



T.C.

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

**TALEBİN KISMİ ERTELENMESİ DURUMUNDA BİR
EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODELİ**

DOKTORA TEZİ

Ahmed Adnan Hafedh ALGBURI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Abdullah EROĞLU

ISPARTA, 2019



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



DOKTORA TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

Öğrencinin Adı Soyadı	Ahmed Adnan Hafedh ALGBURI
Anabilim Dalı	İşletme
Tez Başlığı	Kusurlu Ürün ve Stoksuzluk Durumu Halinde Stok Modelleri
Yeni Tez Başlığı ¹ (Eğer değişmesi önerildi ise)	Talebin Kısmi Ertelenmesi Durumunda Bir Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği hükümleri uyarınca yapılan Doktora Tez Savunma Sınavında Jürimiz *11./01/2019* tarihinde toplanmış ve yukarıda adı geçen öğrencinin Doktora tezi için;

OY BİRLİĞİ OY ÇOKLUĞU²

ile aşağıdaki kararı almıştır.

- Yapılan savunma sınavı sonucunda aday başarılı bulunmuş ve tez **KABUL** edilmiştir.
 Yapılan savunma sınavı sonucunda tezin **DÜZELTİLMESİ**³ kararlaştırılmıştır.
 Yapılan savunma sınavı sonucunda aday başarısız bulunmuş ve tezinin **REDDEDİLMESİ**⁴ kararlaştırılmıştır.

TEZ SINAV JÜRİSİ	Adı Soyadı/Üniversitesi	İmza
Danışman	Prof. Dr. Abdullah EROĞLU	
Jüri Üyesi	Dr. Öğretim Üyesi Harun SULAK	
Jüri Üyesi	Dr. Öğretim Üyesi Erdal AYDEMİR	
Jüri Üyesi	Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Levent ERDAŞ	
Jüri Üyesi	Dr. Öğretim Üyesi Yusuf ŞAHİN	

¹ Tez başlığının DEĞİŞTİRİLMESİ ÖNERİLDİ ise yeni tez başlığı ilgili alana yazılacaktır. Değişme yoksa çizgi (-) konacaktır.

² OY ÇOKLUĞU ile alınan karar için muhalefet gerekçesi raporu eklenmelidir.

³ DÜZELTME kararı için gerekçeli jüri raporu eklenmeli ve raporu tüm üyeler imzalamalıdır.

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİ Madde 39-(4) Tezi hakkında DÜZELTME kararı verilen öğrenci sınav tarihinden itibaren en geç altı ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur.

⁴ Tezi REDDEDİLEN öğrenciler için gerekçeli jüri raporu eklenmeli ve raporu tüm üyeler imzalamalıdır. Tezi reddedilen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir.

T.C.



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum “**Talebin Kısmi Ertelenmesi Durumunda Bir Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli**” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar ki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ahmed Adnan Hafedh ALGBURI".

Ahmed Adnan Hafedh ALGBURI

11.01.2019

(ALGBURI, Ahmed Adnan Hafedh, *Talebin Kısmi Ertelenmesi Durumunda Bir Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli*, Doktora Tezi, Isparta, 2019)

ÖZET

Stok yönetimiyle ilgili olarak ekonomik literatür incelendiğinde stokastik ve deterministik stok modellerinin geliştirildiği görülmektedir. Bunlar arasında, deterministik modeller matematiksel karmaşıklık düzeyi en düşük olan modellerdir. Klasik ekonomik sipariş miktarı modeli ve klasik ekonomik üretim miktarı modelleri deterministik modellerin yaygın olarak görülen örnekleridir. Her ne kadar bu modeller basit ve kullanışlı olsa da zaman zaman gerçek hayatta ortaya çıkan problemlere cevap vermekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, modelde yer alan varsayımlara ilave varsayımlar eklenmesi yahut mevcut varsayımların gevşetilmesi yoluyla yeni modeller geliştirilmektedir.

Bu çalışmada talebin bir kısmının sonradan karşılanmak üzere ertelenmesi, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve defolu ürün durumunu ele alan bir model önerilmektedir. Modelde özellikle kısmî erteleme oranının etkileri incelenmektedir. Önerilen model için sayısal örnekler verilmekte ve parametrelerdeki değişimlerin optimal değerler üzerindeki etkileri duyarlılık analizi yardımıyla araştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Kısmi Erteleme, Defolu Ürün, Ödemelerde Gecikme, Ekonomik Sipariş Miktarı

(ALGBURI, Ahmed Adnan Hafedh, *An Economic Order Quantity Model under Partial Backordering of the Demand*, Ph. D., Isparta, 2019)

ABSTRACT

The economic literature regarding inventory management modeling focuses on the development of stochastic and deterministic inventory control models. Among these models, deterministic static models are the ones that have lowest level of mathematical complexity. Classical economic order quantity and economic production quantity models are the most common examples of deterministic static modeling. Although these models are simple and practical, sometimes they are regarded insufficient to respond problems faced in real life. For this reason, to be able to answer real life problems, new models are produced by adding new assumptions to the model or relaxing existing assumptions of the model.

In this study, a model is proposed to allow partial backordering of the demand, delay in payments and defective items situations at the same time. In this model, the effects of partial backordering are investigated. Numerical examples are given for the proposed model and the effects of the changes in the parameters on the optimal values are investigated with the sensitivity analysis.

Key Words

Partial Backordering, Defective Items, Permissible Delay in Payment, Economic Order Quantity

İÇİNDEKİLER

TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	ix
TABLolar	x
ŞEKİLLER	xi
ÖNSÖZ.....	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1.STOK VE STOKLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

1.1. Stok Kavramı.....	4
1.2. Stokların Sınıflandırılması	6
1.2.1. Niteliği Bakımından Stoklar	6
1.2.2. Bulundurma Amaçları Bakımından Stoklar	7
1.2.3. İşlevlerine Göre Stoklar	8
1.3. Stokların Önemi ve Amaçları	9
1.4. Stok Maliyetleri	11
1.4.1. Elde Etme Maliyeti	12
1.4.2. Stok Bulundurma Maliyeti	13
1.4.3. Stok Bulundurmama Maliyeti.....	13
1.5. İşletmelerin Stok Bulundurmalarının Nedenleri	14
1.5.1. İç veya Dış Kaynaklı Belirsizliklere Karşı Hazırlıklı Olma.....	16
1.5.2. Ölçek Ekonomilerinden Yararlanma	16
1.5.3. Geleceğe Yönelik Beklentiler	16
1.5.4. İşletmenin Sürekliliğini Sağlama.....	17
1.6. Stok Kontrolü Kavramı	17
1.6.1. Stok Kontrolünün Amacı	18
1.6.2. Stok Kontrolünün Önemi.....	19
1.7. Stok Kontrolüyle İlgili Maliyetler	21
1.8. Stok Kontrol Yöntemleri	23
1.8.1. Gözle Kontrol Yöntemi	23

1.8.2. Çift Kutu Yöntemi	24
1.8.3. Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi	24
1.8.4. Sabit Sipariş Periyodu Yöntemi.....	26
1.8.5. ABC Yöntemi	29

İKİNCİ BÖLÜM

2.STOK KONTROL MODELLERİ

2.1. Stok Kontrol Modeli Tanımı ve Türleri	32
2.2. Deterministik Stok Kontrol Modelleri.....	34
2.2.1. Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri	34
2.2.1.1. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli	34
2.2.1.2. Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modeli	38
2.2.2. Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modelleri.....	40
2.2.2.1. Wagner - Whitin Algoritması.....	41
2.2.2.2. Silver - Meal Algoritması.....	42
2.3. Olasılıklı (Stokastik) Stok Kontrol Modelleri	43
2.4. Çeşitli Durumlara İlişkin Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri	44
2.4.1. Zaman İçinde Bozulan Ürünler	44
2.4.2. Birden Çok Ürün Olması	47
2.4.3. Talebin Malın Satış Fiyatının Fonksiyonu Olması.....	49
2.4.4. Talebin Zamanın Fonksiyonu Olması	50
2.4.5. Talebin Stok Seviyesinin Fonksiyonu Olması.....	51
2.4.6. Miktar İskontosu	52
2.4.7. Üretim Hızının Değişken Olması	54
2.4.8. Paranın Zaman Değerinin ve Enflasyonun Dikkate Alınması.....	55
2.4.9. Öğrenme Etkisinin Dikkate Alınması.....	58
2.5. Talebin Ertelenmesi, Defolu Ürün ve Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilemesi .	60
2.5.1. Stoksuzluk Olması Durumunda Talebin Ertelenmesi.....	60
2.5.2. Defolu Ürün Olması	70
2.5.3. Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi.....	74

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.DEFOLU ÜRÜN, ÖDEMELERDE GECİKME VE KISMİ ERTELEME ALTINDA BİR MODEL ÖNERİSİ

3.1. Modelde Kullanılan Simgeler	76
3.2. Modelin Varsayımları.....	77
3.3. Modelin Elde Edilmesi	78

3.3.1. I. Durum: ($t < M \leq F$) İçin Modelin Elde Edilmesi	80
3.3.2. II. Durum: ($M > F$) İçin Modelin Elde Edilmesi.....	82
3.4. Kâr Fonksiyonlarının İçbükeylik Testleri	84
3.4.1. I. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı	84
3.4.2. II. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı	85
3.5. Geliştirilen Modelden Önceki Çalışmaların Elde Edilmesi	86
3.5.1. Sulak (2008) Modeli	86
3.5.2. Stoksuzluk Durumunda Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli.....	86
3.5.3. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli.....	87
3.6. Modelin Geçerliliği İçin Nümerik Örnekler.....	87
3.6.1. I. Durum İçin Nümerik Örnek	88
3.6.2. II. Durum İçin Nümerik Örnek	88
3.7. Model Parametreleri İçin Duyarlılık Analizi.....	89
3.7.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişim.....	89
3.7.2. Erteleme Oranındaki Değişim	92
3.7.3. Defolu Ürün Oranındaki Değişim	94
3.7.4. Faiz Oranlarındaki Değişim.....	96
3.7.5. Defolu Ürün Oranı ile Ödemelerde Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi	98
3.7.6. Defolu Ürün Oranı ile Erteleme Oranının Eşanlı Değişimi.....	102
3.7.7. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Erteleme Oranının Eşanlı Değişimi.....	105
3.8. Duyarlılık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	108
SONUÇ.....	111
KAYNAKÇA	115
ÖZGEÇMİŞ.....	124

KISALTMALAR

ESM	Ekonomik Sipariş Miktarı
EÜM	Ekonomik Üretim Miktarı
PDHC	Product of Demand Rate and Holding Cost Rate
SBM	Stok Bulundurma Maliyeti
SM	Sipariş Maliyeti



TABLÖLAR

TABLO 2. 1 : KLASİK EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODELİNDE KULLANILAN SİMGELER	37
TABLO 2. 2 : KLASİK EKONOMİK ÜRETİM MİKTARI MODELİNDE KULLANILAN SİMGELER	39
TABLO 3. 1 : ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİNDEKİ DEĞİŞİM VE OPTİMAL DEĞERLER	89
TABLO 3. 2 : ERTELEME ORANINDAKİ DEĞİŞİM VE OPTİMAL DEĞERLER .	92
TABLO 3. 3 : DEFOLU ÜRÜN ORANININ BEKLENEN DEĞERİNDEKİ DEĞİŞMENİN ETKİSİ.....	94
TABLO 3. 4 : GECİKME FAİZ ORANINDAKİ DEĞİŞMENİN OPTİMAL DEĞERLERE ETKİSİ	96
TABLO 3. 5 : PİYASA FAİZ ORANINDAKİ DEĞİŞMENİN OPTİMAL DEĞERLERE ETKİSİ	97
TABLO 3. 6 : DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİNDEKİ DEĞİŞİMİN OPTİMAL SİPARİŞ MİKTARINA ETKİSİ.....	99
TABLO 3. 7 : DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİNDEKİ DEĞİŞİMİN TOPLAM KÂRA ETKİSİ	100
TABLO 3. 8 : DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE ERTELEME ORANINDAKİ DEĞİŞİMİN OPTİMAL SİPARİŞ MİKTARINA ETKİSİ.....	102
TABLO 3. 9 : DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE ERTELEME ORANININ TOPLAM KÂRA ETKİSİ	104
TABLO 3. 10 : ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİ İLE STOKSUZLUK ORANININ OPTİMAL SİPARİŞ MİKTARINA ETKİSİ	105
TABLO 3. 11 : ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİ İLE ERTELEME ORANININDAKİ DEĞİŞİMİN TOPLAM KÂRA ETKİSİ	106

ŞEKİLLER

ŞEKİL 1.1 : TOPLAM STOK MALİYETİ.....	11
ŞEKİL 1.2 : STOK: ARZ VE TALEP ARASINDA TAMPON BÖLGE	17
ŞEKİL 1.3 : STOK KONTROLÜYLE İLGİLİ MALİYETLER.....	21
ŞEKİL 1.4 : SABİT SİPARİŞ MİKTARI YÖNTEMİ	26
ŞEKİL 1.5 : SABİT SİPARİŞ PERİYODU YÖNTEMİ	27
ŞEKİL 1.6 : (R,Q) YÖNTEMİ.....	28
ŞEKİL 1.7 : (S,S) YÖNTEMİ.....	28
ŞEKİL 1.8 : ABC EĞRİSİ	30
ŞEKİL 3.1. ÖNERİLEN MODELİN İŞLEYİŞİ.....	78
ŞEKİL 3.2. ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİNDEKİ DEĞİŞİMİN OPTİMAL DEĞERLER ÜZERİNE ETKİSİ.....	91
ŞEKİL 3.3. ERTELEME ORANINDAKİ DEĞİŞİMİN OPTİMAL DEĞERLER ÜZERİNE ETKİSİ.....	93
ŞEKİL 3.4. DEFOLU ÜRÜN ORANINDAKİ DEĞİŞİMİN OPTİMAL DEĞERLER ÜZERİNE ETKİSİ.....	95
ŞEKİL 3.5. DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİNDEKİ DEĞİŞİMİN OPTİMAL SİPARİŞ MİKTARINA ETKİSİ.....	100
ŞEKİL 3.6. DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİNDEKİ DEĞİŞİMİN TOPLAM KÂRA ETKİSİ...	101
ŞEKİL 3.7. DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE ERTELEME ORANINDAKİ DEĞİŞİMİN OPTİMAL SİPARİŞ MİKTARINA ETKİSİ	103
ŞEKİL 3.8. DEFOLU ÜRÜN ORANI İLE STOKSUZLUK ORANININ TOPLAM KÂRA ETKİSİ	104
ŞEKİL 3.9 : ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİ İLE ERTELEME ORANININ OPTİMAL SİPARİŞ MİKTARINA ETKİSİ	106
ŞEKİL 3.10. ÖDEMELERDE İZİN VERİLEN GECİKME SÜRESİ İLE ERTELEME ORANININ TOPLAM KÂRA ETKİSİ	107

ÖNSÖZ

Bir ülkenin ekonomik kalkınması için, ekonomik yapıyı oluşturan üretim birimleri olan işletmelerin sınırlı kaynaklarla en yüksek verime ulaşması, bunu sağlamak için de maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılması gerekir. İşletme verimliliğinin artırılması ve işletmelerin daha üretken hale getirilmesi için modern ekonomi ve iş yönetimi yazınında çok çeşitli konularda çalışmalar yapılmaktadır. Bu konulardan birisi de stok yönetimi başlığı altında yapılan çalışmalardır. İşletmeler, buldukları sektöre, personelin eğitim durumu, bilgi teknolojisi seviyesi ve depolama kapasitesi gibi unsurlara bağlı olarak farklı stok kontrol yöntemleri seçerler. Bu yöntemler karmaşık matematiksel modellerden, gözle kontrol gibi basit sistemlere kadar çeşitlilik göstermektedir.

Bu çalışma, stok yönetimi başlığı altındaki modelleme çalışmalarına katkı sunmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, stok yönetimi ve stok yönetim modelleri incelenerek, talebin bir kısmının sonradan karşılanmak üzere ertelenmesi, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve defolu ürün durumunu aynı anda ele alan bir model önerilmiştir.

Bu vesileyle, çalışmanın tamamlanmasında değerli desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Abdullah EROĞLU'na, tezin uygulama aşamasındaki modelleme sürecindeki yardımlarından dolayı Dr. Öğretim Üyesi Harun SULAK'a ve Süleyman Demirel Üniversitesi'ndeki diğer kıymetli hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ahmed Adnan Hafedh AL-GBURİ

GİRİŞ

Bir ülkenin ekonomik olarak kalkınması, diğer ülkelerle rekabet edebilirliğinin artırılması ve büyüyerek ülke halkına daha yüksek düzeyde refah sağlayabilmesi için ülkedeki ekonomik işletmelerin verimliliğinin artırılması temel koşullardan birisidir. Dolayısıyla, işletme verimliliğinin artırılması mikro düzeyde işletmelerin karlılığını artıran bir faktör olmasının yanında, makro düzeyde ülkelerin kalkınması ve halkın refah düzeyinin artırılması için de gereklidir.

İşletme verimliliğinin artırılması ve işletmelerin daha üretken hale getirilmesi için modern ekonomi ve iş yönetimi yazınında çok çeşitli konularda çalışmalar yapılmaktadır. Bu konulardan birisi de “stok kontrolü” ya da “stok yönetimi” başlığı altında yapılan çalışmalardır.

Bir işletmede tedarikçilerden hammadde ve yarı mamül temin edilerek üretim yapılması ve üretim sonucunda ortaya çıkan ürünün satışı çeşitli stok kalemlerinin yönetimini gerektirmektedir. İşletme sermayesinin önemli bir bölümünün stoklara ayrılması stok yönetimi ve kontrolünün önemini arttırmaktadır. Stok yönetimi alanının stratejik önemi üst yöneticiler tarafından da genel kabul görmektedir. Stoklarda tutulan sermayenin miktarının büyüklüğü ile hammadde, yarı mamul ve nihai ürünler için yapılan stok kontrolleri işletmeler açısından büyük bir gelişme ve iyileştirme potansiyeli taşımaktadır. Dolayısıyla, stok kontrolü konusunda bilimsel metotların kullanılması işletmelere muazzam bir rekabet avantajı potansiyeli sunmaktadır.

Bir işletmede belirli zamanda az stok bulundurmanın getirdiği zararlar olduğu gibi yüksek düzeyde stok bulundurmanın da sakıncaları olacaktır. Müşteri talebinin karşılanamaması, firma itibarının zedelenmesi, daha sık sipariş nedeniyle daha yüksek tedarik maliyetine katlanması, tedarik miktarının düşük olması nedeniyle miktar indirimlerinden yararlanamamanın ortaya çıkardığı maliyetler gibi hususlar az stok bulundurmanın potansiyel sakıncalarıdır. Gereğinden yüksek düzeyde stok bulundurmanın sakıncaları arasında ise; yüksek depolama maliyetleri, hasar ve bozulma masrafları, alternatif finansman maliyeti, depolanan ürünün modasının geçmesi veya fiyatının düşmesi riskleri sayılabilir.

Bu sakınca ve risklerden dolayı stok yönetimi günümüz işletmelerinde hayati bir öneme sahiptir. İşletme içerisinde etkin bir stok yönetimi kurulamamasından dolayı

işletmeler, stok yetersizliği veya aşırı stokların işletmeye yüklediği gereksiz maliyetlerden dolayı kapanma noktasına kadar gidebilmektedirler. Kimi işletmelerde büyük nakit sıkıntısı olduğu halde gereksiz yarı mamul stokuna rastlanabilmekte veya çok büyük bir üretim bandı sıradan nitelikte birkaç parçanın eksikliği nedeniyle atıl halde kalabilmektedir

Dolayısıyla, işletmelerin, daha verimli stok kontrol yöntemleri kullanmak suretiyle diğer maliyetlerini artırmaksızın stok düzeylerini düşürebilmesi mümkündür. Ayrıca, bilgi teknolojisindeki gelişmeler daha verimli stok kontrol yöntemleri kullanılması yönünde radikal değişiklikler getirmiştir. Geleneksel olarak daha basit karar yöntemleriyle yürütölen stok kontrolü, günümüzde çok daha gelişmiş ve karmaşık karar modelleri kullanmakta ve bu durum da ciddi düzeyde bilgi teknolojisi kullanımı gerektirmektedir

İşletmeler, buldukları sektöre, personelin eğitim durumuna, kullanılan bilgi teknolojisi seviyesine, elde bulunan araç gereçlerin yeterliliğine ve depolama kapasitesi gibi unsurlara bağlı olarak farklı stok kontrol yöntemleri seçerler. Bu yöntemler karmaşık matematiksel modellerden, gözle kontrol gibi basit sistemlere kadar çeşitlilik göstermektedir

Bilimsel bir yöntem olarak modelleme, stok yönetimi gibi karmaşık ve belirsizlikler barındıran sorunların çözümünü kolaylaştırmak için başvuru olan yöntemlerden birisidir. Bu anlamda, modelleme yapılmak suretiyle gerçekte karşılaşılan veya karşılaşılmaması muhtemel olan bir olayın benzerini bir model halinde oluşturarak ortaya çıkabilecek sonuçları görmek mümkün olmaktadır.

Stok yönetimiyle ilgili olarak literatürde, stokastik ve deterministik modeller geliştirildiği görölmektedir. Bunlar arasında, deterministik statik modeller matematiksel karmaşıklik düzeyi en düşük olan modeller olarak kabul edilmektedir. Klasik ekonomik sipariş modeli ve klasik ekonomik üretim modelleri deterministik statik modelinin en çok kullanılan ve üzerinde en çok çalışılan örnekleridir. Her ne kadar bu modeller basit ve kullanışlı olsa da zaman zaman gerçek hayatta ortaya çıkan problemlere cevap vermekte yetersiz kalması söz konusu olduğundan, modelde yer alan varsayımlara ilave varsayımlar eklenmesi yahut mevcut varsayımların gevşetilmesi yoluyla yeni modeller geliştirilmektedir

İşletmelerin karşı karşıya oldukları özel durumlar çok çeşitlilik gösterebilmekte olup sayısı yüzlerle ifade edilebilecek bu durumların her biri için ayrı stok kontrol modelleri türetilmektedir. Literatürde yer alan modellere örnek olarak, zaman içinde bozulan ürün için deterministik statik stok kontrol modeli, birden çok ürün olması durumunda deterministik statik stok kontrol modeli, talebin stok seviyesinin fonksiyonu olması durumunda deterministik statik stok kontrol modeli, miktar iskontosu durumunda deterministik statik stok kontrol modeli gibi örnekler gösterilebilir.

Bu çalışmada, çevrim süresi içinde karşılanamayan talebin kısmen sonradan karşılanması için stoksuzluğa ve sipariş tutarının ödenmesinde belli bir süre gecikmeye izin verilmesi ile defolu ürün olması durumunu ele alan yeni bir model önerilmektedir. Önerilen model için hipotetik değerler kullanılarak örnekler verilmekte ve model parametrelerindeki değişimin optimal değerleri nasıl etkilediği duyarlılık analizi ile araştırılmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde, stok kavramı ele alınmış, stokların nasıl sınıflandırıldıkları ve işletmelerde stok bulundurma amaçları üzerinde durulmuştur. Ayrıca stok maliyetleri tanımlanmış, stok bulundurma nedenleri ile stok kontrolünün amacı açıklanmıştır. Bu bölümün son iki başlığında ise stok kontrolünde maliyetlere değinilmiş ve işletmelerin uygulayabilecekleri stok kontrol yöntemleri tanıtılmıştır.

İkinci bölümde, stok kontrol modeli kavramı ele alınmış, deterministik ve stokastik stok kontrol modelleri açıklanmıştır. Ayrıca çeşitli varsayımlara göre düzenlenmiş, literatürde yer alan deterministik statik stok kontrol modelleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise ödemelerde gecikmeye izin verilmesi, talebin bir kısmının sonradan karşılanmak üzere ertelenmesi ve defolu ürün durumunu ele alan bir model önerilmiştir. Sayısal örnekler ile modeller test edilmiş, duyarlılık analizi yapılmış ve model çıktıları değerlendirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1.STOK VE STOKLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Üretim faaliyetleri bir işletmenin temel fonksiyonları arasında yer almakta olup temelde en uygun girdiler ve fiziksel kaynaklar kullanarak müşteri taleplerini karşılar nitelikte ve işletmeye hasılat kazandırıcı ürün üretilmesini hedeflemektedir.¹ Üretim fonksiyonunun temelinde ise stok kavramı ve stok yönetimi yer almaktadır. Bu bölümde stok kavramı açıklanacak ve stokla ilgili genel bilgiler verilecektir.

