) : 67-77.
22. Liker, J. K. (2012). *Toyota Tarzı 14 Yönetim İlkesi*. (çev. Ü. Şensoy). Optimist Yayınları. (Eserin orijinali 1990'da yayımlandı). 72-303.
23. Suzaki, K. (2005). *İmalatta Mükemmellik Yolu Sürekli İyileştirme Teknikleri* (çev. S. Özkal) İveco. (Eserin orijinali 1987'de yayımlandı), 125.
24. Womack, P.J. ve Jones, D. (1998). *Yalın Düşünce* (çev. N. Aras). Sistem Yayınları. (Eserin orijinali 1996'da yayımlandı), 70.
25. Morgan, M. J., Liker, J. K. (2007). *Toyota Ürün Geliştirme Sistemi* (çev. A. Yılmaz). Farba Yayınları. (Eserin orijinali 2006'da yayımlandı), 239-287.
26. Marchwinski, C. ve Shook, J. (2007), *Yalın Kavramlar Sözlüğü* (çev. A. Soydan ve R. Baran). Yalın Enstitü Yayınları. (Eserin orijinali 2003'de yayımlandı), 1.
27. Womack, P.J., Jones, D. (2006). *Yalın Çözümler* (çev. S. Özkal). Petrol Ofisi Yayınları. (Eserin orijinali 2005'te yayımlandı), 189.
28. Özçelikel, H. (1994). *Bir Personel Yöneticisinin Gözüyle Japon Yönetim Sistemleri*. İstanbul: MESS Yayınları, 90.
29. Rother, M., Harris , R. (2001). *Sürekli Akış Yaratmak*. Brookline – Massachusetts: The Lean Enterprise Institute, 21-78.
30. Halevi, Gideon (2001), *Handbook of Production Management Methods*, Oxford, 109.
31. Muris, L., Moacir, G, (2010). Variations Of The Kanban System: Literature Review And Classification. *International Journal of Production Economics* 125(1), 13-21.

32. Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Portland Oregon: Productivity Press.
33. Monden, Y. (1998) *Toyota Production System: An Integrated Approach To Just-In-Time*, Engineering & Management Press (Third Edition). 13-34.
34. Şahin, İ.E. (2011). *Kanban Kontrollü Milkrun Döngülü Malzeme Besleme Sistemi: Tv Fabrikasında bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 18-30.
35. Monden, Y. (1983). *Toyota Production System: Practical Approach To Management*. Industrial Engineering And Management Press, Norcross, GA.
36. Spearman, M.L., Woodruff, D.L., Hopp, W.J. (1990). CONWIP: A Pull Alternative To Kanban. *International Journal Of Production Research*, Vol.28 No:5 879-894.
37. Turner, T., Giles, D., Albores, P., Mitchell, R. (2006). Quick Response Manufacturing: ‘When Kanban Is Not The Solution. *Control Magazine*, No.2, p.20-23.
38. Suri, R. (1998). *Quick Response Manufacturing: A Company-Wide Approach To Lead Time Reduction*. Portland: Productivity Press.
39. Uçan, K. (2014). *Otomotiv Yan Sanayisinde Malzeme Besleme Sisteminin Yalın Üretim Yaklaşımıyla Yeniden Tasarlanması Ve Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
40. De Souza, M.C., De Carvalho, C.R.V., Brizon, W.B. (2008). Packing items to feed assembly lines. *European Journal of Operational Research*, 184(2), 480-489.
41. Brynzer, H., Johansson, M.I. (1995). Design and Performance of kitting and order picking systems. *International Journal of Production Economics* 41, 115-125.
42. Bozer, Y.A., McGinnis, L.F. (1992). Kitting versus line stocking. *International Journal of Production Economics* 28, 1-19.
43. Caputo, A.C., Pelagge, P.M. (2008). Analysis and optimization of assembly line feeding policies. *Proceeding of the 2008 Conference on the Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises*, 12-14 Kasım, Prag.
44. Caputo, A.C., Pelagge, P.M. (2011). A methodology for selecting assembly systems feeding policy. *Industrial Management and Data Systems* 111(1), 84-112.
45. Limere, V., Landeghem, H.V., Goetschalckx, M., Aghezzaf, E., McGinnis, L.F. (2011). *Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking*, *International Journal of Production Research*, 1-15.
46. Kılıç, H.S., Durmuşoğlu, M.B. (2012). *Design of kitting system in lean-based assembly lines*, *Assembly Automation*, 32(3), 226-234.

