

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METAL SEKTÖRÜNDE EKONOMİK SİPARİŞ  
MİKTARI MODELİNİN UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özgür GEZER**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ**  
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Harun TAŞKIN**

**Şubat 2019**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METAL SEKTÖRÜNDE EKONOMİK SİPARİŞ  
MİKTARI MODELİNİN UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özgür GEZER**

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

Bu tez 28/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.  
Harun TAŞKIN  
Jüri Başkanı

Doç. Dr.  
Özer ÜYGUN  
üye

Dr. Öğr. Uyesi  
Buket KARATOP  
üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Özgür GEZER  
21.02.2019

## ÖNSÖZ

Bu çalışmayı hazırlarken, sistematik açıklamalarla birlikte, anlaşılması kolay, olabildiğince sade bir anlatım anlayışı sergilemeyi benimsedim.

Çalışmama giriş yaptıktan sonra, ikinci bölümde konum dahilinde bulunan temel tanımlar ve kavramlar üzerinde genel bir bilgi sunmakta yarar gördüm. Üçüncü bölümde stok kontrolünün işletmeler açısından önemine değindim. Dördüncü bölümde çalışmamın uygulama kısmında büyük yer tutacak olan envanter maliyetleri üzerinde durdum. Beşinci bölümde birçok işletmede kullanılmakta olan envanter kontrol sistemlerini konu aldım. Altıncı bölümde özellikle ilgilenmiş bulunduğum Ekonomik Sipariş Miktarı modellerini konu alan deterministik stok kontrol sistemleri üzerinde bilgi verdim. Yedinci bölümde ABC Fabrikası'nın Yedek Parça Ambarının stok kontrolü üzerinde, ESM modelini esas alan bir uygulama çalışmasına yer verdim. Son bölümde ise sonuç ve öneriler kısmına yer verdim.

Bu çalışmayı hazırlarken, konuyla ilgili çalışmalar yapmış kişilerin yaptıkları çalışmalardan büyük oranda faydalandım. Bundan dolayı onlara teşekkür borçluyum. Bu çalışmanın hazırlanması sırasında her türlü yardımı benden esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Harun TAŞKIN'a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	viii
ÖZET .....	ix
SUMMARY .....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
TEMEL TANIMLAR VE KAVRAMLAR .....	3
2.1. Talep .....	3
2.1.1. Bağımsız talep .....	3
2.1.2. Bağımlı talep .....	3
2.2. Sipariş Çevrimi .....	4
2.3. Tedarik Süresi .....	4
2.4. Stok ve Envanter .....	4
2.5. Çevrim Stoku .....	5
2.6. Emniyet Stoku .....	5
2.7. Üretim Hızı .....	5
2.8. Talep Hızı .....	6
BÖLÜM 3.	
İŞLETME AÇISINDAN STOKLARIN ÖNEMİ .....	7
3.1. Stokların Fonksiyonları .....	7

3.2. Stok Miktarını Etkileyen Faktörler .....	9
3.2.1. Ham madde stokunu etkileyen faktörler .....	10
3.2.2. Yarı mamul stokunu etkileyen faktörler.....	12
3.2.3. Mamul stokunu etkileyen faktörler .....	13
BÖLÜM 4.	
ENVANTER MALİYETLERİ .....	16
4.1. Elde Bulundurma Maliyeti .....	16
4.2. Hazırlık veya Sipariş Maliyeti.....	19
4.3. Elde Bulundurmama Maliyeti .....	20
BÖLÜM 5.	
ENVANTER KONTROL SİSTEMLERİ.....	22
5.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli.....	23
5.2. Basit Stok Kontrol Sistemi.....	24
5.3. Periyodik Kontrol Sistemi .....	27
5.4. Malzeme İhtiyaç Planlaması Sistemi .....	27
5.5. Tam Zamanında Tedarik Sistemi .....	28
5.6. Kanban Yöntemi .....	30
BÖLÜM 6.	
DETERMİNİSTİK STOK KONTROL SİSTEMLERİ .....	32
6.1. Genel Stok Modeli.....	32
6.2. Statik Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Modelleri .....	34
6.2.1. Klasik ESM modeli .....	34
6.2.2. Sabit oranlı sipariş modeli.....	36
6.2.3. Miktar indirimli ESM modeli.....	38
6.2.3.1. Fiyat kıyaslamasına dayanan model .....	38
6.2.3.2. Fiyat değişimine dayanan model .....	40
6.2.3.3. Fiyat indirme durumundaki model.....	43
6.2.4. Depo kısıtlı çok kalemlili ESM modeli .....	46
6.2.5. Stok tükenmesi durumunda ESM modeli .....	48
6.2.6. Stok tükenmesi durumunda üretim modeli .....	50

6.3. Dinamik ESM Modelleri .....	52
6.3.1. Hazırlık maliyetsiz model .....	53
6.3.2. Hazırlık maliyetli model.....	54
6.3.2.1. Genel maliyet fonksiyonlu dinamik programlama algoritması .....	55
6.3.2.2. Sabit veya azalan maliyetli dinamik programlama algoritması .....	56
6.3.2.3. Plan erimi teoremi.....	57
6.3.2.4. Silver-Meal sezgisel modeli .....	57
BÖLÜM 7.	
ESM MODELİ ÜZERİNDE BİR UYGULAMA .....	59
7.1. ABC Fabrikası Hakkında Genel Bir Bilgi.....	59
7.2. Yedek Parça Ambarı Hakkında Genel Bir Bilgi .....	59
7.3. ESM Modeli Üzerinde Yapılan Uygulamalar .....	61
7.3.1. Rulman malzemesinin ESM'nın tespiti .....	61
7.3.2. Gezdirici porseleni malzemesinin ESM'nın tespiti.....	68
7.3.3. Valf ayarı malzemesinin yeniden sipariş noktası'nın tespiti.....	72
7.3.4. Rulman için miktara göre fiyat indirildiğinde ESM'nın tespiti .....	76
7.3.5. Gezdirici porseleni için miktara göre fiyat indirildiğinde ESM'nın tespiti .....	78
BÖLÜM 8.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	79
KAYNAKLAR .....	81
ÖZGEÇMİŞ .....	83

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

EBM	: Elde bulundurma maliyeti
ESM	: Ekonomik sipariş miktarı
JIT	: Tam zamanında tedarik sistemi
MİP	: Malzeme ihtiyaç planlaması
TBM	: Birim zamandaki toplam maliyet
TM	: Dönem başına toplam maliyet
TSM	: Toplam sipariş maliyeti
A	: Ambar bölümünün sipariş maliyeti
A	: n sayıda stok kalemi için maksimum mevcut depolama alanı
A	: Birim başına stoksuzluk maliyeti
a, b, c, Q	: İntegrasyon sabitleri
$a_i$	: Stok birimi başına depolama alanı gereksinimi
C	: Değişken sipariş maliyeti
C	: Bir birimin maliyeti
c	: Birim satın alma maliyeti
D	: Talep hızı
d	: Önceki istem D' nin yüzdelik olarak ifade edilen indirimi
$D_i$	: i. periyot için talep
h	: Stok veya elde bulundurma maliyeti
$h_i$	: i. periyottan (i +1). periyoda birim elde bulundurma maliyeti
I	: Yüzdelik envanter elde bulundurma maliyeti
$I_m$	: En büyük envanter düzeyi
i	: Stok kalemi
K	: Hazırlık veya sipariş maliyeti
k	: Periyot başına üretim düzeylerinin sayısı
$K_i$	: i. periyottaki hazırlık maliyeti



L	: Temin süresi veya tedarik süresi
$L_e$	: Bir siparişin verilmesiyle bir diğerinin alınması arasındaki süre
M	: Muhasebe bölümünün sipariş maliyeti
m	: Toplam malzeme miktarı
P	: Üretim hızı
P	: Optimum stoksuzluk yüzdesi
R	: Yeniden sipariş noktası
r	: Elde bulundurmama maliyeti veya stok tükenme maliyeti
r	: Sipariş verme noktası
$r_g$	: Günlük faiz
$r_y$	: Yıllık faiz
S	: Emniyet stok miktarı
S	: Stoklar sıfır düzeyine indikten sonra verilen sipariş düzeyi
S	: Satın alma bölümünün sipariş maliyeti
t	: Zaman aralığı
$t_o$	: Sipariş çevrimi uzunluğu
Y	: Yeniden sipariş seviyesi
y	: Sipariş miktarı
$y^*$	: Ekonomik sipariş miktarı
Z	: Normal dağılım tablosundan alınan z sayısı
$z_i$	: Sipariş edilen miktar
X	: Daha düşük fiyatta parasal değere sahip en büyük sipariş miktarı
$x_i$	: i. periyodun başlangıcındaki stok
q	: Verilen sipariş limiti
$\sigma$	: Talebin standart sapması
$\lambda$	: Lagrange çarpanı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 5.1. Basit stok kontrol sisteminde sipariş noktası .....	24
Şekil 6.1. Toplam maliyet eğrisi .....	32
Şekil 6.2. Zamanla stok düzeyleri .....	34
Şekil 6.3. Yeniden sipariş verme noktaları .....	36
Şekil 6.4. Sabit oranlı sipariş modeli .....	38
Şekil 6.5. Toplam maliyetin miktarla değişimi .....	44
Şekil 6.6. $q$ 'nun bulunduğu bölgenin tespiti .....	44
Şekil 6.7. Stok tükenmesi halinde zaman süresini ele alan envanter modeli .....	49
Şekil 6.8. Fiziki stokların zamana göre grafiği .....	49
Şekil 6.9. Stok tükenmesi halinde üretim modeli .....	51
Şekil 6.10. Üretim maliyet fonksiyonu .....	54
Şekil 6.11. Stok durumu .....	55
Şekil 7.1. ABC fabrikası üretim ve depolama genel yerleşim düzeni .....	60

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 6.1. Maliyetlerin Karşılaştırılması .....	40
Tablo 7.1. Kayıtlara göre depodan çekilen rulman miktarları .....	62
Tablo 7.2. Rulman için siparişe harcanan zamanlar ve maliyetleri .....	63
Tablo 7.3. Rulmanın ESM hesabı için ilgili veriler .....	65
Tablo 7.4. Rulman için ESM ve emniyet stoku miktarı.....	66
Tablo 7.5. Rulman için mevcut ESM ve emniyet stoku miktarı .....	67
Tablo 7.6. Kayıtlara göre depodan çekilen gezdirici porseleni miktarları.....	68
Tablo 7.7. Gezdirici porseleni için siparişe harcanan zamanlar ve maliyetleri .....	69
Tablo 7.8. Gezdirici porselenin ESM hesabı için ilgili veriler .....	70
Tablo 7.9. Gezdirici porseleni için ESM ve emniyet stoku miktarı.....	71
Tablo 7.10. Gezdirici porseleni için mevcut ESM ve emniyet stoku miktarı .....	71
Tablo 7.11. Kayıtlara göre depodan çekilen valf ayarı miktarları .....	72
Tablo 7.12. Valf ayarı için siparişe harcanan zamanlar ve maliyetleri .....	73
Tablo 7.13. Valf ayarı yeniden sipariş noktası hesabı için ilgili veriler .....	74
Tablo 7.14. Valf ayarı için yeniden sipariş noktası ve emniyet stoku miktarı.....	76
Tablo 7.15. Rulman için miktara göre fiyat teklifleri .....	76
Tablo 7.16. Gezdirici porselen için miktara göre fiyat teklifleri.....	78

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Deterministik stok kontrol modelleri, Envanter kontrolü, Envanter planlama, Olasılıksal envanter modelleri

Bu çalışma, stok kontrol yöntemlerinden birisi olan ekonomik sipariş miktarı modelinin bir fabrikanın yedek parça deposundaki rulman, gezdirici porseleni ve valf ayarı malzemeleri üzerinde uygulanmasını içerir. Yedek parça deposundaki her ayrı stok kalemi için ayrı emniyet stoku miktarı belirlenmiş olup, stoktaki miktar, bu miktara düştüğü anda sistem satın alma bölümünün denetimi altında otomatik olarak sipariş vermektedir. Ancak kullanılmakta olan emniyet stoku değerleri ve ekonomik sipariş miktarlarının tutarsız olduğu düşünülmüştür. Bunun üzerine bazı stok kalemleri üzerine yeniden emniyet stoku ve Ekonomik sipariş miktarı hesaplama gereği duyulmuştur. ESM'nin tespitinde Klasik ESM modeli kullanılmıştır. Üç malzeme hakkında veriler toplanmış uygun yöntemler kullanılmak üzere hesaplamalar yapılmıştır. Bu malzemeler üzerine yapılan uygulamada Öncelikle bu modelin gereksinim duyduğu birim zamandaki sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyetleri tespit edilmiştir. Fabrikadan temin edilen veriler ışığı altında sırasıyla  $ESM = y^*$ , sipariş çevrim uzunluğu ( $t_0$ ) ve yeniden sipariş seviyesi ( $Y$ ) = emniyet stokunu tespit etmeye çalışılmıştır. Daha sonra elde ettiğimiz ekonomik sipariş miktarlarının fabrika için yıllık ne kadar fazla maliyetten kurtulabileceği tespit edilmiştir.

En son yapılan iki uygulama da ise Miktar İndirimli ESM Modeli kullanılmak üzere rulman ve gezdirici porselen üzerinde miktar indirimi uygulandığında ne gibi politikalar izlenmesi gerektiği araştırılmıştır. Rulman sunulan teklif için; Ekonomik sipariş miktarı için  $TBM < Sunulan\ teklif\ için\ TBM$ 'den dolayı ekonomik sipariş miktarıyla devam etmek daha uygundur. Çünkü ekonomik sipariş miktarıyla sipariş söz konusu olduğunda daha az maliyete katlanılmaktadır. Gezdirici porseleni; sunulan teklif için  $TBM < Ekonomik\ sipariş\ miktarı\ için\ TBM$ ' den dolayı tedarikçi firmanın sunduğu teklif kabul edilmelidir. Çünkü ekonomik sipariş miktarından daha az maliyete katlanılmak zorunda kalınmaktadır.

# AN APPLICATION ON DETERMINISTIC STOCK MODEL (EOQ)

## SUMMARY

Keywords: Deterministic inventory control models, Inventory control, Inventory planning, Probabilistic inventory models

This study involves the application of the economical order quantity model, one of the stock control methods, on the bearing, walker porcelain and valve adjustment materials in the spare part of a factory. A separate safety stock quantity is set for each stock tick in the spare part deposit, and the quantity in stock automatically orders this item when the quantity drops, under the supervision of the system purchasing department. However, it is thought that the safety stock values being used and the economic order quantities are inconsistent. On top of this, it was heard that some stock items had to be recalculated for safety stock and economic order quantity. Classical EOQ model was used in determining EOQ. Data have been collected about the three materials and calculations have been made to use the appropriate methods. In the application of these materials, firstly, the unit cost and the cost of holding the unit needed by this model have been determined. The data supplied from the factory have been tried to detect  $EOQ = y^*$ , order cycle length ( $t_0$ ) and reorder level ( $Y$ ) = safety cycle respectively. It has been determined how much to save with the amount of economic order quantity obtained.

The last two applications have been investigated as to what policies should be followed when quantity reduction is applied on the bearing and walker porcelain to be used with the Quantity Reduced EOQ Model. For the offered offer of the roller bearings; TCOS for economic order quantity It is better to continue with the economic order quantity due to TCOS for the offer submitted. Because of the economic order quantity, less money is put on the order. The walker porcelain; TCOS for the offered bid <TCOS for the amount of economic order 'should be accepted as a proposal from the supplier firm. Because it is obliged to bear less money than the amount of economic order quantity.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

İşletmeler, üretim süreçlerinin çeşitli aşamalarında, üretimlerini kesintisiz bir biçimde yapmak veya gelen talepleri zamanında karşılayabilmek ve bunun doğal sonucu olarak da kârın yükselmesini sağlamak için stok bulundurlar. Stokların, bu bakımdan işletmeler açısından önemi büyüktür.

Ham madde veya yarı mamul ihtiyaçlarını dışarıdan satın alma yoluyla tedarik eden işletmeler, bir bakıma tedarikçilerine bağlı olmaktadır. Bu tür işletmeler, ihtiyaç anında malzemenin ellerinde bulunması için ham madde ve yarı mamul stokları bulundurlar. Stokun miktarı ise, genellikle tedarikçilerin güveni, tedarik süresi, uygulanan miktar iskontosu durumuna göre değişmektedir. Tedarikçilere güven duyulması ve teslim süresinin kısa olması durumunda daha az stok bulundurulabilir.

Bir firma, ne kadar işletme sermayesi bulundurması gerektiğini tespit etmelidir. Eğer çok fazla sermaye hazır bulundurulursa, fazlalığın kullanılması ile olası yatırımlardan gelecek kazançlar kaybedilmiş olur. Çok az bulundurulursa gerekli ek sermaye, kredi kullanılarak karşılanmak zorunda kalınırken üretim ve satışta da engeller oluşacaktır.

Stokun fazla olması, birim başına daha fazla parayı stoklara yatırmanın yanında, malzemenin elde bulunmasını ve siparişi daha az vermeyi sağlamaktadır. Stok az ise, birim zaman başına yatırılmış olan sermayenin azalmasını sağlayacaktır ancak bu durum stoksuz çalışmanın getirdiği riskini ve sipariş verme sıklığının artmasına yol açacaktır. Verilmiş olan aşırı iki örneğin de maliyeti yüksektir. Sipariş miktarı ve sipariş zamanıyla ilgili kararların, stok fazlalığı ve stok azlığından kaynaklı toplam maliyetleri dengeleyen bir maliyet işlevinin minimize edilmesine bağlı olduğu görülmektedir.

Toplam maliyetleri bir dengede olmasını sağlamak amacıyla stok kontrol modellerinin uygulanması gerekmektedir. Ekonomik Sipariş Miktarı modeli, bu alanda kullanılan birçok sistem içinde en basiti ve çok kullanılanıdır. Bu model yardımıyla sipariş ve elde bulundurma maliyetleri karşılaştırılmak suretiyle en uygun sipariş miktarı tespit edilir. Bu model altıncı bölümde geniş olarak anlatılacaktır. Yedinci bölümde ise uygulamalı incelenecektir. Stoklarını etkin bir biçimde yönetmek isteyen firmalar, stok kontrol yöntemlerinin birçoğunu uygulamışlardır. Ekonomik sipariş miktarı (ESM) modeli, söz konusu yöntemlerin temelidir. Bu alanda kullanılan diğer birçok model, bu model geliştirilerek elde edilmiştir. ESM, sipariş verme maliyeti ile stokta tutma maliyetinin dengelendiği maliyete karşılık gelen miktara denilmektedir [1]. ESM modeli, ilk kez 1913'te Ford Whitman Harris tarafından bulunmuştur. Sonraki süreçte de R.H. Wilson modeli, 1934'te geliştirilmiştir. Bu nedenle söz konusu modele Wilson ESM modeli de denilmektedir [2].

Yıllardır kullanılmakta olan ESM modeli, basit ama kullanışlı bir modeldir. Ancak şirketlerin bazıları, modelin sağladığı avantajlardan faydalanamamışlardır. Firmaların şartlarına göre bu modeli belli aralıklarla aktif bir şekilde uygulamayı başarırlarsa stok maliyetlerinde mutlaka iyileştirme sağlamaları mümkün olacaktır. Bu model şirketin en düşük fiyatla, en uygun sipariş miktarının tespit edilmesine yardım edecek ve firmanın envanter maliyetlerinin azalmasını sağlayacaktır.

## **BÖLÜM 2. TEMEL TANIMLAR VE KAVRAMLAR**

Ekonomik sipariş miktarını incelememizin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için öncelikle konumuz içerisinde geçen bazı kavramları açıklamayı uygun gördüm. Sözü edilen kavramlar; talep, sipariş çevrimi, tedarik süresi, stok ve envanter, çevrim stoku, emniyet stoku, üretim hızı ve talep hızı olarak sıralanabilir.

### **2.1. Talep**

Mal talebinin belirli ya da belirsiz olması mümkündür. Mal talebinin belirli olması durumunda planlama dönemi içinde yer alan periyotların her birinde istenilen miktarlar kesin bir şekilde bilinmektedir. Talebin belirsiz olması halinde de istatistiksel yöntem ve teknikler kullanılmak suretiyle tahmin yapılır [3].

#### **2.1.1. Bağımsız talep**

Mal talebinin bir başka malzeme ya da ürün talebine bağlı olmaması anlamına gelmektedir. Genel olarak bağımsız talepler kesinlikle belli değildir; talebin nihai ürün, yedek parça ve sarf malzemesinden hangisi olduğunun tahmin edilmesi gerekmektedir.

#### **2.1.2. Bağımlı talep**

Başka bir stok elemanın talep edilmesine bağlı olarak değişim gösteren, bağlı bulunduğu talebin yapısı belirlendikten sonra, gereksinim duyulan miktarları net bir biçimde hesaplanması mümkün olan malzemelerdir.



## 2.2. Sipariş Çevrimi

Stok problemlerinde zaman ölçüsü ile ilgilidir. Bir sipariş çevrimi, iki ayrı sipariş verme süresi arasında yer alan zaman periyodu olarak tespit edilebilir. Periyot sürecinin uzunluğu ise kontrol tipi dikkate alınarak saptanır.

a) Sürekli gözden geçirme (sabit sipariş miktarı yöntemi): Stokta bulunan bir kaleminin önceden tespit edilmiş belirlenmiş bir alt sınırı yeni bir sipariş verilen düzeye varıncaya dek stok seviyesiyle ilgili kayıtlar sürekli güncellenir. Stok seviyesi, söz konusu alt sınıra indiği zaman yeni bir sipariş verilir.

b) Periyodik gözden geçirme (sabit sipariş periyodu yöntemi): Planlamanın yapıldığı dönemde siparişler eşit zaman aralıklarıyla verilir.

## 2.3. Tedarik Süresi

Bir siparişin verildiği zaman, anında teslim edilmesi mümkün olabilir ya da siparişin teslimi için belli bir sürenin geçmesine ihtiyaç duyulabilir. Siparişin talep edildiği an ile teslim alındığı zaman arasında geçen süreye tedarik süresi denilmektedir [4].

Tedarik süresinin kontrolü genel olarak kolay bir işlem değildir ve bu işlem, envanter sistemini meydana getiren parametrelerden biridir. Söz konusu sürenin ani tedarik sisteminde sıfır olması ya da özel bir olasılık dağılım sistemine göre rassal olması mümkündür. Tedarik süresi, istatiki envanter sisteminin çözümüyle ilgili alanda dikkate değer bir etkiye sahiptir [5].

## 2.4. Stok ve Envanter

Bir işletme yatırımı olan stok kavramını şu şekilde bir tanımlamak mümkündür. Satılmayı ve kullanılmayı beklemek suretiyle belirli bir süreçte atıl olarak bekletilen ekonomik değeri olan ürün ve malzeme gibi kaynaklara stok adı verilir [6].

Hareketsiz olarak duran malzemeyi ifade eden stok, fiziksel varlığı göstermektedir.

Kapsamı daha geniş olan envanter kavramı ise stokta bulunan kaynaklarla birlikte para ve insan kaynaklarını da kapsamaktadır. ancak envanter fiziksel varlığı değil, parasal değeri ifade eder [3].