1.1. Stok Kavramı

Kelime anlamı itibariyle yığmak, istiflemek ve biriktirmek gibi anlamlarda kullanılan stok kavramının² ekonomik literatürde genel itibariyle tek bir tanımı yoktur. Stok kavramı işletmenin bulunduğu sektöre, şirketlerin kuruluş statülerine ve üretim faaliyetlerinin niteliğine göre farklılık gösterebilmektedir.³ İşletmenin esas faaliyet alanı kapsamındaki üretim faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi amacıyla işletme dışından tedarik ettiği hammadde ve yardımcı maddeler ile üretim aşaması tamamlanmış olup hala işletme bünyesinde tutulmakta olan bitmiş ürünler stok kavramını oluşturmaktadır.⁴ Stok kavramını daha geniş bir boyutta tanımlamak da söz konusudur. Ekonomik değeri olan her türlü kaynak stok kavramıyla ifade edilmektedir.⁵ Literatürde “envanter” olarak da adlandırılan stok kavramı üretim faaliyetleri içerisinde doğrudan veya dolaylı bir şekilde yer alan ve depo edilebilen her türlü değeri içermektedir.⁶ Öte yandan işletme dışından üretim amacıyla tedarik edilmiş olmakla birlikte henüz üretimi tamamlanmamış olan bitmemiş mamül niteliğindeki stoklar “ara stok” olarak ifade edilmektedir.⁷ Stok kavramının temel unsuru elde tutma işlemidir. İşletmeler talep düzensizlikleri karşısında üretimi tamamlanmış ürünleri, tedarik piyasasındaki dalgalanmalar karşısında ise üretime konu olan girdileri ellerinde tutmak isterler.⁸

¹ Mahmut Tekin, *Üretim Yönetimi*, Selçuk üniversitesi İİBF, 6. Baskı, Konya, 2010

² www.tdk.gov.tr

³ Nurullah Kaya, *Etkin Stok Yönetimi ve Türkiye’de Bir Uygulama*, Doktora Tezi, Atatürk üniversitesi, Erzurum, 2004, s.4.

⁴ Muzaffer Babacan vd., *İlkeler ve İşlevlerle İşletme*, Detay Yayınları, Ankara, 2015, s.384.

⁵ D. Chandra Bose, *Inventory Management*, Prentice Hall, New Delhi, 2006, s.4.

⁶ Bülent Kobu, *Üretim Yönetimi*, 17.Baskı, Beta Basım, 2014, İstanbul s.327

⁷ Orhan Küçük, *Stok Yönetimi*, 3. Baskı, Seçkin Yayınları, Ankara, 2014, s.27

⁸ İ. Mete Doğruer, *Üretim Organizasyonu ve Yönetimi*, Alfa Yayınları, İstanbul, 2005, s.243.

Niteliği itibariyle hizmet işletmelerinde ürünlerin (hizmetlerin) daha sonradan kullanılabilme amacıyla depolanması veya bekletilmesi söz konusu olmadığı için hizmet işletmelerinde stok kavramı söz konusu olmamaktadır.⁹ Öte yandan hizmet işletmeleri tarafından üretilen hizmetler birçok yönü itibariyle fiziksel bir üründen (mal) farklı olsa da bazı hizmet sektörlerinde hizmetlerin üretilmesi sürecinde bir takım ilk madde ve malzemelerden yararlanılabilmektedir ki bu unsurlar da stok kavramı ile ifade edilmektedir. Örneğin lokantacılık ve yemek sektöründe yemeklerin hazırlanmasında ve sunulması sırasında yemek yapabilmek için gerekli olan gıda malzemeleri ilk madde ve malzemeleri niteliğinde olup işletmenin stokları içerisinde yer almaktadır.¹⁰ (2) numaralı Türkiye Muhasebe Standardı, hizmet sektöründe kullanılan ilk madde ve malzemeleri de stok olarak kabul etmektedir.¹¹

Stok bulundurma veya bulundurmama ya da işletme bünyesinde hangi miktarda stok bulundurulacağı işletmenin hasılatına ve maliyetlerine doğrudan etkisi olan hususlardır. İşletme stok bulundurmaması durumunda karşısına çıkan yeni pazar imkanlarından yararlanamayacak ve karlı satış fırsatlarından mahrum kalabilecektir.¹² Bu nedenle işletmeler satış faaliyetleri ile üretim hızları arasında zamansal açıdan oluşabilecek farklılıkları gidermek amacıyla stok bulundurma ihtiyacı hissederler.¹³ Öte yandan stok bulundurma ise beraberinde depolama ve ürünlerin güvenliğini sağlama gibi maliyetler getirmektedir. Ayrıca stokta bekleyen ürünlerin modasının geçmesi, yıpranması veya zarar görmesi her zaman olası bir maliyet kaynağıdır.¹⁴ Bu itibarla işletmelerin stok bulundurmamak suretiyle en yüksek faydayı elde etmeye çalışırken aynı zamanda stok bulundurmaktan kaynaklanan maliyetleri de asgari düzeye indirmeyi amaçlayan en uygun stok seviyesini belirlemeleri gerekmektedir. İşletmelerde stok

⁹ Babacan vd., *a.g.e.*, s.384.

¹⁰ Yaşar KABATAŞ ve Ayşe PAMUKÇU , “TMS – 2 Stoklar Standardı Kapsamında Hizmet Üretim Maliyetlerinin Muhasebeleştirilmesi”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 2016, S.72, s. 194-195.

¹¹ Kamu Gözetimi Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu, (2) Numaralı Türkiye Muhasebe Standardı, 15/01/2005 tarih ve 25701 sayılı Resmi Gazete

¹² Murat Kiracı, “Stok Yönetimi ve Karlılık İlişkisinin Finansal Oranlar Aracılığıyla İncelenmesi: İMKB İmalat Sektöründe Bir Araştırma”, *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 2009, S. 36, s. 164.

¹³ Süleyman Şahin, “Stok Sistemlerinde En Uygun Stok Politikasının Belirlenmesi İçin Simülasyon Uygulanması Üzerine Teorik Bir Çalışma Örneği”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2003, C.17, S.1-2, s.255.

¹⁴ Max Muller, *Essentials of Inventory Management*, American Management Association, New York, 2011, s.2.

kontrolünün amacı ise ifade edilen maliyetler ile faydalar arasında dengeyi oluşturacak bir sistemin kurulması ve buna uygun stok modelinin belirlenmesidir.¹⁵

Üretim faaliyetlerinin aralıksız sürdürülebilmesi ve satış faaliyetlerinin aksamaması açısından işletmelerde stok kontrolü hayati bir öneme sahiptir. İşletmeler üretim faaliyetlerinin niteliklerini, stoklarla ilgili maliyetleri ve stok niteliğindeki varlıkların tedarik edilme koşullarını gözetererek kendilerine uygun bir stok kontrol metodu uygulamalıdır.¹⁶

Stok yönetiminin bir diğer özelliği ise işletmenin farklı bölümleri arasındaki çıkar çatışmalarını önleme fonksiyonudur. Örneğin işletmedeki satın alma yöneticisi yüksek miktarda satın alım yapmak suretiyle indirimlerden yararlanmak isterken finansman yöneticisi düşük stok tutmak suretiyle başka faaliyetler için nakit ayırmayı hedefleyebilmektedir. Bu itibarla stok yönetiminin işletmenin tedarik, üretim ve pazarlama gibi diğer faaliyetleri ile koordineli bir şekilde birlikte yürütülmesi gerekmektedir.¹⁷

1.2. Stokların Sınıflandırılması

Tüm stoklar nitelikleri itibariyle birbirlerinin aynı değildirler ve aralarında kullanım alanları, değerleri, fiziksel stoklama niteliği gibi farklı özelliklere sahip olabilirler. Bu itibarla stokların sınıflandırılması ihtiyacı söz konusudur.¹⁸ Stokların sınıflandırılmasında farklı kriterler vardır ve temelde 3 farklı sınıflandırma söz konusudur.

1.2.1. Niteliği Bakımından Stoklar

Muhasebe ve temel işletme faaliyetleri temel alınarak yapılan sınıflandırmada stoklar hammadde, yarı mamul, mamul, hazır parça ve yardımcı malzeme olarak ayrılmaktadır.¹⁹

Mamuller: İşletme içerisinde üretim faaliyetleri tamamlanarak nihai hale gelmiş stoklardır ve satışa hazır beklemektedirler. Talepte meydana gelen ani artışlar mamul stokları ile karşılanabilir. Bir işletme için mamul niteliğinde olan bir stok başka bir

¹⁵ Şahin, *a.g.m.*, s.256.

¹⁶ Tekin, *a.g.e.*, s.147.

¹⁷ Sven Axsäter, *Inventory Control*, Third Edition, Springer, Switzerland, 2015, s.1.

¹⁸ Kobu, *a.g.e.*, s.328

¹⁹ Erkan Erk, *Talep Yönetimi Yolu İle Stok Kontrolü Üzerine Bir Model Önerisi Ve Ticari Bir İşletmede Uygulama*, Doktora Tezi, Marmara üniversitesi, 2009, İstanbul, s.26-28.

işletme için hammadde veya yarı mamul stoğu niteliğinde olabilir. Örneğin bir kağıt fabrikasında kağıt nihai ürün iken aynı kağıt bir gazete matbaasında hammadde niteliğindedir.

Yarı mamuller: İşletme içerisinde bir takım faaliyetlerden geçmiş ve katma değer eklenmiş fakat üretim süreci henüz sonlandırılmadığı için nihai mamul haline gelmemiş stoklardır. Bir ürün fabrikadan ayrılacak niteliğe gelmediği sürece yarı mamul kategorisindedir.

Hammaddeler: Üretim faaliyetlerinin ilk girdilerini oluşturan ve üretilecek ürünle doğrudan ilgili her türlü fiziki stoklardır. Tedarik piyasasından temin edilirler. Bir ekmek fırını için un, tuz, maya ve su hammaddeyi oluşturmaktadır.

Yardımcı maddeler ve işletme malzemesi: Üretim sürecinde yer almakla birlikte nihai ürün içerisinde fiziksel olarak yer almayan stoklardır. Büro malzemeleri, işyerinde ürün hijyenini sağlamak amacıyla kullanılan temizlik malzemeleri ile makinelerin kullanımı sırasında ihtiyaç duyulan küçük alet ve takımlar bu kapsamda sayılan stoklardır.

1.2.2. Bulundurma Amaçları Bakımından Stoklar

Stoklar bulundurma amaçları bakımından da farklı bir sınıflandırmaya tabi tutulabilirler. Bu sınıflandırmada işletmelerin çok farklı stok bulundurma amaçları olduğu söylenebilir. Bu kapsamdaki en temel stok türleri şu şekildedir.²⁰

Dönem Stoku: İşletmelerin olağan faaliyetleri kapsamında önceden hazırlanan üretim planları çerçevesinde üretilen stoklardır.

Emniyet/Tampon Stoku: Arz veya talep kaynaklı belirsizliklerin yol açacağı zararları telafi etmek amacıyla tutulan stoklardır.

Ayrırma Stoku: Üretim sürecinde farklı bölümlerin birbirlerine olan bağımlılıklarını ortadan kaldırmak amacıyla tutulan stoklardır.

Spekülatif Stok: Ürün fiyatlarında yükselme beklentisi nedeniyle fiyat artışlarından yararlanmak amacıyla tutulan stoktur.

Beklenti Stoku: Anneler günü, sevgililer günü veya yılbaşı gibi özel günler için önceden özel olarak üretilip hazırda bekletilen stoklardır.

²⁰ Axsäter, *a.g.e.*, s.1-2; Doğruer, *a.g.e.*, s.247-249; Küçük, *a.g.e.*, s. 27-30; Muller, *a.g.e.*,s.6; Waters, *a.g.e.*, s.9-10.

Mevsim Stoku: Mevsime bağlı olarak değişen talep kapsamında işletmenin mevsimsel etkilerden arındırılmış görece düzenli bir faaliyet izleyebilmesi amacıyla tutulan stoklardır.

Promosyon Stoku: Müşteriler tarafından daha fazla satın alım yapılmasını sağlamak amacıyla müşterileri teşvik etmek üzere tutulan stoklardır. Yeni ürünlerde ürün tanıtımı amacıyla yapılan dağıtımlar da bu kapsamda değerlendirilmektedir.

Taşıma Stoku: Bir yerden başka bir yere aktarılmak üzere yolda olan stoku ifade eder. Daha çok dağıtım kanalları üzerinden işletmeye gelen veya işletme tarafından müşterilerine gönderilen stoklar bu kapsamdadır.

Konsinye Stoku: İşletmelerin kendi satış ağları haricinde başka işletmeler üzerinden satabilmek amacıyla ilgili satış noktalarına ulaştırılmış stoklardır.

1.2.3. İşlevlerine Göre Stoklar

Mamul Madde Stokların İşlevleri: İşletmelerin satış faaliyetlerinin her zaman doğrusal bir fonksiyon izlemesi beklenemez. Zaman içerisinde müşteri satın alma davranışlarındaki düzensizlikler, mevsimsel etkiler ve üretim faaliyetlerinde önceden öngörülmesi mümkün olmayan aksamalardan kaynaklanan üretim kayıpları gibi nedenlerle satışlarda dalgalanmalar meydana gelebilmektedir. İşletmeler bu nedenle istikrarlı bir satış performansı izlemek için stok tutmak isterler.²¹ Talebi mevsimsel farklılık gösteren ürünlerde işletmeler talebin az olduğu dönemde ürün stoklamak suretiyle talebin yoğun olduğu dönemlerde marjinal maliyetlerin yükselmesini önlemek suretiyle de maliyet avantajı sağlamaktadırlar.²²

Ara Stokların İşlevleri: Ara stoklar partiler halinde yapılan üretimler ile üretimi görece karmaşık yapıda olan veya işletme içerisinde farklı bölümlerde işlem gören ürünlerde söz konusudur. Ara stokların üretim hazırlık maliyetleri üzerinde azaltıcı etkisi vardır ve işletme içerisinde farklı bölümlerde gerçekleşen üretim aşamalarının zamansal açıdan birbirine uygun olmasına yardımcı olmaktadır.²³ Ara stoklar makine arızaları veya işgücü kaybından kaynaklanan gecikmelerin nihai üretim üzerindeki olumsuz etkisini gidermektedirler.²⁴

²¹ Aykut Top, *Üretim Yönetimi*, Nobel Yayınları, Ankara, 2006, s.191-192.

²² Doğruer, *a.g.e.*, s.248.

²³ Top, *a.g.e.*, s.192.

²⁴ Küçük, *a.g.e.*, s.35-36.

Hammadde Stoklarının İşlevleri: İşletme içerisinde gerçekleştirilen üretim faaliyetleri tedarik piyasalarından temin edilen girdilere bağlıdır. İşletmeler bu anlamda dış faktörlere bağıllığı azaltma konusunda hammadde stoğu tutmak isterler ve böylelikle tedarik faaliyetlerinde meydana gelebilecek herhangi bir aksamanın üretim faaliyetlerini etkilemesini engellerler.²⁵ Tedarikçi firmalar daha fazla satış yapabilmek amacıyla yüksek miktarda satış düzeylerinde fiyat indirimleri yapabilmektedirler. Bu nedenle yüksek miktarda hammadde stoğu, bazı durumlarda işletmelere miktar iskontolarından yararlanma imkanı sağlar.²⁶ Yüksek miktarda hammadde satın alınması işletmeye taşıma maliyetleri açısından da tasarruf sağlayabilecektir.²⁷

1.3. Stokların Önemi ve Amaçları

Stok yönetimi günümüz işletmelerinde hayati bir öneme sahiptir. İşletme içerisinde etkin bir stok yönetimi kurulamamasından dolayı işletmeler stok yetersizliği veya aşırı stokların işletmeye yüklediği gereksiz maliyetlerden dolayı kapanma noktasına kadar gidebilmektedirler. Kimi işletmelerde büyük nakit sıkıntısı olduğu halde gereksiz yarı mamul stokuna rastlanabilmekte veya çok büyük bir üretim bandı sıradan nitelikte birkaç parçanın eksikliği nedeniyle atıl halde kalabilmektedir.²⁸

Tam zamanında üretim yapan veya siparişe dayalı işletmelerde stok bulundurmamak gerekli değildir. Ancak işletmenin ve üretimin niteliği değiştiğinde özellikle yetersiz nakit akışlarından dolayı sıkıntı yaşayan ya da işletmenin farklı bölümleri arasındaki iletişim, üretime hazırlık aşamaları ve tedarik edilen girdilerin kaliteleri gibi alanlarda denetim problemlerinin yaşandığı işletmelerde stoklar önemli bir görev üstlenmektedir.²⁹ İşletmelere göre çok geniş bir perspektifte amaç ve öneme sahip olabilen stoklar temelde aşağıdaki hususları amaçlarlar:

Stok bulundurma faaliyetlerinin özünde üretim için gerekli olan herhangi bir girdinin, gerekli olan miktarda, istenilen zamanda ve istenilen yerde anlık olarak sağlanmasının mümkün olamayışı yatmaktadır.³⁰ Bu itibarla stoklar kapasite planlaması ve üretim takvimi açısından önemli bir yere sahiptirler. Başka bir ifade ile stoklar

²⁵ Top, *a.g.e.*, s.192.

²⁶ Kobu, *a.g.e.*,s.331.

²⁷ Doğruer, *a.g.e.*, s.245-246.

²⁸ Kobu, *a.g.e.*, s.329.

²⁹ Muller, *a.g.e.*, s.2-4.

³⁰ Doğruer, *a.g.e.*, s.245.

üretim faaliyetleri ile üretim için gerekli olan girdiler arasında oluşabilecek uyumsuzlukların olumsuz etkisini en aza indirici bir tampon görevi üstlenirler.

Stoklar talep dalgalanmalarına karşı işletmeye güvence sağlar. Bazı durumlarda ürünler mevsimsel nitelikte olabileceği gibi bazı durumlarda da talepte ani artışlar söz konusu olabilir. Bu itibarla işletmelerin satışları her zaman doğrusal bir seyir izlemez. Talebin az olduğu dönemlerde üretilerek talebin yoğun olduğu dönemlerde arz edilen stoklar böylece müşteri taleplerine cevap verebilmek ve talebi zamanında karşılayabilmek açısından bir güvence oluşturmaktadır.³¹ Öte yandan gelişmiş bilimsel tahmin yöntemlerinin kullanılması veya etkin bir dağıtım ağı kurulması gibi yöntemler sayesinde işletmelerin talep düzeyinde oluşan zamansal ve mekânsal farklılıkları karşılamak amacıyla tutukları stok seviyesini düşürmeleri mümkün olabilmektedir.³²

Üretim faaliyetleri girdilere bağlıdır ve girdilerin bir arz piyasası vardır. Arz piyasasında bir faktörde kıtlık oluşması veya tedarikçilerin güvensiz olması üretim faaliyetlerine olumsuz yansıyabilecektir. Yeterli miktardaki hammadde ve malzeme stoku, işletmeye bu tür problemlerin oluşması durumunda üretim faaliyetlerine ara vermeksizin yeni arz kaynakları bulma konusunda zaman kazandıracaktır. İşletmeler tedarikçiler ile yaptıkları sözleşmelere cezai maddeler koymak suretiyle bu amaçla tutulan stok miktarlarını azaltabilmektedirler.³³ Öte yandan enflasyonist ortamlarda arz fiyatları artma eğilimindedir ve girdi faktörleri stoku işletmeyi bu tür fiyat artışlarından koruyacaktır. Yapılan çalışmada yüksek enflasyon dönemlerinde işletmelerin yüksek miktarda stok tuttuğu, düşük enflasyon dönemlerinde ise stok seviyesinin daha düşük düzeyde olduğu görülmüştür.³⁴ Arz boyutlu stoklamanın bir başka amacı ise nakit ve miktar iskontolarından yararlanmaktır. İşletmeler büyük miktarda alım yaptıklarında piyasa fiyatından daha düşük bir fiyat seviyesinde satın alabilecekleri gibi fiyat sabit kalmak suretiyle ücretsiz olarak ilave miktarlar da alabilmektedirler. Nakit durumu ve depolama imkanları uygun olan işletmeler bu yöntemi tercih etmektedirler.³⁵

Stok bulundurmada bir diğer amaç ise düşük sipariş maliyetleri avantajından yararlanmaktır. İşletmeler sipariş miktarlarını yükseltmek suretiyle sipariş sayılarını

³¹ Küçük, *a.g.e.*, s.34.

³² Toomey, *a.g.e.*, s.4-5

³³ Muller, *a.g.e.*, s.3.

³⁴ Waters, *a.g.e.*, s. 28

³⁵ Kaya, *a.g.t.*, s.8.

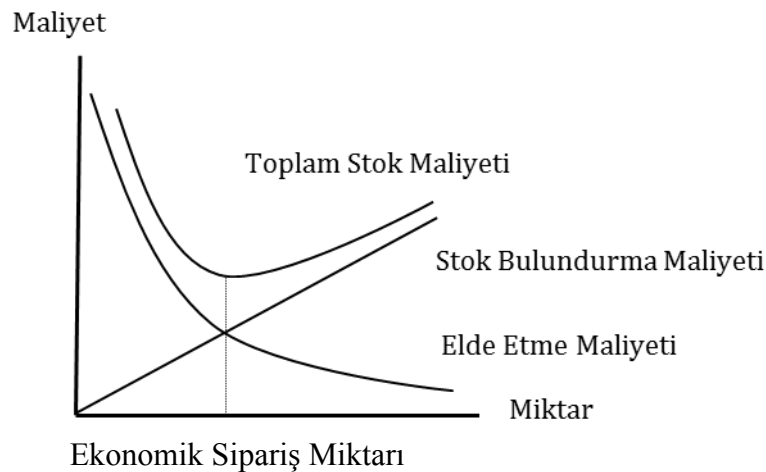
azaltmak ve böylece her bir siparişte katlandıkları sabit maliyetlerden kurtulmak isteyebilmektedirler.³⁶

1.4. Stok Maliyetleri

Stokların maliyetleri ile ilgili olarak satın alınan hammadde ve malzeme gibi girdilerin satın alınması ve bunların nakliyesi, girdileri üretime dönüştürecek işçilik gibi unsurların ücretleri, stokların depolanması, bozulma veya hırsızlık olaylarına karşı koruma tedbirlerinin alınması gibi birçok maliyet unsuru olmakla birlikte bu maliyet unsurları temelde üç ana kategoride sınıflandırılabilir. Bu kategoriler, stokların temin edilmesinden kaynaklanan “elde etme veya sipariş maliyetleri”, daha önceden temin edilmek suretiyle işletme bünyesinde hazırda bekleyen stoklara ilişkin “stok bulundurma maliyetleri” ve işletme bünyesinde mevcut olmayan stoklar nedeniyle işletmenin maruz kalacağı fırsat maliyetlerini içeren “stok bulundurmama maliyetleri” olarak sınıflandırılmaktadır.³⁷

Bir işletmenin toplam stok maliyeti yukarıda bahsedilen her üç kategorideki maliyetlerin toplanması suretiyle bulunur. Ancak stok bulundurmama maliyetleri sayısal olarak hesaplanmaları çok zor hususlardır ve öznel niteliktedirler. Bu nedenle toplam stok maliyeti hesaplamalarında stok bulundurmama maliyeti ihmal edilmektedir.³⁸ Toplam stok maliyetinin grafiksel gösterimi aşağıdaki şekildedir.³⁹

Şekil 1.1 : Toplam Stok Maliyeti



³⁶ Muller, *a.g.e.*, s.4.

³⁷ Kobu, *a.g.e.*, s.331-334.

³⁸ Top, *a.g.e.*, s.193-194.

³⁹ Doğruer, *a.g.e.*, s.258.

Toplam stok maliyeti grafiğinden görüleceği üzere elde etme maliyeti, miktarın azalan bir fonksiyonu iken stok bulundurma maliyeti miktar ile düzenli bir şekilde artmaktadır. Toplam stok maliyetinin en düşük olduğu stok miktarı seviyesine “ekonomik sipariş miktarı” denilmektedir.

1.4.1. Elde Etme Maliyeti

İşletmeler üretim faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için dış dünyadan bir takım girdileri tedarik etmek zorundadırlar. Sipariş olarak adlandırılan dışarıdan fiziksel girdilerin temini bir süreç işidir ve beraberinde bazı maliyetler gerektirir ki bunlara sipariş maliyeti veya elde etme maliyeti denir. Bu kategorideki maliyetlerin başında satın alma işlemine ilişkin araştırma ve iletişim giderleri, bu süreçte yer alan personele yapılan ödemeler, satın alınan varlıkların kontrolü için yapılan harcamalar yer almaktadır.⁴⁰

İşletme içerisinde hazırda bekleyen ara stokların üretime hazırlık aşamalarındaki maliyetleri de elde etme maliyeti kapsamında değerlendirilir. Bu bağlamda makinelerin üretim için hazırlanması ve buna bağlı kalıp değiştirme gibi maliyetler⁴¹ ile bu faaliyetler kapsamında gerekli işgücünün tahsis edilmesi de elde etme maliyetleri arasında sayılmaktadır.⁴² Bu alt kategorideki maliyetler literatürde üretime hazırlık maliyetleri olarak da anılmaktadır.⁴³

Sipariş maliyetleri genelde sabit maliyetlerdir ve sipariş edilen miktara göre değişmezler. Bu sabit maliyetlerin başında tedarik faaliyetleri kapsamında işletmelerde oluşan yönetim giderleri gösterilebilir. Bu kapsamda sayılabilecek diğer sabit maliyetler arasında sipariş formları, yetkilendirme işlemleri, faturaların kayıt ve muhasebe işlemleri ile yükleme ve ulaşım maliyetleri yer almaktadır.⁴⁴

İşletmeler yıllık üretim planlamaları çerçevesinde ihtiyaç duydukları girdileri tek bir seferde satın alabilecekleri gibi sipariş miktarını düşürmek suretiyle farklı dönemlerde de alış yapabilirler. Burada önemli olan husus sipariş maliyetini düşürmek amacıyla tek bir seferde yapılan alımlar kapsamında bir yıl boyunca saklanması gereken

⁴⁰ Erk, *a.g.t.*, s.30.