47. Nemoto, T., Hayashi, K. and Hashimoto, M. (2010). *Milk-run Logistics By Japanese Automobile Manufacturers In Thailand*. Elsevier Ltd. Procedia Social And Behavioral Sciences 2, p.5980-5989.
48. Baudin, M. (2002). *Lean Assembly: The Nuts And Bolts Of Making Assembly Operations Flow*. NY:Productivity Press.
49. F. Abdullah. (2003). *Lean Manufacturing Tools and Techniques In The Process Industry With A Focus On Steel*, Doktora Tezi, Pittsburgh Üniversitesi, Pittsburgh.
50. A.W. Sandras. (1995). *Just-In-Time:Making It Happen* (New Edition) United Kingdom: John Wiley and Sons.
51. R.E. White, (1993) An emprical assessment of JIT in U.S. manufacturing, *Production and Inventory Management Journal*, 34(2).
52. Shah, R. and Ward, P. T. (2003). "Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance", *Journal of Operations Management*, 21(2) : 129-149.
53. Aydemir, N. (1995). Rekabet Stratejileri ve Yalın Üretim Zaferi. *Iso dergisi* sayı:346 1995\1, 74.
54. Ansal, H. (1994). Kapitalist Üretim Esneklik Kazandırıyor: Post-Fordizm. *İktisat Dergisi*, Sayı:346/Şubat, 33.
55. Necef, Ş. Ansal, H. (1995). Japon Post-Fordizmi ve Türkiye'ye Uygulanması. *Petrol İş Yıllığı*, Yayın No:36/Nisan, 816.
56. De Koster, R., T. Le-Duc, ve K.J. Roodbergen. (2007). Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 182: 481-501.
57. Petersen, C. G. ve G. Aase. (2004). A Comparison of Picking, Storage and Routing Policies in Manual Order Picking. *International Journal of Production Economics*, 92: 11-19.
58. Muppani, V. R. ve G. K. Adil. (2008). Efficient Formation of Storage Classes for Warehouse Storage Location Assignment: A Simulated Annealing Approach. *The International Journal of Management Science*, 36: 609-618.
59. Gu, J., M. Goetschalckx, ve L.F. McGinnis. (2007). Research on Warehouse: A Comprehensive Review. *European Journal of Operational Research*, 177:1-21.
60. Ho, Y. C., T.S. Su, ve Z. B. Shi. (2008). *Order Batching Methods for an Order-Picking Warehouse with Two Cross Aisles*. *Computers & Industrial Engineering*, 55: 321-347.
61. Hsu, C. M., K.Y. Chen ve M.Y. Chen. (2005). Batching Orders in Warehouses by Minimizing Travel Distance with Genetic Algorithms. *Computers in Industry*, 56: 169-178.

62. Hwang, H., W. Baek ve M. Lee. (1988). Cluster Algorithms for Order Picking in an Automated Storage and Retrieval System. *International Journal of Production Research*, 26: 189-204.
63. Rana, K. (1991). Order-Picking in Narrow-Aisle Warehouse. *International J. Phys. Distrib. Logist. Manage*, 20(2): 9-15.
64. Tompkins, J. A., J. A. White, Y. A. Bozer, E. H. Frazelle, J. M. A. Tanchoco ve J. Trevino. (1996). *Facilities Planning*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 675.
65. Roodbergen, K. J. ve R. De Koster. (2001). Routing Methods for Warehouses with Multiple Cross Aisles. *International Journal of Production Research*, 39(9): 1865-1883.
66. Önüt, S., Tuzkaya, U.R. ve Doğaç, B., (2007). A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem, *Computers and Industrial Engineering*, 54, pp. 783–799.
67. Ene, S. (2010). *Otomotiv Endüstrisinde Depo Atama Ve Üretim Taleplerini Toplama Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
68. Caron, F., G. Marchet ve A. Perego. (1998). Routing Policies and COI Based Storage Policies in Picker-to Part Systems. *International Journal of Production Research*, 36(3): 713-732.
69. De Koster, M.B.M., E.S. Van der Poort ve M. Wolters. (1999). Efficient Order Batching Methods in Warehouses. *International Journal of Production Research*, 37(7):1479-1504.
70. Berg, J. P. ve W.H.M. Zijm. (1999). Models for Warehouse Management: Classification and Examples. *International Journal of Production Economics*, 59: 519-528.
71. Faber, N., de Koster, R.B.M ve van de Velde, S.L., (2002). Linking warehouse complexity to warehouse planning and control structure: an exploratory study of the use of warehouse management information systems, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 32, No. 5, 381–395.
72. Ballard, R.L., (1996). Methods of inventory monitoring and measurement, *Logistic Information Management*, Vol. 9, No. 3, 11–18.
73. Hill, J.M., (2002). Warehouse management system planning, design and procurement, *The ESYNC Supply Chain Series*.
74. Connolly, C., (2008). Warehouse management Technologies, *Sensor Review*, Vol. 28, No. 2, 108–114.