Envanter terimi muhasebeciler tarafından da başka bir şekilde kullanılmaktadır. Bu anlamda envanter; yılda en az bir kere olmak üzere periyodik aralıklarla düzenlenen belli bir süreçte bir işletmeye ait aktif ve pasif varlıklarının miktarını ve değerlerini içeren bir cetveldir [7]. Stokların işletmeye ait diğer yatırımlarından farkı, ürün ve ham maddelere bağlanmış olan fonların belli bir süre başka bir amaç için kullanılmasına imkan vermemesidir. Bu durum, bir yönüyle alternatif yatırım olanaklarının, dolayısıyla olası kazançların yitirilmesi anlamına gelmektedir [6].

### **2.5. Çevrim Stoku**

Üretim için gereken malzeme siparişlerinin partiler halinde yapılması, daha ekonomik bir tutumdur. Bu biçimde temini yapılmış bir malzemenin hemen kullanılması mümkün olmadığı için bekletileceği açıktır. Üretimde kullanılan malzeme partisinin kullanılarak tüketildiği sürede kullanılmadığı için bekletilen böyle elemanlara çevrim stoku adı verilmektedir [3].

### **2.6. Emniyet Stoku**

Taleple ilgili belirsiz durumları ve tedarik süresi içindeki teslimde karşılaşılabilecek gecikmeleri telafi etmek için elde bulundurulana stoka emniyet stoku denilmektedir. Özellikle taleplerle ilgili belirsizliklerin söz konusu olduğu durumlarda emniyet stokuna çok ihtiyaç duyulmaktadır. Taleplerle ilgili bilgiler kesinse emniyet stokuna ihtiyaç yoktur.

### **2.7. Üretim Hızı**

Eğer satın almak istediğimiz mallar sunumcudan veya satıcı kuruluşa sipariş edildiğinde, istenen mallar bir kerede kamyon, tren, posta vb. ile bize ulaşır. Öte yandan mallar işletmemizde üretiliyorsa, mallar daha üretim hattındayken “seri

halinde” ve üretim süreci devam ederken düzgün biçimde envanter sayımına girme durumu ortaya çıkabilir. Envanter modelleri sürecinde malların envanter girişiyle ilgili hız, önem taşıyan bir faktör niteliği taşıyıp süre açısından birim olarak P ile gösterilmiştir.

## 2.8. Talep Hızı

Zaman bölümü içerisinde D ile gösterilen bir miktar olarak ele alınacaktır. Örnek vermek gerekirse bir ürünle ilgili talep hızı  $D = 2400$  birim/yıl olabilir. Bu durum için 1 yıllık bir zaman süresi tercih edilemiştir. Süre olarak 1 ayın ( $1/12$  yıl) da seçilmesi mümkündür ve istem miktarı da  $D = 200$  birim/ay olarak gösterilebilir. Talep hızının ölçümünde hangi zaman birimi kullanılırsa kullanılsın gerçek talep hızı miktarı aynı kalmalıdır. Genel olarak talep hızı bilinmemektedir veya bilinen ihtimal dağılımı işler. Ancak kimi hallerde, örneğin yeni çıkan ürünlerin isteminde olduğu gibi talep hızı miktarının bilinmesi mümkün olmayabilir.

## **BÖLÜM 3. İŞLETME AÇISINDAN STOKLARIN ÖNEMİ**

Stoklar gerekli oldukları için ve fonksiyonları itibariyle fayda sağladıklarından dolayı elde bulundurulurlar. Bu bölümde, stokların fonksiyonları ve stokların miktarını etkileyen faktörler anlatılacaktır.

### **3.1. Stokların Fonksiyonları**

Bir işletmenin, stok bulundurmasının birçok nedeni vardır. Ancak ana neden, talep edildiği anda sağlanmasının fiziksel olarak mümkün olmamasıdır. Başka bir deyişle, arz ve talep süreçlerinin farklı hızlarda olmaları, stokların oluşmasına veya onlara ihtiyaç duyulmasına neden olur. Bu ana neden dışında, stokların gördüğü fonksiyonlar şöyle sıralanabilir [6].

a) Kesikli üretimde kolaylık sağlar: Planlama ve kontrol açısından üretim sistemleri içerisinde en karmaşık olanı, kesikli üretim sistemidir. Bu üretim sisteminde aynı üretim imkânları ile çok sayıda mamul, aralıklarla partiler halinde üretilir. Partiler halinde üretimin doğal sonucu ise stoktur (çevrim stoku), çünkü diğer partilerin üretimi sırasında parça ihtiyaçlarının karşılanması gerekir [3]. Her mamule ait parti büyüklüğü, üretilen ve stokta tutulan miktar bir sonraki üretim zamanına kadar talebi karşılayacak şekilde belirlenir. Burada, stokların ana fonksiyonu arz ve talebi düzenlemek suretiyle, üretimin ekonomik bakımdan en uygun düzeyde yapılmasını sağlamaktır.

b) Üretim hızının belli bir noktada kalmasını sağlar: Ürettiği ürünlere olan talebin mevsime göre ya da periyodik olarak değiştiği işletmelerde, dalgalanma gösteren talebin nasıl karşılanacağı, en önemli sorundur. Bu sorunu çözmek için

işletmenin elinde üretim hızını veya işgücü sayısını sürekli değiştirmek gibi birçok imkân vardır. Ancak çoğu işletmeler düzenli ve sabit bir işgücü ve üretim hızıyla talebi karşılamak isterler. Çünkü böyle bir politika, üretim araçlarının mümkün olduğu kadar verimli kullanılmasını sağlar. Bunun sonucu talebin düşük olduğu dönemlerde mamul stokları oluşur. Bu stoklar, talebin yüksek olduğu dönemlerde üretimin karşılayamadığı miktarı sağlamak üzere kullanılır.

c) Atölyeler veya iş istasyonları iş akışını sağlar: Bir istasyonda arıza veya başka bir nedenden dolayı üretim kesintiye uğradığında bağlı olan öteki iş istasyonlarının faaliyetlerini sürdürme imkânı sağlar.

d) Arz ile talep arasında bir tampon görevi yapar: Ne kadar iyi bir talep tahmin yöntemi kullanılırsa kullanılsın gerçekleşen değerler ile tahmin edilen değerler arasında bir fark olacaktır. Özellikle, kısa dönemde ortaya çıkan talep dalgalanmaları tesadüfi nedenlere bağlıdır. Yapılan her tahminin bir hata payı vardır. Bu nedenle de arz ve talep değerlerinin birbirlerine uymalarını beklemek doğru olmayacaktır. Bunun doğal sonucu olarak talebin karşılanmaması sorunu ile karşı karşıya kalınır. Bunu önlemek ve müşteriye sürekli ve düzgün bir hizmet vermek için normal olarak mamul stoklarının elde bulundurulması uygun olmaktadır.

e) Partiler halinde yapılacak mal teslimlerinin ekonomikliğinden yararlanılmasını sağlar: arz ve talep değerleri zamanla birbiriyle eşitlik gösterse de belli bir miktarda stok bulundurmamak ekonomik bir tutum değildir. Çünkü sabit bir hızla yapılan arz, bir kerede teslim edilen miktarın az, teslim sayısının ise fazla olması anlamına gelmektedir. Bunun tam tersi; yani teslim sayısının az olması, bir kerede teslim edilen miktarın çok olması çok daha ekonomiktir. Ekonomik olma kavramı, teslim ve sevkiyat maliyetlerinin ötekine kıyasla daha düşük düzeyde olmasından ileri gelmektedir.

f) Müşterilere hizmet sağlar: Mamullerin satışa sunuldukları yerlerde yeteri miktarlarda hazır bulundurulmaları, müşterilerin istedikleri mamulü derhal satın almalarını sağlar. Ayrıca, pazarlama politikası olarak müşteriye fazla satma önerisi

ve fiyat indirimi teklif etme imkânını sağlar.

g) Kontrol sisteminde ekonomiklik sağlar: Stok kontrol sistemlerinin kurulmasını ve işletilmesinin maliyeti yüksektir. Daha çok stok bulundurarak bu maliyeti azaltmak mümkün olabilir.

h) Pazar koşullarından yararlanmayı sağlar: Pazar koşulları, işletmeleri zaman zaman gereğinden önce stok bulundurmaya itebilir. Örneğin, ham madde fiyatlarında yakın bir gelecekte artış beklentisi varsa önceden gerekli olandan çok satın almak söz konusu olabilir. Mamullerin fiyatlarıyla ilgili bir artış beklentişi varsa bu defa stokta bulunan mamulleri elden çıkarmada acele edilmemesi gerekecektir.

Stokların gördüğü fonksiyonları özetlemek gerekirse, şunlar söylenebilir. Stok miktarı arttıkça satın alma, üretim ve dağıtım maliyetlerini düşürmek, müşteriye çok daha iyi hizmet sağlamak, üretim faaliyetini daha kolay planlamak ve kontrol etmek mümkündür. Ancak bu yararlarına karşılık katlanılması gereken maliyetlerde bir artış olacaktır [6].

### **3.2. Stok Miktarını Etkileyen Faktörler**

Stokların firmalar açısından önemi, getirdiği ek maliyetler olarak değerlendirilir. Üreticiler, stok yokluğuna düşmek istemeyip ihtiyaç olduğu anda malzemenin hazır bulunmasını isterler. Onlar için ambardaki stok çokluğu pek önemli değildir. Hatta bazen işletme içi stok yaptıkları da görülmektedir. Ancak finansmanlılar ise, bu stoklara bağlı olan sermayeyi aktif hale getirmenin yolunu ararlar.

Endüstriyel firmalarda stoklar; ham madde stokları, yarı mamul stokları ve mamul stokları olarak üçe ayrıldığı için stok gruplarından her birinin miktarını etkileyen faktörleri bağımsız incelemek yararlı olacaktır.

### 3.2.1. Ham madde stokunu etkileyen faktörler

Üretim prosesinde malzeme akışını başlaması için bulundurulan ve yokluğunda üretimin durmasına sebep olan stoklara ham madde stokları adı verilmektedir. Bu stoklarını etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörleri şöyle sıralamak mümkündür [8]:

1. Gelecek dönemde üretimi planlanan mamul miktarı.
2. Üretimin mevsimlik oluşu.

Bazı endüstri kollarında ham maddenin tedariki ancak belirli mevsimlerde mümkün olduğundan bu mevsimlerde ham madde stokları artmakta, buna karşılık diğer mevsimlerde bu stoklar hemen hemen hiç bulunmamaktadır.

3. Üretim sürecinin ham madde yokluğundan dolayı ilerleyen dönemlerde bir aksaklığa uğramaması için bulundurulması gereken emniyet stoku.

Firmalar; ham madde emniyet stoku miktarını saptarken şu hususları göz önünde bulundurmalıdırlar [8].

a) Firmalar, üretim için gerekli ham maddeleri ihtiyaç duydukları an istikrarlı bir fiyat üzerinden kolaylıkla sağlayabiliyorsa, büyük ölçüde ham madde stoku bulundurmalarına gerek yoktur. Buna karşılık ham maddenin tedariki uzun sürüyorsa, ham madde dış ülkelerden ithal ediliyor ve ithalat formaliteleri zaman kaybına neden oluyorsa, bu gibi durumlarda firmaların ellerinde bulunduracakları emniyet stoku miktarının yüksek olması doğaldır.

b) Satıcı firmalar, sözleşme şartlarına uygun hareket ediyorlar, mal teslimlerinin zamanında yapılmasına gerekli özeni gösteriyorlarsa, bu durumda alıcı firmaların büyük emniyet stoku bulundurmalarına gerek olmayabilir.

c) Ham maddenin sağlandığı kaynak sayısı arttıkça firmalar, genel olarak tek bir kaynağa bağlı olma alternatifine kıyasla emniyet stoku ile yetinebilirler.

d) Almış oldukları siparişler büyük dalgalanma gösteren firmalar ham madde eksikliği nedeniyle siparişleri karşılayamama durumuna düşmemek için daha fazla emniyet stoku bulundurma gereğini duyabilirler.

e) Ham maddenin ikamesinin bulunduğu hallerde, emniyet stoku daha düşük tutulabilir.

#### 4. Büyük alımlarda sađlanacak tasarruf

Ham maddenin büyük partiler halinde alınmasıyla elde edilecek fiyat indirimleri, nakliye giderlerinde sağlanacak tasarruf, önemli tutarlara ulaştığı takdirde, firmalar uzun aralıklarla büyük partiler halinde ham madde alışını tercih etmekte, aksi halde daha sık aralıklarla kısa süreli olarak, fakat küçük miktarlarda ham madde tedariki yolunu seçmektedirler.

#### 5. Ham madde fiyatlarındaki gelişmeler hakkında beklentiler

Genel olarak firmalar, ham madde fiyatlarının gelecek dönemlerde artacağına dair bir beklentiye sahiplerse, stoklarına büyük miktarda yatırım yapmakta; bunun tersi bir durumda ham madde fiyatlarının düşeceği yönünde bir tahminleri varsa, stoklarını azaltma yoluna gitmektedirler.

#### 6. Ham maddenin dayanma süresi

Bozulması kolay olan, dayanma süresi kısa ham maddeleri kullanmak zorunda olan işletmeler, ya ham madde alımlarını kısa aralıklarla, küçük partiler halinde yapmak ya da sağladıkları ham maddeleri çok kısa dönemde yarı işlenmiş veya mamul haline dönüştürmek zorundadırlar.



### 7. Stok tutma maliyeti

Stok tutma maliyeti yükseldikçe, stok tutma eğilimi azalacaktır.

### 8. Mali olanakların yetersizliği veya fon maliyetinin yüksek oluşu

Mali olanakları iyi olan firmaların da, stoklara yatırılan fonların alternatif yatırımlarda sağlayabilecekleri gelirlerden yoksun kalmaları göz önünde bulundurulmalıdır.

9. Firmanın depolama kapasitesi de ham madde stoku konusunda bir kısıt olmaktadır.

### **3.2.2. Yarı mamul stokunu etkileyen faktörler**

Bir endüstriyel işletmenin yarı mamul stokunun olması, kaçınılmaz bir durumdur. Üretim sürecinin hemen her döneminde, makinada ve tezgâhlar üzerinde ya da ikisinin arasında, ham maddeyle üretim kısımları, üretim hatları ve mamul ambarı arasında sürekli olarak yarı mamul stokunun bulunması gerekecektir.

Yarı mamul stokunu etkileyen faktörleri şöyle sıralamak mümkündür [8].

#### 1. İmalat sürecinin teknik özelliği ve uzunluğu

Üretim teknolojisi dolayısıyla imalat sürecinin uzunluğu bir işletmede yarı mamul stokunu belirleyen en önemli faktördür. Üretim sürecinde uzama oldukça yarı mamul stoku artmakta, süreç kısaltıldıkça yarı mamul stoku azalmaktadır.

Üretim faaliyetinin hızlandırılması, iki veya üç vardiya halinde çalışılması, imalat akışının iyi düzenlenmesi, üretimin kesintiye uğramadan devamlığının sağlanması, yarı mamul stokunda büyük birikime yol açmadan üretim artışına imkân sağlar. Üretim prosesinin iyi organize edilememesi, kontrol noksanlığı, üretim sırasındaki

zaman kayıpları, üretim faaliyetlerinin sık sık kesintiye uğraması gibi nedenler de yarı mamul stokunda aşırı artışlara yol açar.

## 2. Üretim miktarı

Üretim miktarıyla yarı mamul stok miktarı arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Üretim miktarına göre yarı mamul stoku azalır ya da artar. Üretim hacmini belirleyen en önemli etken de gelecek dönemler için yapılan satış tahminleri olduğuna göre, satış tahminleri ile yarı mamul stok düzeyi arasında yakın bir ilişki vardır.

3. Mamul üretimi için gereken yarı işlenmiş bazı girdilerin işletmenin bünyesi içinde üretilmesi ya da başka işletmelerden satın alınarak karşılanması.

Firmalar, bazı işlenmiş girdilerini başka firmalardan satın almak veya sözleşme yaparak diğer işletmelerin kendileri için fason üretim yaptırmak suretiyle yarı mamul stoklarının azaltılmasını sağlayabilirler.

### 3.2.3. Mamul stokunu etkileyen faktörler

Bir işletmede mamul stok seviyesi, esasında, satışlar ile üretim arasında bir eşgüdüm, bir uyum, sağlama problemidir. Bu durumla birlikte, bir firmanın mamul stok düzeyine etki eden bazı faktörler vardır. Bu faktörlerin en önemli olanları aşağıda açıklanmıştır [8].

#### 1. Satış hacmi

Bir işletmede mamul stoku, uzun sürede satış hacmine paralel bir gelişim gösterir. Bununla beraber kısa dönemlerde mamul stoku ile satış hacmi arasında ters bir gelişme gözlenebilir. Satış hacminde ortaya çıkan ani daralmalarda, işletmeler faaliyetlerini hemen kısamadıkları için satış miktarında azalma olduğu halde mamul stoku irade dışı olarak birikmekte; buna karşılık satış hacminin genişlediği

dönemlerde bu kez işletmeler üretimlerini kısa sürede artıramadıklarından, bir süre mamul stoklarını azaltmak yoluyla artan talebi karşılama yoluna gitmektedirler.

## 2. Talebin mevsimlik oluşu

Talebin mevsimlik olduğu firmalar, satışlarının çok düşük kaldığı dönemlerde dahi gelecek aylarda artacak talebi karşılayabilmek için üretimde bulunmak gereğini duymaktadırlar. Bu nedenle mamul stokları, satışların durgun olduğu dönemde büyük ölçüde artmakta; buna karşılık canlı mevsimlerde nispeten azalmaktadır.

## 3. Ham madde alımının mevsimlik oluşu

Bazı işletmelerin ürettikleri mallara olan talep, bütün bir yıla dengeli bir şekilde dağıldığı halde, ham maddeler ancak belirli aylarda sağlanabildiğinden, bu işletmeler, belirli mevsimlerde stok için üretimde bulunmak durumundadırlar.

## 4. Rekabet koşulları, arz-talep dengesi

Rekabet koşulları elverişli olan firmalar, ani siparişlere cevap verebilmek için bulundurmaları zorunlu stoktan fazla stok bulundurmaya ihtiyaç duymayabilirler. Buna karşılık, çok sayıda firmanın rekabeti halinde, firmalar büyük ölçüde artabilecek talebi karşılayamama riskini azaltmak için nispeten daha fazla stok bulundurmak durumundadırlar. Diğer yandan piyasanın talebinin, üretim miktarının çok üzerinde olması halinde, firmaların mamul stoku bulundurmalarına gerek ve belki de imkân yoktur.

## 5. Üretimin siparişe göre ya da piyasa için yapılması

Firmalar, üretimlerini aldıkları siparişleri dikkate alarak ayarlayabildikleri sürece mamul stoklarını en düşük seviyeye indirebilirler. Ancak aldıkları siparişe göre üretimde bulunan firmalar, mamul stoku bulundurmaya ihtiyaç duymayabilirler. Pazar için üretimde bulunan firmalar ise, önlerine çıkabilecek kârlı satış fırsatlarını kaçırmamak için nispeten daha fazla mamul stoku bulundurmak durumundadırlar.

## 6. Üretimin çeşitliliği

Şekli, modeli ve boyutu birbirlerinden farklı ve çok çeşitli mamul üretimi yapan bir işletmenin stok tutarı, satış hacimleri aynı olmakla birlikte az çeşit ya da tek tip üretim yapan firmalara göre daha fazladır. Üretim çeşitlendikçe, diğer şartlar aynı kalmak üzere, firmalarda stok tutma ihtiyacı artmaktadır.

## 7. Malın dayanma süresi

Fiziki özellikleri bozulmadan uzun süre muhafaza edilebilen mamullerde stok, genellikle daha fazla olabilir; çabuk bozulabilen malları stokta uzun süre bekletmeye imkân yoktur.



## **BÖLÜM 4. ENVANTER MALİYETLERİ**

Envanter maliyetleri, envanter yönetimi sistemlerinin seçilmesi ya da sipariş verme stratejilerinin tespit edilmesi amacıyla yapılacak modellerde ve değerlendirmelerde sistemin çalışmasını saptayacak parametrelerin hesaplanması için kullanılan değişkenlerdir [3].

Bu amaçla temel olarak üç farklı envanter maliyeti tanımlanmaktadır.

1. Elde bulundurma maliyeti
2. Hazırlık veya sipariş maliyeti
3. Elde bulundurmama maliyeti

Bu bölümde bu maliyetler ayrı ayrı incelenerek ve nasıl hesaplanacakları anlatılacaktır.

### **4.1. Elde Bulundurma Maliyeti**

Mamul, yarı mamul ya da ham madde olarak stoklarda beklemekte olan her türlü malzemenin getireceği parasal yükü ölçmek için kullanılan maliyet elde bulundurma maliyeti adı verilir. Söz konusu maliyet, birçok maliyet unsurlarından oluşmaktadır; fakat hepsinin belirli bir envanter sistemi içinde bulunması gerekmemektedir. Söz edilen maliyet unsurları; sermaye maliyeti, depolama maliyeti, envanter riski maliyeti ve envanter servis maliyetidir.

a) Sermaye Maliyeti: Fırsat maliyeti de denilen bu maliyet, elde bulundurma maliyetinin bileşenlerinden en önemlisidir. Hatta genel olarak yalnız başına, firmanın

stok tutmaktan kaynaklı olarak yükleneceği mali yükü ifade etmek için kullanılabilir [6]. Sermaye maliyeti, muhasebe kayıtlarında yeri olmayan bir maliyettir. Sermayenin stoktan başka bir yere yatırılmasıyla ortaya çıkabilecek maliyetlerdir. Değeri, stok dışında olan yatırımlardan sağlanabilecek en büyük gelirle eşitlik göstermektedir. Örneğin, firmanın, stoka yatırmadığı parayla %40'lık bir kazanç sağlayabiliyorsa, bu stok için bağlanan paranın maliyetidir. Eğer firma bankalardan vadesi kısa kredi kullanıyorsa, stoka bağlanmış olan paranın maliyeti, bu durumda kredide belirlenen faiz oranı baz alınarak hesaplanır. Firma, uzun vadeli bir borçlanmaya girmişse, yani tahvil çıkarma yoluna gitmişse, ödenen faiz oranı, stoka bağlanan sermaye maliyetinin hesabı için kullanılacaktır [6].

b) Depolama Maliyeti: Stoklanacak malzemelerin fiziksel olarak depolanması ve taşınması ile ilgili kira, soğutma ve ısıtma, bakım-onarım, amortisman, nakliye ve aydınlatma gibi masrafları kapsamaktadır. Ancak bu masrafların, envanter düzeylerinin çoğaltılması ya da azaltılması kararında etkisi olduğu durumlarda hesaba katılması yerinde olacaktır [3].

c) Envanter Riski Maliyeti: Envanterde tutma riskini üçe ayırmak mümkündür. Bunlardan ilki stoktaki malların bozulması, fiziki özelliklerini kalitelerini yitirmeleridir. Fiyatların düşmesi durumu da ikincisi risktir. Üçüncüsü ise, tüketicinin zevklerinin değişikliğe uğramasından dolayı stokların sürümle ilgili kabiliyetlerini kaybetmeleridir [8]. İlk risk, hem ham madde hem de mamul stokları için geçerli olan bir risktir. İkinci ve üçüncü riskler ise, sadece mamul stokları için geçerli bir durumdur. Ancak risklerden üçüncüsü, tüketici zevklerindeki değişimlerden dolayı üretimi yapılmayacak bir mamulle yönelik bir durumsa, ham madde stokları için de geçerlilik taşıyabilir.