⁴¹ Top, *a.g.e.*, s.193.

⁴² Erk, *a.g.t.*, s.30.

⁴³ Kaya, *a.g.t.*, s.19.

⁴⁴ Axsäter, *a.g.e.*, s.38.

girdi niteliğindeki varlıkların söz konusu olmasıdır. Diğer bir ifade ile elde etme maliyeti ne kadar düşük olursa stok bulundurma maliyeti o kadar yüksek olacaktır.⁴⁵

1.4.2. Stok Bulundurma Maliyeti

Elde tutma maliyeti olarak da isimlendirilen stok bulundurma maliyetinin en önemli unsurları, stok için yatırılan sermaye ve stok için gerekli olan açık veya kapalı alanın kiralanması veya satın alınmasıdır.⁴⁶ Elde bulundurma maliyetleri, depolama, hizmet ve risk maliyetlerini de kapsar.⁴⁷

Fırsat maliyeti olarak da adlandırılan sermaye maliyeti, mevcut sermayenin başka bir alanda kullanılması yerine stoka bağlanması durumunda oluşan maliyettir.⁴⁸ Bu maliyet unsuru, işletmenin sahip olduğu sermayeyi diğer kullanım alanlarında istihdam etmek yerine stoklarda tutması durumunda alternatif alanların getireceği kazanç olarak tanımlanabilir.

Depolama maliyeti, stokun satılana kadar ya da kullanılana kadar depolanması sırasında oluşan maliyetlerdir. Hizmet maliyeti, stok için ödenen vergi, sigorta, taşıma ve sayım giderleridir. Risk maliyetleri, stoktaki malların bozulma, çalınma, yıpranma, teknolojik eskime, kaybolma durumlarından kaynaklanan maliyetler olup genellikle tahmin yapılarak belirlenir. Bu maliyetlerin stok düzeyi ile orantılı olarak değişim gösterdikleri görülür.⁴⁹ Başka bir deyişle, belirli bir dönemdeki stok bulundurma maliyeti o dönemde bulundurulmuş ortalama stok miktarının bir fonksiyonu olmaktadır.⁵⁰

1.4.3. Stok Bulundurmama Maliyeti

Stok bulundurmama maliyeti, bir talep oluştuğunda o talebin karşılanamaması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Elde bulundurmama maliyeti olarak da isimlendirilir.⁵¹ Günümüzün rekabetçi ekonomik sisteminde işletmeler stok miktarlarını mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutmaya çalışmaktadırlar. Fakat stok bulundurmama

⁴⁵ Doğruer, a.g.e., s.255.

⁴⁶ Erk, a.g.t., s.31.

⁴⁷ Yasemin Tanrıverdi, “Tedarik Zinciri ve Stok Yönetimi Üzerine Bir Uygulama”, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2010, s.58.

⁴⁸ Kaya, a.g.t., s.12.

⁴⁹ Tanrıverdi, a.g.t., s.58-59.

⁵⁰ Tekin, a.g.e., s.8.

⁵¹ Ayşegül Doğan, “Tedarik Zincirinde Stok Yönetimi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006, s.33.

durumu ya da az stok bulundurma durumu, talebin eldeki stok miktarının aştığı durumlarda işletmelerin bazı ek maliyetlere katlanmasına yol açmaktadır.⁵²

Stok bulundurmamanın getirdiği ek maliyetleri; kayıp satışların maliyeti, itibar kaybı maliyeti, pazar payının kısmi kaybı, kaybedilen iskontolar, sıklıkla verilen sipariş maliyeti,⁵³ müşteri bağlılığının yitirilmesi,⁵⁴ müşteri taleplerini karşılayamamanın getireceği tazminatlar⁵⁵ gibi başlıklar altında şeklinde sıralamak mümkündür.

Kayıp satış maliyeti, stok bulundurmamanın en önemli maliyet unsurlarındandır. Yeterli stoğun bulunmaması sonucunda müşteriler yeni siparişlerin verilmesini ve malın temin edilmesini beklemek istemezler ve talep ettikleri ürünleri başka işletmelerden temin ederler. Buna ek olarak, müşteri bağlılığı azalacağından gelecekteki potansiyel satışların da kaçırılmasına neden olacaktır.

Stok bulundurmamanın getirdiği maliyetlerin en önemlilerinden olan kayıp satış maliyetine örnek olarak, malzeme eksikliğinden dolayı tedavisine cevap alamayan hastanın o hastaneden vazgeçerek bir başka hastaneye yönelmesi verilebilir.⁵⁶

Satışların ileri bir tarihe ertelenmesi de önemli bir maliyet unsuru olabilmektedir. Örneğin bir sağlık işletmesinde, hastaneye başvuran bir hastanın tedavisi için gerek duyulan malzeme o sırada hastanede bulunmuyorsa tedavi ertelenebilir, gecikmeden dolayı daha özel ve hızlandırılmış bir tedavi gerekebilir. Bu durum maliyet artışlarına sebep olabilir. Tedavi için gerek duyulan malzemenin tedavi devam ederken tükenmesi ve tedarikinin gecikmesi halinde de ek maliyetler doğacaktır.⁵⁷

1.5. İşletmelerin Stok Bulundurmalarının Nedenleri

İşletmeler buldukları sektöre ve yürüttükleri politikalara bağlı olarak değişik miktarlarda stok bulundururlar. Buldurulacak stok düzeyi, stoklama maliyeti, bir

⁵² Deniz Bilgin, “KOBİ’lerde Modern Stok Yönetim Modellerinin Uygulanabilirliği: Karaman İlinde Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Karaman, 2013, s.12.

⁵³ Bilgin, *a.g.t.*, s.12.

⁵⁴ Doğan, *a.g.t.*, s.33.

⁵⁵ Özlem Kara, “İşletmelerde Stok Yönetimi”, Okan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2014, s.27.

⁵⁶ Sinan Aytekin, “Hastane İşletmelerinde Sıfır Stok Yönetimi (Just-In-Time) Uygulamalarının Stok Maliyetleri ve Müşteri Memnuniyeti Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 2010, s.78.

⁵⁷ Aytekin, *a.g.t.*, s.78.

defada sipariş edilebilen miktar, parti üretimin miktarı, talep süresi, düzeyi gibi kalemlerin fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır.⁵⁸

Stok miktarının yönetilmesi, iş akışının kesintisiz ve sürekli olarak devam etmesi için üzerinde durulması kaçınılmaz bir konudur. İşletmelerin gelişmesi ve kalkınması bakımından önemli olan stok seviyesini doğru bir şekilde belirleyebilmektir. Çünkü aşırı stok bulundurmak veya yeteri kadar stok bulundurmamak işletmelerin belli bir maliyete katlanmalarına sebep olmaktadır.⁵⁹

Belirli bir zaman noktasında bir işletmenin gerçekte ihtiyaç duyacağı stok miktarı ile elde bulunan stok miktarının tam olarak birbirine eşit olmalarını beklemek mümkün değildir. Bir yandan müşterinin aradığı malı ya da hizmeti zamanında bulamaması, müşterinin eli boş gönderilmesi müşteri kaybı ve itibar kaybı şeklinde bir maliyet unsurudur. Diğer yandan müşteriyi eli boş göndermemek için elde belli bir düzeyde stok bulundurulması da finansman maliyeti ve mekan maliyeti gibi maliyetler doğurur. Bahsekonu bu maliyetler birbiri ile sürekli bir çelişki içinde olup birisinin artması diğerinin azalması anlamına gelmektedir.⁶⁰

Bir işletmede belirli bir zamanda az stok bulundurmanın sebep olacağı sakıncalar arasında; müşteri talebinin karşılanamaması, firma itibarının zedelenmesi, daha sık sipariş nedeniyle daha yüksek tedarik maliyetine katlanması, tedarik miktarının düşük olması nedeniyle miktar indirimlerinden yararlanamamanın yarattığı maliyetler şeklinde sıralanabilir.

Çok yüksek düzeyde stok bulundurmanın sakıncaları arasında ise; yüksek depolama maliyetleri, hasar ve bozulma masrafları, alternatif finansman maliyeti, depolanan ürünün modası geçmesi veya fiyatının düşmesi riskleri sayılabilir.

İşletmelerin stok bulundurma nedenleri; belirsizliklere karşı hazırlıklı olma, ölçek ekonomilerinden yararlanma, spekülatif amaçlar ve işletme faaliyetlerinin sürekliliğini sağlama olarak sıralanabilir.⁶¹

⁵⁸ Küçük, *a.g.e.*, s.27.

⁵⁹ Bilgin, *a.g.t.*, s.7.

⁶⁰ Murat Karaöz, “Öğrenme ve Farklı Talep Fonksiyonlarını İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Model Önerileri”, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, Isparta, 2003, s.62.

⁶¹ Harun Sulak, “Stok Kontrolü ve Ekonomik Sipariş Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi Durumu ve Bir Model Önerisi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta, 2008, s.14-16.

1.5.1. İç veya Dış Kaynaklı Belirsizliklere Karşı Hazırlıklı Olma

İşletmeleri stok bulundurmaya zorlayan önemli nedenlerden birisi talep, arz ve ürün tedarik süresinde ortaya çıkabilecek belirsizliklere karşı hazırlıklı bulunma arzudur. Belirsizlikler işletme içi faktörlerden kaynaklandığı gibi işletme dışı faktörlerden de kaynaklanabilmektedir. Bir mala olan ve önceden kestirilemeyen ani talep artışlarının stoksuzluk nedeniyle karşılanamaması durumunda çoğu zaman satış kaybı ve bunun sonucu olarak da müşteri kaybı örnek olarak gösterilebilir.⁶²

Arzdaki belirsizlikler ve arz şokları dış kaynaklı belirsizliklerdir. Örneğin; petrol şokları nedeniyle petrol arzının azalması, afet, kuraklık gibi nedenlerle meydana gelebilecek olan geçici daralmalar, her arzın sınırlı bir kapasitesi olması nedeniyle talepteki değişimlere karşı cevap vermesi gibi sınırlılık ve belirsizliklere karşı işletmeler ellerinde stok tutmaktadır.⁶³

1.5.2. Ölçek Ekonomilerinden Yararlanma

Bazı durumlarda, özellikle üretime hazırlık çalışmalarının maliyetinin yüksek olduğu ürünler için, ürünlerin parti hacimlerinin büyük olması hazırlıklar için tahsis edilmesi gereken maliyeti azaltacağından nihai ürün maliyetinde tasarruf sağlayabilmektedir. Böylelikle her farklı mal üretiminde makinelerin yeniden düzenlenmesi ve yeni ürünün üretime hazırlanması için gereken maliyet azaldığından her bir partide ne kadar çok üretim yapılırsa ve zaman içinde satılmak üzere depolanırsa o kadar çok tasarruf yapılacağı varsayılmaktadır.⁶⁴

Ancak, fazla stok bulundurmanın anlamlı olabilmesi için ölçek ekonomilerinden kaynaklanan maliyetlerdeki bu azalışın ilave stok bulundurma maliyetinden daha fazla olması gerekmektedir.⁶⁵

1.5.3. Geleceğe Yönelik Beklentiler

Geleceğe dönük bazı spekülative beklentiler, işletmelerin stok bulundurma miktarlarını doğrudan etkilemektedir. Örneğin hammadde ya da nihai mal fiyatlarının yakın zamanda artacağı beklentisi işletmelerin, fiyat artışından etkilenmemek veya kârlarını artırmak için stok miktarlarına ilişkin kararlarında etkili olmaktadır. Bu şekilde

⁶² Karaöz, a.g.t., s.63.

⁶³ Karaöz, a.g.t., s.63-64.

⁶⁴ Karaöz, a.g.t., s.63.

⁶⁵ Sulak, a.g.t., s.16.

işletmeler maliyet enflasyonundan kaçınmaktadır. Malların satın alınmış olması, bazı durumlarda satın alınma anında işletme tarafından depolanmasını gerektirmiyorsa ve bu malların satıcı tarafından stoklanması devam etmesi mümkünse bu işletmeler açısından maliyet azaltıcı olmaktadır.⁶⁶

1.5.4. İşletmenin Sürekliliğini Sağlama

Bir işletmede, yeterli miktarda stok bulunmaması halinde üretimin herhangi bir nedenle kesilmesi işletme faaliyetlerini durma noktasına getirebilecek bir risk barındırır. Bu durumda işletmeler faaliyetlerini aksatmamak için ara malını diğer işletmelerden daha pahalıya almak zorunda kalacaktır. İşletme maliyetlerini artıran bu durumdan kaçınmak için işletmelerin her durumda bir miktar mal stoğu bulundurmaları gerekir.

İşletmelerin belirli bir düzeyde stok bulundurması arz ve talep arasında bir tampon bölge oluşturarak arz ve talep dengesizlikleri karşısında işletmelerin faaliyetlerinin devamını temin eder.⁶⁷

Şekil 1. 2 : Stok: Arz ve Talep Arasında Tampon Bölge



Kaynak: Waters, a.g.e., s.9

1.6. Stok Kontrolü Kavramı

Her işletme, ihtiyaç duyuluncaya kadar envantere tutulmak üzere elinde bir miktar mal bulundurur. Stok olarak adlandırılan bu mallar yeni alımlarla artırılır ve kullanılmak suretiyle de azaltılır. Elde stok bulundurmak işletmeler için önemli bir maliyet oluşturmakta olup bu maliyetlerin kontrol edilmesi envanter yönetimi, envanter kontrolü ya da stok kontrolü olarak isimlendirilen önemli bir işletme fonksiyonudur.⁶⁸

Stok kontrolü hammadde girişinden başlayarak, yarı mamul ve nihai mamul haline gelene kadar tüm stok hareketlerinin takibi, eldeki stokların gereğinden fazla ya

⁶⁶ Muller, a.g.e., s.3-4.

⁶⁷ Waters, a.g.e., s.9

⁶⁸ Waters, a.g.e., s.7.

da az olmasını engelleyecek kadar elde bulunmasını sağlayacak tüm faaliyetler olarak da tanımlanmaktadır.⁶⁹

Stok kontrolü kavramının temelleri 1920'lere dayanmaktadır. Nitekim 1920'lerin sonlarında optimal stok seviyeleri bulmak için matematiksel modeller kullanılması yoluyla bilimsel envanter kontrolü çalışmaları envanter yönetimi alanında önemli bir yaklaşım haline gelmiştir.⁷⁰ Stok kontrolü ile ilgili çalışmalarda İkinci Dünya Savaşına kadar çok az ilerleme kaydedilmiş, büyük ölçüde gelişmesini ise 1950'den sonra göstermiştir.⁷¹

Stok kontrolü, işletmenin imalat, satış ve finansal koşulları da göz önünde bulundurularak optimal stok düzeylerinin tespit edilmesini, belirlenen bu stok düzeylerinin şartlar doğrultusunda korunmasını kapsayan bir süreçtir. Bu sürecin, en iyi bir şekilde yürütülebilmesi ve satın alma stratejilerinin sağlıklı yapılabilmesi için stok kayıtlarının yöneticiler tarafından çok iyi takip edilmesi gerekmektedir.⁷²

1.6.1. Stok Kontrolünün Amacı

Bir işletmede ihtiyaç duyulan malzemenin uygun miktarlarda işletmede buldurulmasını, böylece üretimin aksamadan yürütülmesini ve bu sonuca en ekonomik şekilde ulaşmayı amaçlayan stok kontrolünün gayesi esasında çelişen hedefler arasında bir denge kurmaktır.

Örneğin, başka işler için kullanılmak üzere nakdin hazır tutulması için stok düzeyinin düşük tutulması bir hedefdir. Diğer yandan, satınalma müdürü miktar indirimleri sağlamak amacıyla büyük partiler halinde sipariş verme eğilimindedir. Benzer şekilde üretim müdürü de makinelerin yeniden kurulması maliyetlerini azaltmak için büyük toplu üretimler hedefler ve bunun için de yüksek düzeyde hammadde stoğu tutulmasını tercih eder. Pazarlama müdürü de satışların aksamaması için yüksek düzeyde nihai ürün tutulmasını tercih edecektir. Dolayısıyla, bir yandan maliyetleri azaltmak için stok düzeyinin düşük tutulması, diğer yandan başka amaçlar için stok

⁶⁹ Gültekin Gürçay, *Yöneticiler İçin Temel Stok Kontrolü*, 1. Baskı, İstanbul, 2012, s.66.

⁷⁰ Waters, *a.g.e.*, s.24.

⁷¹ İrfan Ertuğrul ve Yasemin Tanrıverdi, "Stok Kontrolde ABC Yöntemi ve AHP Analizlerinin İplik İşletmesine Uygulanması", *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 2013, Vol:5, No:1, s.42.

⁷² Burhan Bilge Başyazıcı, "Stok Yönetimi ve Stratejik Satın Alma" Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 2010, s.15.

düzeşinin belli bir sevişenin altına inmemesi gerekliliği, stok kontrolünün bunlar arasında bir denge kurma fonksiyonunu doğurmuştur.⁷³

Stok kontrolünün etkinliği, istenilen kalitede, istenilen fiyatla ve istenilen miktarda hammadde ve malzeme satın alınmak amacıyla, istenilen satıcıya, istenilen zamanda sipariş verilmesi ile ölçülür. Eğer bir işlemede, faaliyetlerin etkin bir biçimde sürdürülmesine yetecek miktarda ve türde hammadde ve malzeme bulunduruluyorsa ve aynı zamanda stok miktarı finansal açıdan uygun düzeydeyse stok kontrolünün amacını gerçekleştirdiğinden bahsedilebilir.⁷⁴

Görüldüğü üzere, stok kontrolü yoluyla esas amacın bir işlemede fonksiyonel ihtiyaçlara halez gelmeksizin stokların minimum düzeyde tutulması olduğu anlaşılmaktadır. Örneğın, işlemedeki mamul ürünler için güvenli stok düzeyi %99,7 oranında bir hizmet düzeyine imkan veriyorsa ve bu işleme için %98'lik bir hizmet düzeyi tatmin seviyesi olarak belirlenmişse güvenlik stok düzeyinin aşığıya çekilmesi gündeme gelecektir. Diğer yandan örneğın güvenlik stok düzeyi %84 oranında bir hizmet düzeyine izin veriyorsa ve hedeflenen hizmet düzeyi %98 ise bu durumda da güvenlik stok düzeyinin yükseltilmesi politikası izlenecektir.⁷⁵

1.6.2. Stok Kontrolünün Önemi

Günümüzde tüm işletmeler açısından, tedarikçilerden hammadde temininden bunların nihai ürüne dönüştürülerek müşterilere ulaştırılmasına kadar geçen sürecin yönetimi önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu alanın stratejik önemi üst yöneticiler tarafından da kabul edilmektedir. Stoklarda tutulan sermayenin miktarının büyüklüğü ile hammadde, yarımamul ve nihai ürünler için yapılan stok kontrolleri işletmeler açısından büyük bir gelişme ve iyileştirme potansiyeli taşımaktadır. Dolayısıyla, stok kontrolü konusunda bilimsel metodların kullanılması muazzam bir rekabet avantajı imkanı sunmaktadır.⁷⁶

Stok kontrolü, işleme üzerinde stratejik etkisi olan bir fonksiyondur. Bu işleme fonksiyonu, bazı faaliyetlerin fizibilitesini etkilediğı gibi işleme performansı üzerinde de birçok açılarından etkisi bulunur. Stoklar, üretim ve satışlar arasında bir tampon bölge görevi görür ve böylece belirli bir dönemde üretim ve satış miktarlarının aynı olması

⁷³ Axsäter, *a.g.e.*, s.1.

⁷⁴ Tanrıverdi, *a.g.t.*, s.64.

⁷⁵ Toomey, *a.g.e.*, s.4

⁷⁶ Axsäter, *a.g.e.*, s.1.

zorunluluğunu ortadan kaldırır. Bu durumun iki önemli faydası bulunmaktadır. Birincisi, tekdüze operasyonlar değişken olanlardan çok daha verimlidir; daha iyi planlama, rutin iş akışı ve az sayıda değişiklik gibi faydalar sağlar. İkincisi, işletme yüksek satış dönemlerinde üretimde kapasite artışı yapmak zorunda kalmaz ve düşük satış dönemlerinde makine teçizatın atıl kalmasının önüne geçilir. Üretim ve satışlar arasındaki farklılık stok düzeyindeki değişimler yoluyla absorbe edilir. Üretimin satışlardan yüksek olduğu dönemde stok artışı yaşanır; satışların yüksek olduğu dönemlerde ise stok miktarı azalır.

Şurası açıktır ki stok kontrolü bir işletmenin genel performansı üzerinde önemli etkilerde bulunur. Hangi stratejilerin fizibil ve gerçekçi olduğu konusunda yol gösterir; müşteri memnuniyetini ve satışların artmasını sağlayabilir; makine-teçizat, sermaye, insan kaynağı, bina ve kapasitenin daha verimli kullanılması yoluyla kaynak üretkenliğinde artış sağlayabilir. Bu sayılan doğrudan faydaların yanında, yönetime bilgi sağlayarak da işletme faaliyetlerine değer katar.⁷⁷

İşletmeler, daha verimli stok kontrol yöntemleri kullanarak diğer maliyetlerini artırmaksızın stok düzeylerini düşürebilirler. Dahası, bilgi teknolojisindeki gelişmeler daha verimli stok kontrol yöntemleri kullanılması yönünde radikal değişiklikler getirmiştir. Stok kontrolü alanında son dönemde değişiklikler yaşanmaktadır. Geleneksel olarak daha basit karar yöntemleriyle yürütülen stok kontrolü, günümüzde çok daha gelişmiş ve karmaşık karar modelleri kullanmakta ve bu durum da ciddi düzeyde bilgisayar kullanım bilgisi gerektirmektedir.⁷⁸

Stok kontrolü yoluyla; stoksuzluk nedeniyle ortaya çıkabilecek aksamaların önüne geçilir, gereksiz ve aşırı stok bulundurulması engellenir, malzemenin bozulması ve fire vermesi gibi durumlar minimize edilir. İşletmenin diğer bölümlerinde örneğin pazarlama, finans ve muhasebe birimlerinde de etkinliğin artırılmasına katkı sağlanır, işletmenin tedarik, üretim ve teslimat uygulamalarının daha efektif hale gelmesi sağlanır, talep ve arz dalgalanmalarından işletmenin en az düzeyde etkilenmesi sağlanır.⁷⁹

⁷⁷ Waters, *a.g.e.*, s.44-48.

⁷⁸ Axsäter, *a.g.e.*, s.2.

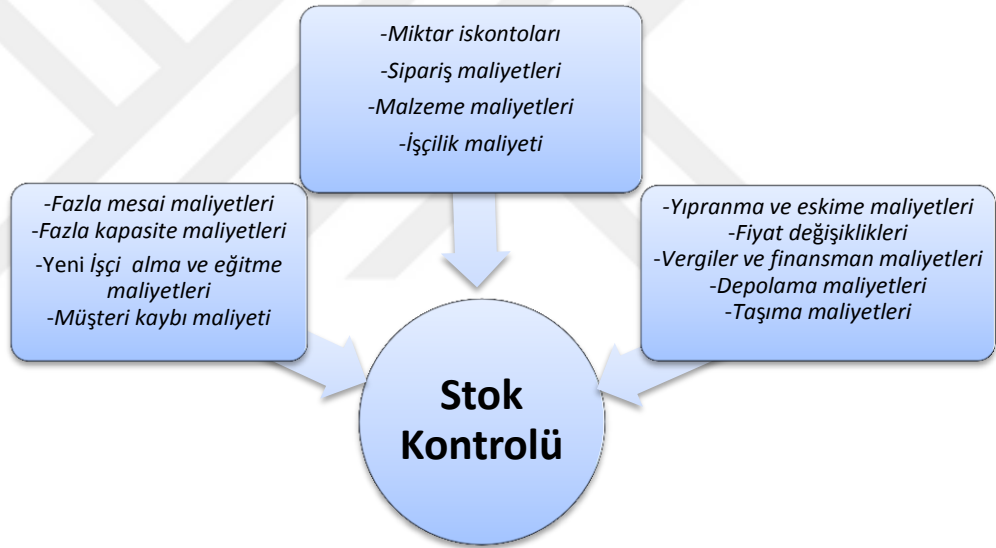
⁷⁹ Küçük, *a.g.e.*, s.56-57.