75. Petersen, C. G. ve Aase, G. (2004). A Comparison of Picking, Storage and Routing Policies in Manual Order Picking. *International Journal of Production Economics*, 92:11-19.
76. Hwang, H., Oh, Y.H. ve Lee, Y.K. (2004). An Evaluation of Routing Policies for Order Picking Operations in Low-level Picker-to Part System. *International Journal of Production Research*, 42(18): 3873-3889.
77. Hwang, H. ve Kim, D.G. (2005). Order-Batching Heuristics Based on Cluster Analysis in a Low-Level Picker-to-Part Warehousing System. *International Journal of Production Research*, 43(17): 3657-3670.
78. Won, J. ve Olafsson, S. (2005). Joint Order Batching and Order Picking in Warehouse Operations. *International Journal of Production Research*, 43(7):1427 -1442.
79. Hsu, C. M., Chen, K.Y. ve Chen, M.Y. (2005). *Batching Orders in Warehouses by Minimizing Travel Distance with Genetic Algorithms*. *Computers in Industry*, 56: 169-178.
80. Le-Duc, T. ve De Koster, R. (2005). Travel Distance Estimation and Storage Zone Optimisation in a 2-Block Class-Based Storage Strategy Warehouse. *International Journal of Production Research*, 43(17):3561-3581.
81. Ho, Y.C. ve Tseng, Y.Y. (2006). A Study on Order-Batching Methods of Order-Picking in a Distribution Centre with Two Cross-Aisles. *International Journal of Production Research*, 44(17):3391-3417.
82. Petersen, C.G., Siu, C. ve Heiser, D.R., (2005). Improving order picking performance utilizing slotting and golden zone storage, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25, No. 10, 997–1012.
83. Petersen II, C.G., (1999). The impact of routing and storage policies on warehouse, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, No. 10, 1053–1064.
84. Bozer, Y.A. ve Kile, J.W. (2007). Order batching in walk-and-pick order picking systems. *International Journal of Production Research*, 46(7):1887-1909.
85. Chen, Y. ve He, F. (2008). *Research on Particle Swarm Optimization in Location Assignment Optimization*. Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation.
86. Muppani, V. R. ve Adil, G. K. (2008). A Branch and Bound Algorithm for Class-Based Storage-Location Assignment. *European Journal of Operational Research*, 189: 492- 507.
87. Petersen, C. G. ve G. Aase. (2004). A Comparison of Picking, Storage and Routing Policies in Manual Order Picking. *International Journal of Production Economics*, 92:11-19.



88. Tsai, C. Y., Liou, J.J.H., ve Huang, T.M. (2008). Using a Multiple-GA Method to Solve the Batch Picking Problem: Considering Travel Distance and Order Due Time. *International Journal of Production Research*, 46(22): 6533-6555.
89. Baker, P. ve Canessa, M., (2009). Warehouse design: A structured approach, *European Journal of Operational Research*, 193 , 425–436.
90. Hopbağlu, F. (2009). *Tedarik Zincirinde Ve Lojistik Süreçlerde Depo Tasarımı Ve Depo Yönetimi: Kozmetik Sektöründe Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Fatih, İPEK  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 20.07.1985, Ankara  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (535) 8514343  
Faks :  
E-Posta : faipek@aselsan.com.tr



### Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği	2008
Lise	Gölbaşı Anadolu Lisesi	2003

### İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2008-2010	İpek Sigorta Aracılık Hizmetleri Ltd. Şti	Risk Değerlendirme Mühendisi
2010-	Aselsan A.Ş.	Proje Yöneticisi

### Yabancı Dil

İngilizce, İtalyanca

### Hobiler

Tenis, Tiyatro



*GAZİ GELECEKTİR..*