Depoda tutulan malzemenin bozulması, modasının geçmesi ihtimalinde söz konusu maliyetin, geçmişte yaşanmış olan benzer durumların istatistiksel verilerinin yorumu suretiyle ortalama bir değer olarak tanımlanması mümkündür.

Uygulamada, fiyatlarda görülen düşüşlerinden ya da stoktaki malların demode olmasından kaynaklanabilecek riski değerlendirmek çok kolay değildir. Bunun gibi riskleri, değişken gider olarak kabulden ziyade, ayrıca bir maliyet unsuru olarak dikkate almak daha yerindedir.

Firmalar, özellikle stoklara önemli yatırım yapan büyük firmalar fiyat değişikliklerinden kaynaklanması mümkün riski, belli fiyatlar üzerinde vadesi uzun satış sözleşmeleri yapmak suretiyle azaltabilirler. Bir sınai işletme, ham madde satın alırken, bir yandan da bu ham maddeden üretilecek mamul için de belirli bir fiyatın üstünde satış sözleşmesi yapması mümkündür. Böylece gelecek dönemlerdeki fiyat düşüşlerinden kaynaklanabilecek riske karşı kendisini korumuş olmaktadır. Fakat bu türden bir strateji, firmaya fiyat sağlamasının yanında firmayı ek kârdan da mahrum bırakabilir [9].

d) Envanter Servis Maliyeti: Malzemenin stokta kaldığı süre içinde bozulmadan kalması için gereken bakım, tutum masrafları, depo bekçileri için ödenen ücretler, stok giriş-çıkışlarıyla ilgili kayıtlar ile stok kontrolünün gerektirdiği giderler envanter servis maliyeti içinde değerlendirilir.

Stok tutma maliyeti, işletmeden işletmeye değişiklik göstermekle birlikte genel olarak stok değerinin % 25 ile %40 arasında olduğunu söylemek mümkündür [8].

Envanter taşıma maliyetlerini hesaplamak için şöyle bir yol izlenebilir [10]: Maliyet departmanı tarafından bütün envanter taşıma maliyet kalemleri listelenir. Bu maliyetler toplanarak satılan malın maliyetine bölünür (Denklem 4.1).

SMM; satılan malın maliyeti olmak üzere;

$$\text{Envanter taşıma maliyeti} = \frac{(1)+(2)+(3)+(4)+(5)}{(\text{SMM})} \quad (4.1)$$

## 4.2. Hazırlık veya Sipariş Maliyeti

Bu maliyet, satın alma durumunda sipariş maliyeti, üretim durumunda hazırlık maliyeti olarak anılır. Sipariş maliyeti, satın alınan her türlü malzemenin siparişiyle ilgili işlemlerden kaynaklanan masraflardır [3]. Bu işlemler;

- Stok seviyelerinin gözden geçirilmesi
- Satın alma isteğinin hazırlanması
- Alternatifler arasından bir satıcının tercih edilmesi
- Siparişin verilmesi, işleme alınması
- Teslimat işlemleri
- Malzemenin giriş kontrolünün yapılması
- Ödeme işlemlerinin yapılması

Bu işlemlerin maliyeti; memur ve personel ücreti, kâğıt ve kırtasiye masrafları, posta ve haberleşme ve masrafları olarak hesaplanabilir. Faydalanılamayan miktar iskontolarının da bu maliyet grubu giderleri içinde düşünülmesi mümkündür.

Hazırlık Maliyeti: Verilen sipariş işletme içinden üretme yöntemiyle karşılanıyorsa sipariş maliyeti olarak hazırlık maliyeti kullanılır [6]. Üretim durumunda ilgili faaliyetler şunlardır: malzemenin makina veya tezgâhlara taşınması, tezgâhların üretim için hazırlanması, partinin ilk kısmının üretilmesi, üretimin durdurulması. Ortaya çıkan maliyet unsurlarını şöyle sıralamak mümkündür: Malzeme aktarma, kırtasiye, işçilik, malzeme, genel giderler. Malzeme, işçilik ve genel giderler; hazırlık, başlangıç üretimi ve üretimin durdurulması faaliyetlerinin her birinde söz konusu olabilir. Örneğin, üretim süreci gereği tezgâhın ön ısıtılması gerekiyorsa, enerji maliyeti, hazırlık faaliyetine ait genel gider olarak alınabilir. Yine, süreç gereği, üretim hattının malzeme ile doldurulması gerekiyorsa, bu maliyet hazırlık faaliyetine ait malzeme maliyeti olarak kabul edilecektir. Başlangıç üretimden elde edilen bazı mamullerin reddedilmesi, malzeme maliyetini; işin öğrenilmesine ait maliyetler işçilik maliyetini ve üretim denetimini de genel giderler oluşturur. Üretimin durdurulmasından sonra yapılan tertibat ve takımların sökülmesinden ve



temizlenmesinden doğan maliyetler de, malzeme, işçilik ve genel giderler olarak üç grupta toplanabilir. Üretim hattının veya makinanın iş için hazır duruma getirilmesi sırasında geçen zamanın fırsat maliyeti de hazırlık maliyetine eklenmelidir.

Siparişler, ister satın alma, ister üretim yöntemiyle karşılanmış olsun, meydana gelen sipariş maliyetlerinin iki grupta toplanması mümkündür. İlk grupta yer alanlar, verilen sipariş miktarından bağımsız niteliktedirler. Satın alma halinde ise, telefon, posta, teleks giderleri; bunlardan kaynaklanan işçilik giderleri, kabul ve muayene giderleri, kırtasiye giderleri, sipariş miktarından bağımsız nitelikteki sabit maliyetlerdir. Üretim durumunda, partinin üretilmesi için yapılan hazırlıkların maliyeti de yine miktardan bağımsızdır.

İkinci grupta yer alanlar, verilen siparişlerin miktarına bağlı olanlar oluşturmaktadır. Ulaştırma maliyetleri, muayene ve kabul ile ilgili maliyetlerin bir kısmı, malzeme aktarım maliyetleri bu alanda kabul edilebilir. Bu maliyetler, genel olarak, satın alınan stok kaleminin birim maliyetine dahil edilirler.

O halde toplam sipariş maliyeti;  $( K + Cy )$  şeklinde gösterilebilir. Burada K; sabit sipariş maliyetini, y; sipariş miktarını, Cy ise; sipariş miktarına bağlı değişken sipariş maliyetini göstermektedir [6].

### **4.3. Elde Bulundurmama Maliyeti**

Talep edildiği durumda, elde mamul olmamasından kaynaklanan maliyeti bir fırsat maliyeti olarak değerlendirmek mümkündür [3]. Benzer yaklaşım, elde olmadığından dolayı üretimde aksama olması, bundan dolayı mamul talebinin karşılanması sonucunu meydana getiriyorsa, malzeme stokları ve yarı mamul stokları için de geçerlidir. Fakat müşteri kaybından dolayı ortaya çıkacak maliyetin hesabını yapmak kolay değildir. Çünkü fırsat maliyetini, birim kâr olarak tanımlamak mümkün olabilmeye karşın kaybedilen müşteri talebinin tanımını kesin bir şekilde yapmak mümkün değildir. Oysa malzeme yokluğunu maliyeti kesin olarak hesaplanabilir.

Ayrıca yeterince stok bulundurulmaması, işletmenin miktar iskontolarından yararlanamadığını, ekonomik miktarlarda üretim yapamadığını, avantajlı alış fırsatlarını kaçırdığını göstermektedir. Şüphesiz yararlanılamayan miktar iskontoları, uygun koşullarla ham madde-malzeme temin etme imkânlarının kaybedilmesi, ekonomik olmayan miktarlarda üretimden kaynaklanan maliyet artışları, firma için kayıptır [8]. Bu maliyete stok tükenme maliyeti de diyebiliriz. Stok tükenme maliyeti çalışmamızda (r) ile gösterilecektir.



## **BÖLÜM 5. ENVANTER KONTROL SİSTEMLERİ**

Envanter yönetiminin temel fonksiyonu olan ve

- Ne zaman
- Ne kadar

Sipariş verilecek sorularını cevaplandırarak kararların verilmesi ve envanterin kontrol edilmesi başlıca altı sistem ile gerçekleştirilebilir [3].

Bu sistemler;

1. Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Modeli
2. Basit Stok Kontrol Sistemleri
3. Periyodik Kontrol Sistemleri
4. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MIP) Sistemi
5. Tam Zamanında Tedarik Sistemi (JIT)
6. Kanban Yöntemi

olarak verilebilir. Bu sistemleri açıklamadan önce tüm kontrol sistemleri için geçerli olan teorik temel anlatılacaktır.

Toplam envanter maliyetlerinin en düşük duruma gelecek biçimde çalıştırılması, envanterin kontrolünde kullanılan sistemlerin işletme ekonomisi bakımından ortak amacdır. Bu amaçla ilk olarak kullanılacak envanter kontrol sisteminin tercih edilmesi, ardından da seçilen sistemin çalıştırılması için gereken parametrelerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu parametreler, her envanter kontrol sistemi içinde değişiktir [3]. Örneğin;

- Sipariş miktarı,
- Stok kontrol periyodunun uzunluğu,
- Minimum stok seviyesi,
- Maksimum stok seviyesi,
- Sipariş verme seviyesi,

bu parametrelerin bazılarıdır. Bunların arasında en önemli olan “sipariş miktarı”dır. Çünkü sipariş miktarı, ortalama stok düzeylerine ve dolayısıyla bir taraftan envanter maliyetlerine, bir taraftan da stoklara bağlanmış işletme sermayesini doğrudan etkileyen bir kontrol parametresidir. Sözü edilen parametrenin ve bunun gibi bütün sistem parametrelerinin seçilmesinde kullanılan esas fikri şöyle açıklamak mümkündür. Stokların, stok tutmakla ilgili faydaları ve buna yüklenecek maliyetleri dengeleyecek en uygun miktarlarda olması gerekmektedir. Örneğin; talebin belirsiz olması durumunda emniyetli olmak amacıyla yüksek miktarda stok bulundurmaya da, işletmenin sermayesini iyi kullanacağı iddiasıyla sık sık sipariş vermek suretiyle stokları azalmasını sağlamak da iyi bir çözüm değildir.

Kurulacak envanter kontrol sisteminin, sözü edilenlere benzer uç problemlerde denge sağlayacak parametreler dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir. Bu ise, bir optimizasyon problemidir ve temelinde yatan teori “Ekonomik Sipariş Miktarı” (ESM), modelidir. Bütün stok kontrol sistemlerinin parametrelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan yöntemler bu temel yaklaşım üzerinde kurulmuştur.

### **5.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli**

Bu modele göre bir stok sisteminin ekonomik olarak çalışması için başlıca iki maliyet elemanının değerlendirilmesi gerekir. Bu maliyetler; elde bulundurma maliyeti ve sipariş maliyetidir.

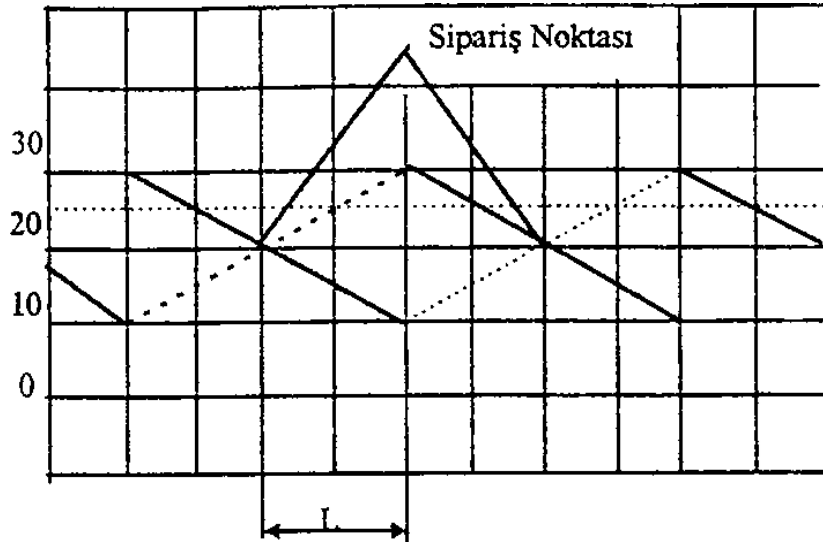
Eğer stok elemanı her tüketim ihtiyacı belirlendiğinde sipariş edilirse, belirli bir planlama periyodu içindeki siparişlerin sayısı çok fazla dolayısıyla toplam sipariş maliyeti çok yüksek olacaktır. Bunun tersine planlama periyodunun tüm ihtiyacı toptan sipariş edilip stoklanırsa, bu takdirde sipariş maliyeti bir kez söz konusu

olacak ancak stok maliyeti, olabilecek en üst noktaya ulaşacaktır. Her iki yaklaşımın da ekonomik olmadığı açıktır.

Sipariş partileri ne ikinci uygulamada olduğu gibi çok büyük olmalıdır ve ne de birinci uygulamada olduğu gibi çok küçük tutulmalıdır. ESM modeli, bu maliyetleri dengeleyerek bir ekonomik sipariş miktarı ( $y$ ) hesaplayan matematiksel bir modeldir. Bu model daha geniş olarak altıncı bölümde ele alınacaktır.

## 5.2. Basit Stok Kontrol Sistemi

Bu sistemde her stok kaleminin durumu devamlı olarak izlenir. Stoka giriş ve çıkışlar kaydedilir, her giriş ve çıkışın stok seviyesine olan etkisi anında hesaplanır. Sipariş kararına varılabilmesi için, sistemin çalışma planını meydana getiren parametrelerin daha önce saptanması gerekir. Bu parametreler; sipariş miktarı ( $y$ ) ile sipariş verme seviyesi ( $r$ ) dir. Stoktan yapılan her çekimden sonra her kalem için kalan stok miktarı stok seviyesine göre kontrol edilir. Eğer stok miktarı, sipariş verme seviyesinde ya da daha düşük ise, o kalem için yeni bir sipariş verilir [11].



Şekil 5.1. Basit stok kontrol sisteminde sipariş noktası [12]

Stok seviyesi ( $r$ ) düzeyine indiği zaman verilen sipariş  $L$  süresi sonunda gelmektedir. Şekil 5.1.'de kesikli çizgilerle gösterilen gelişme, üretim yoluyla stokların doldurulmasını temsil etmektedir. İster üretim yoluyla, ister satın alma yoluyla olsun stoklanan  $y$  elemanın tüketilmesi aynı şekilde izlenir.

Bu sistemin çalıştırılabilmesi için;

- a)  $y$  sipariş miktarının seçimi,
- b)  $L$  temin süresinin tahmini,
- c)  $r$  sipariş verme noktasının hesabı,
- d) Her stok kalemi için stok kayıtlarının tutulması gerekir.

$y$  sipariş miktarı ESM modeli yardımıyla hesaplanabilir veya tecrübelerin ışığında belirlenen pratik değerler olarak da seçilebilir. Bundan başka sipariş miktarını belirlemenin üç yolu vardır [11]:

1. Sabit sipariş miktarı: Miktar, uygun karar verme kuralı ile uygun periyotlarda hesaplanır ve ürün ana dosyasında tutulur. Bir sipariş açılacağı zaman bu miktar kullanılır.

2. Maksimum operasyon seviyesi: Eğer sipariş miktarında bir kısıt söz konusu değilse, genellikle belirlenmiş bir maksimum seviyeden, o andaki sipariş miktarının farkı kadar bir sipariş tercih edilir.

3. Dağıtım: Belirli bir taşıma kapasitesi ya da toplam sipariş üzerine bir iskonto söz konusu ise, aynı tedarikçiden temin edilen birbiriyle ilgili farklı kalemler için toplam sipariş miktarının adil paylaşımı istenebilir. Çoğu kez sipariş miktarı uygun artışlarla yuvarlanabilir. Yuvarlama işlemi, sipariş açılmadan önceki son aşamada olmalıdır.

$L$ , temin süresi satın alma yoluyla stoklanan malzemeler için tecrübelerle tahmin edilebilir. İmalat durumunda ise,  $y$  kadar mamulün yapımı için gereken imalat zamanı olarak hesaplanır [3].

Sipariş verme seviyesi ( $r$ ) ise, temin süresi ( $L$ ) içindeki ortalama talebi belirli bir emniyetle karşılayacak miktarda olmalıdır. Fakat bazen bu sipariş noktası değişebilir. Eğer gerekli olan malzemeleri, sadece belirli dönemlerde tedarikçilerden temin etmek mümkünse, bu zaman periyodundaki ihtiyaçlar toplu bir şekilde verilebilir.

Tedarikçiden birden fazla kalem tedarik ediliyorsa herhangi bir kalem için sipariş verildiğinde, sipariş ve taşıma maliyetlerinde bir tasarruf sağlamak amacıyla, ötekiler için de verilebilir. Bu durumda bazı stok kalemleri için sipariş noktasına gelmeden sipariş verilmiş olacak ve dolayısıyla ortalama stok miktarı yüksek olacaktır [11].

Basit bir stok kontrolünün başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için  $r$  ve  $y$ 'den başka iki kontrol parametresinin daha tanımlanması yararlıdır. Bunlar:

- a) Minimum stok düzeyi,
- b) Maksimum stok düzeyidir.

Minimum stok düzeyi, stokların negatife düşme riskini önlemek amacıyla, tanımlanan bir ikaz işaretidir. Bir birim için stokların daha da azalmasına izin vermeyen bir miktar olarak ifade edilir. Stok seviyesi bu seviyeye ulaştığında yeni bir sipariş için önlem almayı kaçınılmaz yapar ve bazen de bu seviye tehlikeli seviye olarak bilinir [13]. Minimum stok düzeyi, emniyet stoku kadar alınabilir, fakat şart değildir. Emniyet stoku temin süresindeki tüketimden fazla olması durumunda riski önlemek amacıyla bir pay olarak bulundurulur ve kabul edilen risk düzeyine göre istatistik olarak hesaplanabilir. Başka bir deyişle emniyet stoku, riski önlemek için bir paydır. Minimum stok ise, dikkati çekmek için kullanılan bir işarettir.

Maksimum stok düzeyi de minimum stok düzeyi gibi ikaz işareti olarak kullanılır. Stokların kabarmakta olduğunu, gerekli tedbirlerin alınmasını gerektiğini haber verir ve yaklaşık olarak  $(r + y)$  olarak tanımlanabilir.

Basit stok kontrolünün düzgün çalışması için gerekli olan şartlar [3]:

Basit stok kontrolü belirli bazı değişim özelliklerine sahip stok elemanları için başarı ile uygulanabilir. Örneğin;

- a) Ortalama talebin düzgün ve belirli olması,
- b) Stok çıkışlarının küçük partiler halinde olması,
- c) Stok girişlerinin tam partiler halinde olması,

d) Temin süresinin fazla uzun olmaması, durumlarında ideal bir sistemdir.

Bu şartların sağlanmaması halinde ise, ya sistemin çalışmasında aksaklıklar ortaya çıkar ya da ekonomik olmayan bazı sonuçlara katlanmak gerekir.

### **5.3. Periyodik Kontrol Sistemi**

Sürekli stok kontrol yapmanın masraflı oluşu, malzeme yöneticilerini şartlar uygun olduğu takdirde, periyodik kontroller ile sipariş planlaması yapma yoluna yöneltebilir. Bu sistemde stoklar belirli zaman aralıkları ile kontrol edilir, kontrol anındaki stok seviyesine ve seçilen stok politikasına göre bir sipariş verilir veya verilmeyebilir.

Periyodik stok kontrolü, sürekli stok kontrole göre daha az hassas bir kontrol ortamı sağlar. Talep değişkenliklerine uyum sürekli gözden geçirmeye nazaran daha yavaştır. Dolayısıyla belirli bir güvenilirliği sağlayan sürekli kontrol sisteminden daha yüksek emniyet stokları ile çalışması gerekir [3]. Ancak bazen stok yönetimin eleman kapasitesi gibi zorunlu sebeplerle veya yönetim politikaları gereği periyodik stok kontrol sistemleri kullanılabilir.

### **5.4. Malzeme İhtiyaç Planlaması Sistemi**

Malzeme ihtiyaç planlaması (MİP), nihai ürün için hazırlanmış olan ana üretim programın gereken malzeme ve parça malzeme programına çevirmek suretiyle üretim ve satın alma işlemlerinin hazırlık sürecini tamamlayan envanter yönetim tekniklerinden birisidir [3].

MİP, bağımlı stok kalemleri için “Ne Zaman” ve “Ne Kadar” sipariş edilmesi gerektiğine dair sorulara en ekonomik yanıtı bulmayı amaçlayan bir yöntemdir. MİP yönteminin yaslandığı temel ilke, bağımsız talebi olan bitmiş mamulden geriye doğru gidilerek gereken malzeme ve parçaların tam gerekli olduğu zamanda hazır bulundurmaktır. Bu, stok kalemlerinin stokta bekleme süresini ve buna bağlı olarak stoklama maliyetlerini büyük ölçüde düşüren bir yaklaşımdır [14].



MİP yönteminin başarıyla uygulanabilmesi için iki etken önem taşımaktadır. Bu etkenlerden ilki, tedarikçi kaynakların dakik çalışması ve güvenilir olmasıdır. Gecikme payları, epeyce küçük olduğu için tedarik sürecinde yaşanacak en küçük aksama bile bütün üretim sürecinin durmasına yol açabilir. İkinci etken, MİP için gereken kapsamlı bir bilgi işlem kapasitesidir. Bundan dolayı bilgisayarsız MİP uygulamasının düşünülmesi mümkün değildir.

### 5.5. Tam Zamanında Tedarik Sistemi

Tam Zamanında Tedarik (Just-in-time = JIT) sistemi; üretim sürecinde gereken malzemenin gerekli olduğunda ihtiyaç noktasına ulaşmasını sağlayan ve sıfır envanteri hedefleyen bir malzeme yönetim sistemidir [3].

Japon yönetim felsefesi, stokları uzak durulması doğru olan zararlı ve hatta tehlikeli bir unsur olarak kabul etmektedir. Yüksek stok düzeyi, dizayn hataları, kötü işçilik, yüksek iskarta oranı vb. problemleri adeta örtbas eder. Stok düzeyi düşürüldüğü takdirde problemler açıkça görülür ve çözümlenmesi için harekete geçilir. Problemlerin etkisi azaltıldığı takdirde stok düzeyi daha da düşer ve işletme daha güvenle yoluna devam etme imkânı bulur.