1.7. Stok Kontrolüyle İlgili Maliyetler

İşletmeler buldukları sektöre, üretim yapılarına, içinde buldukları finansman koşullarına ve benzeri özelliklerine göre farklı stok kontrol yöntemleri seçmektedirler. İşletmelerin yaptığı bu seçim, maliyetler açısından olumlu veya olumsuz yönde çok sayıda etki doğurmaktadır. Bu nedenle de ortaya çıkabilecek maliyet unsurları arasında bir denge bulunması gerekir.⁸⁰

Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere; miktar iskontoları, sipariş maliyetleri, malzeme ve işçilik maliyetleri, fazla mesai ve fazla kapasite maliyeti, müşteri kaybı maliyeti, depolama ve taşıma maliyeti gibi çok sayıda maliyet unsuru stok kontrolüyle doğrudan ilişkilidir.⁸¹

Şekil 1. 3 : Stok Kontrolüyle İlgili Maliyetler



Kaynak: Kobu, a.g.e., s.331-333

Miktar iskontoları, işletmede kullanılmak üzere tedarik edilen malzemelerin bir defada verilen sipariş miktarı arttıkça birim fiyatta sağlanan iskontolardır. Her ne kadar yüksek miktarlarda alımlarda iskonto uygulanırsa da ihtiyaçtan fazla mal alımı stoklama ve finansman maliyeti doğuracağından, optimum sipariş miktarına ulaşmak için miktar iskontosunun faydası ve zararı karşılaştırılarak karar verilmesi gerekir.⁸²

⁸⁰ Ahmet Fahri Negüs, “Çok Kademeli Stok Yönetimi ve Dağıtım Optimizasyonu”, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 2009, s.44.

⁸¹ Kobu, a.g.e., s.331-333

⁸² Negüs, a.g.t., s.44

Sipariş maliyetleri, tedarikçinin seçimi, malın alınması, kontrolü ve ödemenin takibi masraflarını içerir. Bu maliyetin düzeyi bir defada verilecek sipariş miktarının tespitinde dikkate alınacak bir unsurdur.⁸³

Malzeme ve işçilik maliyetleri üretilen ürün miktarı ile doğru orantılı olup sipariş miktarının bu maliyetler üzerinde etkisi olmadığı düşünülse de aslında yeni ürüne adaptasyon dolayısıyla hatalı üretimin artması durumları ve bundan kaynaklanan işçilik ve malzeme kayıpları dolayısıyla sipariş miktarları malzeme ve işçilik maliyetlerini etkilemektedir. Örneğin, bir boru üretimi atölyesinde yeni sipariştten dolayı tezgah ayarı süreleri ve işçilerin yeni bir ürüne adaptasyonundan kaynaklanan malzeme kayıplarından dolayı maliyetler etkilenebilmektedir.⁸⁴

Fazla mesai ve fazla kapasite maliyetleri; talebin yüksek olduğu dönemlerde üretim hızını artırmaya ve böylece stok düzeyini düşük tutmaya imkan tanıyan maliyet unsurlarıdır. Yüksek düzeyde ürün ihtiyacı doğduğunda işçilerin fazla mesai yapması daha yüksek ücret ödenmesi sonucunu doğurur. Ayrıca yüksek talep dönemlerinde kullanılmak üzere atıl makine teçizat bulundurmanın yatırım, amortisman, tamir-bakım gibi maliyetlere neden olacağı kuşkusuzdur. Fazla mesai yerine, talebin yüksek olduğu dönemlerde *yeni işçi alma* yoluna gidilmesi de eğitim ve işten çıkarma maliyetleri doğurur. Dolayısıyla düşük stok tutmanın getireceği fayda, fazla mesai, yeni işçi alma ve fazla kapasitenin neden olduğu maliyetlerle karşılaştırılarak karar verilmelidir.⁸⁵

Stok bulundurmama maliyeti olarak da bilinen *müşteri kaybı maliyeti*, bir müşteriden talep geldiği halde elde bulunmaması nedeniyle satışın gerçekleşmemesi anlamına gelir. En basit halinde satıcının, gerçekleşmeyen satış nedeniyle kar kaybına uğraması söz konusudur. Ancak etkileri bununla sınırlı olmayıp gelecekteki muhtemel satışların kaybı, itibar kaybı gibi sonuçlar da doğurur.⁸⁶

Özellikle bazı sektörlerde *yıpranma ve eskime maliyetleri* stok kontrolünde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Örneğin gıda sektöründe stoktaki ürünlerin bozulması bir risk oluştururken, teknolojik ürünlerle ilgili bir firmada ürünün teknolojisinin eskimesi maliyet unsuru olabilmektedir.

⁸³ Toomey, *a.g.e.*, s.63

⁸⁴ Negüs, *a.g.t.*, s.45

⁸⁵ Doğar, *a.g.t.*, s.31.

⁸⁶ Waters, *a.g.e.*, s.53

Özellikle enflasyonist ekonomilerde *fiyat değişiklikleri* stoktaki malın fiyatındaki dalgalanmalar stok kararlarında etkilidir. Yine *taşıma maliyetleri* sipariş miktarına göre dalgalanma gösterdiğinden bu konudaki kararları etkiler. Depo olarak kullanılan binaların kirası, bakımı, sigortası gibi maliyetler *depolama maliyetlerini* oluşturur. İşletmenin bulunduğu ülkenin vergi politikaları yüksek stok düzeylerinde daha yüksek vergi ödenmesini gerektirebilir. Ayrıca yüksek düzeyde stok tutmanın *finansman maliyeti* olduğu da dikkate alınarak stok düzeyleri buna göre belirlenir.

1.8. Stok Kontrol Yöntemleri

İşletmeler, buldukları sektöre, personelin eğitim durumuna, kullanılan bilgi teknolojisi seviyesine, elde bulunan araç gereçlerin yeterliliğine ve depolama kapasitesi gibi unsurlara bağlı olarak farklı stok kontrol yöntemleri seçerler. Bu yöntemler sofistike matematiksel modellerden, gözle kontrol gibi primitif sisteme kadar çeşitlilik göstermektedir.

1.8.1. Gözle Kontrol Yöntemi

Gözle kontrol yöntemi, bilhassa işletme boyutunun küçük olduğu durumlarda tecrübeli depo görevlilerinin stok durumunu düzenli olarak gözden geçirdikleri ve belirli bir düzeyin altına düşmesi halinde sipariş verilmesi şeklinde işleyen düşük maliyetli bir yöntemdir.⁸⁷ Bu yöntem, özellikle düzenli bir kayıt sisteminin tutulmadığı durumlarda kullanılır. Yöntem tüm üretim hattında kullanılabildiği gibi, büyük bir üretim hattının seçilmiş bir kısmında da kullanılabilir.⁸⁸

Düşük maliyetli ve basit bir yöntem olarak küçük boyutlu iş hacimlerine sahip firmalarda tatbik edilen gözle kontrol sistemi bazı negatif özellikleri de bünyesinde barındırmaktadır.

Öncelikle depo görevlisi olan kişiye bağlı subjektif bir yöntem olduğundan hata yapma ihtimali yüksektir. Depoya malzemelerin yerleştirilmesi belli bir düzen içinde olmuyorsa ambar görevlisinin yanlış hesap yapma olasılığı artmaktadır. Kişi yargısına bağlı bu sistemde satışlardaki artış ve benzeri bir sebeple malzeme kullanımının artması, siparişlerin tedarik süresinde değişme olması veya benzer başka bir etkenin

⁸⁷ Gürçay, *a.g.e.*, s73.

⁸⁸ Toomey, *a.g.e.*, s.82.

değişmesi halinde yeni durumun gereklerinin hemen farkedilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması zordur.⁸⁹

1.8.2. Çift Kutu Yöntemi

Bir çeşit sabit miktarlı sipariş yöntemi olan bu sistemde, çalışma kutusu olarak adlandırılan kutudaki malzeme bittiğinde kontrol kutusu olarak adlandırılan ikinci kutuya geçilir ve bu arada hemen yeni bir sipariş verilir. Verilen siparişin beklendiği süre zarfında ikinci kutudaki malzeme kullanılır. Siparişler ulaştığında ise ikinci kutu doldurulur ve kalan miktar da çalışma kutusu olan birinci kutuya yerleştirilerek kullanılmaya başlanır. Sistemin etkin çalışması için, ikinci kutudaki malzeme miktarının verilen sipariş ulaşıncaya üretimi aksatmayacak düzeyde olması gerekir.⁹⁰ Gözle kontrol yöntemi gibi pratik ve ucuz bir yöntem olmasına rağmen, aynı sakıncalar bu yöntemde de bulunmaktadır.⁹¹

Gözle kontrol yöntemine nazaran daha sistematik olan bu yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta işletme üretim hacmi ve öngörülen talebe bağlı olarak stoklama miktarının uygun seviyede tespit edilmesidir. Ayrıca tedarikteki gecikmeler üretim aksamalarına neden olacağından, bu stoklama yönteminde tedarikçiler ile ilişkiler de önemli bir etkinlik kriteri olarak ele alınmalıdır.⁹²

1.8.3. Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi

Sabit sipariş miktarı yönteminde stok seviyeleri düzenli olarak kontrol edilir ve stoklar belirli bir seviyenin altına düştüğünde daha önceden belirlenen sabit bir miktar için sipariş yapılır. Örneğin merkezi ısıtma tankının içerisindeki fuel-oil 2,500 litrenin aşağısına düştüğü zaman 25,000 litre fuel-oil sipariş verilmesi sabit sipariş miktarı yönteminin basit bir uygulamasıdır. Talebin değişken olması durumunda bu yöntem çerçevesinde siparişler arasındaki zaman değişken olacaktır.⁹³

Sipariş miktarının sabit olması ekonomik sipariş miktarı hesaplamasından, raf ömrü, sipariş miktarına bağlı fiyat iskontası veya paketlemeden kaynaklanabilir.⁹⁴

⁸⁹ Kobu, *a.g.e.*, s.335-336

⁹⁰ Toomey, *a.g.e.*, s.82.

⁹¹ Negüs, *a.g.t.*, s.51.

⁹² Kara, *a.g.t.*, s.34.

⁹³ Waters, *a.g.e.*, s.56-57.

⁹⁴ Toomey, *a.g.e.*, s.66.

Ekonomik sipariş miktarı hesaplaması General Electric firması çalışanı F.W. Harris tarafından 1915 yılında geliştirilmiştir.⁹⁵

Ekonomik sipariş miktarı formülü aşağıdaki varsayımlar çerçevesinde geçerlidir.⁹⁶

- Talep sabittir ve süreklilik arz etmektedir.
- Elde etme maliyeti ve stok bulundurma maliyeti sipariş miktarından bağımsızdır
- Sipariş teslim süresi sabittir ve bilinmektedir.
- Siparişin tamamı tek seferde teslim edilmektedir.
- Stok bulundurmama istenen bir durum değildir.

Herhangi bir dönemde örneğin bir yıl içerisinde toplam stok maliyeti temel olarak üç bileşenden oluşmaktadır: Stoğun Alım Maliyeti, Elde Etme Maliyeti ve Stok Bulundurma Maliyeti. Stoğun alım maliyeti sipariş miktarına göre değişmeyeceği için sipariş miktarının belirlenmesinde sipariş maliyeti ve stok bulundurma maliyeti toplamının minimize edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki formülde bu minimizasyon çerçevesinde ekonomik sipariş miktarının hesaplanması gösterilmiştir.⁹⁷

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times RC \times D}{HC}}$$

EOQ = Ekonomik sipariş miktarı (*economic order quantity*)

RC = Elde etme maliyeti (*reorder cost*)

D = Talep (*demand*)

HC = Stok bulundurma maliyeti (*holding cost*)

Sabit sipariş miktarı yöntemi, yirminci yüzyılın başından itibaren kullanılmaya başlanan ekonomik sipariş miktarı hesaplaması ile birlikte, kullanım kolay ve basit bir stok kontrol yöntemi olarak önemini korumuş, hatta yapılan katkılar ile oldukça yaygınlık kazanmış bir yöntemdir.⁹⁸ Ekonomik sipariş miktarı temel hesaplamasındaki varsayımlar kaldırılarak; örneğin stok bulundurmamaya izin verilerek, ya da sipariş

⁹⁵ Muller, *a.g.e.*, s.136.

⁹⁶ Axsäter, *a.g.e.*, s.46.

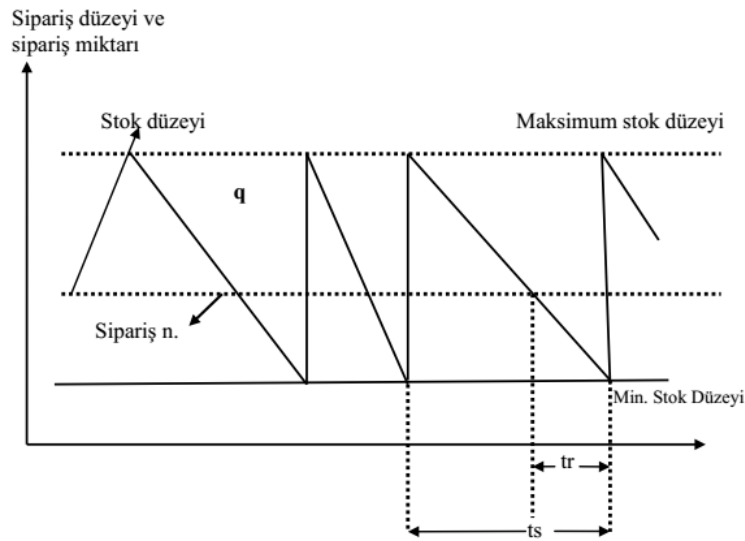
⁹⁷ Waters, *a.g.e.*, s.70-73.

⁹⁸ Sulak, *a.g.t.*, s.2.

miktarına göre fiyat iskontosunun uygulandığı durumlar için de temel hesaplama formülünden geliştirilen ekonomik sipariş miktarı hesaplamaları bulunmaktadır.⁹⁹

Sabit sipariş miktarı yönteminde sipariş miktarı sabit olmakla birlikte, sipariş periyotlarının sabit olmaması tedarikte bazı problemler oluşturabilir. Aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere stokların azalma hızı farklı olduğunda farklı sipariş süreleri söz konusudur.¹⁰⁰

Şekil 1. 4 : Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi



Kaynak: Küçük, a.g.e., s.71

Dolayısıyla sabit sipariş miktarı yönteminin uygulanmasında bu durumun dikkate alınması gerekmektedir. Çok sayıda değişik stoğun yer aldığı bir işletmede hem sabit sipariş miktarının hesaplanması hem de stok miktarlarının bu düzeylere göre kontrolünün yapılması güç bir iş olabilir. Diğer taraftan, sipariş periyotlarının çok kısa ve çok uzun olması işletmeler için yönetilmesi zor bir süreç haline alabilir.

1.8.4. Sabit Sipariş Periyodu Yöntemi

Sabit sipariş periyodu yönteminde sipariş verme zamanları günlük, haftalık, aylık vb. periyodik bir zaman aralığında gerçekleştirilmektedir. Sipariş miktarı ise belirlenen sabit sipariş periyodunda ihtiyaç tahminine göre yapılmaktadır. Sabit sipariş

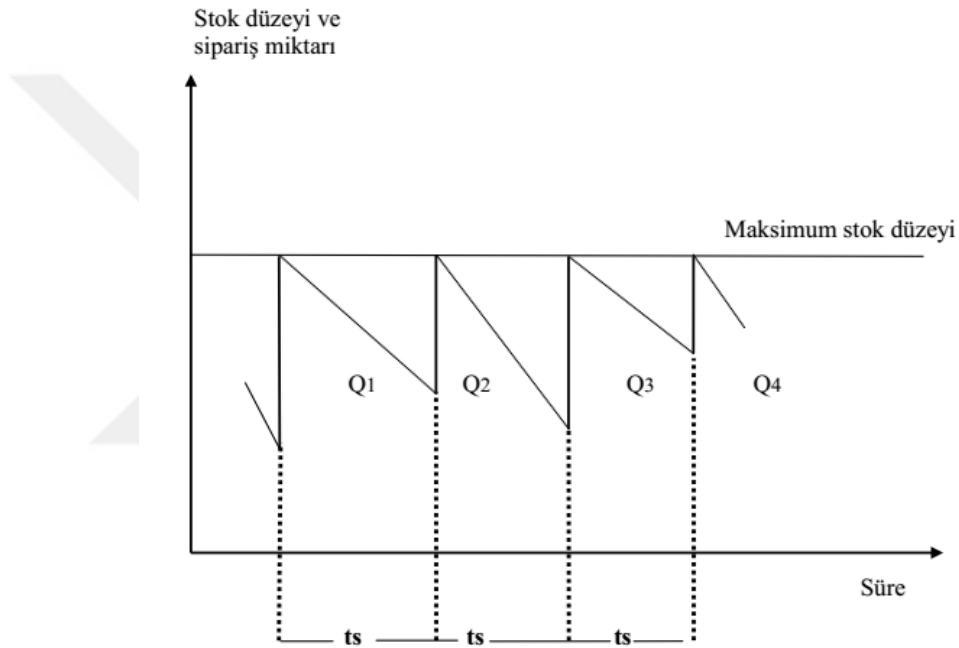
⁹⁹ Axsäter, a.g.e., s.49-53.

¹⁰⁰ Küçük, a.g.e., s.71-72.

periyodu yöntemi birçok stoğun tek bir tedarikçiden sipariş edildiği perakende v.b. sektörlerde işletmelerin kolaylıkla stok kontrolü yapmalarını sağlamaktadır.¹⁰¹

Sabit sipariş periyodu yönteminde stok kontrolünün düzenli olarak yapılmasına gerek olmayıp periyodik olarak yapılmaktadır. Daha önceden belirlenen maksimum stok değeri ile mevcut stok arasındaki fark periyodik sipariş yönteminde sipariş edildiği zaman aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi stokların azalma hızına bağlı olarak farklı sipariş miktarları söz konusudur.¹⁰²

Şekil 1.5 : Sabit Sipariş Periyodu Yöntemi



Kaynak: Küçük, a.g.e., s.72

Diğer taraftan sabit sipariş periyodu yönteminin uygulanmasında (R,Q) ve (s,S) gibi farklı yaklaşımlar da bulunmaktadır. (R,Q) yaklaşımında periyodik stok kontrolünde stoğun daha önceden belirlenen kritik değerden (R) düşük olması halinde sabit bir miktar (Q) sipariş yapılmaktadır.¹⁰³ Bir anlamda sabit sipariş miktarı ile sabit sipariş periyodu yöntemlerinin melez bir formu olarak değerlendirilebilir. Nitekim, sipariş periyodik olarak yapılmakla birlikte, sipariş miktarı, sabit sipariş miktarı

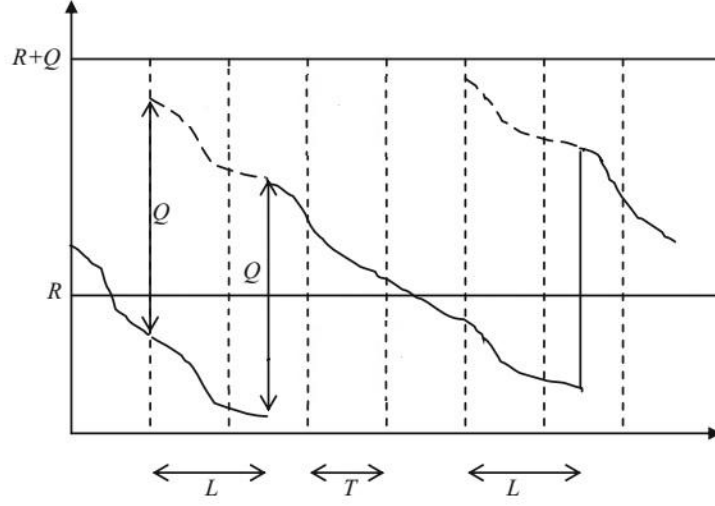
¹⁰¹ Toomey, a.g.e., s.67.

¹⁰² Küçük, a.g.e., s.71-72.

¹⁰³ Axsäter, a.g.e., s.41-42.

yönteminde olduğu gibi sabittir. Aşağıdaki grafikte (R,Q) yöntemine göre stok kontrolü yapılması halinde stok seviyeleri örnek olarak gösterilmektedir.

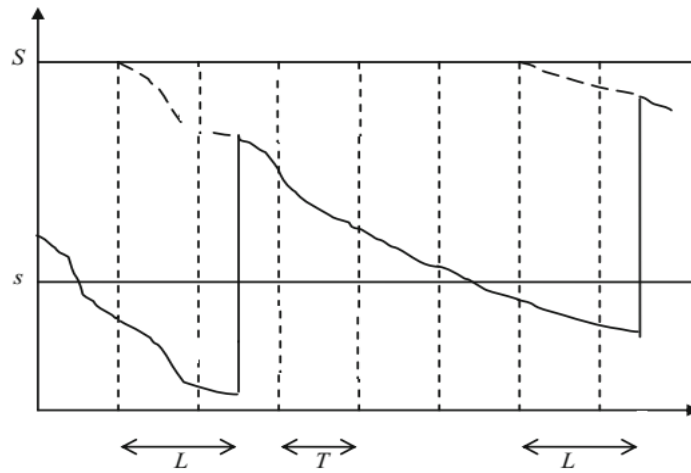
Şekil 1. 6 : (R,Q) Yöntemi



Kaynak: Axsäter, a.g.e., s.42.

(s,S) yaklaşımında ise, (R,Q) yaklaşımında olduğu gibi, periyodik stok kontrolünde stoğun daha önceden belirlenen kritik değerden (R) düşük olması halinde sabit bir miktar değil daha önceden belirlenen stok seviyesi (S) ile stok arasındaki fark kadar sipariş yapılmaktadır.¹⁰⁴ Dolayısıyla, sipariş periyodik olarak yapılmakta ve sipariş miktarı ise her bir sipariş periyodunda farklılık göstermektedir.

Şekil 1. 7 : (s,S) Yöntemi



Kaynak: Axsäter, a.g.e., s.43.

¹⁰⁴ Axsäter, a.g.e., s.42-43.

1.8.5. ABC Yöntemi

ABC yönteminde ise stoklar değer cinsinden gruplara ayrılmaktadır. Genellikle stokların küçük bir kısmı değer olarak toplam stokların %80'ine karşılık gelmektedir. Tipik olarak stokların %20'si toplam stok değerinin %80'ini oluştururken, kalan %80'i ise toplam stok değerinin %20'sini oluşturmaktadır. Bundan dolayı birçok şirket stokları üç gruba ayırmaktadır: A, B ve C. A grubuna yaklaşık olarak stokların %20'si yer alırken, B grubunda %20'si ve C grubunda da kalan %60'ı yer almaktadır. Stok kontrolünün maliyetli olduğu işletmelerde kontrol faaliyetlerinin A grubu stoklarda yapılması büyük önem arz etmektedir.¹⁰⁵ Dolayısıyla, sayıca daha az stoğu temsil eden A grubunda daha etkin stok kontrolünün sağlanması ile işletmeler stok maliyetlerini minimize edebileceklerdir.

ABC yöntemi, Vilfredo Pareto'nun 19. Yüzyılda ortaya attığı toplumun %20'sinin refahın %80'ini oluşturduğu yaklaşımına diğer bir ifade ile Pareto analizine dayanmaktadır. A grubundaki stokları için özel önem verilmesi gerekirken B grubundaki stoklara normal önem ve C grubundaki ile az önem verilmesi yeterlidir. A grubu stoklar için bilgiyayarlı destekli stok kontrol sistemlerinin kullanılması gerekebilirken, C grubu stokların maliyeti görece çok az olduğundan ad hoc stok kontrolü yapılması yeterli olabilir.¹⁰⁶

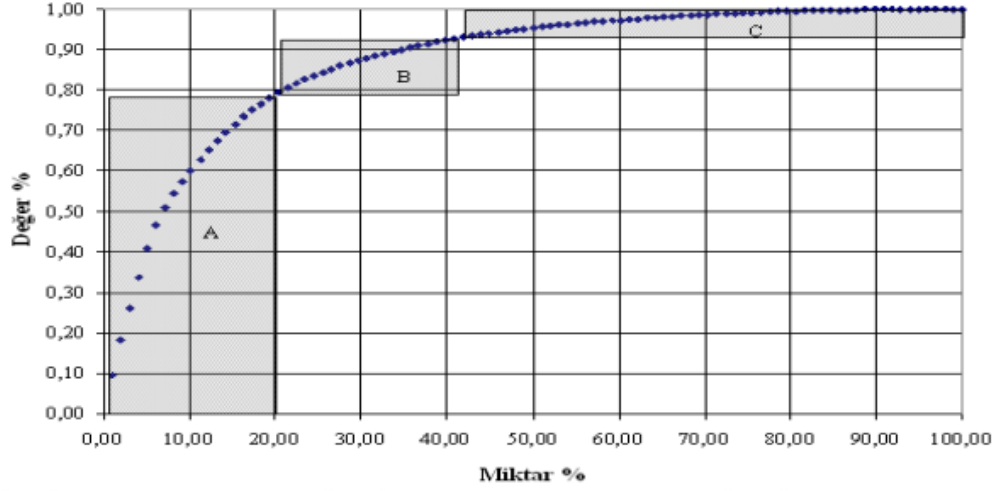
Stokların A,B ve C grubu şeklinde sınıflandırılması işletmelerin daha etkin ve ekonomik bir stok yönetimi yapmalarına imkan vermektedir. A grubundaki stoklara daha çok önem verilerek kontrollerinin sık yapılması, ayrıntılı stok kayıtlarının tutulması, sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktaları için tam doğru ve güncellenmiş değerlerin kullanılması önerilmektedir. ABC yöntemine göre stokların dağılımının gösterimi aşağıdaki şekilde yer almaktadır.¹⁰⁷

¹⁰⁵ Axsäter, a.g.e., s.228-229.

¹⁰⁶ Waters, a.g.e., s.208.

¹⁰⁷ Ertuğrul ve Tanrıverdi, a.g.m., s. 44.

Şekil 1. 8 : ABC Eğrisi



Kaynak: Ertuğrul ve Tanrıverdi, a.g.m., s.44.

ABC yönteminin uygulanmasında C grubundaki stokların önemsiz olması stok kontrolü bağlamında gerekli kaynakların nisbeten çok az tahsis edilmesi içindir. Dolayısıyla, C grubundaki bir stok dahi olsa maliyetinin az olması veya stoğa olan talebin az olması stok kontrolünün yapılmamasını gerektiren bir durum değildir. Örneğin araba üretimi için silecek C grubu bir stok olarak değerlendirilmekle birlikte, sileceği olmadan bir aracın satılamayacağı da dikkate alınmalıdır. Aynı şekilde ucuz bir yedek parçanın stokta olmaması işletmenin büyük zarara uğramasına neden olabilir. Diğer taraftan bazı işletmeler için üçlü gruplandırma yeterli olmadığı için D grubu stoklar da tanımlanmaktadır.¹⁰⁸

¹⁰⁸ Waters, a.g.e., s.210.

İKİNCİ BÖLÜM

2.STOK KONTROL MODELLERİ

Stok kontrolü; muhtemel talebin ne olacağını tahmini, stoklamaya ilişkin maliyet unsurları ve eldeki stok durumu gibi hususlar göz önünde bulundurularak bir üründen ne zaman ve ne miktarda sipariş verileceğinin veya üretileceğinin belirlenmesini amaçlayan bir işletme yönetimi alanıdır. Bahsekonu kararların verilmesi, yukarıdaki hususlar da göz önünde bulundurulduğunda oldukça karmaşık bir sorun haline dönüşebilmektedir. Bilimsel bir yöntem olarak modelleme, bu tür karmaşık ve belirsizlikler barındıran sorunlarının çözümünü kolaylaştırmak için başvurulan yöntemlerden birisidir. Bu anlamda, bir problemin modelleme yoluyla çözülmesi demek, gerçekte karşılaşılan veya karşılaşılmaması muhtemel olan bir olayın benzerini bir model halinde oluşturarak ortaya çıkabilecek sonuçları görmek demektir.¹⁰⁹

Modelleme yapılırken, sorunu matematiksel denklemlerle ortaya koyarak çözmek yolu kullanılabilir gibi, örneğin mimarlık alanında kullanıldığı şekliyle küçük ölçekte maket oluşturulması gibi simülasyon teknikleri de kullanılabilir. Bu çalışmada, stok kontrol modelleme yöntemi olarak matematiksel denklemler kurulması ve bu denklemlerin çözümlenmesi yöntemi kullanılmaktadır. Ancak bu işlem yapılırken, kısıtlayıcı bazı varsayımlar kullanılmakta olduğu yani çözümlerin kolaylaştırılması açısından olaya etki eden fakat sonuç açısından hayati önemde görülmeyen unsurlardan bazılarının ihmal edildiği ileriki bölümlerde görülecektir.

Bir üründen ne zaman ve ne miktarda (karar değişkenleri) sipariş verileceği veya üretileceği sorularına verilecek optimal değerlerin belirlenmesi, işletmeler açısından yıllık toplam maliyetin minimum olmasını sağlayacak karar değişkenlerine ulaşılmasını temin eder.

Dolayısıyla, stok kontrol problemlerinde genellikle maliyet minimizasyonunu sağlayacak modellemeler kullanılmakla birlikte, bazı durumlarda stok kontrol probleminin amacı karı maksimum yapacak şekilde model oluşturulabilir. Esasında, maliyet minimizasyonunun sağlanması karın maksimum olmasını da gerektirir. Sonuç

¹⁰⁹ Negüs, *a.g.t.*, s.53.

olarak, bir stok kontrol probleminde maliyeti minimize etmek ile karı ençoklaştırmak arasında ifade etme şekli dışında esaslı bir farklılık bulunmamaktadır.¹¹⁰

2.1. Stok Kontrol Modeli Tanımı ve Türleri

Gerçek hayatta, birçok stok kontrol problemi birden çok ürüne ilişkin çözüm bulunması gereken durumlardır. Örneğin, bir askeri birimde stok planlaması yapılması durumunda yüzlerce hatta binlerce parçanın/ürünün stok durumunun yönetilmesi gerekir. Bununla birlikte, tek ürüne ilişkin yapılan modellemelerin problemin özünü kapsadığı ve bu nedenle geri kalan ürünlerle model konusu ürünün etkileşiminin modelde açıkça yer almasına gerek olmadığı da genellikle doğru bir yaklaşımdır. Ürün sayısının çok fazla olduğu durumlarda birden çok ürünü içeren modellerin kullanılması da mümkün olmakla birlikte, tek ürün içeren modeller günümüzde literatürde geniş olarak yer almakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır.¹¹¹

Stok kontrol modellerinin, sistem değişkenlerinin belirliliğine göre, eleman sayısına göre, talebe göre, yapısına göre, amacına göre ve kapsamına göre gibi değişik açılardan sınıflandırılması mümkündür.¹¹²

Sistem değişkenlerinin belirliliğine göre yapılan sınıflamada, mamul, malzeme, yedek parça talebinin belirli yani deterministik olmasına ya da belirsiz yani stokastik olmasına göre ikili bir sınıflandırma söz konusudur.¹¹³ Sistem değişkenlerinin yapısına göre yapılan bir sınıflamada, kriter olarak seçilen sistem değişkeni talep olması halinde, bu sınıflandırma talebin yapısına göre yapılan bir sınıflandırma olarak da nitelenebilir.

Sistem değişkenlerinden talebin belirli olup olmadığı kriterine göre yapılan tasnife göre deterministik modeller talep miktarının kesinlikle bilindiği durumları, olasılıklı (stokastik) modeller ise talebin olasılıklı dağılıma uyması durumlarını ifade eder. Deterministik modeller, talebin zaman içinde sabit olduğu durumlarda deterministik statik modeller, talebin bir dönemden diğerine sabit olmadığı durumlar için deterministik dinamik modeller olarak iki kategoriye ayrılır. Stokastik modellere geldiğinde ise, talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu zaman içinde sabit kalıyorsa

¹¹⁰ Sulak, *a.g.t.*, s.21.

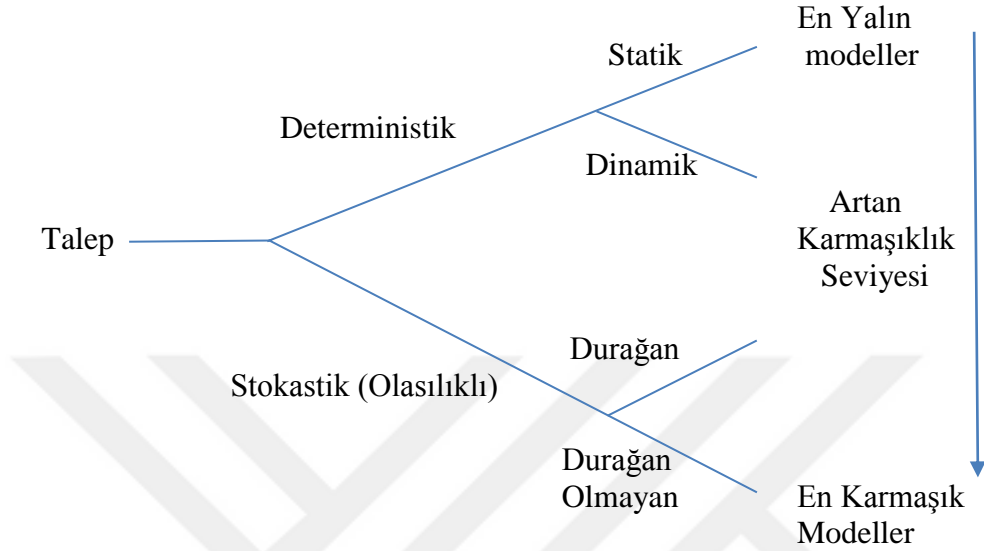
¹¹¹ S.C. Graves, A.H.G. Rinnooy Kan, P.H. Zipkin, *Handbooks in Operations Research and Management Science -Logistics of Production and Inventory*, Elsevier Science Publishers, North Holland, 1993, s.3-4.

¹¹² Murat İlhan, “Bir Bilgi Sistemi Olarak Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) Sisteminde Malzeme Akışının Yönetimi ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Ankara, 2002, s.116.

¹¹³ İlhan, *a.g.t.*, s.119.

durağan modeller, olasılık yoğunluk fonksiyonu zaman içinde sabit değilse durağan olmayan modeller söz konusu olmaktadır.¹¹⁴

Şekil 2. 1 : Talebin Yapısına Göre Stok Kontrol Modelleri



Kaynak: Eroğlu, a.g.e., s.6.

Yukarıda yer alan şekilde de görüleceği üzere, şeklin en üstünde görülen deterministik statik modeller matematiksel karmaşıklık düzeyi en düşük olan modellerdir. Klasik ekonomik sipariş modeli ve klasik ekonomik üretim modelleri deterministik statik modelinin yaygın olarak görülen örnekleridir. Her ne kadar bu modeller basit ve kullanışlı olsa da zaman zaman gerçek hayatta ortaya çıkan problemlere cevap vermekte yetersiz kalması söz konusu olduğundan, modelde yer alan varsayımlara ilave varsayımlar eklenmesi yahut mevcut varsayımların gevşetilmesi yoluyla yeni modeller geliştirilmektedir.¹¹⁵

Klasik yöntemlerin gerçek hayat sorunlarına cevap verecek şekilde geliştirildiği yeni açılımlara örnek olarak defolu ürün durumu, enflasyon etkisi, miktar iskontoları, öğrenme etkisi, ödemelerde gecikmelere izin verilmesi durumları verilebilir. Çalışmanın amacına uygun olarak bu bölümde, deterministik stok kontrol modellerinden klasik ekonomik sipariş modeli ve klasik ekonomik üretim modelinin matematiksel olarak üretiminin yanında yeni açılımlar ile ilgili akademik yazında yer alan çalışmalar hakkında da bilgi verilmektedir.

¹¹⁴ Abdullah Eroğlu, *Deterministik Envanter Modelleri*, Fakülte Kitabevi, 2003, s.5-6.

¹¹⁵ Eroğlu, a.g.e., s.125.

2.2. Deterministik Stok Kontrol Modelleri

Deterministik stok dinamik olarak iki başlık altında ele alınmaktadır. Bu bölümde bu modeller ayrıntılı olarak incelenmektedir.

2.2.1. Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri

Deterministik statik stok kontrol modelleri talep oranının kesin olarak bilindiği stok kontrol modelleri arasında, talep oranının bir periyottan diğerine sabit kaldığı modellerdir. Klasik ekonomik sipariş ve klasik ekonomik üretim modeli bu türün en bilinen örnekleri olarak ileriki bölümlerde incelenmiştir.

Her ne kadar talep oranının bir periyottan diğerine değişmediği bu model oldukça sınırlayıcı görünse de bu model aslında iki nedenle hala önemli görülmektedir. Birinci olarak, yapılan birçok uygulamada sonuçlar tutarlı çıkmaktadır. Ekonomik sipariş miktarı modeli bunun güzel bir örneğini oluşturur. İkinci olarak, bu modellerden elde edilen sonuçlar daha karmaşık modeller için bir başlangıç noktası işlevi görmektedir.¹¹⁶

2.2.1.1. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Bu bölümde ilk olarak klasik ekonomik sipariş modeli ele alınacaktır. Bu modelin ele alınmasının birinci nedeni basit olmasıdır. Bir modelin basitliği ile modelin bağlı olduğu kısıtlayıcı varsayımlar arasında paralellik bulunmakta olup Ekonomik Sipariş Miktarı modeli de bu duruma istisna oluşturmaz. Ancak, modelleme açısından kısıtlayıcı varsayımlar kullanılması, bir modelin pratikte kullanılmasına engel teşkil etmez. Dolayısıyla ekonomik sipariş miktarı modelinin iyi sonuçlar verdiği durumlar bulunmaktadır. Örneğin bu model otomotiv ve perakende sektörlerinde yıllardır etkin olarak kullanılmaktadır. Modelin amacı, ne zaman ve ne kadar sipariş verileceğinin tespit edilmesidir. Modelin en önemli kısıtı, talebin devamlı olarak sabit ve bilinen bir oranda gerçekleşeceği varsayımdır.¹¹⁷

Modelle ilgili ilk çalışma Ford W. Harris tarafından 1913 yılında yayımlanmıştır. Aradan yüz yıl geçmesine rağmen model hala tartışılmakta ve

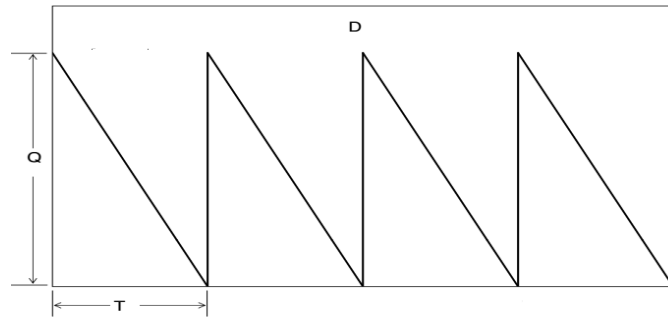
¹¹⁶ Graves vd., *a.g.e.*, s.9.

¹¹⁷ John A. Muckstadt ve Amar Sapra, *Principles of Inventory Management*, Springer, New York, 2010, s.17.

yöneticilere stok planlanması konusunda yol göstermeye devam etmektedir.¹¹⁸ Ekonomik Sipariş Miktarı modeli iş yönetimi karar verme süreçlerine ilişkin üretilmiş olan ilk matematiksel modellerden birisi olarak da alanında tarihi öneme sahiptir.¹¹⁹ Modelde, sipariş edilen miktarlar her bir periyodun başlangıcında teslim alınmakta ve periyot boyunca oluşan talep tamamen bu stoktan karşılanmaktadır.¹²⁰

Bilinen tüm stok kontrol modellerinin en yalın hali olan bu model sabit sipariş maliyeti ile elde bulundurma maliyetleri arasındaki dengeye dayanır. Bu modelde zaman, çevrim süresi denilen bölümlere ayrılmakta olup verilen sipariş miktarı, her bir çevrim süresinin başlangıcında teslim alınmakta ve akabinde çevrim süresi boyunca gerçekleşen talep bu stoktan kullanılmak suretiyle karşılanmaktadır.¹²¹ Sipariş verme aralığı, birbiri ardısıra gelen iki sipariş arasında geçen süreyi gösterdiğinden çevrim süresi olarak adlandırılır. Yani, bir çevrim süresi ardarda gelen iki sipariş arasında geçen süredir. Bu modelde ne zaman sipariş verilmesi gerektiği sorusunun cevabı kolaydır. Talep bilinen ve sabit bir oranda gerçekleştiğinden ve siparişlerin ulaşma süresi sabit olduğundan, sipariş zamanı tam olarak eldeki son ürünün de satıldığı zamandır.¹²²

Şekil 2.2 : Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Stok Durumunun Zaman İçinde Değişimi



Kaynak: Muckstadt – Sapra, a.g.e., s.18.

Modelin kısıtlayıcı varsayımları aşağıda sıralanmaktadır:¹²³

¹¹⁸ Matthew J. Drake ve Kathryn A. Marley, *A Century of EOQ, Handbook of EOQ Inventory Problems, Stochastic and Deterministic Models and Applications, International Series in Operations Research & Management Science*, Springer, 2014, New York, s.3.

¹¹⁹ Drake ve Marley, a.g.e., s.4.

¹²⁰ R.J. Tersine, *Principles of Inventory and Materials Management*, Third Edition, Elsevier Science Publishing, New York, 1988. s.94.

¹²¹ Sulak, a.g.t., s.29.

¹²² Muckstadt ve Sapra, a.g.e., s.18.

¹²³ Drake ve Marley, a.g.e., s.5.

1- Bir ürüne olan talep (D) deterministiktir ve zaman içinde sabit orandadır. Bu varsayım talebin özellikle aydan aya veya mevsimden mevsime değişken olduğu durumlarda problem oluşturur.

Talepteki oynaklığın düşük olduğu durumlarda, sabit talep varsayımı içeren Ekonomik Sipariş Miktarı modelinin sonuçlarda önemli bir yanlışlığa neden olmaksızın yine de kullanılabilmesi öngörülmekle birlikte, dönemler arasında talep miktarı değişkenliğinin yüksek olduğu durumlarda firmaların bu değişkenliği dikkate alan Wagner-Whitin Algoritması gibi modeller kullanması önerilmektedir.

2- Satın alma fiyatı (C) bilinmektedir ve planlama dönemi boyunca sabittir. Bu varsayım firmaların, tedarikçilerle uzun dönemli sabit fiyatlı satın alma sözleşmeleri yapmaları durumunda mantıklı ve uygulanabilir hale gelmektedir.

3- Tedarik süresi bilinmektedir ve sabittir. Bu sürenin sıfır olarak alındığı modeller de kullanılmaktadır. Bu varsayım tedarikçinin, yüksek hizmet kalitesi sunduğu ve siparişleri sürekli aynı sürede yerine getirdiği durumlarda uygulanabilir olabilmektedir. Tedarikçinin, siparişi veren firmadan uzakta bulunduğu durumlarda taşıma süresinin uzaması, belirsizliklerin artması ve gümrük kontrolleri gibi durumlar bu varsayımın uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

4- Sipariş verme maliyeti (K) sabittir ve sipariş miktarından bağımsızdır.

5- Stok bulundurma maliyeti sabittir ve sipariş miktarından bağımsızdır.

6- Hem firma hem de tedarikçi açısından kapasite sınırlaması veya herhangi bir finansal sınırlamanın olmadığı varsayılmaktadır.

7- Firmanın, tüm talebi karşılayacak miktarda sipariş verdiği, yani stoksuzluk ihtimalinin olmadığı varsayılmaktadır.

Sıralanan bu varsayımlar çerçevesinde firma, maliyetlerini minimuma indirecek optimum sipariş miktarını bulmaya çalışmaktadır. Ürünün fiyatının sipariş miktarına göre değişmediği yani miktar iskontosu olmadığı varsayıldığından, firmanın tedarikçiye ödeyeceği tutar sipariş miktarından bağımsızdır. Benzer şekilde, tüm taleplerin karşılandığı yani stoksuzluk durumu olmadığı varsayıldığından stoksuzluk maliyeti sıfırdır.¹²⁴

¹²⁴ Drake ve Marley, *a.g.e.*, s.6.

Tablo 2. 1 : Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Kullanılan Simgeler

D	Yıllık Talep Miktarı
P	Yıllık Üretim Kapasitesi
L	Planlama Dönemi Uzunluğu
N	Planlama Dönemindeki Periyot Sayısı
Q	Sipariş Miktarı (Parti Hacmi)
T	Çevrim Süresi (Periyod Süresi)
C	Birim Değişken Satın Alma Maliyeti
K	Sipariş Verme Maliyeti
h	Birim Stok Bulundurma Maliyeti
TC	Toplam Maliyet
TCU	Birim Zamandaki Toplam Maliyet

Modelin oluşturulması aşağıda gösterilmektedir.

$$TC = C * Q + K + h * \frac{Q}{2} * \frac{Q}{D}$$

$$TCU = \frac{TC}{T} \quad T = \frac{Q}{D}$$

$$TCU = C * Q * \frac{D}{2} + K * \frac{D}{Q} + h * \frac{Q}{2} * \frac{Q}{D} * \frac{D}{Q}$$

$$TCU = C * D + \frac{K * D}{Q} + h * \frac{Q}{2}$$

Modelin amacı, birim zamandaki toplam maliyetin minimum olmasını sağlayan ekonomik sipariş miktarını bulmak olduğundan, eşitlik Q'ya göre alınarak sıfıra eşitlenir ve optimal sipariş miktarı bulunur.

$$\frac{dTCU}{dQ} = -\frac{KD}{Q^2} + \frac{h}{2} = 0$$

$$\frac{KD}{Q^2} = \frac{h}{2}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Optimal çevrim süresinin hesabı ise aşağıdaki gibi olur;

$$T = \frac{Q}{D} = \frac{\sqrt{\frac{2KD}{h}}}{D} = \sqrt{\frac{2K}{hD}}$$

2.2.1.2. Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modeli

Yukarıda belirtildiği üzere stok kontrol modelleri konusunda bilimsel gelişim süreci, Ford W. Harris tarafından 1913 yılında Ekonomik Sipariş Miktarı problemi ile başlatılmıştır. Ekonomik üretim miktarı modelleri bakımından bilimsel literatürde yayımlanan ilk çalışma toplam envanter maliyetlerinin minimize edilmesinde kullanılan ve E.W.Taft tarafından önerilen modeldir.¹²⁵ Model formülasyonu ile ilk örneklere ise 1950'li yıllarda Elion tarafından yapılan çalışmada rastlanmaktadır.¹²⁶

Önceki bölümde yer aldığı üzere, Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde, ister dışarıdan satın alınsın isterse de işletme içinde başka bir departmandan getirilmiş olsun, stok miktarının tamamının belirli bir zaman noktasında elde edildiği varsayımı yapılmaktadır. Bu nedendir ki bir işletmede üretim anında karşılanabiliyorsa Ekonomik Sipariş Miktarı modeli uygun bir modeldir. Ekonomik Üretim Miktarı modelinde ise, stoklar zaman içinde üretim yoluyla işletme içinde oluşturulmak suretiyle talepler karşılanmakta fazla kalan kısım ise gelecekte oluşacak talebi karşılamak üzere stoklanmaktadır.¹²⁷

Dolayısıyla Ekonomik Sipariş Miktarı modelinden farklı olarak bu modelde, her bir periyot iki aşamadan meydana gelir. Birinci aşama üretimin gerçekleştirildiği zaman aralığı, ikincisi ise üretim yapılmayan zaman aralığıdır. Modelin temel varsayımlarından birisi olarak üretim hızının talep hızından yüksek olduğu öngörüldüğünden arta kalan ürünün ikinci aşamada stoklanması durumu ortaya

¹²⁵ Erdal Aydemir, "Defolu Ürünleri İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Modelinin Gri Sistem Teorisi Yaklaşımıyla Geliştirilmesi: Endüstriyel Bir Araştırma", Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2013, s.98.

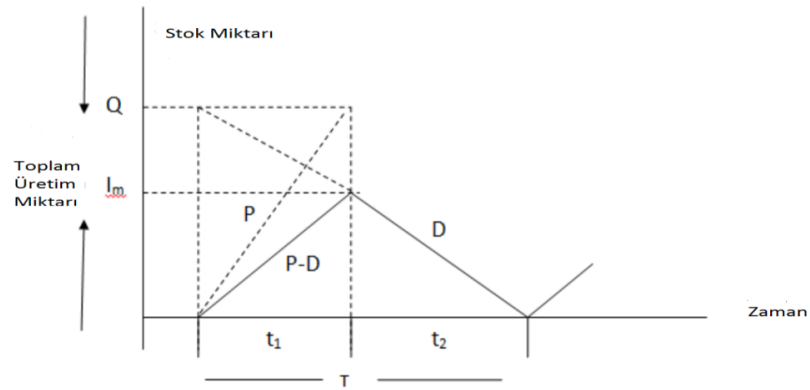
¹²⁶ Alfred L. Guiffrida, *Fuzzy Inventory Models, Inventory Management-Non-Classical Views*, Taylor and Francis Group, New York, 2009, s.185.

¹²⁷ Karaöz, a.g.t., s.86.