JIT prensibi, 1970'li yıllarda Toyota firmasınınca geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur [14]. JIT prensibinin temelini oluşturan düşünceler şöyle açıklanabilir:

- a) Müşterinin istediği kadar üretim yapılmalıdır.
- b) Üretim hızı, taleplerdeki değişikliklere tam uyumlu olmalıdır.
- c) Iskarta oranı, mümkünse sıfır olmalıdır.
- d) Hazırlık süreleri çok kısa olmalıdır.
- e) Malzeme, kapasite ve işçilik kaybı sıfır düzeyinde olmalıdır.
- f) İnsan gücünün eğitilmesi, geliştirilmesi önemsenmelidir.

Bu kuralların herkes tarafından kolayca anlaşılabilir nitelikte olduğu açıkça görülmektedir. Ancak, bu kuralları uygulayabilecek çevre şartlarının sağlanmasında güçlüklerle karşılaşmaktadır. JIT prensibini uygulamayı amaçlayan bir idareci, konuyu ayrıntılı bir şekilde ele aldığı anda, geleneksel stok kontrolüyle JIT prensibi arasında büyük farklar olduğunu görecektir. JIT prensibinin uygulamaya konduğu bir üretim sisteminin temel nitelikleri şöyle sıralamak mümkündür:

- 1) Mamul politikası: Sınırlı bir pazarı vardır. Kısıtlı çeşit, yüksek miktar, az maliyet ve yüksek nitelik öncelik taşır.
- 2) Kapasite kullanımı: Olabildiği kadar esnek, verim görece az.
- 3) Fabrika düzeni: Sürekli akış halinde, küçük alanları olan, taşıma mesafeleri kısa.
- 4) İşgücü: Değişik yetenekleri olan esnek işgücü, takım çalışması, işçiler arasında sağlam işbirliği, bireylerin sorumluluk taşınması, aktif bir öneri sistemi, ödül sistemi.
- 5) Üretim programları: Küçük parti hacimleri, bir modelden diğerine kısa sürede geçiş.
- 6) Stoklar: İş istasyonları arasında en düşük stok, parça ve malzeme, çok büyük sipariş hacimleri.
- 7) Tedarik kaynakları: Sayısı az tedarik kaynağı, haberleşmede etkinlik, zamanında teslim. İşletmeye yakın mesafede tedarik kaynakları.
- 8) Kalite: Minimum ıskarta oranı, sık olmyan muayene istasyonları, sürekli proses denetimi.
- 9) Tamir-bakım: Basit nitelikteki tamir ve bakım, işçinin sorumluluğuna bırakılır, esas ağırlık koruyucu bakımdadır.

10) Üretim kontrolü: İşçiye sorumluluğunda üretim kontrolü, basitleştirilmiş kontrol işlemleri, en alt düzeyde kayıt.

Görünürde oldukça basit olan JIT prensiplerinin uygulanabilmesi aslında, ileri teknoloji, üstün dizayn edilmiş mamul, iyi eğitimden geçmiş sorumluluk sahibi işgücü, karşılıklı olarak güven duygusuna dayanan işçi-işveren ilişkileri ve üst düzeyde çalışma disiplini gibi çevre şartlarının gerçekleştirilmesine bağlıdır.

### 5.6. Kanban Yöntemi

Kanban, stok kontrolü altında JIT prensibinin, iş istasyonları arasında süren akışta uygulanmasından ibaret bir yöntemdir. Kanban, Japoncada “kart” anlamında bir sözcüktür [14]. İki iş istasyonu arasında devam eden akışın kontrol edilmesinde iki kart ve küçük arabalar kullanılmaktadır. Sonraki işlemin ifa edildiği istasyonda araba boşaldığında işçi, ihtiyaç kartı ve boş arabayla birlikte dolu arabanın olduğu yere gider. Dolu arabada ilişirili olan üretim kartını ayırıp boş arabaya takar ve ihtiyaç kartı ilişirilmiş dolu arabayla sıradaki iş istasyonuna dönüp üretim yapmayı sürdürür. Bu işlemleri yapan işçi, önceki işlemi yaptığı istasyonda “üretici”; daha sonra işlem yaptığı istasyonda, “kullanıcı” olarak tanımlanmaktadır. Çok istasyonu olan bir imalat prosesine göre, bir iş istasyonu hem üretici (sonraki istasyona göre) hem de kullanıcı (önceki istasyona göre) durumundadır. Üretim ve ihtiyaç kartları oldukça basit dizayn edilmiştir. Bu kartların her birinin üzerinde yer alan bilgiler şunlardır [15];

- Kanban numarası
- Parça numarası
- Parça adı ve tanımı
- Kartın nerede kullanılacağı
- Araba hacmi

Görüleceği üzere, kanban yönteminin temel niteliği son derece basit olmasıdır. Arabaların hacimleri, günlük gereksinimin %10 ile %15’i arasında değişmektedir.

Dolayısıyla yukarıda açıklanan işlemler iki istasyon arasında gün içinde 6-10 kere tekrarlanır. Ancak kanban tekniğinin çok istasyonu olan bir imalat prosesinde tatbik edilmesi dikkate alındığında, meydana gelecek sorunları net bir biçimde görmek mümkün olur. İlk olarak birbirinden farklı parçaları, işlemekte olan iş istasyonları arasında hassasiyeti yüksek bir kapasite dengesinin olması gerekir. Kimi zaman bir istasyonun, yüksek kapasitesinden dolayı iki veya daha fazla istasyon için farklı parçalar üretmesi söz konusudur. Kanban yönteminde gecikme yaşanmasına, ıskartaya, uzun hazırlık sürelerine ve arızaya kesinlikle yer yoktur. Üst düzeyde sorumluluk sahibi ve disiplinli iş gücüne gereksinim vardır.



## BÖLÜM 6. DETERMİNİSTİK STOK KONTROL SİSTEMLERİ

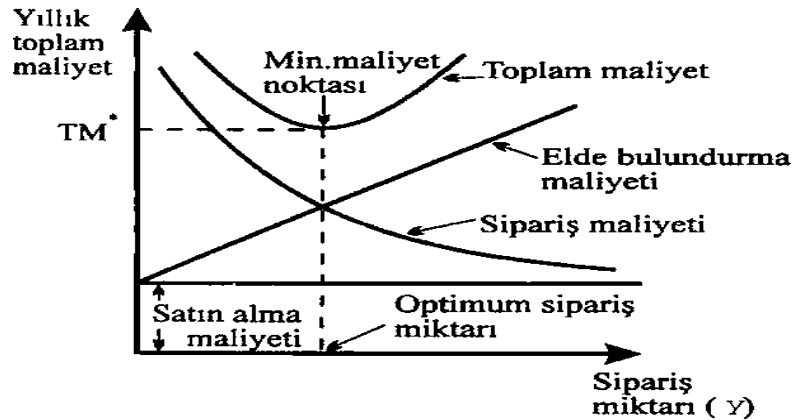
Bir işkolu veya endüstri kesintisiz çalışmayı garantilemek amacıyla genel olarak makul bir seviyede stok bulundurur. Geleneksel anlamda, stok zararlı kabul edilmesine karşın gerekli görülür; stokun çok düşük olması maliyeti yüksek üretim aksamalarına; gereğinden fazla stok ise âtil kapasiteye yol açar. Stok sorunu, sözü edilen iki uç noktayı dengeleyecek stok seviyesini belirlemektedir.

### 6.1. Genel Stok Modeli

Stok sorununun yapısını, belli aralıklarda, belli miktarlarda siparişlerin verilip alınmasının yinelenmesi oluşturmaktadır. Buradan hareket edildiğinde bir stok politikasının aşağıda verilen iki soruya cevap arandığı anlaşılacaktır:

1. Ne kadar sipariş verelim?
2. Ne zaman sipariş verelim?

İlk sorunun cevabını veren ekonomik sipariş miktarıdır ve aşağıda verilmiş maliyet modelinin en düşük seviyede kılınmasıyla elde edilmektedir (Şekil 6.1.):



Şekil 6.1. Toplam maliyet eğrisi [16]

$$\text{Toplam Stok Maliyeti} = (\text{Satın Alma Maliyeti}) + (\text{Hazırlık Maliyeti}) + (\text{Elde Bulundurma Maliyeti}) + (\text{Elde Bulundurmama Maliyeti}) \quad (6.1)$$

Yukarıda verilen maliyet kalemlerinin tamamı, talep edilen sipariş miktarı ile siparişler arasında geçen zaman cinsinden tanımlanması gerekmektedir (Denklem 6.1).

1. Satın Alma Maliyeti: Stok kaleminin birim fiyatını göz önünde bulundurmaktadır. Birim fiyatın sabit olması mümkün olabildiği gibi, siparişin miktarına bağlı olarak fiyatlarda indirimler de söz konusu olabilmektedir.

2. Hazırlık (Sipariş) Maliyeti: Bir sipariş verildiği zaman gerçekleşen sabit harcama maliyetidir. Sipariş maliyeti, sipariş miktarına bağımlı değildir.

3. Elde Bulundurma Maliyeti: Depoda stok bulundurma maliyetidir. Depolama, saklama ve taşıma maliyetleriyle birlikte stoka bağlanmış olan paranın faizi de elde bulundurma maliyetine dahildir.

4. Elde Bulundurmama Maliyeti: Stokun boşalması halinde karşı karşıya kalınan ceza maliyetidir.

İkinci sorunun cevabı ise, çalışılan stok sistemine bağlıdır. Stok sistemi, periyodik olarak gözden geçirme modelini gerekli kılıyorsa, yeni siparişin verilesiyle birlikte periyotların başlangıç anı da aynı zamana rastlamaktadır. Alternatif olarak, stok sistemi devamlı gözden geçirme modelini temele alıyorsa, yeni siparişler, yeniden sipariş noktası denilen, daha önce tespit edilmiş bir seviyenin altına indiğinde verilir.

Bu bölümdeki stok modelleri dinamik ve statik olmak üzere iki ayrı modelden meydana gelmektedir. Statik modeller, süreç içinde sabit talebi olan modeller olarak bilinmektedir. Dinamik modeller ise zaman içinde değişkenlik gösteren talepleri olan modellerdir.

## 6.2. Statik Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Modelleri

Burada talep statik olduğunda ekonomik sipariş miktarı modellerini inceleyeceğiz.

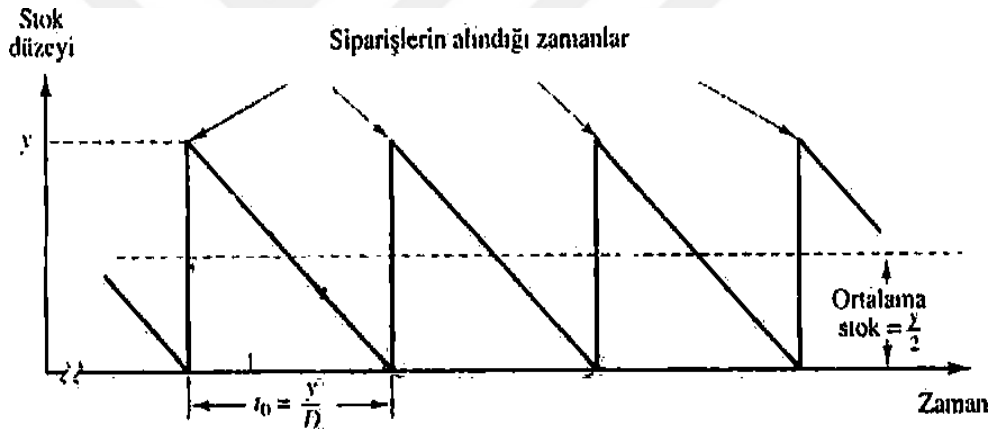
### 6.2.1. Klasik ESM modeli

Stok modellerinin en basiti olan bu model, talebin sabit, sipariş yenilenmesinin anlık olduğu ve elde bulundurmamaya izin verilmeyen durumlar içindir.

$y$  = Sipariş miktarı (birim)

$D$  = Talep hızı (birim/birim zaman)

$t_0$  = Sipariş çevrimi uzunluğu (birim zaman)



olarak tanımlandığında, stok düzeyinin Şekil 6.2.'de çizilen kalıba uyduğu görülür. Stok düzeyi sıfır olduğunda  $y$  birim sipariş miktarı kadar sipariş verilir ve hemen alınır. Daha sonra stok,  $D$  sabit talep hızıyla düzgün olarak azalır. Bu sipariş çevrimi,  $t_0 = \frac{y}{d}$  şeklindedir. Ortalama stok düzeyi aşağıda verildiği gibidir:

Ortalama stok düzeyi =  $\frac{y}{2}$  birim

Maliyet hesaplamak için iki parametreye gereksinim duyulur:

$K$  = Siparişin verilmesi ile ilgili sipariş maliyeti (pb/sipariş)

$h$  = Elde bulundurma maliyeti (pb/birim zaman birimi)

Birim zaman içindeki toplam maliyet (TMB) aşağıda gibi hesaplanır (Denklem 6.2):

$TBM(y)$  = (Birim zamandaki sipariş maliyeti) + (birim zamandaki elde bulundurma maliyeti)

$$= \frac{\text{Sipariş maliyeti} + t_0 \text{ çevrimi başına elde bulundurma maliyeti}}{t_0}$$

$$\frac{K+h\frac{y}{2}t_0}{t_0} \Rightarrow \frac{K}{\frac{y}{2}} + h \left(\frac{y}{2}\right) \Rightarrow TBM(y) = \frac{KD}{y} + \frac{h}{2}y \quad (6.2)$$

Sipariş miktarı  $y$ ' nin optimum değeri  $TBM(y)$ ' nin  $y$ ' ye göre 1. türevinin sıfıra eşitlenmesiyle belirlenir.  $y$ 'nin sürekli olduğu varsayılırsa,  $y$ 'nin optimum değerini bulmak için gerekli koşul verildiği gibidir (Denklem 6.2a):

$$\frac{dTBM(y)}{dy} = -\frac{KD}{y^2} + \frac{h}{2} = 0 \quad (6.2a)$$

$TBM(y)$  dışbükey olduğundan bu koşul sağlanır. Denklem 6.2a'nın çözülmesi bize ekonomik sipariş miktarı  $y^*$ 'ı verir (Denklem 6.3):

$$y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (6.3)$$

Önerilen modelin optimum stok politikası ise şöyle özetlenebilir:

Her  $t_0^* = \frac{y^*}{D}$  zaman biriminde  $y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$  birimlik sipariş ver.

Aslında bir önceki modelde önerildiği gibi yeni siparişin sipariş edildiği anda hemen alınması, her daim mümkün olmayabilir. Bunun yerine, Şekil 6.3.'de gösterildiği gibi, bir siparişin verilmesiyle alınması arasında bir tedarik süresi ortaya çıkabilir. Bu



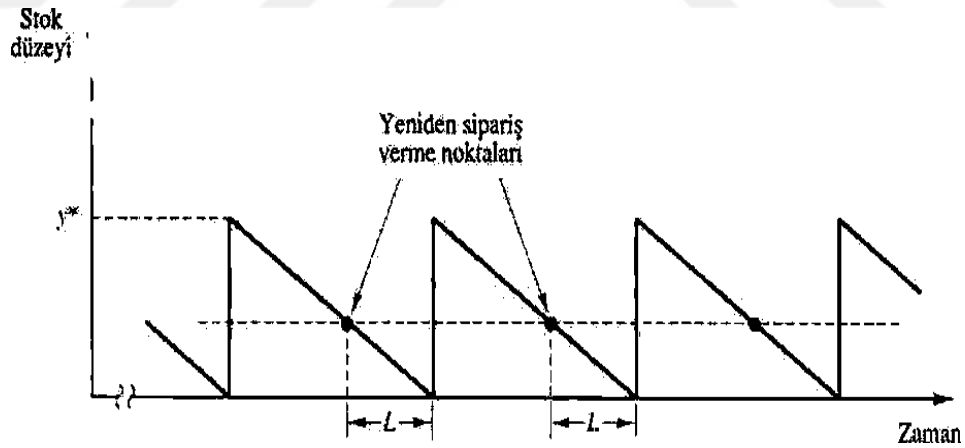
durumda stok düzeyi LD birime düştüğünde sipariş vermek gerekeceğinden, yeniden sipariş verme noktası kavramı ortaya çıkmaktadır.

Şekil 6.1.'da, tedarik etme süresini gösteren  $L$ 'nin çevrim uzunluğu  $t_0^*$ 'dan daha az olduğunu varsayar ki bu da genelde böyle olmayabilir. Bu durumu göz önüne almak için, gerçekleşen tedarik zamanı

$$L_e = L - nt_0^* \quad (6.4)$$

şeklinde tanımlanır (Denklem 6.4). Burada  $n$ ,  $L/t_0^*$ 'den büyük olmayan en büyük tamsayıdır. Bu sonuç doğrulanmaktadır, çünkü  $t_0^*$ 'in her  $n$  çevriminden sonra, bir siparişin verilmesiyle bir diğerinin alınması arasındaki süre  $L_e$  olduğunda stok durumu oluşur. Böylece yeniden sipariş noktası  $L_e D$  birim olarak belirlenir ve stok politikası yeniden tanımlanır:

Stok düzeyi  $L_e D$  birime düştüğünde  $y^*$  miktarı kadar sipariş ver.



Şekil 6.3. Yeniden sipariş verme noktaları [17]

### 6.2.2. Sabit oranlı sipariş modeli

Bu modelle ilgili varsayımlar bir önceki modelin varsayımlarıyla aynıdır. Ancak dönem başına siparişi verilen mallar  $P$  gibi sabit bir oranda ulaşmaktadır (Denklem 6.5, 6.6).

Bu modelde dönem başına ortalama stok miktarı =  $y(1-D/P)/2$  (6.5)

Dönem başına toplam maliyet =  $\frac{KD}{y} + hy(1 - D/P)/2 + CD$  dir. (6.6)

Sözü edilen model için ekonomik sipariş miktarını bulurken yine maliyetin  $y$  'ya göre birinci türevini almak gerekmektedir (Denklem 6.7).

$$d(TM)/dy = \frac{-KD}{y^2} + h(1 - D/P)/2 = 0 \Rightarrow \frac{KD}{y^2} = \frac{h(1 - D/P)}{2} \Rightarrow$$

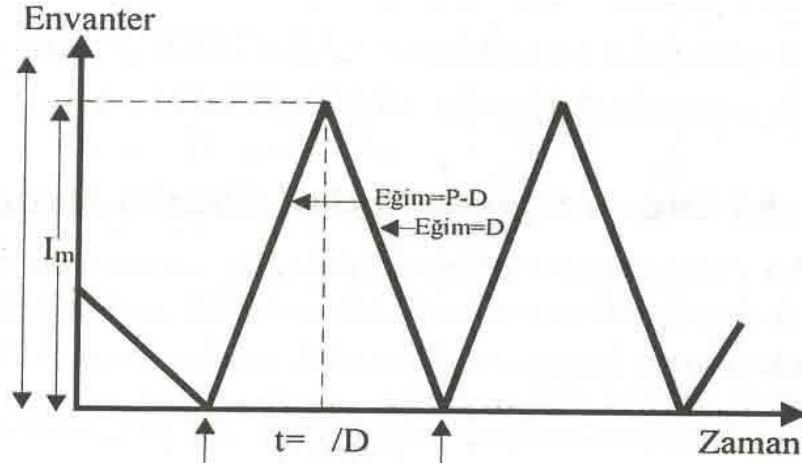
$$2KD = y^2 h(1 - D/P) \Rightarrow y^2 = \frac{2KD}{h(1 - D/P)} \Rightarrow$$

$$\text{ve } y = \sqrt{\frac{2KD}{h(1-D/P)}} \text{ dir.} \quad (6.7)$$

Herhangi bir anda stoklanacak en büyük miktarın tespit edilmesinde envanter modellerine daha fazla ilgi duyulmaktadır. Bu durum, işe yarar depo alanının tespit edilmesinde faydalı olabilir. Bununla birlikte, bu modelde siparişi verilen mallar geldiği zaman kullanıldığı için stokta  $y$  birimi olduğu söylemek mümkün değildir. Bu durumda en büyük envanter düzeyi ( $I_m$ ), aşağıdaki formülde görüldüğü gibidir (Denklem 6.8):

$$I_m = y(1-D/P) \quad (6.8)$$

Ekonomik sipariş miktarı formülü, yani 3 nolu formül sadece  $P > D$  olduğunda geçerlidir. Yoksa karekök değeri negatif olur.  $D > P$  olduğunda istem hiçbir zaman karşılanmaz ve sistem çalışmaz. Envanter modeli Şekil 6.4.'de görülmektedir.



Şekil 6.4. Sabit oranlı sipariş modeli [16]

Şekil 6.4.'de yer alan modele seri üretim de denilmektedir. İşletme, üretimini  $P$  birim/zaman hızı ile üretir ve  $P > D$  daha büyüktür.  $P$  hızı ile üretimin yapıldığında süresinde istem  $D$  birim/zaman hızıyla stokları eritir. Bundan dolayı, üretim devam ederken stokların net artış hızı  $P-D$  birim/zamandır [18].

### 6.2.3. Miktar indirimli ESM modeli

Ekonomik sipariş miktarı modeli miktar indiriminde yer alan etkeni dikkate almaz. Bir şirketin miktarı büyük alımları, daha düşük birim maliyet, daha düşük sipariş maliyeti, daha az stok tükenme ve daha düşük taşıma maliyeti gibi faydalar sağlarken daha yüksek envanter bulundurma maliyeti, daha fazla sermaye, envanterde daha fazla bozulma ve amortisman olasılığı gibi zararları getirir. Miktar indirimi değerlendiren üç tür yaklaşımın sergilediği envanter modellerini bu kısımda ele alacağız.

#### 6.2.3.1. Fiyat kıyaslamasına dayanan model

Bu modelde tedarik süresi ve talep önceden bilinmekte ve sabittir. Optimum alım esası veya ekonomik sipariş miktarı kullanılarak, bulunan toplam elde bulundurma ve sipariş maliyeti ile müşteriye önerilen miktar indirimi koşulundaki toplam sipariş ve elde bulundurma maliyeti kıyaslanır. Kıyaslama sonucuna göre teklif değerlendirilir. Şimdi bir örnek ile bu modeli açıklamaya çalışalım.

Örnek 6.1 : Makelport şirketi üretiminde kullanmak için Maksa Şirketinden mekanik dişli satın alır. Makelport bu dişli parçadan yılda en az 400 adet satın alır ve her parçanın maliyeti 50 TL'dir. Sipariş başına ödenen sipariş maliyeti 20 TL ve envanter elde bulundurma maliyeti ortalama envanter düzeyinin % 20'sidir. Mekanik dişliyi üreten ve satan Maksa Şirketi, Makelport Şirketine 100 veya daha fazla mekanik dişli satın aldığı anda fiyatlarda % 2'lik bir indirim teklif eder. Makelport şirketi bu teklifi kabul etmeli midir?