çıkılmaktadır. İkinci aşamanın sonunda stoktan karşılanan ürün de tükendiğinde sonraki periyoda geçilmektedir.¹²⁸

Ekonomik Üretim Miktarı modelinde mallar doğrudan işletme tarafından üretilmekte olduğundan, Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde kullanılan birim satın alma maliyeti yerine birim üretim maliyeti kavramı söz konusu olmaktadır. Birim üretim maliyeti ise direkt işçilik ve diğer üretim giderlerinden toplamından oluşur. Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde yer alan ürün bekleme süresi ve sipariş maliyetlerinin yerini ise sırasıyla kurulum süresi ve kurulum maliyetleri kavramları almaktadır.¹²⁹

Şekil 2. 3 : Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modeli



Kaynak: Eroğlu, a.g.e., s.10

Tablo 2. 2 : Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modelinde Kullanılan Simgeler

I_m	Bir periyottaki maksimum stok miktarı
P	Yıllık üretim kapasitesi
D	Yıllık talep miktarı
Q	Ekonomik üretim miktarı
C	Birim değişken maliyet
K	Hazırlık maliyeti
h	Birim stok maliyeti

Modelin oluşturulması aşağıda gösterilmiştir.

¹²⁸ Hale Çelikkan, "Taguchi Kayıp Fonksiyonu ile Ekonomik Sipariş Miktarı ve Yeni Bir Model Önerisi", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2009, s.56.

¹²⁹ Karaöz, a.g.t., s.86.

$$TC = C * Q + K + h * \frac{I_m}{2} * T$$

$$T = t_1 + t_2$$

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = \frac{I_m}{P - D} = \frac{Q}{P} \\ t_2 = \frac{I_m}{D} \end{array} \right\} \begin{array}{l} I_m = \frac{Q(P - D)}{P} \\ I_m = \left(1 - \frac{D}{P}\right) * Q \end{array}$$

$$TC = C * Q + K + h * \frac{(1 - D/P) * Q}{2} * \frac{Q}{D}$$

$$TC = C * Q + K + h * \frac{(1 - D/P) * Q^2}{2D}$$

$$TCU = \frac{TC}{T}$$

$$TCU = C * D + K * D + h * \frac{(1 - D/P) * Q}{2}$$

Bir sonraki aşama olarak eşitliğin Q'ya göre türevi alınarak sıfıra eşitlendiğinde optimum üretim miktarına ulaşılır.

$$\frac{dTCU}{dQ} = -\frac{K * D}{Q^2} + h * \frac{(1 - D/P)}{2} = 0$$

$$\frac{K * D}{Q^2} = \frac{h(1 - D/P)}{2}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h(1 - D/P)}}$$

Optimum çevrim süresinin hesaplanması ise aşağıda gösterilmektedir.

$$T = \frac{Q}{D} = \frac{\sqrt{\frac{2KD}{h(1 - D/P)}}}{D} = \sqrt{\frac{2K}{hD(1 - D/P)}}$$

2.2.2. Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modelleri

Talep oranının zamanla bir periyottan diğerine değişken olduğu dinamik modellerde her bir periyotta ne kadar sipariş verilmesi gerektiği sorusuna cevap olarak üç farklı alternatif önerilmektedir. Bunlar, klasik ekonomik sipariş miktarı modelini

kullanmak, duruma uygun geliştirilecek ve kesin sonucu veren matematiksel modelleri kullanmak ve son olarak da yaklaşık en uygun çözümü veren sezgisel yöntemleri kullanmak olarak sıralanabilir.¹³⁰

Talep oranındaki değişkenliğin düşük olduğu durumlarda, planlama dönemi boyunca oluşan talep ortalaması kullanılarak her periyot için sabit sipariş miktarı belirlemek yoluyla klasik ekonomik sipariş miktarının uygulanması mümkün olmakla beraber bu yöntem talep oranındaki değişkenliğin yüksek olduğu durumlarda uygun bir çözüm vermeyecektir.¹³¹

Stoksuzluğa izin verilmemesi durumu altında kesikli zaman değişken talepli dinamik stok kontrol modelleri için optimum sonuç veren bir çözüm yöntemi olarak Wagner-Whitin algoritmasının kullanımı ile talepteki değişimleri mümkün olduğunca içine alan fakat karmaşık hesaplamalara girmeyen sezgisel yöntemlere örnek olarak Silver-Meal sezgiseli bu bölümde kısaca açıklanmaktadır.

2.2.2.1. Wagner - Whitin Algoritması

Deterministik dinamik talepli modeller arasında, talep seviyesinin dönemden döneme ancak bilinen bir tarzda değiştiği durumlar için optimum seviyeleri tespit eden algoritma çalışması Wagner ve Whitin tarafından 1958’de yapılmıştır.¹³² Bu model 2004’te Wagner tarafından yeniden yorumlanarak yayımlanmıştır.^{133 134}

Wagner-Whitin algoritması, stoksuzluğa izin verilmemesi durumunda kesikli zaman değişken talepli dinamik stok kontrol modelleri içinde duruma uygun optimum sonuç veren matematiksel bir modeldir. Bu model ile özel varsayımlar kümesi altında elde edilecek algoritmalar ile toplam maliyeti minimize eden optimal sipariş miktarının kesin olarak hesaplanması mümkündür.¹³⁵

Ekonomik sipariş miktarı metodunun dinamik, değişen şartları dikkate alan versiyonu olan Wagner-Whitin algoritması ile, dinamik programlama yaklaşımı kullanarak belli bir zaman diliminde, dönemlerde değişen fakat bilinen talebi;

¹³⁰ Sulak, a.g.t., s.26.

¹³¹ Sulak, a.g.t., s.26.

¹³² H. Wagner ve T. Whitin, “Dynamic Version of the Economic Lot Size Model”, *Management Science*, 1958, c.5, S.1, s.89-96.

¹³³ H. Wagner, “Comments on - Dynamic Version of the Economic Lot Size Model,” *Management Science*, 2004, c.50, S.12-Supplement, s.1775-1777.

¹³⁴ Dirk Beyer vd., *Markovian Demand Inventory Models, International Series in Operations Research and Management Science Volume 108*, Springer, New York, 2010, s.7.

¹³⁵ Eroğlu, a.g.e., s.21.

dönemlerde değişen fakat bilinen sipariş verme ve stokta bulundurma maliyetlerini de dikkate alarak karşılayacak optimum sipariş miktarları tespit edilebilmektedir. Tekrarlamayan yöntemlere göre daha karmaşık işlemler gerektirdiğinden bu metodun pratikte kullanımı işlem yoğunluğu yüzünden zordur. Genellikle uygulaması daha kolay olan diğer sezgisel metotlar bu metoda alternatif olarak tercih edilebilmektedir.¹³⁶

Belirli bir zaman aralığındaki deterministik ve dinamik sipariş miktarı problemine optimum çözümü sunmak üzere tasarlanan modelde, sabit ve belirli bir uzunluktaki tüm dönemlerin taleplerinin karşılanması gerekir. Siparişler taleplerin dönem başında karşılanacağını garanti etmelidir.¹³⁷ Genellikle en düşük maliyetli sonucu veren bu yöntem ayrıntılı dinamik hesaplamalar içerir. Bu nedenle, diğer sipariş büyüklüğü yöntemlerinin nispi etkinliğini ölçmede bir standart olarak kullanılabilir.¹³⁸

2.2.2.2. Silver - Meal Algoritması

Her ne kadar Wagner-Whitin algoritması ve kesin sonuç veren modeller birçok durumda uygulaması uygun modeller olsa da, basit sezgisel modeller de yaklaşık sonuçlar elde etmede kullanılabilir. Silver-Meal sezgiseli de bu kapsamda en iyi ve en çok bilinen yöntemlerden birisidir.^{139 140}

Talepteki değişimleri mümkün olduğunca içine alan fakat karmaşık hesaplamalara girmeyen sezgisel yöntemler, kullanıcıların nispeten daha rahat anlayıp kullanabilecekleri ve kısa zamanda sonuca ulaşabilecekleri çözüm yöntemleridir. Kesin sonucu vermemekle birlikte bu sezgisel yöntemlerin makul sınırlar içerisinde çözüme en yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.¹⁴¹ Matematiksel olarak Wagner-Whitin algoritması, sezgisel olarak da Silver Meal algoritması optimum sonuca ulaşmayı amaçlamaktadır.¹⁴²

¹³⁶ Cihan Çevik, "Lojistik Yönetiminde Stok Kontrolü ve Dinamik Stok Kontrol Modellerinin Karşılaştırmalı Olarak Bir İşletmede Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya, 2012, s.96.

¹³⁷ Çevik, *a.g.t.*, s.96.

¹³⁸ Erk, *a.g.t.*, s.66.

¹³⁹ E. A Silver ve H. C. Meal, "A Heuristic for selecting Lot Size Requirements for the Case of a Deterministic Time-Varying Demand Rate and Discrete Opportunities for Replenishment", *Production and Inventory Management*, 1973, S.14, s.64-74.

¹⁴⁰ Axsäter, *a.g.e.*, s.57.

¹⁴¹ Sulak, *a.g.t.*, s.27.

¹⁴² Çevik, *a.g.t.*, s.104.

2.3. Olasılıklı (Stokastik) Stok Kontrol Modelleri

Gelecekteki talebin bir olasılık dağılımı ile belirlenebildiği veya hesaplanabildiği durumlarda olasılıklı stok modelleri kullanılmaktadır.¹⁴³ Bazı kaynaklarda “*stokastik stok modelleri*” veya İngilizceden direkt alınan şekliyle “*probabilistik stok modelleri*” ifadesi de kullanılabilir.

Stokastik envanter modellerinin literatürde ortaya çıkması 1950’li yıllarda olmuştur. Bu modeller gerçek hayattaki belirsizlik ve değişkenlik durumlarına cevap verebilmeyi amaçlamakta ve bu yönüyle deterministik modellerden ayrılmaktadır. Talepteki ve teslim süresindeki belirsizliğin sisteme dahil edilmesi nedeniyle stokastik modeller deterministik modellerden daha fazla parametre kullanmayı gerektirir. Ayrıca bazı girdi parametrelerinin olasılıksal olarak tanımlanması gerekir. Stokastik envanter modelinin optimal çözümü, toplam maliyet fonksiyonunu minimize eden değişken setlerine ulaşmayı sağlar.¹⁴⁴

Stokastik envanter yöntemi, talep veya teslim süresinden birinin ya da her ikisinin rassal değişken olarak tanımlanabileceğini varsayar. Stokastik modelin matematiksel kurgusu deterministik modelden daha karmaşıktır.¹⁴⁵

Olasılıklı stok modellerinde talep ve tedarik süresi rastgele değişkenler olarak öngörülür ve bir olasılık dağılımı yardımı ile tanımlanırlar. İhtimallerin genellikle normal dağılım eğrisi çizdiği varsayılır ve buna göre hesaplamalar yapılır. Talep miktarının dağılımı geçmiş talep verilerine dayanarak uygun olasılık dağılımları yardımı ile belirlenebilir. Tedarik süresinin dağılımı da geçmiş operasyonlardaki tedarik süreleri, mevsimler, üretim döngüleri, tedarikçinin kapasitesi gibi durumlar göz önüne alınarak ortalama bir süre olarak belirlenebilir.¹⁴⁶

Günümüz modern işletmelerinin tercih ettiği stokastik (olasılıklı) stok kontrol modellerinde talep, rastgele değişken olarak varsayılmakta ve bir olasılık dağılımı yardımıyla tanımlanmaktadır. Talep miktarının hangi dağılıma uyduğu geçmiş talep verileri kullanılarak belirlenmektedir. Geliştirilen olasılıklı stok kontrol modelleri periyodik ve sürekli gözden geçirme durumlarına göre sınıflandırılmaktadır. Periyodik

¹⁴³ Erk, *a.g.t.*, s.68.

¹⁴⁴ Guiffrida, *a.g.e.*, s.174.

¹⁴⁵ Guiffrida, *a.g.e.*, s.174.

¹⁴⁶ Erk, *a.g.t.*, s.72.

gözden geçirme modelleri de kendi içinde tek periyotlu ve çok periyotlu olarak ikiye ayrılmaktadır.¹⁴⁷

2.4. Çeşitli Durumlara İlişkin Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri

Deterministik statik stok kontrol modellerinin en temel varsayımı talebin sabit ve bilinir olduğudur. Bu varsayım talep düzeyinde herhangi bir değişiklik beklentisi olmadığı ve talep düzeyinin önceden tahmin edilebilir olduğu anlamına gelmektedir. En temel ekonomik sipariş miktarı modeli talebin sabit ve bilinir olduğu varsayımına dayanmaktadır.¹⁴⁸

İşletmelerin karşı karşıya oldukları özel durumlar çok çeşitlilik gösterebilmekte olup sayısı yüzlerle ifade edilebilecek bu durumların her biri için ayrı stok kontrol modelleri türetilmektedir.¹⁴⁹ Bu bölümde en çok kullanılan ve en yaygın deterministik statik stok kontrol modellerine ilişkin literatür çalışmasına yer verilecektir.

2.4.1. Zaman İçinde Bozulan Ürünler

Stoklar açısından bozulma, stokların çürüme, yıpranma, hasar görme, buharlaşma, eskime veya herhangi bir nedenle ürün yapısında meydana gelen değişiklik dolayısıyla stokların asli amacına uygun olarak kullanılamayacak hale gelmesi veya stoklardan beklenen faydanın düşmesi olarak tanımlanabilmektedir.¹⁵⁰ Bozulma ile en çok karşı karşıya olan ürünlere temel gıdalar, kimyasallar, kan ve ilaçlar örnek gösterilebilir. Bozulma birden ve ürün yapısını tamamen etkileyebilecek şekilde olabileceği gibi çürüme, aşınma veya paslanma şeklinde zaman içerisinde de olabilir. Bu itibarla bozulma stok modellerinde göz önünde bulundurulması gereken hususlar arasında yer almaktadır.¹⁵¹

Bozulan ürünleri iki kategoriye ayırmak mümkündür. Birinci kategoride çürüme, hasar görme, buharlaşma veya son tüketim tarihinin geçmesi gibi bozulma nedenlerine maruz kalan et ve süt ürünleri, meyve ve sebzeler, çiçekler ve ilaçlar gibi ürünler yer

¹⁴⁷ Sulak, *a.g.t.*, s.27-28.

¹⁴⁸ Graves, Kan ve Zipkin, *a.g.e.*, s.6.

¹⁴⁹ Donald Waters, *Inventory Control and Management*, 2nd Edition, Wiley, 2003, s.99.

¹⁵⁰ Hui Ming Wee, "Deteriorating Inventory Model With Quantity Discount, Pricing And Partial Backordering", *International Journal of Production Economics*, 1999, S.59, s.511.

¹⁵¹ Kun Shan Wu, "Deterministic Inventory Model For Items With Time Varying Demand, Weibull Distribution Deterioration And Shortages", 2002, *Yugoslav Journal of Operations Research*, c.12, S.1, s.61.

alır. Bu ürünler belirli bir zamana bağlı olarak dayanıklılıklarını yitirirler ve doğal yapıları itibariyle değişikliğe uğrayarak kullanım değerlerini ve ekonomik değerlerini yitirirler. İkinci kategoride ise zamana bağlı olarak kısmen veya tamamen değerini yitirebilen ürünler örneğin yeni teknoloji veya yeni alternatifler dolayısıyla değerini kaybeden elektronik ürünler ve bilgisayar ürünleri gibi stoklar yer alır. Bu ürünler ise belirli bir zaman sonra tüketici davranışlarının değişmesi veya piyasaya daha güncel ürünler sürülmesi gibi nedenlerle ekonomik değerini kaybetmiş ürünlerdir.¹⁵² Raf ömrü belirli olmayan petrol ve alkol gibi kimyasallar ise bazı kaynaklarda ayrı bir kategori olarak sınıflandırılmaktadırlar.^{153 154}

Deterministik yaklaşımda parametrelerin bilindiği varsayılır ve modeldeki amaç sabit kısıtlar çevresinde formüle edilmektedir. Ancak gerçek hayatta bozulan ürünlere ilişkin stok yönetiminde mevcut bilgiler her zaman kesin değildir ve bazı durumlarda belirsiz ve yetersizdir. Bu nedenle bu tarz matematiksel modellerde her zaman tam bir doğru sonuç beklemek mümkün olmayabilmektedir.¹⁵⁵

Literatürde bozulan ürünler kapsamında yüzlerce stok modeli üretilmiştir. Bu modellerin her birinde bozulan stoklar daha farklı bir kısıt modele eklenmek suretiyle incelenmiştir. Literatürün çok geniş olması dolayısıyla literatürün sınıflandırılmasına ilişkin çalışmalar da yapılmıştır. Goyal ve Giri'nin 2001 tarihli çalışması¹⁵⁶ ve Khanlarzade vd.'nin (2014) tarihli çalışması¹⁵⁷ bu nitelikte literatürü tasnif amaçlı çalışmalardır.

Goyal ve Giri (2001) 130 adet farklı çalışmayı tasnif etmiştir. Bu çalışmada bozulan ürünlere ilişkin stok yönetimi sabit ömürlü ürünler, değişken ömürlü ürünler, sabit talep, zamana bağlı talep, stoklara bağlı talep, fiyata bağlı talep, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi, fiyat artışı, fiyat indirimi, enflasyon ve iki farklı depo gibi geniş kısıt sınıfları itibariyle incelenmiştir.

Khanlarzade vd. (2014) bozulan ürünler kapsamındaki stok kontrol yöntemleri 1963 ve 2013 yılları arasında gerçekleştirilen 127 adet farklı çalışmayı incelemiştir. Bu

¹⁵² Ruxian Li, Hongjie Lan ve John R. Mawhinney, "A Review on Deteriorating Inventory Study", 2010, *Journal of Service Science and Management*, S.3, s.117-118.

¹⁵³ Narges Khanlarzade vd., "Inventory control with deteriorating items: A state-of-the-art literature review", *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2014, S.5, s.180.

¹⁵⁴ S.K. Goyal ve B.C. Giri, "Recent Trends in Modeling of Deteriorating Inventory", *European Journal of Operational Research*, 2001, S.134, s.1-2.

¹⁵⁵ Khanlarzade vd., *a.g.m.*, s.192.

¹⁵⁶ Goyal - Giri, *a.g.m.*, s. 1-16.

¹⁵⁷ Khanlarzade vd., *a.g.m.*, s. 179-198.

çalışmada bozulan ürün deterministik stok modelleri talep boyutu itibariyle detaylı incelenmiş ve kısıtlar sabit talep, zamana bağlı talep, stoklara bağlı talep ve fiyata bağlı talep olarak belirlenmiştir.

Bozulan stoklar kapsamında yapılan ilk çalışmalar arasında Ghare ve Schrader (1963) tarafından oluşturulan model yer almaktadır. Bu modelde sabit talep altında stoklarda süregelen bozulma incelenmiştir. Stoklardaki bozulma zamanın negatif üstel bir fonksiyonudur. Siparişler arası geçen sürede işletme bünyesindeki stoklar talep ve bozulma nedenleriyle sürekli olarak azalmaktadır. Modelde bu hususlar göz önünde bulundurularak bir ekonomik sipariş miktarı formülüzasyonu yapılmıştır. Bu çalışma izleyen dönemde bozulan stoklara ilişkin yeni modeller kapsamında birçok çalışmaya yol gösterici nitelikte olmuştur.¹⁵⁸ İlerleyen dönemlerde farklı araştırmacılar bozulan ürünler kapsamındaki stok yönetimi konusunu analize daha farklı kısıtlar eklemek suretiyle sürdürmüşlerdir.

Nahmias (2011) tarafından üretilen modelde farklı kısıtlar altında bozulma etkisi araştırılmış ve bozulma süreleri bilinen ürünler üzerinde durulmuştur. Modelde bir stok çevrim süresi için optimal sipariş miktarı hesaplanmıştır. Optimal sipariş miktarı iki sipariş arasındaki optimal sürenin bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir. Eğer stok çevrim süresi stokların bozulma süresinden daha kısa bir süre ise stoklarda herhangi bir bozulma riski olmayacaktır çünkü stoklar elden çıkarılacaktır. Ancak stok çevrim süresinin, bozulma süresinden uzun olduğu durumlarda bozulmalar problem oluşturabilecektir. Bu durumlarda ise optimal sipariş miktarı iki sipariş arasındaki optimal süre yerine stokların bozulma süresinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir. Bu modelde stoklarda bozulma veya modası geçme gibi hususlara rastlanmamakta ve sipariş miktarındaki azalmadan kaynaklanan stok bulundurma maliyeti ile marjinal sipariş maliyetinde bir azalma söz konusudur.¹⁵⁹

Wee (1995) tarafından geliştirilen modelde gerileyen bir piyasada kıtlık ortamında bozulan ürünlerin ikmali için bir model geliştirilmiştir. Ürüne olan talep, sabit zaman aralıklarıyla üstel fonksiyon olarak azalmaktadır. Modelin diğer varsayımları arasında bozulmanın eldeki toplam stokların sabit kesirli bir fonksiyonu olduğu ve bozulma miktarının tamamını ikmal edecek bir talep fonksiyonunun varlığı

¹⁵⁸ P.M. Ghare ve G.P. Schrader, "A Model for Exponentially Decaying Inventory", *Journal of Industrial Engineering*, 1963, S.14, s. 238-243.

¹⁵⁹ Steven Nahmias, *Perishable Inventory Systems*, Springer, California USA, 2011, s.49-50.

yer almaktadır. Modelin bir sonraki aşamasında bozulan stokların tamamı yerine kısmi ikmal durumu ele alınmıştır. Kıtık olan bir piyasa ortamında bu model ortalama toplam maliyeti daha düşük bir seviyeye indirmek suretiyle maliyetlerde önemli bir azalma sağlamaktadır.¹⁶⁰ Saha ve Sen tarafından yapılan çalışmada ise Wee 1995 modeli ile aynı piyasa şartlarında fakat üç farklı olasılıklı bozulma fonksiyonu olan stoklar ele alınmıştır.¹⁶¹

2.4.2. Birden Çok Ürün Olması

Klasik stok modelleri genellikle tek ürünlü modellerdir. Ancak gerçek hayatta tek ürünlü bir stok nadiren görülmektedir. Stoklardaki çeşitlilik ürünlere olan talebi artırmaktadır ve günümüzde şirketler çok ürünlü stoklar ile iş yapabilmektedirler. Çok ürünlü stok modellerinde de amaç bir dönem içerisindeki toplam ortalama karın maksimizasyonu ya da toplam ortalama maliyetin minimizasyonudur. Bu itibarla tek ürünlü modeller ile çok ürünlü model analizleri amaçları ve sonuçları itibarıyla aynıdır.¹⁶²

Çok fazla ürün çeşidi olan stok sistemlerinde, her bir ürün için basit ekonomik sipariş miktarı modelini uygulamak çok külfetlidir. Bu zorluğu gidermek için ürünler ortak sipariş döngüleri baz alınarak gruplandırılmaktadırlar. Bu yöntemde her bir ürün kendi optimal sipariş zamanına uygun olarak yenilenmeyebilmektedir. Bu nedenle farklı ürünleri bir araya getirecek optimal gruplama önem kazanmaktadır. Literatürde optimal gruplamanın yapılmasında stokların değerleri, dinamik programlama kullanılması veya en kısa yol yöntemi gibi farklı metotlar kullanılabilir.¹⁶³

İşletmeler sanayi, perakende ticaret veya askeri sektör gibi farklı alanlarda faaliyette bulunsalar dahi çok ürünlü stoklar kapsamında benzer gruplamaları yapmak zorundadırlar. Optimal gruplandırma problemi alanında yapılan çalışmalar, stokların yaklaşık %10 gibi küçük bir oranını oluşturan kısmının toplam stokların parasal değerinin yaklaşık %80 ile %90 arası bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Bu

¹⁶⁰ Hui Ming Wee, "A Deterministic Lot-Size Inventory Model For Deteriorating Items With Shortages And A Declining Market", *Computers & Operations Research*, 1995, c. 22, S.3, s. 345-356.

¹⁶¹ Sumit Saha ve Nabendu Sen, "A Study on Inventory Model with Negative Exponential Demand and Probabilistic Deterioration Under Backlogging", *Uncertain Supply Chain Management*, 2017, c.5, S.5, s.77-88.

¹⁶² D.K. Bhattacharya, "On Multi-Item Inventory", *European Journal of Operational Research*, 2005, S.162, s. 786-791.