Çözüm : Başlangıçta, % 2'lik miktar indirimini göz önüne almadan ekonomik sipariş miktarını belirlemeliyiz. Burada, elde bulundurma maliyeti, ortalama envanter değerinin yüzdesi olarak ifade edildiğinden, ekonomik sipariş miktarı formülünü aşağıdaki şekilde de yazabiliriz (Denklem 6.9).

$$y = \sqrt{\frac{2KD}{CI}} \quad (6.9)$$

Yukarıdaki formülde, C bir birimin maliyetini, I da ortalama envanter değerinin yüzdelik olarak ifade edilen envanter elde bulundurma maliyetini gösterir.

$$y = \frac{\sqrt{2(20)400}}{50(0,20)} = \frac{\sqrt{16000}}{10} = 40 \text{ adet/sipariş}$$

Makelport şirketi mekanik dişli için ödediği yıllık maliyet (400 x 50 = 20000) 20000 TL'dir. Elde bulundurma maliyeti ise ortalama envanter değerinin % 20'sidir.

$$\text{Ortalama envanter değeri} = \frac{1}{2} 40 \times 50 = 1000 \text{ TL'dir.}$$

Envanter elde bulundurma maliyeti = 0,20 x 1000 = 200 TL'dir. Yıllık sipariş sayısı (n) =  $\frac{400}{4} = 10$  ve yıllık sipariş maliyeti (10 x 20) 200 TL'dir. Makelport şirketinin şimdiki toplam maliyetini oluşturan kalemler bunlardır. Makelport % 2'lik bir fiyat indiriminden yararlandığında, yıllık toplam maliyetleri aşağıda verilmiştir. Mekanik dişlilerin maliyeti (50 x 400 x 0,98 = 19600) 19600 TL'dir. Envanter elde bulundurma maliyeti [(100 x 50 x 0,98/2) x 0,20 = 490] 490 TL'dir. Sipariş sayısı (n)

=  $400/100 = 4$  ve sipariş maliyeti de ( $4 \times 20 = 80$ ) 80 TL'dir. Şimdi bu maliyetleri Tablo 6.1.'de gösterelim.

Tablo 6.1. Maliyetlerin Karşılaştırılması [16]

<b>Şimdiki Maliyetler</b>	
Mekanik dişlilere ödenen	20000 TL
Envanter elde bulundurma maliyeti	200 TL
Sipariş maliyeti	200 TL
Toplam yıllık maliyet	20400 TL
<b>Teklifli Maliyetler</b>	
Mekanik dişlilere ödenen	19600 TL
Envanter elde bulundurma maliyeti	490 TL
Sipariş maliyeti	80 TL
Toplam yıllık maliyet	20170 TL

Şimdiki toplam yıllık maliyet > Teklifli yıllık maliyet ve dolayısı ile  $20400 - 20170 = 230$  TL kazanılacağı için Maksa Şirketinin teklif ettiği indirimli Makelport şirketi kabul etmelidir.

### 6.2.3.2. Fiyat değişimine dayanan model

Miktar indirimini değerlendiren diğer model, sipariş maliyeti ve birim maliyetteki azalma ile büyük miktardaki alımlardan sonuçlanan ek elde bulundurma maliyetinin eşit olduğu noktayı belirleyendir. Bir anlamda teklif edilen indirimli fiyatta ekonomik olan parasal değerde en fazla sipariş miktarı belirleyen modeldir. Bu modelin açıklanmasında aşağıdaki terimler kullanılmıştır.

X = daha düşük fiyatta parasal değere sahip en büyük sipariş miktarı

d = Önceki istem D'nin yüzdelik olarak ifade edilen indirim

D = Parasal değerde önceki yıllık istem

$K$  = Sipariş maliyeti (sipariş başına)

$y$  = Fiyat indirimi teklifi öncesi parasal değerdeki ekonomik sipariş miktarı

$C$  = Ortalama envanterin yüzdesi olarak ifade edilen yıllık elde bulundurma maliyeti

Birinci adım sipariş maliyetindeki azalımı belirlemektir. Bu da miktar indirim teklifi almadan önceki sipariş maliyetinden, yeni sipariş maliyeti çıkarılarak bulunur.

Mevcut sipariş maliyeti, önceki yıllık istemin ( $D$ ), ekonomik sipariş miktarı ( $y$ ) ile bölünüp sipariş maliyeti  $K$  ile çarpımı değeri yani  $\frac{DK}{y}$  dir.

Yeni sipariş maliyeti, yeni parasal değerdeki yıllık kullanımı yani  $D(1-d)$ ,  $X$  ile bölünüp sipariş maliyeti ile çarpılarak elde edilir. Yani  $D(1-d)K/X$  dir.

Böylece sipariş maliyetindeki azalma

$$\frac{DK}{y} - \frac{D(1-d)K}{X} \quad (6.10)$$

dir (Denklem 6.10). Bir başka ifade ile bu azalım, mevcut sipariş maliyetinden teklif edilen sipariş maliyetinin çıkarılmasıyla elde edilir. Daha düşük fiyata karşılık gelen birim toplam maliyetteki azalım, denklemin sol tarafını tamamlamak için hesaplanmalıdır. Bu da indirim ( $d$ ) ile yıllık istemin ( $D$ ) çarpımı yani  $dD$ 'dir (Denklem 6.11). Sipariş maliyeti ve birim fiyattaki azalmayı veren denklemin sol tarafı ise

$$\frac{DK}{y} - \frac{D(1-d)K}{X} + dD \quad (6.11)$$

Modeldeki denklemin sağ tarafı ise büyük miktardaki alımdan sonuçlanan ek elde bulundurma maliyetini gösterir. Bu da  $\frac{X}{2}C - \frac{yC}{2}$  (6.11) dir.  $\frac{X}{2}C$  terimi, indirim fiyatında sipariş alınan en büyük miktarın 2 ile bölünüp yüzdeler elde bulundurma maliyetinin çarpımıdır. İndirim öncesi parasal değerdeki ekonomik sipariş miktarı 2

ile bölünür ve elde bulundurma maliyeti ile çarpılırsa  $\frac{yC}{2}$  terimi elde edilir. Şimdi modelin her iki tarafında yer alan denklemlerin X'i çözmek için eşitleyelim (Denklem 6.12).

$$\frac{DK}{y} - \frac{D(1-d)K}{x} + dD = \frac{XC}{2} - \frac{yC}{2} \quad (6.12)$$

İkinci dereceden genel cebirsel kuadratik ( $ax^2+bx+c = 0$ ) formüle dönüştürmek için yukarıdaki eşitliğin her iki tarafı X ile çarpılmalıdır (Denklem 6.12a, 6.12b, 6.12c).

$$\frac{XDK}{y} - D(1-d)K + XdD = \frac{X^2C}{2} - \frac{XyC}{2} \quad (6.12a)$$

$$\frac{X^2C}{2} - \frac{XyC}{2} - XdD - \frac{XDK}{y} + D(1-d)K = 0 \quad (6.12b)$$

$$\frac{X^2C}{2} + X\left(-\frac{yC}{2} - dD - \frac{DK}{y}\right) + D(1-d)K = 0 \quad (6.12c)$$

Yukarıdaki denklemde, kuadratik formül için terimler (Denklem 6.12d, 6.12e):

$$a = \frac{C}{2}, \quad b = -\left(\frac{yC}{2} + dD + \frac{DK}{y}\right) \quad (6.12d)$$

$$c = D(1-d)K \text{ dir.} \quad (6.12e)$$

Bu terimler kuadratik formülde (Denklem 6.13)

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (6.13)$$

Yerlerine konulduğunda (Denklem 6.13a, 6.13b)

$$X = \frac{\frac{yC}{2} + dD + \frac{DK}{y} \pm \sqrt{\left[-\left(\frac{yC}{2} + dD + \frac{DK}{y}\right)\right]^2 - 4 \frac{C}{2} [D(1-d)K]}}{2 \frac{C}{2}} \quad (6.13a)$$

$$X = \frac{\frac{yC}{2} + dD + \frac{DK}{y} \pm \sqrt{\left[-\left(\frac{yC}{2} + dD + \frac{DK}{y}\right)\right]^2 - 2CDK(1-d)}}{C} \quad (6.13b)$$

Bu denklemde X'in çözüm değeri en düşük fiyatta, parasal miktarda en büyük (fazla) sipariş edilecek miktarı verir. Formülde ki karekökün önündeki (-) işaretinin ele alınmamasının nedeni X'in maksimum değeri ile ilgilenildiğindedir.

Modeli uygulamak için maliyet kıyaslamaya dayanan modeldeki verileri kullanalım. Bilinen % 2'lik indirim kabul edilmelidir. Makelport şirketi teklif edilen % 2'lik indirim kabul edilmelidir. Makelport şirketi teklif edilen % 2'lik indirimden yararlanarak en fazla satın alacağı mekanik dişlinin parasal değerini öğrenmek istemektedir.

Modelimizde yer alan terimlerin değerleri aşağıda verilmiştir.

d = Teklif edilen indirim (% 2)

y = Optimum sipariş miktarı (2000 TL)

D = Yıllık talep (20000 TL)

K = Sipariş başına maliyet (20 TL)

C = Yıllık elde bulundurma maliyeti (% 20)

X=Bir kerede % 2 indirimden satın alınacak, parasal değerdeki en fazla mekanik dişli miktarı olmak üzere formül üzerine değerler yerine konulduğunda X=7480 TL'dir.

### 6.2.3.3. Fiyat indirme durumundaki model

Bu bölüm altbölüm 6.2.1.'deki modelin bir farkla aynısıdır. Burada, sipariş miktarı y, q ile verilen sipariş limitini aşıyorsa stok kalemi indirimli olarak satın alınabilir. Birim satın alma maliyeti c aşağıda verildiği gibidir:

$$c_1, \quad y \leq q \text{ ise}$$

$$c_2, \quad y > q \text{ ise}$$

Burada  $c_1 > c_2$  dir. Dolayısıyla,

Birim zaman başına satın alma maliyeti (Denklem 6.14, 6.15)=



$$\frac{c_1 y}{t_0} = \frac{c_1 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = D c_1, \quad y \leq q \quad (6.14)$$

$$\frac{c_2 y}{t_0} = \frac{c_2 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = D c_2, \quad y > q \quad (6.15)$$

olur. Altbölüm 6.2.1.'deki notasyonu kullanırsak birim zaman başına toplam maliyet aşağıdaki gibi yazılır (Denklem 6.14a, 6.14b):

$$TMB_1(y) = D c_1 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2} y, \quad y \leq q \quad (6.14a)$$

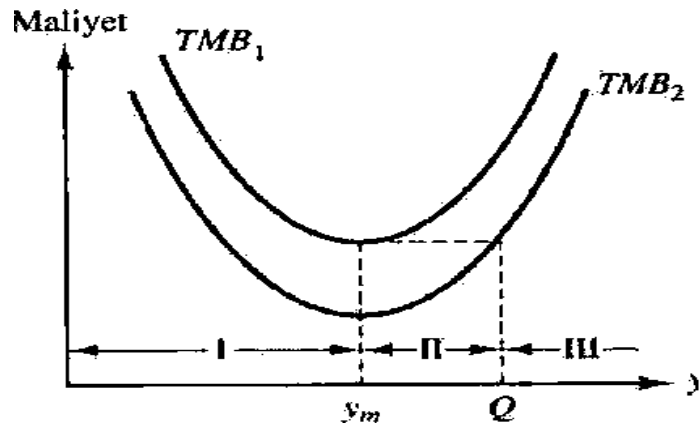
$$TMB_2(y) = D c_2 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2} y, \quad y > q \quad (6.15a)$$

$TMB_1$  ve  $TMB_2$  fonksiyonları Şekil 6.5.'te gösterilmiştir. İki fonksiyon satın alma maliyeti dışında aynı olduğundan minimumları bir noktada kesişir (Denklem 6.16):

$$y_m = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (6.16)$$

Maliyet fonksiyonu  $TMB(y)$ ,  $TMB_1(y)$  ile soldan başlar ve fiyat kırılma noktası  $q$ ' da  $TMB_2(y)$ 'ye kadar iner. Şekil 6.5.'in açıkça gösterdiği gibi, optimum sipariş miktarı  $y^*$ 'in belirlenmesi, fiyat kırılma noktası  $q$ 'nun sırasıyla  $(0, y_m)$ ,  $(y_m, Q)$  ve  $(Q, \infty)$  ile çizilen I, II ve III bölgelerinin içerisinde bulunmasına bağlıdır.  $Q$ 'nun  $(> y_m)$  değeri aşağıdaki formülle belirlenir (Denklem 6.17):

$$TMB_2(Q) = TMB_1(y_m) \quad (6.17)$$



Şekil 6.5. Toplam maliyetin miktarla değişimi [17].

Şekil 6.6., istenen optimum miktar olan  $y^*$  in nasıl belirlendiğini gösterir:

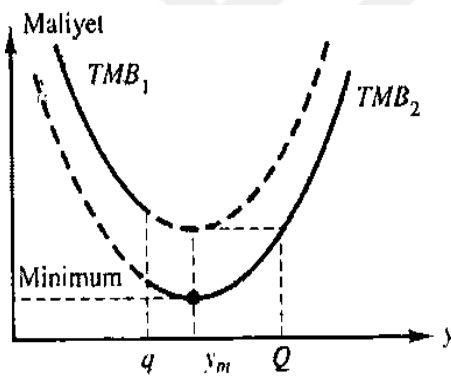
$$\begin{aligned} y^* &= y_m, & q, \text{ I. veya III. bölgede} \\ y^* &= q, & q, \text{ II. Bölgede} \end{aligned}$$

$y^*$ 'ın belirlenme aşamaları şöyledir:

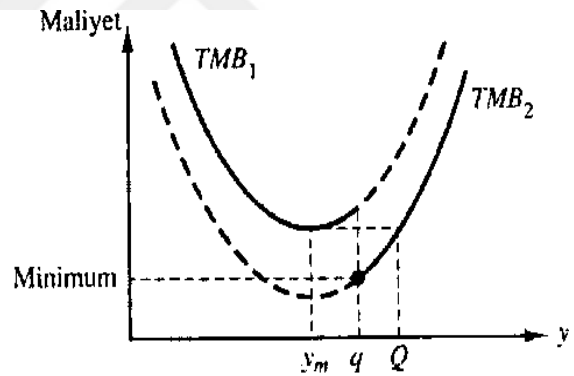
1. Adım.  $y_m = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$  olarak belirle.  $Q$ , I. Bölgede ise  $y^* = y_m$ 'dir. Aksi

halde 2. adıma git.

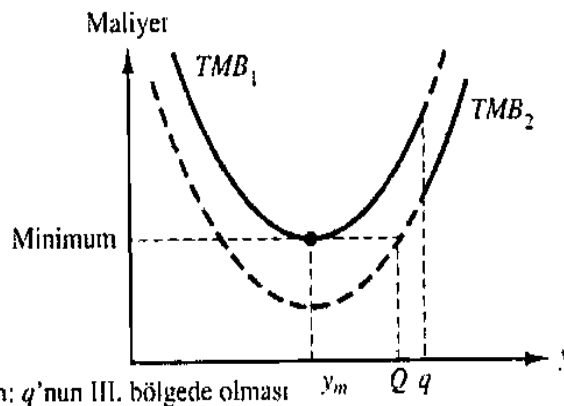
2. Adım.  $Q$  değerini  $TMB_2(Q) = TMB_1(y_m)$  formülünden bulup II. ve III. bölgeleri tanımla.  $q$ , II. bölgede ise  $y^* = q$ 'dur, aksi halde  $q$ , III. bölgededir ve  $y^* = y_m$  olarak belirlenir. Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.



1. Durum:  $q$ 'nun I. bölgede olması



2. Durum:  $q$ 'nun II. bölgede olması



3. Durum:  $q$ 'nun III. bölgede olması

Şekil 6.6.  $q$ ' nun bulunduğu bölgenin tespiti [17].

#### 6.2.4. Depo kısıtlı çok kalemlî ESM modeli

Bu model,  $n$  ( $>1$ ) sayıda stok kalemiyle ilgili olup tek tek her kalemin dalgalanması Şekil 6.2.'deki gibi aynıdır (elde bulundurmamaya izin yok). Farklılık, stok kalemlerinin sınırlı depolama alanı için birbiriyle rekabet halinde olmasıdır.

Stok kalemi  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) için şunları tanımlayalım:

$D_i$  = Talep hızı

$K_i$  = Hazırlık maliyeti

$h_i$  = Bir birimi birim zamanda elde bulundurma maliyeti

$y_i$  = Sipariş miktarı

$a_i$  = Stok birimi başına depolama alanı gereksinimi

$A$  =  $n$  sayıda stok kalemi için maksimum mevcut depolama alanı

Elde bulundurmamanın söz konusu olmadığı varsayımı altında stok durumunu gösteren matematik model aşağıda verildiği gibidir:

Amaç (Denklem 6.18):

$$\min TBM(y_1, y_2, \dots, y_n) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{K_i D_i}{y_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right) \quad (6.18)$$

Kısıtlar (Denklem 6.19):

$$\sum_{i=1}^n a_i y_i \leq A \quad (6.19)$$

$$y_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$$

Modelin çözüm adımları aşağıdaki gibidir:

1. Adım. Sipariş miktarının sınırlandırılmamış optimum değerlerini aşağıdaki gibi hesapla (Denklem 6.20):

$$y_i^* = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.20)$$

2. Adım.  $y_i^*$  sınırlandırılmamış optimum değerlerinin depolama kısıtlarını sağlayıp sağlamadığını kontrol et. Depolama kısıtlarını sağlıyorsa dur,  $y_i^*$ 'lar ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) optimumlardır. Sağlamıyorsa 3. adım'a git.

3. Adım. Depolama kısıtı denklemde karşılanmak zorundadır. Sipariş miktarlarının sınırlandırılmış optimum değerlerini belirlemek için Lagrange çarpanları yöntemini kullan. Bu adımdaki Lagrange fonksiyonu aşağıdaki gibi formüle edilir (Denklem 6.21, 6.21a):

$$L(\lambda, y_1, y_2, \dots, y_n) = TMB(y_1, y_2, \dots, y_n) - \lambda((\sum_{i=1}^n a_i y_i - A)) \quad (6.21)$$

$$= \sum_{i=1}^n \left( \frac{K_i D_i}{y_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right) - \lambda(\sum_{i=1}^n a_i y_i - A) \quad (6.21a)$$

Burada  $\lambda (< 0)$  Lagrange çarpanıdır.

Lagrange fonksiyonu konveks olduğundan,  $y_i$ 'nin optimum değerleri ve  $\lambda$ , aşağıda verilen gerekli koşullardan bulunabilir (Denklem 6.21b, 6.21c):

$$\frac{\partial L}{\partial y_i} = -\frac{K_i D_i}{y_i^2} + \frac{h_i}{2} - \lambda a_i = 0 \quad (6.21b)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = -\sum_{i=1}^n a_i y_i + A = 0 \quad (6.21c)$$

İkinci denklem, depolama kısıtının optimumdaki denklemde karşılanması gerektiğini göstermektedir. Birinci denklemden,

$$y_i^* = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i - 2\lambda^* a_i}} \quad (6.22)$$

elde ederiz (Denklem 6.22). Formül,  $y_i^*$ 'in  $\lambda^*$  değerinden bağımsız olduğunu göstermektedir.  $\lambda^* = 0$  için,  $y_i^*$  sınırlandırılmamış çözümü verir.

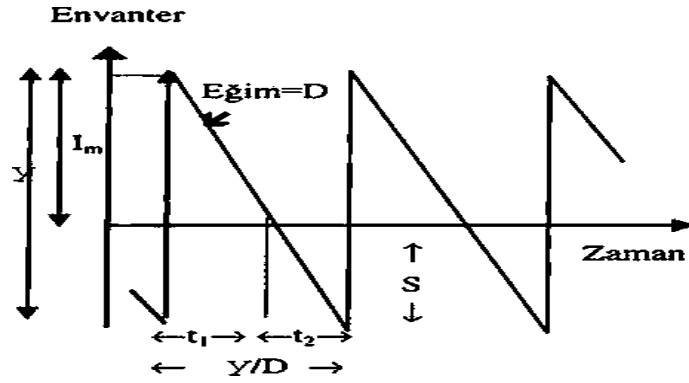
$\lambda^*$ 'in değeri şu şekilde de bulunabilir: Minimizasyon durumu için  $\lambda < 0$  olarak tanımlandığından  $\lambda^*$ 'ı makul küçük bir miktarda artarda azaltırız ve bu  $\lambda$  değerlerini

formülde yerine koyarak ilgili  $y_i^{**}$  i değerlerini hesaplarız. İstenen  $\lambda^*$ , depolama kısıtını denklemden sağlayan  $y_i^{**}$  i veren,  $\lambda$  değeridir.

### 6.2.5. Stok tükenmesi durumunda ESM modeli

Birçok durumda, ürün talebinde bulunan kullanıcılar ellerinde hiç ürün kalmadığı zaman, ürün gelinceye dek üretimlerini geciktirme yoluna giderler. Bunun gibi üretimde gecikme olması ya da stok dışı kalma istenen bir durum olmamasının yanında firmaya ayrı bir maliyet yüklemektedir. Söz konusu maliyet, gecikmeyi telafi etme ve nakliye gibi ek maliyetlerde meydana getireceği gibi işletmeyi iki ayrı noktada cezalandırabilir. İlki, stok dışı kalan malın birim sayısında artış oldukça karşı karşıya kalınan zarar da artış gösterir; ikincisi, stok dışı kalma süresinde uzama oldukça karşı karşıya kalınan zararın boyutu da büyük olmaktadır. Stok dışı kalma, stokta bulunan ürünlerin tükenmesi ya da söz konusu ürünü elde bulundurmama durumudur. Örneğin, stok tükenme maliyeti (r) yıllık olarak birim başına  $r = 2.25$  TL ise 4 yıl için 50 birimlik bir stok tükenme ile karşılaşırsa, stok tükenme maliyeti  $r = 2.25 \times 50 \times 4$  (yıl) = 450 TL olur.

Stok tükenmesi ya da elde bulundurmama halinde siparişler, stok seviyesi sıfır olduktan sonra verilmektedir. Stoklar sıfır seviyesine geriledikten sonra verilen sipariş seviyesine (S) diyelim. Bu envanter modeli biçiminde negatif stoklar olarak gösterilir. Stok tükenmesi olmadığı zaman stok eğrisinin yüksekliği stok tükenme durumu için gösterilen  $y-S$  yerine  $y$  oluyordu. Ayrıca ortalama stoklar, tükenme olduğunda  $(D-S)/2$  den daha küçük olmaktadır. Bundan dolayı toplam elde bulundurmama maliyetlerinde azalma olur. Ancak sözü edilen toplam maliyeti arttırıcı nitelikteki stok tükenme maliyeti, sipariş miktarı ve sipariş süresi artış gösterdikçe yükselecektir. Toplam maliyeti en düşük kılacak  $y$  ve  $S$  değerlerini tespit etmek asıl amacımızdır. Stok tükenmesi durumunu gösteren durum Şekil 6.7.'de görülmektedir.



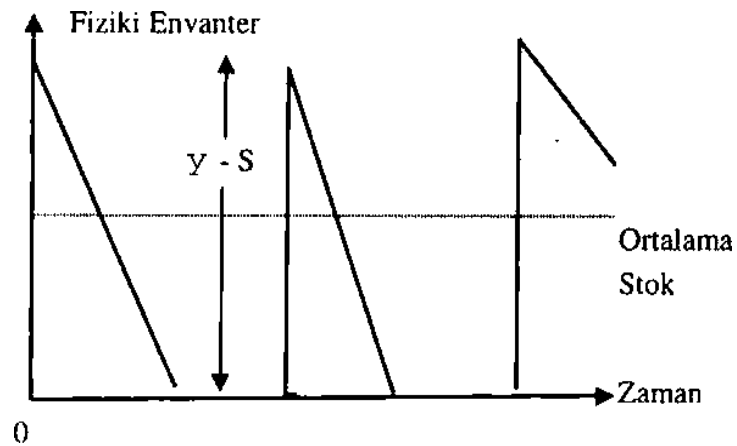
Şekil 6.7. Stok tükenmesi halinde zaman süresini ele alan envanter modeli [16].

$t_1$  = Stok tükenmesi olmadığında siparişler arası süreyi

$t_2$  = Stok tükenmesi olduğunda siparişler arası süreyi gösterir.

Elde bulundurma maliyetini bulmak için ortalama stokları belirlemek gerekir. Şekil 6.7.'de gösterilen negatif stoklar (S) elde bulundurma maliyetini etkilemez ve bu durumda ortalama stok düzeyini gösteren aşağıdaki şekli çizebiliriz.

Şekil 6.8. fiziki stokların zamana göre grafiğini göstermektedir.



Şekil 6.8. Fiziki stokların zamana göre grafiği [16]

Şekil 6.8.'den yararlanarak eğrinin zamana göre ortalaması  $(y-S)^2/2y$  e eşit olduğu matematik olarak gösterilebilir. Ortalama stok miktarı  $(y-S)^2/2y$  olduğuna göre

bulundurma yıllık maliyeti =  $h(y-S)^2/2y$ 'dur. Stok tükenme maliyetini hesaplamak için Şekil 6.7.'deki grafikte negatif stok değerleri aslında geriye doğru pozitif sipariş düzeyi anlamına geldiğinin ve pozitif stokların sıfır geriye doğru sipariş olduğunun düşünülmesi gerekir. Buna göre ortalama stok tükenmesinin  $S^2/2y$  olduğu bulunabilir. Yıllık veya dönem başına stok tükenme maliyeti =  $rS^2/2y$ 'dur. Böylece dönem başına toplam maliyeti (TM) bulabiliriz (Denklem 6.23).

$$TM = \frac{KD}{y} + \frac{h(y-s)^2}{2y} + \frac{rs^2}{2y} + CD \quad (6.23)$$

Toplam maliyet bir fonksiyon olduğu için bunun  $y$  ve  $S$ 'ye göre kısmi türevi alınır ve sıfıra eşitlenirse iktisadi sipariş miktarı ( $y$ ) ve elde bulunmayan malın verilecek sipariş miktarının ( $S$ ) bulunması mümkündür. Gerekli işlemler yapıldığı zaman (Denklem 6.24, 6.25);

$$y = \sqrt{\frac{2KD(h+r)}{hr}} \quad (6.24)$$

$$S = \frac{hy}{h+r} = \sqrt{\frac{2KhD}{r(h+r)}} \text{ dir.} \quad (6.25)$$

### 6.2.6. Stok tükenmesi durumunda üretim modeli

Bu modelin varsayımları, bir önceki bölümde anlatılan modelin varsayımlarına ilaveten, yalnızca siparişi verilen malların dönem başına  $P$  gibi sabit bir oranda ulaşmasıdır. Yani, temel ekonomik sipariş miktarı modelinin varsayımlarına, stok tükenmesi durumu ile sipariş miktarlarının  $P$  oranı ile ulaşma varsayımı eklenmiştir.

Stok tükenmesi durumunda üretim modelini şematik olarak Şekil 6.9.'daki gibi gösterebiliriz. Bu modelde cebirsel işlemlere girmeden önemli sonuçlar verilecektir (Denklem 6.26).

$$\text{En büyük envanter düzeyi } (I_m) = y(1-D/P) - S \quad (6.26)$$

Stok tükenme olmadığında dönem başına zamanın oranı (Denklem 6.27, 6.27a)





$$rPS^2 / 2y(P - D) \text{ dir.} \quad (6.31)$$

Bu model içinde siparişler arası süre ( $t$ ) =  $y/D$  formülü ile sipariş sayısı ( $n$ ) de  $D/y$  formülü ile belirlenir.

Dönem başına maliyet, aşağıdaki formülle bulunur (Denklem 6.32).

$$TM/dönem = \frac{KD}{y} + \{h[y(P - D) - PS]^2 + rPS^2\} / \{2Py(P - D)\} + CD \quad (6.32)$$

Toplam maliyetin  $y$  ve  $s$ 'ye göre kısmi türevi alınır ve sıfıra eşitlenirse optimal  $y$  ve  $s$  değerleri elde edilir (Denklem 6.33, 6.34, 6.34a). Yani  $\frac{\partial TM}{\partial y} = \frac{\partial TM}{\partial s} = 0$

$$y = \sqrt{\frac{2KPD(h+r)}{hr(P-D)}} \quad (6.33)$$

$$S = h(P - D)y/P(r + h) \quad (6.34)$$

$$s = \sqrt{\frac{2KhD(P-D)}{Pr(h+r)}} \quad (6.34a)$$

### 6.3. Dinamik ESM Modelleri

Burada açıklanan modeller altbölüm 6.2.'teki modellerden iki açıdan farklıdır:

1. Stok düzeyi sonlu sayıda eşit periyotlar boyunca periyodik olarak gözden geçirilir,
2. periyot başına talep deterministik olmasına rağmen dinamiktir, bu bakımdan bir periyottan diğerine değişebilir.

Bu altbölümde iki model açıklıyoruz. Birinci model hazırlık (sipariş) maliyetinin olmadığını, ikincisi ise olduğunu varsayıyor. Küçük gibi görünen bu ayrıntı modelin karmaşıklığında farklılık yaratır.

### 6.3.1. Hazırlık maliyetsiz model

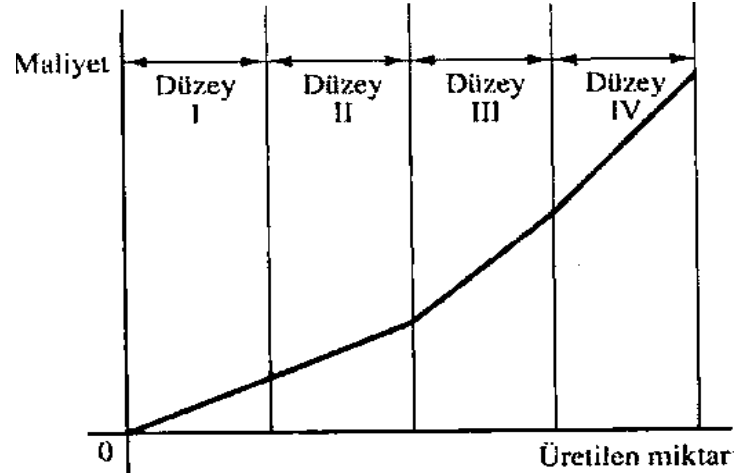
Bu model,  $n$  eşit periyottan oluşan planlama uzunluğuyla ilgilidir. Her biri periyot çeşitli üretim düzeyleri (örneğin normal mesai ve fazla mesai iki üretim düzeyini gösterir) içerebilen sınırlı bir üretim kapasitesine sahiptir. İçerisinde bulunulan periyotta, elde bulundurma maliyetine katlanması koşuluyla sonraki periyotlar için de üretim yapılabilir.

Modelin genel varsayımları şöyledir:

1. Hiçbir periyotta hazırlık maliyetinin etkisinde kalınmaz.
2. Elde bulundurmamaya izin verilmez.
3. Herhangi bir periyotta birim üretim maliyeti fonksiyonu ya sabittir, ya da artan marjinal (başka bir deyişle konveks) maliyetlere sahiptir.
4. Herhangi bir periyotta elde bulundurma maliyeti sabittir.

Elde bulundurmamaya izin verilmemesi varsayımı, içerisinde bulunulan periyottaki talebin gelecek periyotların kümülatif üretimiyle karşılanamayacağına işaret eder. bu varsayım, 1,2, ...,  $i$  periyotlarının kümülatif üretim kapasitesinin en azından aynı periyotların kümülatif talebine eşitlenmesini gerektirir.

Şekil 6.10. artan miktarlar için birim üretim maliyet fonksiyonunu göstermektedir. Örneğin normal mesai ve fazla mesai üretimi iki düzeyin karşılığı olup, fazla mesaideki birim üretim maliyeti normal mesaidekinden daha yüksektir.



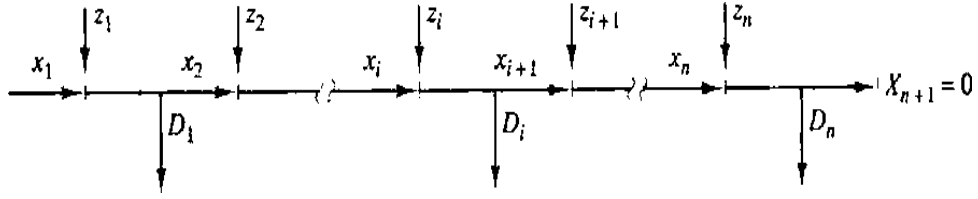
Şekil 6.10. Üretim maliyet fonksiyonu [17]

$n$  periyot problemi,  $kn$  kaynaklı ve  $n$  pazarlı ulaştırma problemi olarak formüle edilebilir. Burada  $k$ , periyot başına üretim düzeylerinin sayısıdır. (örneğin, her periyotta normal ve fazla mesai kullanılmış ise  $k = 2$ 'dir).  $kn$  üretim düzeyi kaynaklarının her birinin üretim kapasitesi arz miktarlarını oluşturur. Talep miktarları her bir periyodun talebiyle belirlenir. Kaynaktan pazara birim ulaştırma maliyeti, birim başına uygulanabilir üretim ve elde bulundurma maliyetlerinin toplamından oluşur. Ulaştırma modeli olarak problemin çözümü, her bir üretim düzeyinde minimum maliyetli üretim miktarlarını belirler.

Ulaştırma modeli bilinen ulaştırma tekniklerini kullanmaksızın çözülebilir. Yeni çözüm algoritmasının geçerli olması, elde bulundurmamaya izin verilmemesi ve dışbükey üretim-maliyet fonksiyonu gibi özel varsayımların sonucudur.

### 6.3.2. Hazırlık maliyetli model

Bu durumda, elde bulundurmamaya izin verilmediği ve üretime her başladığında hazırlık maliyetinin ortaya çıktığı varsayılır. Burada iki çözüm yöntemi açıklanacaktır: tam dinamik programlama algoritması ve sezgisel bir algoritma.



Şekil 6.11. Stok durumu [17]

Şekil 6.11., stok durumunu şematik olarak özetlemektedir. Şekilde görülen semboller,  $i = 1, 2, \dots, n$  olmak üzere  $i$ . Periyot için aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$Z_i$  = Sipariş edilen miktar

$D_i$  =  $i$ . periyot için talep

$X_i$  =  $i$ . periyodun başlangıcındaki stok

Bu durumda maliyet bileşenleri,

$K_i$  =  $i$ . periyottaki hazırlık maliyeti

$h_i$  =  $i$ . periyottan  $(i + 1)$ . periyoda birim elde bulundurma maliyeti şeklinde tanımlanır.

$i$ . Periyoda ait üretim-maliyet fonksiyonu şöyle olur:

$$C_i(Z_i) = 0, \quad Z_i = 0$$

$$C_i(Z_i) = K_i + c_i(z_i) \quad Z_i > 0$$

Burada  $c_i(z_i)$ , verilen  $z_i$  değeri için marjinal üretim maliyet fonksiyonudur.

### 6.3.2.1. Genel maliyet fonksiyonlu dinamik programlama algoritması

Elde bulundurmamaya izin verilmemesi yüzünden, stok modeli tüm  $n$  periyotları için üretim ve elde bulundurma maliyetlerini minimum kılmanın yollarını arar.  $i$ . Periyot için elde bulundurma maliyeti, periyot sonu stokunu esas alacak şekilde aşağıdaki gibi basitleştirilir (Denklem 6.35):

$$X_{i+1} = X_{i+1} + Z_i - D_i \quad (6.35)$$

Dinamik programlama modelini oluşturmak için ileriye ve geriye doğru yineleme denklemlerinin her ikisini de kullanabiliriz. Biz burada, marjinal maliyetlerin

artmadığı özel bir durumu çözmeye faydalı olduğu için ileriye doğru yineleme formülasyonu kullanacağız.

İleriye doğru yineleme denklemi için,  $i$ . durumdaki (periyottaki) durum, periyot sonu stok düzeyi olan  $x_{i+1}$  ile tanımlanır ve burada, Şekil 6.11.'de gösterildiği gibi

$$0 \leq x_{i+1} \leq D_{i+1} + \dots + D_n$$

eşitsizliği söz konusudur. Bu eşitsizliğin kabul ettiği gibi, kalan stok  $X_{i+1}$ , uç durumlarda, geri kalan tüm periyotların talebini karşılayabilecektir.

$f_i(X_{i+1})$ , periyot sonu stok  $X_{i+1}$  ile verildiğinde  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $i$  periyotları için minimum stok maliyeti olsun. Böylece ileriye doğru yineleme denklemi aşağıda verildiği gibi bulunur (Denklem 6.36, 6,36a):

$$f_1(x_2) = \min_{0 \leq z_1 \leq D_1 + x_2} \{C_1(z_1) + h_1 x_2\} \quad (6.36)$$

$$f_i(x_{i+1}) = \min_{0 \leq z_i \leq D_i + x_{i+1}} \{C_i(z_i) + h_i x_{i+1} + f_{i-1}(x_{i+1} + D_i - z_i)\} \quad (6.36a)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

### 6.3.2.2. Sabit veya azalan maliyetli dinamik programlama algoritması

Daha önce verilen dinamik programlama herhangi bir maliyet fonksiyonuyla bulunabilmektedir. Birim üretim ve elde bulundurma maliyetlerinin ikisi sırasıyla üretim miktarı ve stok düzeyinin artış göstermeyen (konkav) fonksiyonları olduğu zaman özel bir durum oluşur. Bu durum birim maliyet fonksiyonunun sabit olduğu veya miktar iskontosuna izin verildiği durumlarda belirgin biçimde ortaya çıkar.

Verilen bu koşullar altında şunlar ispatlanabilir:

1. Sıfır başlangıç stoku verildiğinde ( $x_i = 0$ ), herhangi bir  $i$  periyodunda talebi ya yeni üretimle ya da stok girişi yaparak karşılamak optimumdur; ama asla ikisi birlikte kullanılamaz ki bu durumda  $z_i x_i = 0$ 'dır (pozitif başlangıç stoku ( $x_1 > 0$ ) olan durumlarda, miktar tüketilinceye kadar izleyen periyotların taleplerinden

düşülebilir).

2.  $i$ . periyot için optimum üretim miktarı  $z_i$ , ya sıfır olmalı, ya da birbirini izleyen bir veya birden fazla periyodun talebini tamamen karşılamalıdır.

İleriye doğru dinamik programlama algoritmasıyla kullanıldığında, bu iki özellik basitleştirilmiş hesaplamalarla sonuçlanır.

### 6.3.2.3. Plan erimi teoremi

Eğer  $i^*$  periyodu için minimum maliyet  $i^*$  daki talebin bir önceki  $i^{**} < i^*$  periyodunda sipariş verilerek karşılanması şeklinde ortaya çıkıyorsa, bu durumda, gelecekteki tüm  $i > i^*$  periyotlar için optimum stok politikasını  $i^{**}, i^{**} + 1, \dots$  ve sadece  $i$  periyotlarında sipariş vermeye göre hesaplanmak yeterlidir. Özelde, optimum politika  $i^*$  periyodu için yine aynı  $i^*$  periyodunda sipariş vermeyi gerektiriyorsa (yani  $i^* = i^{**}$  ise), bu durumda gelecekteki bir  $i > i^*$  periyodu için, gelecekteki taleplere bakılmaksızın  $i^*$  da sipariş vermek her zaman optimum olacaktır.

### 6.3.2.4. Silver-Meal sezgisel modeli

Sezgisel model sadece, birim üretim maliyetlerinin tüm periyotlar için sabit ve özdeş olduğu stok durumları için geçerlidir. Bu yüzden model, sadece hazırlık ve elde bulundurma maliyetlerini dengeleyecek çözümü arar.

Sezgisel model, talepleri içinde bulunduğumuz periyodun üretimiyle karşılanan, gelecekteki birbirini izleyen periyotları tanımlar. Amaç, periyot başına hazırlık ve elde bulundurma maliyetlerini minimum kılmaktır.

$i$ . periyotta,  $i \leq t$  olmak üzere,  $i, i+1, \dots$  ve  $t$  periyotları için üretim yaptığımızı varsayalım;  $TM(i,t)$ 'yi de aynı periyotların hazırlık ve elde bulundurma maliyetleri olarak tanımlayalım. Matematik olarak, dinamik programlama modelleriyle aynı rotasyonu kullanarak

$$TM(i,t) = K_i, \quad t = i$$

$$TM(i,t) = K_i + h_i D_{i+1} + (h_i + h_{i+1}) D_{i+2} + \dots + (h_i + h_{i+1} + \dots + h_{t-1}) D_t, \quad t > i$$

diye yazdıktan sonra, periyot başına maliyet olan  $TMB(i,t)$ 'yi tanımlarız (Denklem 6.37):

$$TBM(i,t) = \frac{TM(i,t)}{t-i+1} \quad (6.37)$$

Böylece, verilen  $i$ . periyot için sezgisel model,  $TMB(i,t)$ 'yi minimum kılan  $t^*$  değerini belirler.

$TM(i,t)$  fonksiyonu aşağıdaki gibi yinelenerek hesaplanır:

$$TM(i,t) = K_i$$

$$TM(i,t) = TM(i, t-1) + (h_i + h_{i+1} + \dots + h_{t-1}) D_t, \quad t = i+1, i+2, \dots, n$$

Sezgisel modelin adımları da şöyledir:

0. Adım.  $i = 1$  olarak belirle.

1. Adım.

$$TMB(i, t^* - 1) \geq TMB(i, t^*)$$

ve

$$TMB(i, t^* + 1) \geq TMB(i, t^*)$$

formüllerini gerçekleyen lokal minimum  $t^*$ 'ı belirle. Sonra sezgisel model,  $i$ . periyotta  $i, i+1, \dots$  ve  $t^*$  periyotları için  $D_i + D_{i+1} + \dots + D_{t^*}$  miktarlarının siparişini ister.

2. Adım.  $i = t^* + 1$  olarak belirle. Eğer  $i > 1$  ise dur, tüm planlama düzeyi karşılanmıştır. Aksi halde 1. adıma git.

## **BÖLÜM 7. ESM MODELİ ÜZERİNDE BİR UYGULAMA**

ESM modeli üzerindeki uygulamamı ABC fabrikasının Yedek Parça Ambarındaki verileri kullanarak gerçekleştirdim. Öncelikle fabrikanın üretim işleyişi hakkında bilgi vermeyi uygun görüyorum.

### **7.1. ABC Fabrikası Hakkında Genel Bir Bilgi**

Fabrikada pres atölyesi, talaşlı imalat atölyesi, test atölyesi ve montaj atölyesi olmak üzere dört ayrı bölümde faaliyetler yürütülmektedir. Pres hanede boşaltmalı dövme presleri, otomatik fırın ve otomatik yükleme ile valf ve benzer Ürünlerin bir forma kavuşmaları sağlanmakta; talaşlı imalat atölyesinde transfer makinaları ile valf gövdeleri işlenmekte; valf ve benzeri ürünlerin iç parçalarının, hassasiyeti çok yüksek kayar otomatlar üretimi yapılmaktadır. Montaj bölümünde ise ürünlerin montajı tamamlanmaktadır. Test atölyesinde ise, ürünler çeşitleri dikkate alınarak standartlarda tespit edilen test işlemlerinden geçirilmek suretiyle sevkiyata hazır duruma getirilmektedir.

### **7.2. Yedek Parça Ambarı Hakkında Genel Bir Bilgi**

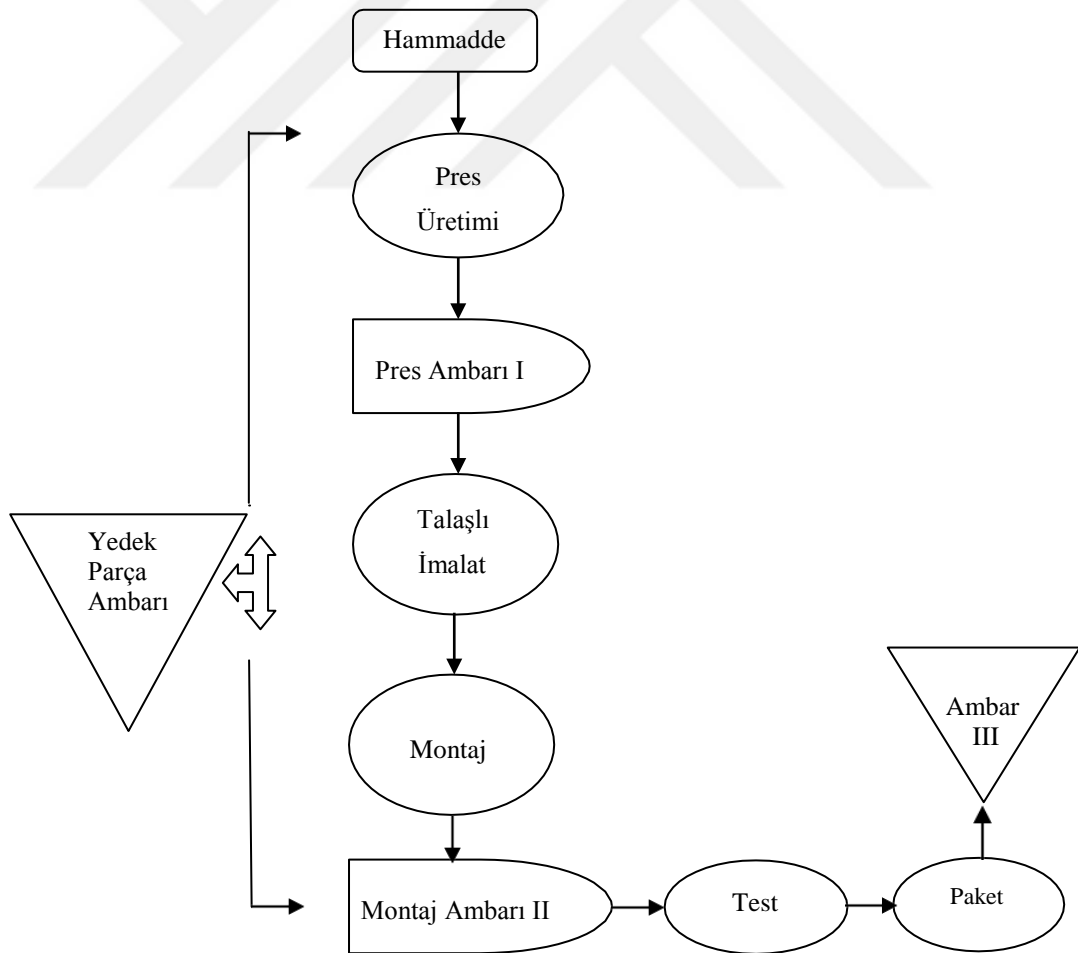
Yedek Parça Ambarını ve stok kontrol sistemini kısaca açıklayalım. Üretimin zamanında düzgün bir şekilde işleyişinin sürdürülebilmesi, işçilerin özellikle korunma araç ve gereçleri olmak üzere gereksinimlerinin karşılanması için Yedek Parça Ambarı bulundurulmaktadır. Ambar içerisinde yaklaşık olarak 15000 adet ayrı stok kalemi yer almaktadır. Bunların mali değeri parça başına 0,03 Euro'dan başlamak üzere 13400 Euro'ya kadar ulaşmaktadır. Yedek parça ambarında toplam olarak 960000 Euro'luk mali değere sahip malzeme bulundurulmaktadır. Stoklar yurtiçi ve yurtdışı kaynaklardan temin edilmektedir. Tedarik edilen malzemeler tır ve



kamyonlarla sağlanırken bunun yanı sıra özellikle yurtdışından gelen siparişler olmak üzere malzeme taşımında gemi ve uçak da kullanılmaktadır. Bunlara bağlı olarak siparişlerin tedarik süresinde değişiklikler izlenmektedir.