¹⁶³ Vijay Aggarwal, "Grouping Multi-Item Inventory Using Common Cycle Periods", *European Journal of Operational Research*, 1984, c.17, S.3, s. 369-372.

bilgiler ışığında stoklar yüksek değerli, orta değerli ve düşük değerli olmak üzere temelde üç gruba ayrılmaktadırlar. Her bir kategoriye ilişkin olarak farklı stok kontrol yöntemleri uygulanmaktadır. Örneğin yüksek değerli stoklarda en iyi dinamik modeller uygulanmakta ve emniyet stoku büyük önem taşımakta iken düşük değerli stoklarda yılda bir gözden geçirme yeterli olabilmekte ve emniyet stoku daha az öneme sahip olabilmektedir. Benzer şekilde kontrol sistemi ve kontrol maliyetleri de bu üç kategoriye göre önemli farklılıklar gösterebilmektedir.¹⁶⁴ Stokların değerine göre yapılan bu üçlü sınıflandırmaya Pareto Analizi (ABC Analizi) denilmektedir. Pareto analizi sosyal bilimlerde birçok alana uygulanabileceği gibi stok yönetiminde de uygulanmaktadır.¹⁶⁵ Pareto Analizinin stok yönetiminde uygulanmasına ilişkin olarak üçlü sınıflandırma Aggarwal tarafından şu şekilde ifade edilmiştir: stokların sayısı olarak yaklaşık %10-%15'lik kısmı toplam stok değerinin yaklaşık %75-%85'ini oluşturmaktadır. İkinci kategoride stokların sayısı olarak 15-25%'lik kısmı toplam stok değerinin yaklaşık %10-%15'ine tekabül etmektedir. Son kategoride ise stokların sayısı itibariyle diğer %60-%70'lik bölümü toplam stok değerinin yaklaşık %5-%10'unu oluşturmaktadır.¹⁶⁶

Literatürde optimal gruplama alanında da birçok çalışma bulunmaktadır. Crouch ve Oglesby geliştirdiği modelde siparişlerin bir gruplama yapılarak verilmesi durumunda maliyetlerde ekstra bir artış olup olmayacağını araştırmış ve gruplama yapılan sipariş sistemlerinde maliyetlerin kayda değmeyecek düzeyde bir artışa yol açacağı sonucuna ulaşmıştır.¹⁶⁷ Ancak bu modelde tüm ürünler için aynı düzeyde bir stok bulundurma maliyeti öngörülmüş ve gruptaki ürün sayısı ile toplam talep arasında basit bir ilişki olduğu varsayılmıştır. Chakravarty tarafından geliştirilen modelde ise bu hususların etkileri de hesaba katılacak şekilde bir model oluşturulmuştur. Bu modelde ürünlerin talep oranları ile stok bulundurma maliyet oranlarından oluşan bir PDHC

¹⁶⁴ G. Hadley ve T.M. Whitin, *Analysis of Inventory Systems*, Prentice Hall, New Jersey, 1963, s.423-425.

¹⁶⁵ Tony Wild, *Best Practice in Inventory Management*, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1997, s.29.

¹⁶⁶ Vijay Aggarwal, "A Closed-Form Approach for Multi-Item Inventory Grouping", *Naval Research Logistics*, 1983, c.30, S.3, s.471-485.

¹⁶⁷ R. B. Crouch ve S. Oglesby, "Optimization of a Few Lot Sizes to Cover a Range of Requirements", *Journal of the Operational Research Society*, 1978, c.29, S.9, s.897-904.

(product of demand rate and holding cost rate) değeri hesaplanmıştır. Ürünlerin optimal sınıflandırması belirli aralıktaki PDHC değeri itibari ile yapılmıştır.¹⁶⁸

Bartmann ve Beckmann tarafından yapılan çalışmada tek ürünlü sipariş ile çok ürünlü sipariş birim maliyetleri açısından karşılaştırılmıştır. Her bir ürün için sabit sipariş maliyeti olduğu varsayımı altında çoklu ürün siparişlerinin tekli ürün siparişi karşısında bir avantajı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak sabit sipariş maliyetinin tekli ve çoklu ürün siparişleri için aynı olduğu durumlarda ise çoklu ürün siparişinin birim maliyetinin tekli ürün siparişinin birim maliyetine kıyasla daha avantajlı olduğu geliştirilen modelde sayısal olarak ortaya konulmuştur.¹⁶⁹

2.4.3. Talebin Malın Satış Fiyatının Fonksiyonu Olması

Fiyat, talebin en temel bağımsız değişkenlerinden biridir ve bu nedenle stok modelleri üzerinde optimal sipariş miktarının belirlenmesinde doğrudan veya dolaylı olarak önemli bir etkiye sahiptir. Gerçek durumları gözeten stok yönetim modellerinde genellikle talebin fiyata bağlı olduğu ve fiyatın bir karar değişkeni olduğu kabul edilir.¹⁷⁰ Günümüzün rekabetçi ortamında bir ürünün satış fiyatı o ürünün tercih edilmesinde çok önemli bir faktördür. Satış fiyatında meydana gelecek bir artış izleyen dönemlerdeki satışları olumsuz etkileyebilecektir.¹⁷¹

Ladany ve Sternlieb tarafından geliştirilen model fiyatın talep üzerindeki etkisini konu edinen deterministik ilk stok modelleri arasındadır.¹⁷² Bu modelde maksimum kar hedeflenmiştir. İşletmenin karlılığı toplam hasılat ile toplam maliyet arası farka eşittir ve toplam hasılat ise satış fiyatına bağlıdır. Modelde talep satış fiyatının bir fonksiyonudur.

Talep ve fiyat ilişkisinin stok modelleri üzerindeki bir başka etkisi ise miktar indirimleridir. Satıcılar müşterilerinin daha fazla satın almalarını sağlamak amacıyla belirli miktar satış düzeylerinde fiyat indirimlerine gitmektedirler. Abad tarafından

¹⁶⁸ A. K. Chakravarty, "Multi-Item Inventory Aggregation into Groups", *The Journal of the Operational Research Society*, 1981, c.32, S.1, s.19-26.

¹⁶⁹ Dieter Bartmann ve Martin J. Beckmann, *Inventory Control Models and Methods*, Siproinger Verlag, Berlin, 1992, s.25-28.

¹⁷⁰ Snigdha Banerjee ve Ashish Sharma, "Optimal Procurement and Pricing Policies for Inventory Models with Price and Time Dependent Seasonal Demand", *Mathematical and Computer Modelling*, 2010, S.51, s. 700-701.

¹⁷¹ Mohit Rastogi vd., "Two Warehouse Inventory Policy with Price Dependent Demand and Deterioration under Partial Backlogging", *Decision Science Letters*, 2017, S.6, s.11-22.

¹⁷² S. Ladany ve A. Sternlieb, "The Interaction of Economic Ordering Quantities and Marketing Policies", *AIIE Transactions*, 1974, c.6, S.1, s.35-40.

geliştirilen modelde¹⁷³ talep satış fiyatının bir fonksiyonudur ve belirli satış miktar seviyelerinde tüm satış miktarları için geçerli fiyat indirimleri söz konusudur.

Literatürde fiyat talep ilişkisini analize daha başka kısıtları da eklemek suretiyle geliştirmiş birçok model vardır. Banerjee ve Sharma mevsimsel bir ürün için talebin zaman ve fiyatın bir fonksiyonu olduğu durumu incelemişlerdir.¹⁷⁴ Rastogi vd, çalışmalarında iki farklı depolama durumunda talebin satış fiyatına bağlı olduğu bozulan bir ürün için stok modeli geliştirmişlerdir.¹⁷⁵ Wee tarafından geliştirilen modelde ise bozulan bir ürün kapsamında zaman içerisinde azalan ve fiyata bağlı bir talep durumunda stok yenileme ve fiyatlandırma politikası üzerinde durulmuştur.¹⁷⁶

2.4.4. Talebin Zamanın Fonksiyonu Olması

Klasik ekonomik sipariş modelinde talebin bilinir olduğu ve uzun dönemde sürekli olarak sabit oranda devam edeceği varsayılmaktadır. Ancak talebin deterministik olduğu ve zaman içerisinde sabit oranda değil değişkenlik gösterdiği durumlarda klasik ekonomik sipariş miktarı modeli stok yönetimi politikaları açısından gerçeklikle bağdaşmamakta ve problem oluşturmaktadır. Gerçek hayatta bir ürün için sabit talep ancak o ürünün yaşam döngüsü içerisinde olgunluk aşamasında ve dolayısıyla sadece belirli bir zaman süreci için geçerlidir. Elektronik ve teknolojik ürünler, yazılım ürünleri ve moda trendlerini takip eden kıyafetler gibi ürünler çok kısa zaman içerisinde büyük satış düzeylerini yakalayıp daha yeni ürünlerin piyasaya girmesi nedeniyle kısa bir süre içerisinde satışları önemli düzeyde düşme gösterebilen ürünlerdir.¹⁷⁷

Bir ürüne olan talep ürünün yaşam döngüsü içerisinde farklılaşır. Başlangıç aşamalarında talep yüksek oranda iken ürüne olan talep zamanla düşmektedir. Zamana bağlı olarak ürün talebinde meydana gelen düşme iki şekilde gösterir. Ürüne olan talep zaman geçtikte kesintisiz bir şekilde düşme eğiliminde olabilir veya belirli zaman kesitleri itibariyle talep oranında kademeli düşmeler de yaşanabilir. Bununla birlikte talepteki azalma doğrusal bir fonksiyon ya da üstel bir fonksiyon şeklinde de kendini

¹⁷³ P. L. Abad, "Supplier Pricing and Lot-Sizing When Demand is Price Sensitive", *European Journal of Operational Research*, 1994, S.78, s.334-354.

¹⁷⁴ Banerjee ve Sharma, *a.g.m.*, s.700-714.

¹⁷⁵ Rastogi vd. *a.g.m.*, s.11-22.

¹⁷⁶ Wee, *a.g.m.*, (1995), S.22.

¹⁷⁷ Moncer Hariga, "The Inventory Lot-Sizing Problem with Continuous Time-Varying Demand and Shortages", *The Journal of the Operational Research Society*, 1994, c.45, S.7, s.827- 837.

gösterebilir.¹⁷⁸ Talebin zaman içerisinde değişkenlik gösterdiği diğer bir husus ise mevsimsel ürünlerdir.¹⁷⁹

Talebin zamanın fonksiyonu olduğu özelliği dikkate alınarak geliştirilen ilk stok modelleri arasında Donaldson tarafından geliştirilen model vardır. Modelde bilinen sınırlı bir zaman kesiti için doğrusal olarak artan bir talep durumunda ekonomik sipariş miktarı formüle edilmiştir.¹⁸⁰

Bu model daha sonra Henery tarafından logaritmik konkav talep denklemi şeklinde farklılaştırılmıştır. Henery modelinde ise zaman içerisinde tekrarlanan sabit miktartlı siparişler için optimal sipariş süresi araştırılmıştır.¹⁸¹

Henery modeli ise daha sonra Hariga tarafından zamana bağlı logaritmik konkav talep koşulları altında hem azalan hem de artan talep itibariyle optimal sipariş süresi üzerinde durmuştur. Bu modelde ayrıca talebin doğrusal olduğu ve doğrusal olmadığı durumlar için de değerlendirme yapılmıştır.¹⁸²

Goyal tarafından gerçekleştirilen çalışmada zamana bağlı doğrusal talep fonksiyonu olan bir ürün için ekonomik sipariş süresi üzerinde durulmuştur. Oluşturulan modelde ilk sipariş süresi için üçüncü dereceden bir denklemin izleyen sipariş sürelerinin bulunması için ise ikinci dereceden bir denklemin çözülmesi yeterli olmaktadır.¹⁸³

2.4.5. Talebin Stok Seviyesinin Fonksiyonu Olması

Özellikle tüketim malı niteliğinde stok bulunduran işletmelerde örneğin süper marketlerde ve perakende mağazalarında ürünlere olan talep genellikle raflarda sergilenen stokların miktarından etkilenmektedir. Stok seviyesinin artıp azalması beraberinde ürüne olan talep oranının da artıp azalmasına yol açmaktadır. Süpermarketlerde aynı üründen çok fazla miktarda teşhir edilmesi müşterilerin o

¹⁷⁸ Goyal ve Giri, *a.g.m.*, s.6.

¹⁷⁹ Banerjee ve Sharma, *a.g.m.*, s.701.

¹⁸⁰ W.A. Donaldson, "Inventory replenishment Policy for a Linear Trend in Demand: an Analytical Solution", *The Journal of the Operational Research Society*, 1977, c.28, S.3, s.663-670.

¹⁸¹ R.J. Henery, "Inventory Replenishment Policy for Increasing Demand", *Journal of the Operational Research Society*, 1979, S.30, s.611-617.

¹⁸² Hariga, *a.g.m.*, s.827- 837.

¹⁸³ S. K. Goyal, "Determining economic replenishment intervals for linear trend in demand", *International Journal of Production Economics*, 1994, S.34, s.115-117.

üründen daha fazla satın almasını tetiklemektedir.¹⁸⁴ Perakende seviyede satışlar teşhir edilen ürün miktarı ile doğrudan orantılıdır.¹⁸⁵

Baker ve Urban tarafından geliştirilen stok modeli¹⁸⁶ talebin stok seviyesine bağlı olması itibariyle bu konudaki ilk çalışmalar arasındadır. Bu modelde gerçek hayatın gereklerine uygun olabilmek amacıyla klasik stok modellerinden farklı olarak stok seviyesine bağlı bir talep oranı varsayılmıştır. Teşhirdeki stok seviyesinin de kalite, firmanın saygınlığı veya cazip fiyat imkanları gibi satışları etkileyen temel bir unsur olduğu kabul edilmiştir. Modelde talep oranı mevcut stokların üstel basit kesirli bir fonksiyondur. Bu fonksiyon şu şekildedir:

$$D(i) = \alpha i^\beta$$

Bu denklemde $D(i)$ talep oranını, (i) mevcut stok seviyesini, (α) ölçek katsayısını ve (β) şekil katsayısını ifade etmektedir. (β) şekil katsayısı 0 ile 1 değeri arasındadır. İfade edilen bu talep oranı denklemine göre stok seviyesi çok yüksek olduğunda talep oranı da çok yüksek olacağı için kısa bir süre içerisinde stok seviyesinde başlangıçta çok hızlı bir düşme gerçekleşir ve izleyen dönemde ise stok seviyesi ve talep oranında görece daha yavaş bir düşme söz konusu olacaktır. Denklem ifade ettiği bir diğer anlam ise (α) ölçek katsayısı stok seviyesinde meydana gelen yüzdesel değişimin talep oranında yol açtığı yüzdesel değişimi ifade etmektedir.

Ray ve Chaudhuri tarafından geliştirilen modelde Baker ve Urban'ın 1988 tarihli çalışmasındaki modelin stok seviyesine bağlı talep denklemi korunmuş ve yeni kısıt olarak stoksuzluk durumu ile enflasyon ve paranın zaman değeri analize eklenmiştir.¹⁸⁷ Öte yandan literatürde temelini Baker ve Urban'ın 1988 tarihli çalışmasından alan ve modele daha farklı kısıtlar eklemek suretiyle yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

2.4.6. Miktar İskontosu

Bazı durumlarda işletmeler sipariş miktarını arttırdıkça bir kısım indirimlerden yararlanma imkanına sahiptirler. Miktar üzerinden yapılan iskontolarda iki farklı uygulama söz konusudur. Bunlardan ilki ürün fiyatının belirli bir miktar seviyesine

¹⁸⁴ J. Ray ve K.S. Chaudhuri, "An EOQ Model With Stock-Dependent Demand, Shortage, Inflation and Time Discounting", *International Journal of Production Economics*, 1997, S.53, s.172.

¹⁸⁵ E. A. Silver ve R. Peterson, *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, 2nd edn. Wiley, New York, 1985, s.412.

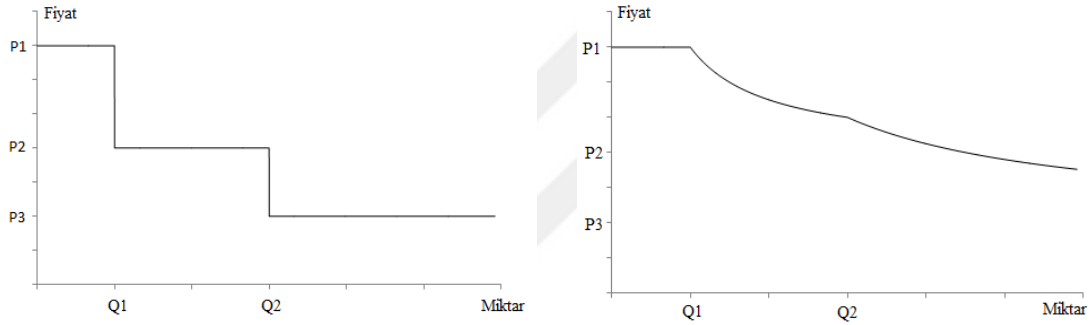
¹⁸⁶ R. C. Baker ve Timothy L. Urban, "A Deterministic Inventory System with an Inventory-Level-Dependent Demand Rate", *The Journal of the Operational Research Society*, 1988, c.39, S.9, s.823-831.

¹⁸⁷ Ray ve Cahudhuri, *a.g.m.*, s. 171-180.

kadar sabit olması, belirli miktar seviyesinden itibaren ise daha düşük bir fiyat seviyesinin geçerli olmasıdır.¹⁸⁸ Bununla birlikte miktardaki kademeli artışa bağlı olarak fiyat seviyesinde de kademeli düşüşler öngörülebilmektedir.¹⁸⁹ Örneğin bir işletme ilk 1000 birim için 10 TL ikinci 1000 birim için 9 TL ve üçüncü 1000 birim için 8 TL gibi bir fiyatlama yapabilir. Sipariş miktarındaki artışa bağlı olarak fiyat seviyesinin düşmesi beraberinde bu duruma uygun bir optimal sipariş metodu geliştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Kademeli miktar iskontosunda fiyatın göreceli azalmasına ilişkin grafik aşağıdadır:

Şekil 2. 4 : Miktar İskontosu Durumunda Fiyat ve Ortalama Birim Maliyet
Miktara Bağlı Fiyat İndirimi **Ortalama Birim Maliyet**



Microsoft Excel programı kullanarak hazırlamış olduğumuz yukarıdaki grafiklerde görüldüğü üzere siparişin Q1 miktarını aşan kısmı için fiyat P1 seviyesinden P2 seviyesine düşecektir. Benzer şekilde sipariş miktarı Q2 seviyesini aştığında ise aşan kısım için uygulanacak fiyat P3 seviyesi olacaktır. Siparişe ilişkin olarak ortalama birim maliyeti Q1 miktarına kadar sabit iken bu miktardan itibaren azalmaya başlayacaktır. Sipariş miktarı arttıkça ortalama birim maliyet P3 fiyat seviyesine yakınsayacaktır.

Miktar üzerinden yapılan iskontoların ikinci türü ise sipariş miktarının belirli bir düzeyi aşması durumunda tüm satış miktarı için indirimli fiyat uygulamasıdır. Bu yöntemde de uygulamada fiyatın farklı seviyelendirmeleri olabilir ve sipariş miktarı yükseldikçe birim satın alma maliyeti satın alınan her birim için düşecektir.^{190 191}

¹⁸⁸ Bartmann ve Beckmann, *a.g.e.*, s.22.

¹⁸⁹ John A. Muckstadt ve Amar Sapra, *Principles of Inventory Management*, Springer, New York, 2010, s.31-32.

¹⁹⁰ Bartmann ve Beckmann, *a.g.e.*, s.24.

Tedarikçilerin miktar indirimleri sunmalarının temelinde müşterilerinin her bir siparişte daha fazla satın alım gerçekleştirmelerini sağlama yer almaktadır. Ancak ilk bölümde açıklandığı üzere sipariş miktarı arttıkça sipariş maliyeti düşerken stok bulundurma maliyeti de artmaktadır.¹⁹²

2.4.7. Üretim Hızının Değişken Olması

Üretim ve stok sistemlerinin üzerinde durduğu temel husus müşteri taleplerini karşılayabilmek amacıyla ne zaman ve ne kadar ürün üretilceğidir. Bu itibarla optimal üretim zamanı ve optimal üretim miktarı kavramları ilgili maliyetleri en aza indirme açısından önem kazanmaktadır. Gerçek hayatta birçok ürünün üretim hızı zamana bağlı olarak değişmektedir. Örneğin tarım ürünlerinin üretilmesi çoğunlukla farklı mevsimlerde gerçekleşmektedir. Moda kıyafetler ve ileri teknoloji ürünler gerçek hayatta çok kısa ürün yaşam döngüsüne sahiptirler ve bu kısa zaman içerisinde üretimleri zamana bağlı olarak çok çabuk değişmektedir.¹⁹³

Zamana bağlı olarak değişen bir talep durumunda üretim hızı her zaman sabit kalmaz. Aksi durumda üretim oranı talep oranından her zaman yüksek olur ki bu durumda işletme çok yüksek stok bulundurma maliyetlerine katlanmak zorunda kalır.¹⁹⁴

Uygulamada üretim hızı talep oranına veya eldeki stok seviyesine göre de değişebilmektedir. Örneğin bir ürünün talebinde azalma olması durumunda veya aynı üründen stoklarda çok miktarda olması durumunda üretici de bu üründen daha az üretmek isteyebilmekte dolayısıyla üretim hızı düşmektedir. Bu itibarla üretim hızı talep ve mevcut stok seviyesinin bir fonksiyonudur.¹⁹⁵

Stok modellerinde değişken üretim hızını inceleyen ilk çalışmalar arasında Balkhi ve Benkherouf modeli¹⁹⁶ yer almaktadır. Toplam stok maliyetlerini minimuma indirecek optimal sipariş dönemini hedefleyen bu modelde sabit oranla bozulan ürün

¹⁹¹ Muckstadt ve Sapro, *a.g.e.*, s.32.

¹⁹² Muckstadt ve Sapro, *a.g.e.*, s.33.

¹⁹³ Hui-Ling Yang, "A Partial Backlogging Production-Inventory Lot-Size Model for Deteriorating Items with Time-Varying Production and Demand Rate over a Finite Time Horizon", *International Journal of Systems Science*, 2011, c.42, S.8, s.1397.

¹⁹⁴ B.C. Giri ve T. Maiti, "Supply Chain Model for a Deteriorating Product with Time-Varying Demand and Production Rate", *Journal of the Operational Research Society*, 2012, S.63, s.666.

¹⁹⁵ Zaid T. Balkhi, "On the Optimality of Inventory Models with Deteriorating Items for Demand and on-Hand Inventory Dependent Production Rate", *IMA Journal of Management Mathematics*, 2004, S.15, s.67.

¹⁹⁶ Zaid T. Balkhi ve L. Benkherouf, 'On the Optimal Replenishment Schedule for an Inventory System with Deteriorating Items and Time-Varying Demand and Production Rates', *Computer and Industrial Engineering*, 1996, S.30, s.823–829.

kapsamında, belirli bir üretim planlama döneme itibariyle üretim hızı zamana bağlı olarak değişmektedir. Yang¹⁹⁷ modeli ve Giri ve Maiti¹⁹⁸ modeli üretim hızının zamana bağlı olarak değiştiği stok modelleri arasındadır.

Bhunia ve Maiti çalışmalarında bozulan ürünler kapsamında üretim hızı itibariyle iki stok modeli sunmuşlardır. İlk modelde üretim hızı mevcut stok seviyesine bağlı iken diğer modelde üretim hızı o andaki talep oranına bağlı olarak ele alınmıştır.¹⁹⁹ Su ve Lin modeli²⁰⁰, Balkhi modeli²⁰¹ ile Lin, Chao ve Julian modeli²⁰² ise üretim hızını hem mevcut stokların hem de talebin eş anlı bir fonksiyonu olarak alan stok modelleri arasındadır.

2.4.8. Paranın Zaman Değerinin ve Enflasyonun Dikkate Alınması

Klasik ekonomik sipariş miktarı modelinde envanter sistemi ile ilgili tüm maliyetlerin zaman içerisinde sabit olduğu temel varsayımı vardır. Envanter sistemi üzerinde enflasyon etkisi 1970 öncesi dönemde dikkate alınmamıştır. Bu tarihe kadar önemli bir etkisi olmayan enflasyon izleyen yıllarda özellikle Batı ülkeleri ekonomilerinde önemli bir parametre haline gelmiştir. Bu nedenle ekonomik gelişmelere paralel olarak ekonomik sipariş miktarı hesaplamalarında enflasyon etkisinin gözütılması ihtiyacı belirlemiştir.²⁰³ Enflasyon etkisini analize dahil eden stok kontrol modellerinde toplam dönemsel maliyetlerin minimuma indirilmesinin yanı sıra gelecekteki maliyetlerin bugüne indirgenmiş değerlerinin de minimuma indirilmesi hedeflenen amaçlar arasındadır.²⁰⁴

Enflasyonun ekonomik sipariş miktarı üzerindeki etkisi ilk defa Buzacott tarafından geliştirilen model ile literatüre girmiştir.²⁰⁵ Bu modelde sabit oranda bir

¹⁹⁷ Yang, *a.g.m.*, s.1397–1407.

¹⁹⁸ Giri ve Maiti, *a.g.m.*, s.665–673.

¹⁹⁹ A. K. Bhunia ve M. Maiti, “Deterministic Inventory Models for Variable Production,” *Journal of the Operational Research Society*, 1997, c.48, S.2, s.221–224.

²⁰⁰ C. T. Su ve C. W. Lin, “A Production Inventory Model Which Considers the Dependence of Production Rate on Demand and Inventory Level”, *Production Planning and Control*, 2001, c.12, S.1, s.69–75.

²⁰¹ Balkhi, *a.g.m.*, s.67–86.

²⁰² Jennifer Lin, Henry C. J. Chao ve Peterson Julian, “Planning Horizon for Production Inventory Models with Production Rate Dependent on Demand and Inventory Level”, *Journal of Applied Mathematics*, S.2013, s.1-9.

²⁰³ Goyal ve Giri, *a.g.m.*, s.11.