Stok kontrolü, fabrikanın aynı zamanda tüm fonksiyonel işler için kullanmış olduğu bilgisayar ağına kurulu SAP sistemi vasıtasıyla yürütülmektedir. Stok giriş ve çıkışları her gün düzenli bir şekilde ambar görevlisi tarafından SAP ortamına aktarılmaktadır. Aynı zamanda malzeme tedarik sistemi olarak MRP sistemi kullanılmaktadır.

Depo alanı yeterli alana sahip olup, depo alanı kısıtı önemli ölçüde sorun oluşturmamaktadır. Bu bakımdan ekonomik sipariş miktarı bulunurken Depo Kısıtlı Çok Kalemlili ESM modeline ihtiyaç duyulmamaktadır.



Şekil 7.1. ABC fabrikası üretim ve depolama genel yerleşim düzeni [19]

Fabrikanın üretim ve depolama ünitelerinin, yerleşim düzenine genel olarak bakmak gerektiğinde Şekil 7.1. elde edilir. Şekilde 2 ara depo, bir ana depo ve yedek parça ambarı olmak üzere 4 temel stok alanı gösterilmektedir. Yedek parça ambarındaki malzemeler her bölümde kullanılabilir niteliğe sahiptir.

Her ayrı stok kalemi için ayrı emniyet stoku miktarı belirlenmiş olup, stoktaki miktar, bu miktara düştüğü anda sistem satın alma bölümünün denetimi altında otomatik olarak sipariş vermektedir. Ancak kullanılmakta olan emniyet stoku değerleri ve ekonomik sipariş miktarlarının tutarsız olduğu düşünülmüştür. Bunun üzerine bazı stok kalemleri üzerine yeniden emniyet stoku ve Ekonomik sipariş miktarı hesaplama gereği duyulmuştur. Üç malzeme hakkında veriler toplanmış uygun yöntemler kullanılmak üzere hesaplamalar yapılmıştır. Şimdi bu malzemeler üzerine yapılan uygulamamızı inceleyelim.

### **7.3. ESM Modeli Üzerinde Yapılan Uygulamalar**

Bu kısımda yedek parça ambarında bulunan rulman, gezdirici porseleni ve valf ayarı malzemeleri üzerinde ESM uygulamasına yer verilecektir. ESM'nin tespitinde Klasik ESM modeli kullanılacaktır. Öncelikle bu modelin gereksinim duyduğu birim zamandaki sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyetleri tespit edilecektir. Fabrikadan temin edilen veriler ışığı altında sırasıyla  $ESM = y^*$ , sipariş çevrim uzunluğu ( $t_0$ ) ve yeniden sipariş seviyesi ( $Y$ ) = emniyet stokunu tespit etmeye çalışacağız. Daha sonra elde ettiğimiz ekonomik sipariş miktarlarının fabrika için yıllık ne kadar fazla maliyetten kurtulabileceği tespit edilmiştir. En son yapılan iki uygulama da ise Miktar İndirimli ESM Modeli kullanılmak üzere rulman ve gezdirici porselen üzerinde miktar indirimi uygulandığında ne gibi politikalar izlenmesi gerektiği araştırılacaktır.

#### **7.3.1. Rulman malzemesinin ESM'nin tespiti**

Öncelikle depoda malzeme kodu "1600872" olan, açılımı RULMAN 806 400 0625 800 olan rulman malzemesini inceleyeceğiz.

Malzeme için oluşan talebin tespitinde aşağıda Tablo 7.1.'de verilen stok kayıtlarına göre 527 gün içerisinde depodan çekilen rulman miktarları kullanılacaktır. 01.01.2016 – 12.06.2017 zaman dilimindeki kayıtlar incelenmiştir.

Tablo 7.1. Kayıtlara göre depodan çekilen rulman miktarları [20]

RULMAN 806 400 0625 800		
Malzeme Kodu	Kayıt Tarihi	Miktar
1600872	29.04.2016	-42
1600872	29.04.2016	-458
1600872	31.05.2016	-42
1600872	31.05.2016	-298
1600872	20.07.2016	-1.200
1600872	08.10.2016	-1.000
1600872	06.11.2016	-1.200
1600872	20.11.2016	-2.302
1600872	27.01.2017	-500
TOPLAM		-7042

Bu zaman diliminde toplam 7042 adet rulman depodan çekilmiştir ve çeşitli yerlerde ihtiyaç duyulup kullanılmıştır. Malzemenin talep hızını hesaplamamız için; kullanıldığı tespit edilen toplam malzeme miktarını, incelediğimiz zaman aralığına (gün olarak) bölmek yeterli olacaktır. Zaman aralığını “t”; toplam malzeme miktarını “m” ve talep hızını “D” ile gösterirsek hesaplama şöyle yapılır (Denklem 7.1).

$$D = \frac{m}{t} \quad (7.1)$$

$$D = \frac{7042}{527} \Rightarrow D = 13,36242884 \text{ adet/ gün elde edilir.}$$

Talep hızı yaklaşık olarak 13,36 adet /gün olarak bulunmuştur. Şimdi ise rulman için elde bulundurma maliyetini bulmaya çalışalım. Elde bulundurma maliyeti (EBM)'ni hesaplayabilmek amacıyla, fabrikanın depo yeri maliyetleri % 6, malzeme taşıma (elleçleme) maliyetleri % 3, işçilik maliyetleri % 3, yatırım maliyetleri % 11 ve kaybolma, eksilme ve değer yitirme maliyeti % 2,5 olacak şekilde EBM yıllık % 25,5 faiz oranına bağlıdır. Fabrika malzemeleri tedarik ederken, para birimi olarak Euro kullanılmaktadır. Bundan sonra bütün işlemlerimizde para birimi olarak, Euro kullanılacaktır. Yıllık EBM faizi, günlük EBM faizine dönüştürülmesi

gerekmektedir. Buna göre fabrikanın yıllık Euro EBM faizi % 25,5 iken; günlük Euro EBM faizi ise 0,00062248 olarak hesaplanmıştır. Yıllık faizin, günlüğe dönüşümü aşağıdaki bölümde gösterilmiştir. Yıllık faiz “ $r_y$ ”, günlük faiz ise “ $r_g$ ” ile gösterilmiştir (Denklem 7.2).

$$r_g = (1 + r_y)^{1/365} \quad (7.2)$$

$(1 + 0,225)^{1/365} = 1,00062248$  ve Günlük faiz = 0,00062248 olarak elde edilmiştir.

Rulmanın birim alış fiyatı  $C = 2,55$  Euro’dur.

Elde bulundurma maliyetini, “stokta tuttuğumuz sermayenin bize maliyetini nedir?” sorusuna cevap arayarak hesaplayabiliriz. Bu da elde bulundurma maliyetinin bağlı olduğu faiz oranının, daha sonra ödememiz gereken günlük faizidir. Buna göre EBM, malzemenin alış fiyatı ile günlük faizin çarpımıyla bulunmaktadır (Denklem 7.3).

$$EBM = C \times r_g = h \quad (7.3)$$

Rulman için günlük EBM =  $2,55 \times 0,00062248 = 0,001587324$  Euro/gün’dür.

Bize gerekli olan başka bir veri de parti başına sipariş maliyetidir. Fabrikanın kapsamı içinde siparişle ilgili üç ana bölüm vardır. Tablo 7.2.’de sözü edilen bölümlerde sipariş için harcanan zaman ve bunun maliyete yansımaları gösterilmektedir.

Tablo 7.2. Rulman için siparişe harcanan zamanlar ve maliyetleri [21]

Satın alma Zamanı	Satın alma Tutarı	Muhasebe Zamanı	Muhasebe Tutarı	Ambar Zamanı	Ambar Tutarı	Toplam Tutar
Dakika	EUR	Dakika	EUR	Dakika	EUR	EUR
S. Z.	S	M. Z.	M	A. Z.	A	K
21	0,69	10	0,33	10	0,33	1,34

Sipariş maliyeti hesaplanırken bu kısımlarda sipariş için sarf edilen zaman aralığından, buna bağlı olarak da bu iş için görevlendirilmiş olanların söz konusu zaman diliminde fabrikadan almaya hak kazandığı ücret tutarından yararlanılacaktır. Bu bölümler satın alma, muhasebe ve ambardan oluşmaktadır. Bu bölümlerin sipariş esnasında ne gibi görevler üstlendiğine değinmek gerekirse şu şekilde özetleyebiliriz.

Satın almanın görevleri:

- Stok seviyelerinin gözden geçirilmesi,
- Satın alma isteğinin hazırlanması,
- Alternatifler arasından bir satıcının seçilmesi,
- Siparişin verilmesi, işleme konması.

Ambarın görevleri:

- Teslimat işlemleri,
- Malzemenin giriş kontrolünün yapılması.

Muhasebenin Görevleri:

- Ödeme işlemlerinin yapılması,
- Muhasebe kayıtlarının tutulması.

Bu bölümlerde bir parti sipariş için geçen zamanlar Tablo 7.2.'de verilmişti. Bu zamanlardan hak edilen ücretin hesaplanmasında, görevlilere aylık olarak verilmekte olan 2213 TL kullanılacaktır. Diğer verilerin Euro oluşundan ötürü bu değer 1 Euro= 4,7 TL'lik döviz kurundan faydalanmak üzere Euro çevrilmiştir. Ayrıca ücretin dakika cinsinden olması gerektiğine de dikkat ettiğimizde aşağıdaki dakikalık ücret elde edilir (işletmede 30 işgününde ve günde 8 saat çalışılmaktadır).

$$2213/4,7/30/8/60 = 0,032679739 \text{ Euro/dak}$$

Dakikalık ücreti de elde ettikten sonra bölümlerde harcanan zamanlardan faydalanmak üzere ayrı ayrı maliyetler hesaplanıp toplanır. Buna göre rulman için sipariş maliyeti şöyle hesaplanır.

Satın alma bölümünün sipariş maliyeti =  $S = 21 \times 0,032679739 = 0,69$  Euro

Muhasebe bölümünün sipariş maliyeti =  $M = 10 \times 0,032679739 = 0,33$  Euro

Ambar bölümünün sipariş maliyeti =  $A = 10 \times 0,032679739 = 0,33$  Euro

$$\text{Toplam Sipariş Maliyeti} = S + M + A = K \quad (7.4)$$

$TSM = 0,69 + 0,33 + 0,33 = 1,34$  Euro'dur (Denklem 7.4).

Rulman için tedarik süresi  $L = 5$  gün olarak tespit edilmiştir.

Şimdiye kadar elde ettiğimiz veriler, Tablo 7.3.'de özetlenmiştir. Bu tabloda  $D$ ,  $K$ ,  $h$  ve  $L$  değerleri yer almaktadır.

Tablo 7.3. Rulmanın ESM hesabı için ilgili veriler

Talep Hızı	Toplam Sipariş Maliyeti	Elde Bulundurma Maliyeti	Tedarik Süresi
Adet/Gün	EUR	EUR/Gün	Gün
$D$	$K$	$h$	$L$
13,36242884	1,339869281	0,001587324	5

Şimdi elimizdeki veriler ışığı altında sırasıyla  $ESM = y^*$ , sipariş çevrim uzunluğu ( $t_0$ ) ve yeniden sipariş seviyesi ( $Y$ ) = emniyet stokunu tespit etmeye çalışalım.

Denklem, 6.3'den  $y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$  elde edilmekteydi. Buna göre;

$$y^* = 150,195224 \cong 151 \text{ adettir.}$$

Sipariş çevrim uzunluğu ( $t_0$ )'nun hesaplanmasında aşağıdaki denklem 7.5 kullanılmaktadır.

$$t_0 = \frac{y^*}{d} \quad (7.5)$$

Buna göre;  $t_0 = \frac{151}{13,36} = 11,3$  gündür.

Yeniden sipariş seviyesi (Y)'nin hesaplanmasında  $Y = LD$  kullanılmaktadır. Yani tedarik süresi içerisinde talep edilen miktarın bulunmasından ibarettir. Tedarik süresi, sipariş çevrim süresinden kısa olduğu takdirde bu denklem ile yeniden sipariş seviyesi (emniyet stoku) bulunabilir. Tedarik süresi ile sipariş çevrim süresi eşit ise sipariş teslim alındığında, aynı zamanda gelecek sipariş için de yeniden sipariş verilmelidir. Tedarik süresi, sipariş çevrim süresinden uzun ise yeniden sipariş seviyesinin hesabında tedarik süresinden dönüşümlü sipariş çevrim uzunluğu çıkarılarak kalan sürenin talep hızıyla çarpılmasından elde edilir. Bu her üç halde de kullanılabilir bir denklem oluşturulmuştur. Bu da (Denklem 7.6);

$$Y = (L - nt_0).D \text{ dir.} \quad (7.6)$$

Burada  $n$ ,  $L/t_0$ 'dan büyük olmayan en büyük tamsayıdır. Bu sonuç doğrulanmaktadır, çünkü  $t_0$ 'ın her  $n$  çevriminden sonra, bir siparişin verilmesiyle bir diğerinin alınması arasındaki süre " $L-nt_0$ " olduğunda stok durumu oluşur. Böylece yeniden sipariş noktası  $(L - nt_0).D$  birim olarak belirlenir.

$n = 0 \leq \frac{5}{11,3} \leq 1 \Rightarrow n = 0 \text{ dir}$  ve bununla beraber  $Y=LD$ 'den  $66,81214 \cong 67$  olarak tespit edilir. Elde ettiğimiz bu değerleri Tablo 7.4.'de özetleyelim.

Tablo 7.4. Rulman için ESM ve emniyet stoku miktarı

Sipariş Miktarı	Sipariş Çevrim Uzunluğu	Yeniden Sipariş Seviyesi
Adet	Gün	Adet
$y^*$	$t_0$	Y
151	11,3	67
150,195224		66,81214

Tablo 7.5. Rulman için mevcut ESM ve emniyet stoku miktarı [22]

Mevcut Sipariş Miktarı	Sipariş Çevrim Uzunluğu	Mevcut Yeniden Sipariş Seviyesi
Adet	Gün	Adet
$y^*$	$t_0$	Y
500	37,42	249

Sipariş miktarında değişme söz konusu olduğunda toplam maliyeti değiştiren iki parametre vardır.

$K$  = Siparişin verilmesiyle ilgili olan sipariş maliyeti (pb/sipariş)

$h$  = Elde bulundurma maliyeti (pb/birim zaman birimi)

Sipariş maliyeti artırılırsa, elde bulundurma maliyeti de otomatik olarak azalır. Aynı ifade tersi için de geçerlidir. Alış fiyatı değişmediğinden toplam maliyeti etkilemez. Birim zamandaki toplam maliyeti daha önce belirttiğimiz gibi denklem 6.2'den elde ederiz.

$$TBM(y^*) = \frac{KD}{y^*} + \frac{h}{2}y^*$$

Toplam maliyeti minimize ederken de bu denklemden faydalanmıştık. Şimdi bu denklem aracılığıyla mevcut sipariş miktarının ekonomik sipariş miktarıyla değişim yapıldığında elde edeceğimiz getiriye görmeye çalışalım. Bunun için günlük toplam maliyetlerden faydalanacağız. Mevcut sipariş miktarının maliyeti ile elde ettiğimiz sipariş miktarının kullanılmasıyla getireceği maliyeti karşılaştırmak, aradaki maliyet farkını görmemiz için yeterli olacaktır. Aşağıda günlük maliyeti hesaplarken, denklem 6.2'de veriler yerine konduğunda maliyetteki değişimi sağlayacak tek unsurun sipariş miktarı olduğu açıkça görülmektedir.

$$TBM(y^*) = \frac{(1,34)13,36242884}{y^*} + \frac{0,001587324}{2}y^*$$



Buna göre;

$$TBM(151) = 0,118580494 + 0,119842962 = 0,238423456 \text{ Euro/gün}$$

$$TBM(500) = 0,035811309 + 0,396831 = 0,432642309 \text{ Euro/gün}$$

Elde bulundurma maliyetinde indirim sağlanırken, buna karşın sipariş maliyetinde artma gözlemlendi. Ancak elde bulundurma maliyetinde daha fazla indirim sağlanması sebebiyle küçümsenmeyecek kadar büyüklükte toplam maliyette indirim sağlandı. Ekonomik sipariş miktarının uygulanması halinde günlük olarak 0,194218853 Euro kâr elde edilecektir. Bu değeri yıllığa çevirmek için, bugünkü değer ve anüiteden faydalanılarak oluşturulmuş aşağıdaki denklemden yararlanılır (Denklem 7.7).

$$\text{Bugünkü değer üzerinden yıllık kar} = \text{Günlük kâr} \times \left( \frac{1}{r_g} - \frac{1}{r_g(1+r_g)^{365}} \right) \quad (7.7)$$

Denklem 7.7'den 53,7746968 Euro değeri elde edilir. Görüldüğü üzere ekonomik sipariş miktarının tespiti ile 1 Euro = 4,7 TL'lik döviz kurundan faydalandığımızda yaklaşık olarak yıllık 252,741 TL kâr elde edilmiştir.

### 7.3.2. Gezdirci porseleni malzemesinin ESM'nın tespiti

Depoda malzeme kodu "1601419" olan, gezdirici porseleni malzemesini inceleyeceğiz. Malzeme için oluşan talebin tespitinde aşağıda Tablo 7.6.'de verilen stok kayıtlarına göre 527 gün içerisinde depodan çekilen gezdirici porseleni miktarları kullanılacaktır.

01.01.2016 – 12.06.2017 zaman dilimindeki kayıtlar incelenmiştir. Bu zaman diliminde toplam 560 adet gezdirici porseleni depodan çekilmiştir ve çeşitli yerlerde ihtiyaç duyulup kullanılmıştır.

Tablo 7.6. Kayıtlara göre depodan çekilen gezdirici porseleni miktarları [20]

GEZDİRİCİ PORSELENİ		
Malzeme Kodu	Kayıt Tarihi	Miktar
1601419	14.01.2016	-10
1601419	14.01.2016	-20
1601419	15.01.2016	-4

Tablo 7.6. Devamı

Malzeme Kodu	Kayıt Tarihi	Miktar
1601419	25.01.2016	-10
1601419	04.02.2016	-6
1601419	19.04.2016	-40
1601419	29.05.2016	-245
1601419	20.02.2017	-50
1601419	05.03.2017	-135
1601419	15.05.2017	-40
	TOPLAM	-560

Malzemenin talep hızını hesaplayalım.

$$D = \frac{560}{527} \Rightarrow D = 1,062618596 \text{ adet/gün elde edilir.}$$

Talep hızı yaklaşık olarak 1,06 adet /gün olarak bulunmuştur. Şimdi ise gezdirici porseleni için elde bulundurma maliyetini bulmaya çalışalım.

Gezdirici porselenin birim alış fiyatı  $C = 1,37$  Euro'dur.

Elde bulundurma maliyetini, denklem 7.3'den hesaplayabiliriz. Buna göre;

Gezdirici porseleni için günlük EBM =  $1,37 \times 0,00062248 = 0,000852797$  Euro/gün'dür.

İhtiyacımız olan diğer veri olan parti başına sipariş maliyetini hesaplayalım. Tablo 7.7.'de bölümlerde sipariş için harcanan zamanı ve bunun maliyete yansımaları gösterilmektedir.

Tablo 7.7. Gezdirici porseleni için siparişe harcanan zamanlar ve maliyetleri [21]

Satın alma Zamanı	Satın alma Tutarı	Muhasebe Zamanı	Muhasebe Tutarı	Ambar Zamanı	Ambar Tutarı	Toplam Tutar
Dakika	EUR	Dakika	EUR	Dakika	EUR	EUR
S. Z.	S	M. Z.	M	A. Z.	A	K
45	1,47	15	0,49	10	0,33	2,29

Dakikalık ücret 0,032679739 Euro/dak idi. Buna göre gezdirici porseleni için sipariş maliyeti şöyle hesaplanır.

Satın alma bölümünün sipariş maliyeti =  $S = 45 \times 0,032679739 = 1,470588255$  Euro

Muhasebe bölümünün sipariş maliyeti =  $M = 15 \times 0,032679739 = 0,490196085$  Euro

Ambar bölümünün sipariş maliyeti =  $A = 10 \times 0,032679739 = 0,32679739$  Euro

Toplam Sipariş Maliyeti denklem 7.4'den hesaplanır.  $TSM = 1,47 + 0,49 + 0,33 = 2,29$  Euro'dur.

Gezdirici porseleni için tedarik süresi  $L = 60$  gün olarak tespit edilmiştir.

Şimdiye kadar elde ettiğimiz veriler, Tablo 7.8. özetlenmiştir. Bu tabloda  $D$ ,  $K$ ,  $h$  ve  $L$  değerleri yer almaktadır.

Tablo 7.8. Gezdirici porselenin ESM hesabı için ilgili veriler

Talep Hızı	Toplam Sipariş Maliyeti	Elde Bulundurma Maliyeti	Tedarik Süresi
Adet/Gün	EUR	EUR/Gün	Gün
$D$	$K$	$h$	$L$
1,062618596	2,28758173	0,000852797	60

Şimdi elimizdeki veriler ışığı altında sırasıyla  $ESM = y^*$ , sipariş çevrim uzunluğu ( $t_0$ ) ve yeniden sipariş seviyesi ( $Y$ ) = emniyet stokunu tespit etmeye çalışalım.

Denklem, 6.3'den  $y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$  elde edilmekteydi. Buna göre;  $y^* = 73,24542032 \cong$

74 adettir.

Sipariş çevrim uzunluğunun hesaplanmasında denklem 7.5 kullanılmaktaydı. Buna göre;  $t_0 = \frac{74}{1,06} = 69,63$  gündür.

Yeniden sipariş seviyesinin hesaplanmasında denklem 7.6'yı kullanırız.  $Y = 63,75711575 \cong 64$  olarak tespit edilir. Elde ettiğimiz bu değerleri Tablo 7.9.'da özetleyelim.

Tablo 7.9. Gezdirici porseleni için ESM ve emniyet stoku miktarı

Sipariş Miktarı	Sipariş Çevrim Uzunluğu	Yeniden Sipariş Seviyesi
Adet	Gün	Adet
$y^*$	$t_0$	Y
74	69,63	64,00
73,24542032		63,75711575

Tablo 7.10. Gezdirici porseleni için mevcut ESM ve emniyet stoku miktarı [22]

Mevcut Sipariş Miktarı	Sipariş Çevrim Uzunluğu	Mevcut Yeniden Sipariş Seviyesi
Adet	Gün	Adet
$y^*$	$t_0$	Y
50	47,05	24

Birim zamandaki toplam maliyeti daha önce belirttiğimiz gibi denklem 6.2'den elde ederiz. Bunun için günlük toplam maliyetlerden faydalanacağız. Mevcut sipariş miktarının maliyeti ile elde ettiğimiz sipariş miktarının kullanılmasıyla getireceği maliyeti karşılaştırmak, aradaki maliyet farkını görmemiz için yeterli olacaktır. Aşağıda günlük maliyeti hesaplariken, denklem 6.2'de veriler yerine konduğunda maliyetteki değişimi sağlayacak tek unsurun sipariş miktarı olduğu açıkça görülmektedir.

$$TBM(y^*) = \frac{(1,06)2,28758173}{y^*} + \frac{0,000852797}{2} y^*$$

Buna göre;

$$TBM(74) = 0,032768062 + 0,031553489 = 0,064321551 \text{ Euro/gün}$$

$$TBM(50) = 0,048616537 + 0,010552073 = 0,05916861 \text{ Euro/gün}$$

Sipariş maliyetinde indirim sağlanırken, buna karşın elde bulundurma maliyetinde artma gözlemlendi. Ancak sipariş maliyetinde daha fazla indirim sağlanması sebebiyle küçümsenmeyecek kadar büyüklükte toplam maliyette indirim sağlandı. Ekonomik sipariş miktarının uygulanması halinde günlük olarak 0,005152941 Euro kâr elde edilecektir. Bu değeri denklem 7.7’den faydalanmak üzere yıla çevirdiğimizde 1,681993911 Euro değeri elde edilir. Görüldüğü üzere ekonomik sipariş miktarının tespiti ile 1 Euro = 4,7 TL’lik döviz kurundan faydalandığımızda yaklaşık olarak yıllık 7,9 TL kâr elde edilmiştir.

### 7.3.3. Valf ayarı malzemesinin yeniden sipariş noktası’nın tespiti

Depoda malzeme kodu “1600519” olan, açılımı VALF AYARI VY1200-102F olan, valf ayarı malzemesini inceleyeceğiz. Malzeme için oluşan talebin tespitinde aşağıda Tablo 7.11.’de verilen stok kayıtlarına göre 2 yıl içerisinde depodan çekilen valf ayarı miktarları kullanılacaktır. 01.01.2016 – 31.12.2017 zaman dilimindeki kayıtlar incelenmiştir. Bu zaman diliminde toplam 56000 adet valf ayarı depodan çekilmiştir ve çeşitli yerlerde ihtiyaç duyulup kullanılmıştır. Ürün için talebin değişken ve tedarik süresinin sabit olduğu stokastik model kullanılmıştır.

Tablo 7.11. Kayıtlara göre depodan çekilen valf ayarı miktarları [20]

VALF AYARI VY1200-102F				
Malzeme Kodu	Kayıt Tarihi 2016	Miktar	Kayıt Tarihi 2017	Miktar
1600519	Ocak	-1167	Ocak	-2742
1600519	Şubat	-2392	Şubat	-2683
1600519	Mart	-2392	Mart	-2683
1600519	Nisan	-2100	Nisan	-2217
1600519	Mayıs	-2275	Mayıs	-2917
1600519	Haziran	-2392	Haziran	-3033
1600519	Temmuz	-1517	Temmuz	-1050
1600519	Ağustos	-2392	Ağustos	-2916
1600519	Eylül	-2566	Eylül	-3150
1600519	Ekim	-2158	Ekim	-2742
1600519	Kasım	-2334	Kasım	-3091
1600519	Aralık	-1750	Aralık	-2275

Malzemenin talep hızını hesaplayalım.

$$D = \frac{56000}{24} \Rightarrow D = (2333 \text{ adet/ay}) \times 12 = 27996 \text{ adet/yıl elde edilir.}$$

Talep hızı yaklaşık olarak 27996 adet/yıl ve talebin standart sapması 559,15 olarak bulunmuştur. Şimdi ise valf ayarı için elde bulundurma maliyetini bulmaya çalışalım.

Valf ayarının birim alış fiyatı  $C = 283,12$  Euro'dur.

Elde bulundurma (stok bulundurma) maliyetini, denklem 7.3'den hesaplayabiliriz.

Buna göre;

$$\text{Valf ayarı için yıllık EBM} = 283,12 \times 0,255 = 72,2 \text{ Euro/yıl'dır.}$$

İhtiyacımız olan diğer veri olan parti başına sipariş maliyetini hesaplayalım. Tablo 7.12.'de bölümlerde sipariş için ne harcanan zaman ve bunun maliyete yansımaları gösterilmektedir.

Tablo 7.12. Valf ayarı için siparişe harcanan zamanlar ve maliyetleri [21]

Satın alma Zamanı	Satın alma Tutarı	Muhasebe Zamanı	Muhasebe Tutarı	Ambar Zamanı	Ambar Tutarı	Toplam Tutar
Dakika	EUR	Dakika	EUR	Dakika	EUR	EUR
S. Z.	S	M. Z.	M	A. Z.	A	K
21	0,69	10	0,33	10	0,33	1,34

Dakikalık ücret 0,032679739 Euro/dak idi. Buna göre valf ayarı için sipariş maliyeti şöyle hesaplanır.

$$\text{Satın alma bölümünün sipariş maliyeti} = S = 21 \times 0,032679739 = 0,69 \text{ Euro}$$

$$\text{Muhasebe bölümünün sipariş maliyeti} = M = 10 \times 0,032679739 = 0,33 \text{ Euro}$$

$$\text{Ambar bölümünün sipariş maliyeti} = A = 10 \times 0,032679739 = 0,33 \text{ Euro}$$

Toplam Sipariş Maliyeti denklem 7.4'den hesaplanır.  $TSM = 0,69 + 0,33 + 0,33 = (1,34 \text{ Euro/dak}) \times 60 = 80,4 \text{ Euro/saat}$  dir.

Valf ayarı için tedarik süresi = 62 gün = 2,06 ay = 0,17 yıl olarak tespit edilmiştir.

Şimdiye kadar elde ettiğimiz veriler, Tablo 7.13. özetlenmiştir. Bu tabloda D,  $\sigma$ , K, h ve L değerleri yer almaktadır.

Tablo 7.13. Valf ayarı yeniden sipariş noktası hesabı için ilgili veriler

Talep Hızı	Talebin Standart Sapması	Toplam Sipariş Maliyeti	Stok (Elde) Bulundurma Maliyeti	Tedarik Süresi
Adet/Yıl		EUR/Saat	EUR/Yıl	Yıl
D	$\sigma$	K	h	L
27996	559,15	80,4	72,2	0,17

Şimdi elimizdeki veriler ışığı altında sırasıyla  $ESM = y^*$ , optimum stoksuzluk yüzdesi (P), servis yüzdesi, emniyet stoku (S), yeniden sipariş seviyesi (Y) ve yeniden sipariş noktası (R) tespit etmeye çalışalım.

Denklem, 6.3'den  $y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$  elde edilmekteydi. Buna göre;  $y^* = 249,7 \cong 250$  adettir.

Pazarlama faaliyetleri ürün satış fiyatından karın % 35'i olarak bilinmektedir. Ürün % 10 kar ile satılmaktadır. Valf ayarı için stoksuzluk maliyeti şöyle hesaplanır.

Stoksuzluk maliyetinin iki temel bileşeni olan;

Kayıp kar  $283,12 \times 0,10 = 28,312 \text{ Euro}$ 'dur.

Pazarlama kayıpları  $28,312 \times 0,35 = 9,9092 \text{ Euro}$ 'dur.

Toplam stoksuzluk maliyeti =  $28,312 + 9,9092 = 38,2212 \text{ Euro}$ 'dur.

Optimum Stoksuzluk yüzdesi için şunları tanıyalım.

P = Optimum stoksuzluk yüzdesi

h = Stok bulundurma maliyeti

A = Stoksuzluk maliyeti

D = Talep hızı

$y^*$  = Sipariş büyüklüğü

$$P(S) = \frac{hy^*}{AD+hy^*} \quad (7.8)$$

$$\text{Servis yüzdesi} = (1 - \text{Optimum Stoksuzluk Yüzdesi}) \quad (7.9)$$

Emniyet Stoku için şunları tanıyalım.

S = Emniyet stok miktarı

$\sigma$  = Talebin standart sapması

L = Temin süresi

Z = İstenilen servis yüzdesine karşılık normal dağılım tablosundan alınan z sayısı

$$S = Z\sigma\sqrt{L} \quad (7.10)$$

Yeniden sipariş noktası hesabı için;

$$R = S+Y \quad (7.11)$$

Denklem 7.8'den  $P(S) = \frac{hy^*}{AR+hy^*}$  elde edilmekteydi. Buna göre;  $P(S) = 0,016$

Denklem 7.9'dan faydalanarak; Servis yüzdesi =  $1 - 0,016 = 0,984$

Servis Yüzdesi 0,984'in Z Tablosundaki karşılığı olan  $Z_{0,984} = 2,14$ 'dir.



Emniyet stokunu hesaplamak için % 98.4 hizmet düzeyi ( % 1,6 yok satma ihtimali) kullanılacaktır. Denklem 7.10'dan faydalanarak  $S = Z\sigma\sqrt{L}$  elde edilmektedir. Buna göre; Emniyet stoku  $S = 1717,41 \cong 1718$  adettir.

Yeniden sipariş seviyesinin hesaplanmasında denklem 7.6'yı kullanırız.  $Y = 4805,98 \cong 4806$  olarak tespit edilir.

Denklem 7.11'den faydalanarak;

Yeniden Sipariş Noktası =  $1718 + 4806 = 6524$  adettir. Elde ettiğimiz bu değerleri Tablo 7.14.'de özetleyelim.

Tablo 7.14. Valf ayarı için yeniden sipariş noktası ve emniyet stoku miktarı

Sipariş Miktarı	Stoksuzluk Maliyeti	Emniyet Stoku	Yeniden Sipariş Seviyesi	Yeniden Sipariş Noktası
Adet/Yıl	Euro	Adet	Adet	Adet
$y^*$	A	S	Y	R
250	38,2212	1718	4760	6524

Optimum sipariş büyüklüğü 250 adettir. Ürün için emniyet stoku ise 1718 adettir. Ürün miktarı 6524 adet altına düştüğünde yeniden sipariş verilmelidir.

#### 7.3.4. Rulman için miktara göre fiyat indirildiğinde ESM'nın tespiti

Daha önce klasik ESM modeli ile ekonomik sipariş miktarını hesapladığımız rulman malzemesi için tedarikçi firma tarafından miktara göre indirim önerildiğinde izlememiz gereken politikayı bulmaya çalışalım. Tedarikçi firmanın fiyat teklifleri Tablo 7.16.'da görülmektedir.

Tablo 7.15. Rulman için miktara göre fiyat teklifleri [23]

Normal Fiyat	C1	2,55	Euro
İndirimli Fiyat	C2	2,52	Euro
İndirim İçin Limit Alış Miktarı	q	2000	Adet

Sipariş miktarında değişme söz konusu olduğunda toplam maliyeti değiştiren iki parametre vardı. Bunlar;

$K$  = Siparişin verilmesiyle ilgili olan sipariş maliyeti,

$h$  = Elde bulundurma maliyetiydi.

Alış fiyatının miktara göre değişebildiği durumlarda alış fiyatı da toplam maliyeti etkiler. Bu durumda birim zamandaki toplam maliyete alış fiyatının günlük talep hızına çarpımı da eklenir ve birim zamandaki toplam maliyet aşağıdaki gibi formülendir (Denklem 7.12).

$$TBM(y^*) = \frac{KD}{y^*} + \frac{h}{2}y^* + CD \quad (7.12)$$

Toplam maliyetler bu denklem aracılığıyla karşılaştırılır. Öncelikle hesapladığımız ekonomik sipariş ve normal fiyat göze alınarak birim toplam maliyet elde edilir. Sonra önümüze sunulan fiyatlar ve bu fiyatlarda malzemelerin alınabilmesi için (min. miktar) limit miktarlar göze alınarak birim toplam maliyetler elde edilir. En küçük maliyete sahip olan seçenek tercih edilir. Şimdi verilen değerlere göre TBM'leri bulalım.

Ekonomik sipariş miktarı için TBM'yi bulalım;

$$TBM(214) = 0,118580494 + 0,119842962 + 2,55 \times 13,36242884 =$$

$$TBM(214) = 0,118580494 + 0,119842962 + 34,07419355 = 34,31261699 \text{ Euro/gün}$$

Sunulan teklif için TBM'yi bulalım;

$$TBM(2000) = 0,008951954 + 1,587324 + 2,52 \times 13,36242884 =$$

$$TBM(2000) = 0,008951954 + 1,587324 + 33,67332067 = 35,269596624 \text{ Euro/gün}$$

$$34,31261699 < 35,269596624$$

Ekonomik sipariş miktarı için  $TBM < \text{Sunulan teklif için TBM}$

Görüldüğü üzere ekonomik sipariş miktarıyla sipariş söz konusu olduğunda daha az maliyete katlanmak zorunda kalındığından dolayı ekonomik sipariş miktarıyla devam etmek daha uygundur.

### 7.3.5. Gezdirici porseleni için miktara göre fiyat indirildiğinde ESM'nın tespiti

Şimdi ise gezdirici porselen malzemesi için tedarikçi firma tarafından miktara göre indirim önerildiğinde izlememiz gereken politikayı bulmaya çalışalım. Tedarikçi firmanın fiyat teklifleri Tablo 7.17.'de görülmektedir.

Tablo 7.16. Gezdirici porselen için miktara göre fiyat teklifleri [23]

Normal Fiyat	C1	1,37	Euro
İndirimli Fiyat	C2	1,35	Euro
İndirim İçin Limit Alış Miktarı	q	150	Adet

Şimdi verilen değerlere göre denklem 7.8' den faydalanarak TBM'leri bulalım.

Ekonomik sipariş miktarı için TBM'yi bulalım;

$$TBM(74) = 0,032768062 + 0,031553489 + 1,37 \times 1,062618596 =$$

$$TBM(74) = 0,032768062 + 0,031553489 + 1,455787476 = 1,52010902 \text{ Euro/gün}$$

Sunulan teklif için TBM'yi bulalım;

$$TBM(150) = 0,016205512 + 0,063959775 + 1,35 \times 1,062618596 =$$

$$TBM(150) = 0,016205512 + 0,063959775 + 1,434535104 = 1,514700391 \text{ Euro/gün}$$

$$1,514700391 < 1,52010902$$

Sunulan teklif için  $TBM < \text{Ekonomik sipariş miktarı için TBM}$ ' den dolayı tedarikçi firmanın sunduğu teklif kabul edilmelidir. Çünkü ekonomik sipariş miktarından daha az maliyete katlanılmak zorunda kalınmaktadır.

## **BÖLÜM 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Günümüz şartlarında işletmeler, üretimle ilgili işlemlere verdikleri önemle birlikte toplam maliyetlerini de titiz bir biçimde kontrol etmeye zorludurlar. Belirsizliğin ve karmaşıklığın yaşandığı piyasalarla beraber rekabet baskısının da günden güne yoğunlaşmasından dolayı firmalar, karlılık oranlarını yükseltebilmek amacıyla kaliteli üretimden taviz vermeden operasyonel faaliyetlerini daha ucuza mal etmeye mecbur kalmışlardır. Stoklar, toplam maliyetler içerisinde payı en büyük olan bölümlerden birisidir. Bundan dolayı firmaların stok yönetimine hak ettiği önemi vermeleri gerekmektedir.

Stokların etkin bir şekilde yönetilmesi için, ESM başta olmak üzere bazı stok kontrol stratejileri geliştirilmiştir. Fazla stok, şirketlerde maliyeti yükseltir, firmanın zarar etmesine yol açar. Ancak bazı nedenlerden dolayı şirketler fazla stok bulundurmaya mecbur kalmışlardır. Fazla stoklar, firmaların stok maliyetlerinin yüksek olma nedenidir. ESM modeli, stok maliyetlerinin düşürülmesi en etkili yöntemlerden birisidir.

ESM modelinin daha yaygın ve sık kullanılması, firmaların envanterlerini daha etkili yönetebilmelerini, kazançlarını arttırabilmelerini ve rakipleri karşısında daha avantajlı duruma gelebilmelerinin sağlayacaktır.

ESM modelinin çağımızda hala geçerliliği olan en önemli modellerden biri olması, çalışmadan çıkarabileceğimiz en dikkate değer sonuçtur. Sözü edilen model kullanıldığında ABC fabrikasının stok yapısında olumlu bir iyileşme elde edileceği görülmüştür. Firmaların ESM modeliyle ilgili daha duyarlı olmaları halinde bu modeli daha sık ve iyi kullanmaları mümkün olabilecek, stoklarını en uygun düzeyde tutacaklar ve stok maliyetlerini düşüreceklerdir.

Bu çalışmada, ekonomik sipariş miktarını tespit etmek adına, envanter maliyetleri incelenmiş ve bu maliyetlerin neler olduğu tespit edilmiştir. Bu maliyetlerin azaltılması için kullanılan modeller verilmiştir. Özellikle deterministik stok kontrol sistemleri üzerinde durulmuştur.

Stokların işletmeler açısından önemi tespit edilmiştir. Bu bakımdan envanter maliyetlerinin işletmelere bir yük getirdiği ancak stoksuz çalışmanın büyük fırsat kayıplarına sebep olmasından ötürü mümkün olamayacağı görülmüştür. Ekonomik sipariş miktarlarının tespiti ile zamanlama itibariyle tedarik kaynakları ile bağlantılar iyi sağlanırsa daha az stok bulundurma mümkün olabileceği ortaya konmuştur.

Çalışmada, ABC Fabrikası'nın Yedek Parça Ambarının stok kontrolü üzerinde, ESM modelinin alt yöntemlerinden Klasik ESM modeli ve Miktar İndirimli ESM modeli kullanılmış ve envanter maliyetlerinin düşürüldüğü gözlenmiştir. Çalışmada firmanın uyguladığı ESM ile, hesapladığımız ESM arasında büyük farklar bulunmaktadır. Stoklarda yapılan iyileştirmeler sonucunda firma önemli bir kazanç elde edecektir.

Çalışmanın uygulama aşamasında işletme içindeki bir sorunun çözümünde nasıl bir yaklaşım izlenerek çözüme gidilebileceği hakkında bilgi sahibi oldum. İşletmedeki bu konuyla ilgili üst düzey yöneticiler ile birlikte diyalog ve bilgi alışverişinde bulunularak, olaylara mühendis anlayışıyla bakma konusunda fikir edindim.

Uygulama esnasında teoride bildiğim bilgileri işletme üzerindeki bir alanda uygulama şansını buldum. Böylelikle edindiğimiz bilgilerin nerelerde kullanılabileceği hakkında ufku genişlettim. Yaptığım çalışma konusunda kendimi iyileştirme ve geliştirme fırsatı buldum ve bunun sonuçlarını iş yaşamımda, hayata geçirebileceğime inancım sonsuzdur. Bunun sağlanmasında katkıları geçen herkese teşekkürü bir borç bilirim.

## KAYNAKLAR

- [1] Yaman, R., Üretim Planlama: Kontrol ve Bütünleştirme, Nobel Yayınevi, Ankara, 25-180, 2011.
- [2] Roach, B., Origins of the Economic Order Quantity Formula”, Washburn University School of Business Working Paper Series, Kansas, 2005.
- [3] Yenersoy, G., Malzeme Yönetim Sistemleri, No:1, MA-PA Yayınları, İstanbul, 5-58, 1990.
- [4] Halaç, O., Kantitatif Karar Verme Teknikleri, 5. Baskı, Alfa Kitabevi, Bursa, 282, 2001.
- [5] Kızıltan, G., Inventory control with monetary objective function, Bogazici University, Master's Thesis, 4, 1977.
- [6] Gençyılmaz, G., Stok Sistemlerinin Yönetimi-I, İ.Ü. İşletme Fak. Yayını, No:204, İstanbul, 9-31, 1988.
- [7] Sabri, B., Yılmaz B., Nurten E., Envanter ve Bilanço, Seçkin Yayınları, Ankara, 173, 2005.
- [8] Akgüç, Ö., Finansal Yönetim, Avcıol Basım-Yayın, İstanbul, 296-300, 1998.
- [9] Çatal, A., Bir firmada stok kontrol sistemine öneriler ve kanban uygulaması, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1993.
- [10] Reisman, A., V. Dean, B., S. Salvador, M., Oral, M., Industrial Inventory Control, New York, 54, 1972.
- [11] Brown, R.G., Materials Management Systems, New York, 242, 1977.
- [12] Atlı, R., Envanter kontrolünde ekonomik sipariş miktarı modeli ve uygulanması, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1997.
- [13] Morrison, A. Storage and Control Of Stock, London, 105, 1969.
- [14] Kobu. B., Gunesekaran. A., Modeling and Analysis Business Process Reengineering. International Journal of Production Research, 308-313, 2002.

- [15] Silver, A., Peterson, R., Decision systems For Inventory Management and Production Planning, New York, 626, 1985.
- [16] Öztürk, A., Yöneylem Araştırması, Genişletilmiş 7. Baskı, Ekin kitapevi Yayınları, Bursa, 335-353, 2001.
- [17] Taha, A. H, Yöneylem Araştırması, 6. Basımdan Çeviri, Çevirenler: Baray Ş. Alp, Esnaf Şakir, Literatür Yayıncılık, Mart Matbaacılık İstanbul, 435-453, 2000.
- [18] Gilbert, G.ISRAEL, P. Quantitative Decision Making For Business. Prentice Hall International, Inc, London, 358, 1978.
- [19] ABC fabrikası süreç planlama departmanı kayıtları.
- [20] ABC fabrikası, yedek parça ambarı stok kayıtları.
- [21] ABC fabrikası bölümlerinde yapılan zaman etüdü sonuçları.
- [22] ABC fabrikası, planlama departmanı kayıtları.
- [23] ABC fabrikası, Satın Alma kayıtları.

## ÖZGEÇMİŞ

Özgür Gezer, 05.02.1988'de Ardahan'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2005 yılında Avcılar Anadolu Teknik Lisesi Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi, Elektrik – Elektronik Teknolojisi bölümünden mezun oldu. 2005 yılında başladığı İstanbul Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O. Kontrol ve Otomasyon Teknolojisi programını 2007 yılında bitirdi. 2013 yılında başladığı İstanbul Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği lisans tamamlama programını 2016 yılında bitirdi. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Yönetimi programında yüksek lisans eğitimine başladı. Özel bir şirkette Teknik Destek Mühendisi olarak görev yapmaktadır.