²⁰⁴ John J. Kanet ve James A. Miles, “Economic Order Quantities and Inflation”, *International Journal of Production Research*, 1985, c.23, S.3, s.597-608.

²⁰⁵ J. A. Buzacott, “Economic Order Quantities with Inflation”, *Journal of the Operational Research Society*, 1975, c.26, S.3, s.553–558.

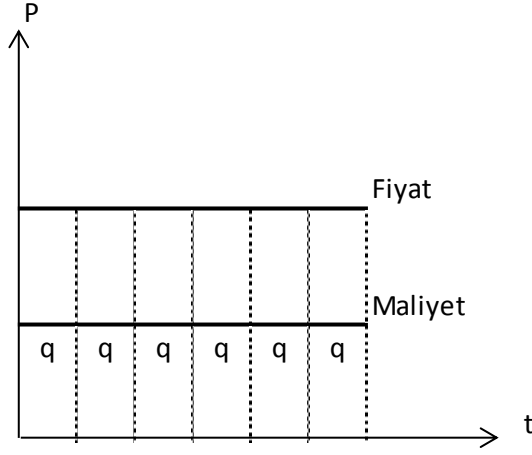
enflasyon hesaplamaya dahil edilmiştir. Maliyetler sipariş maliyeti, satın alma maliyeti ve taşıma maliyetinden oluşmaktadır. Analizin ilk bölümünde fiyat ve maliyetler aynı oranda bir enflasyona maruz kalmak suretiyle ekonomik sipariş miktarı formüle edilmiştir. Banka kredilerine uygulanan faiz oranı ile enflasyon oranı arasındaki farkın uzun dönemde sabit olduğu varsayılmaktadır. Analizin ikinci bölümünde ise fiyat sipariş politikasına bağlı olarak ele alınmıştır. Farklı zamanlarda satılan her parti mal için farklı fiyat uygulamasına gidilmiştir. Farklı fiyat uygulamasında üç alternatif söz konusudur. Birinci durumda fiyat satın alma maliyetinin sabit yüzdeli bir fonksiyonudur. Bu durumda hesaplanan ekonomik sipariş miktarı klasik modele göre önemli derece farklılık göstermektedir. İkinci durumda fiyat, satın alma maliyeti üzerinde yüzdesel değil sabit nakit tutarlı bir fonksiyonudur. Faiz haddi ile enflasyon oranının eşit olması durumunda enflasyonlu modelde hesaplanan ekonomik sipariş miktarı ile enflasyonsuz modeldeki ekonomik sipariş miktarı eşit çıkmaktadır. Son durumda ise fiyat satın alma maliyetlerinin yanısıra işletme maliyetlerinin de ürüne yansıtılması neticesinde belirlenmektedir ki bu durumda net hasılat ekonomik sipariş miktarından bağımsız olarak hesaplanmaktadır.

Buzacott modeline ilişkin grafiksel gösterim Şekil 2.5'te yer almaktadır. Grafiklerde eksenler para (P) ve zaman (t) bileşenlerini göstermekte (q) ise her bir parti ürünü ifade etmektedir. (A) numaralı grafik enflasyon olmayan ortamı göstermektedir. Satılan her bir q miktar parti için fiyatta herhangi bir değişiklik olmamaktadır. (B) numaralı grafik enflasyonist ortamda fiyatın miktardan etkilenmediği bir piyasayı göstermektedir. Aynı parti içerisindeki her bir ürün için farklı fiyat uygulanmaktadır. Ürün başına karlılık zamanla artmaktadır. Ürün fiyatının miktardan etkilenmemesi büyük bir piyasada çok sayıda alıcı ve satıcının yer aldığını göstermektedir.

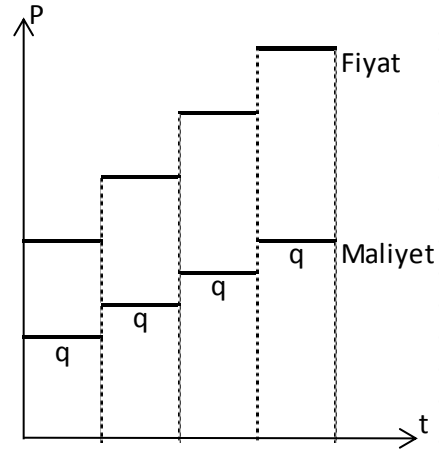
(C) numaralı grafik enflasyon olan bir ortamda fiyatların zaman içerisinde her parti itibarıyla sabit yüzdeli artışını göstermektedir. Perakende satış mağazaları ve süpermarketlerde uygulanan fiyatlamadır. Bir partideki her bir ürünün karlılığı aynıdır. Enflasyondan kaynaklanan kayıplardan korunmak için küçük miktarlı partiler daha avantajlıdır. (D) numaralı grafikte ise fiyat artışı parti başına sabit bir tutar üzerinden gerçekleşmektedir. Aynı partideki her bir ürünün karlılığı miktardan bağımsızdır ve zaman geçtikçe karlılık azalma yönündedir.

Şekil 2. 5 : Enflasyon Durumunda Stok Maliyetleri ve Fiyatlar

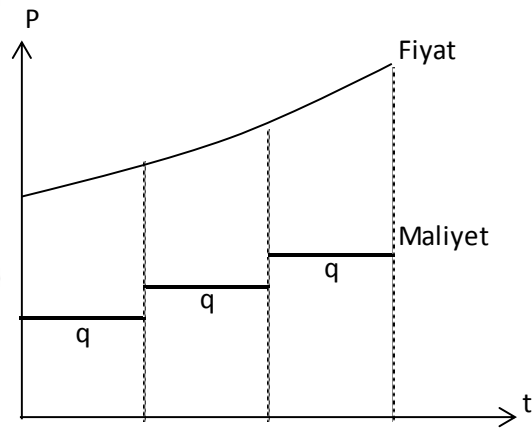
A: Enflasyon yok



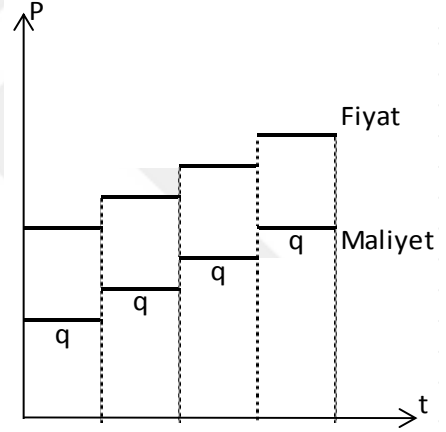
C: Enflasyon var, Yüzesel artış



B: Enflasyon var, Fiyat miktardan bağımsız



D: Enflasyon var, Sabit tutarlı artış



Kaynak: Buzacott, a.g.m., s.558.

Misra tarafından geliştirilen ekonomik sipariş miktarı modeli²⁰⁶ de enflasyon ve paranın zaman değerini gözetken ilk modeller arasındadır. Analizde işletmenin maruz kaldığı maliyetler temelde iki gruba ayrılmış ve bu maliyetler kapsamında iç ve dış enflasyon oranı olmak üzere iki farklı enflasyon oranı kullanılmıştır. Satın alma maliyeti ekonominin genelinde geçerli olan dış enflasyon ile yenileme faaliyetleri ise iç enflasyon ile ilişkilendirilmiştir. Modelde enflasyonun analize eklenmesi neticesinde optimum sipariş miktarı önemli düzeyde değişmiştir. Ancak maliyetlerde azalma çok az

²⁰⁶ Ram B. Misra, "A Note on Optimal Inventory Management under Inflation", *Naval Research Logistics Quarterly*, 1979, c.26, S.1, s.161-165.

bir düzeyde kalmıştır. Model paranın zaman değerini de gözetdiği için ödemelerin peşin veya kredili yapılıyor olması da modeli etkileyen diğer bir husus olarak açıklanmıştır.

Kanet ve Miles, Buzacott modelini bileşik enflasyon eklemek suretiyle geliştirmişler ve enflasyonist ortamda yıllık ortalama maliyetleri minimuma indirecek bir ekonomik sipariş miktarı formüle etmişlerdir.²⁰⁷

Chandra ve Bahner (1985) tarafından yapılan çalışmada²⁰⁸ enflasyon ve paranın zaman değerinin stok yönetimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Analizde işletme içi ve işletme dışı maliyetler için iki ayrı enflasyon oranı kullanılmıştır. Birim zaman için toplam maliyetlerin net bugünkü değerini minimum yapacak ekonomik sipariş miktarı hedeflenmiştir. Model enflasyon oranı arttıkça enflasyon ve paranın zaman değerinin optimum ekonomik sipariş miktarının ve buna bağlı maliyetler üzerindeki etkisinin de arttığı sonucuna ulaşmıştır.

2.4.9. Öğrenme Etkisinin Dikkate Alınması

Optimal sipariş miktarı modelleri genel itibariyle ortalama birim maliyetlerinin sabit olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım üretimin sabit olduğu, standartların çok sıkı olmadığı veya planlama safhasının çok kısa olduğu gibi bazı belirli durumlar altında geçerli olabilmektedir.²⁰⁹ Ancak toplam üretim miktarı arttıkça üretim konusundaki artan tecrübe ve bilgi birikimine bağlı olarak birim üretim maliyeti veya birim üretim zamanında bir düşme oluşması durumunda öğrenme etkisinin varlığından söz edilmektedir. Bu itibarla optimal sipariş miktarı modellerinde uzun dönemde üretim maliyeti sabit değildir.²¹⁰

Üretim faaliyetleri kapsamında tekrarlanan standart görevleri gerçekleştiren kişilerin veya grupların performansları zaman içerisinde artmaktadır. Çünkü çalışan personel fiili olarak gerçekleştirilen işleri ve iş ortamını daha yakından tanımaktadırlar ve bu itibarla işin gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan makine ve teçhizatı daha etkin kullanmaya alışırlar. Üretim faaliyetlerinin gerçekleşmesinde artan performansa bağlı

²⁰⁷ Kanet ve Miles, *a.g.m.*, s.,597-608.

²⁰⁸ M. Jeya Chandra ve Michael L. Bahner, "The Effects of Inflation and the Time Value of Money on Some Inventory Systems", *International Journal of Production Research*, 1985, c.23, S.4, s.723-730.

²⁰⁹ E. C. Keachie ve R. J. Fortana, "The Effect of Learning on Optimal Size", *Management Science*, 1966, c.13, S.2, s.102-108,

²¹⁰ Graves, Kan ve Zipkin, *a.g.e.*, s.13.

olarak maliyetlerde, birim üretim zamanında, hatalı ürün oranında bir azalma veya üretim hızında bir artış söz konusu olabilmektedir.²¹¹

Stok modellerindeki öğrenme etkisini dikkate alan birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların öncüleri arasında Keachie ve Fonta tarafından geliştirilen model yer almaktadır. Bu çalışmada öğrenme etkisi üretim miktarı arttıkça ortalama birim maliyetlerde düşme gerçekleşmesi itibarıyla ele alınmıştır ve modelde kullanılan öğrenme etkisi fonksiyonu şu şekildedir²¹²:

$$Y_i = a i^{-b}$$

(Y_i), i 'inci birimin maliyetini, (i) üretim miktarını, (a) birinci birimin maliyetini ve (b) ise maliyetlerdeki azalma oranını ifade etmektedir. Bu itibarla toplam üretimde belirli birimdeki yüzdesel artış, birim üretim maliyetinde belirli birim yüzdesel azalışa yol açacaktır.

Öğrenme etkisinin stok modelleri üzerindeki bir diğer etkisi ise birikimli üretim miktarı arttıkça üretim hızında bir artış meydana gelmesi şeklindedir. Örneğin bir makine operatörü makineyi kullandıkça kabiliyeti daha fazla artmakta ve buna bağlı olarak ilerleyen dönemde aynı işi daha kısa sürede yapmaktadır. Operatör tarafından yeni bir makine ile gerçekleştirilen ilk üretim daha uzun zaman alırken sonraki üretimler daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu yaklaşımda dolayısıyla birim ürün üretim zamanı sabit olmayıp zaman içerisinde azalmaktadır.^{213 214} Adler ve Nanda'nın 1974 tarihli çalışmasındaki modelde kullanılan öğrenme etkisi şu şekildedir:

$$\bar{y}_R = y_1 R^{-b}$$

Bu denklemde (\bar{y}_R) R birim için birikimli ortalama zamanı (y_1) ilk birim için gerekli olan zamanı, (b) ise öğrenme katsayısını ifade etmektedir.

Öğrenme etkisinin stok modelleri üzerindeki üçüncü bir etkisi ise stok nakliye maliyetlerinde azalma şeklinde kendini göstermektedir. Smunt ve Morton tarafından geliştirilen modelde²¹⁵ üretim öncesi ve üretim sonrası taşıma maliyetleri de modele

²¹¹ Neeraj Kumar ve Sanjay Kumar, "Effect of Learning and Salvage Worth on an Inventory Model for Deteriorating Items with Inventory-Dependent Demand Rate and Partial Backlogging with Capability Constraints", *Uncertain Supply Chain Management*, 2016, S.4, s.123-136.

²¹² Keachie ve Fontana, *a.g.m.*, s.102-108.

²¹³ G.L. Adler ve R. Nanda "The Effects of Learning on optimal Lot Size Determination Single Product Case", *Alle Trans*, 1974, S.6, s.14-20.

²¹⁴ John C. Fisk ve Donald P. Ballou, "Production Lot Sizing under a Learning Effect", *IIE Transactions*, 1982, S.14, s.257-264.

²¹⁵ T.L. Smunt ve T.E. Morton, "The Effects of Learning on Optimal Lot Sizes: Further Developments on the Single Product Case", *IIE Transactions*, 1985, S.17, s.33-37.

dahil edilmiş ve öğrenme etkisi nedeniyle birim taşıma maliyetlerinden kaynaklanan azalma dolayısıyla optimal sipariş miktarının zaman içerisinde artacağı sonucuna ulaşılmıştır.

2.5. Talebin Ertelenmesi, Defolu Ürün ve Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi

Çalışmanın bu kısmında önerilen modelde kullanılan temel değişkenler talebin ertelenmesi, defolu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumları ile bunları ele alan literatürdeki çalışmalar incelenecektir.

2.5.1. Stoksuzluk Olması Durumunda Talebin Ertelenmesi

Ekonomik sipariş miktarı temel modeli varsayımlarından birisi stoksuzluk durumunun olmamasıdır. Bu varsayımı gevşettiğimiz zaman, diğer bir ifade ile stoksuzluk olması durumunda, maliyet fonksiyonu dört bileşenden oluşacaktır: stoğun alım maliyeti, sipariş maliyeti, stok bulundurma maliyeti ve stoksuzluk maliyeti.²¹⁶

Stoksuzluk maliyetinin yapısı stok bulundurma maliyetine benzemektedir. Stok bulundurma maliyeti stoğun pozitif bir değer olması durumunda geçerli iken, stoksuzluk maliyeti ise stoğun olmaması durumunda geçerli olmaktadır.²¹⁷

Stoksuzluk olması halinde temel olarak iki uç durumdan söz edilebilmektedir: satış kaybı (*lost sales*) ve talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi (*backorder*).²¹⁸ Satış kaybı, stok bulunmaması karşısında müşterilerin başka satıcıları tercih etmeleri durumu olarak ifade edilebilir. Örneğin gazete bayisinde stoğu biten bir dergi için müşterinin başka bir gazete bayisinden dergiyi satın alması stoksuzluk olması durumunda karşılaşılan satış kaybına tipik bir örnektir.²¹⁹ Talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi ise stok bulunmaması karşısında müşterilerin stoğun yenilenmesini bekleyerek satın almayı stoğun temin edileceği süre kadar ertelemeleri olarak tanımlanabilir. Bazı kaynaklar^{220 221 222} bu durumu planlı stoksuzluk (*planned shortage*)

²¹⁶ Muckstadt ve Sapro, *a.g.e.*, s.26.

²¹⁷ Axsäter, *a.g.e.*, s.51.

²¹⁸ Bartmann - Beckmann, *a.g.e.*, s.30.

²¹⁹ Waters, *a.g.e.*, s.125.

²²⁰ A. M. M. Jamal, B. R. Sarker ve S. Sanjay Mondal, "Optimal manufacturing batch size with rework process at a single-stage production system", *Computers & Industrial Engineering*, 2004, c.47, S.1, s.77-89.

²²¹ David R. Anderson, vd., *Inventory Models-Quantitative Methods for Business*, 12nd edn. South-Western Cengage Learning, New York, 2013, s.637.

²²² Fathima, D., "A Stochastic Modelling With Varying Demand Distributions In Inventory Control", *Yayımlanmamış Doktora Tezi, Abdurrahman Üniversitesi, Vandalur*, 2013.

olarak da tanımlamaktadırlar. Genellikle birim maliyetin ve stok bulundurma maliyetinin yüksek olduğu durumlarda talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi söz konusudur. Örneğin araba satışı için satış mağazalarında araç stoklanmakla birlikte müşterilerin istedikleri araçlar genellikle siparişten sonra tedarik edilerek satılmaktadır.²²³ Talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi rekabetin olmadığı monopol piyasalarda daha geçerli bir durumdur.²²⁴

Satış kaybı ve talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi uç durumlarının arasında sonsuz sayıda kısmi erteleme (*partial backordering*) durumu bulunmaktadır. Kısmi ertelenme, stok bulunmaması karşısında siparişlerin bir kısmının stoğun yenilenmesinden sonra stoğun temin edileceği süre kadar ertelenmesi olarak tanımlanabilir. Diğer bir ifade ile kısmi erteleme, satış kaybı ve talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi uç durumlarının değişik oranlarda birleşimini ifade etmektedir.

Aşağıdaki alt başlıklarda stoksuzluk olması durumunda deterministik statik stok kontrol modelinin satış kaybına, talebin ileride karşılanmak üzere tamamen ertelenmesine ve talebin ileride karşılanmak üzere kısmen ertelenmesine ilişkin yaklaşımları açıklanmaktadır.

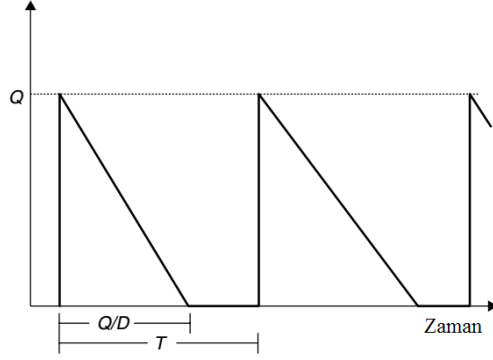
2.5.1.1. Satış Kaybı

Stoksuzluğa izin verilmesi ve müşterilerin başka bir satıcıya gitmesi durumunda ekonomik sipariş miktarı modellerinde stok seviyesinin zamana göre değişimi aşağıdaki şekilde görülmektedir. Başlangıç stok seviyesi olan Q , Q/D süre geçtikten sonra bitmekte yani stoksuzluk durumu ortaya çıkmaktadır. T ile Q/D arasındaki sürede satış kaybı yaşanmaktadır. T döneminin sonunda ise stok yenilemesi gerçekleştirildiğinden yeniden Q seviyesine yükselmektedir. Bu durumda $Q=D*T$ geçerli değildir. Buradaki satış kaybı ise $(D*T)-Q$ ile ölçülmektedir.

²²³ Anderson vd., *a.g.e.*, s.637.

²²⁴ Bartmann ve Beckmann, *a.g.e.*, s.30.

Şekil 2. 6 : Satış Kaybı Durumunda Stok Seviyesi



Kaynak: Waters, a.g.e., s.125.

Stoksuzluğa izin verilmesi durumunda maliyetlerini minimize edilmesi ile karın maksimize edilmesi aynı sonucu vermeyecektir. Diğer bir ifade ile, stoksuzluğa izin verilmesi durumunda hiç stok bulundurulmaması maliyeti minimize edebilirken, kar maksimize edilmemiş olacaktır. Dolayısıyla stoksuzluğa izin verilmesi durumunda “satış hasılatı – maliyet” şeklinde ifade edeceğimiz karın maksimize edilmesi gerekmektedir.

Stoğun alım maliyeti = BF (birim fiyat) * Q (miktar)

Sipariş maliyeti = K

Ortalama stok = $[Q / 2] * [Q / D]$

Stok bulundurma birim maliyeti = h

Stok bulundurma maliyeti = $[h * Q / 2] * [Q / D]$

Stoksuzluk birim maliyeti = DM

Stoksuzluk miktarı = $[D * T] - Q$

Stoksuzluk maliyeti = $DM * [[D * T] - Q]$

Satış fiyat = SF

Olmak üzere her bir dönem için satış hasılatı – maliyet şeklinde ifade edeceğimiz karı:

$(SF * Q) - (BF * Q) - K - [h * Q / 2] * [Q / D] - DM * [[D * T] - Q]$

Bu karın döneme bölünmesi ile birim dönem için net karı elde ediyoruz:

$R = 1 / T * [(SF * Q) - (BF * Q) - K - [h * Q / 2] * [Q / D] - DM * [[D * T] - Q]]$

$R = 1 / T * [Q * (SF - BF + DM) - K - [h * Q / 2] * [Q / D] - DM * D * T]$

$X = DM + SF - BF$ ve,

$Y = Q / (D * T)$ olmak üzere kar denklemini yeniden yazarsak;

$$R = Y * [D * X - K * D / Q - h * Q / 2 - DM * D]$$

R'nin maksimize etmek için türevini aldığımızda ise;

$$\frac{dR}{dQ} = 0 = - \frac{Y * K * D}{Q^2} - \frac{Y * h}{2}$$

Dolayısıyla ekonomik sipariş miktarı Q_o ;

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 * K * D}{h}}$$

olarak hesaplanmaktadır. Dikkat edilirse bulunan ekonomik sipariş miktarı stoksuzluk olmaması varsayımı altında türetilen ekonomik sipariş miktarı ile aynıdır. Bu miktarı kar denkleminde yerleştirdiğimizde ise;

$$R_o = Y * [D * X - \sqrt{2 * K * h * D}]$$

Dolayısıyla karı maksimize etmek için $D * X$ değeri $\sqrt{2 * K * h * D}$ değerinden büyük ise köşeli parantez içi pozitif bir değer alacağından müşterilerin taleplerinin karşılanma oranı olan Y değerinin en yüksek değer olan 1 olması gerekmektedir. Y değerinin 1 olması ise müşteri taleplerinin tamamı karşılanacağı için stoksuzluğun bulunmamasını ifade etmektedir. Diğer taraftan $D * X$ değeri $\sqrt{2 * K * h * D}$ değerinden küçük ise köşeli parantez içi negatif bir değer alacağından müşterilerin taleplerinin karşılanma oranı olan Y değerinin en düşük değer olan 0 olması gerekmektedir. Bu durum ise stoksuzluğun bulunmasını, diğer bir ifade ile satışın olmamasını gerektirmektedir. Ayrıca $D * X$ değeri ile $\sqrt{2 * K * h * D}$ değeri aynı olursa köşeli parantez içi sıfır olacağından müşterilerin taleplerinin karşılanma oranı olan Y değeri ne olursa olsun, kar sıfır olacaktır.

Stoksuzluk durumunda satış kaybı konusunu ele alan çalışmalar incelendiğinde; Sandbothe ve Thompson'un çalışmaları^{225 226} örnek olarak verilebilir. Stoksuzluk durumunda satış kaybı ile birlikte talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi konusunu ele alan çalışmalar da bulunmakta olup aşağıdaki alt başlıklarda bu çalışmalara değinileceğinden bu alt başlıkta yer verilmemiştir.

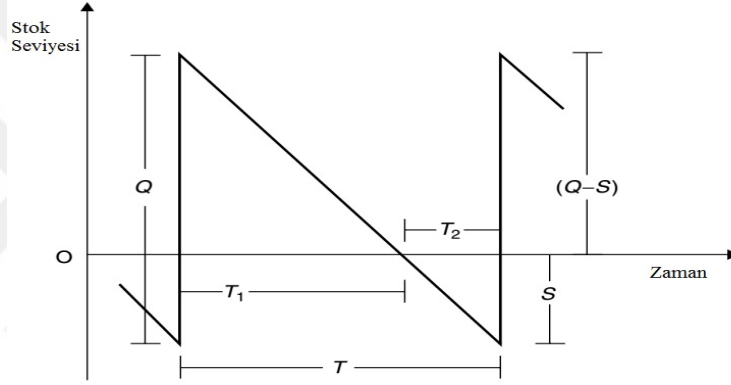
²²⁵ R. A. Sandbothe ve G. L. Thompson, "A Forward Algorithm for the Capacitated Lot Size Model with Stockouts", *Operations Research*, 1990, c.38, S.3, s. 474-486.

²²⁶ R. A. Sandbothe ve G. L. Thompson, "Decision Horizons for the Capacitated Lot Size Model with Inventory Bounds and Stockouts", *Computers and Operations Research*, 1993, c.20, S.5, s. 455-465.

2.5.1.2. Tam Erteleme

Stoksuzluğa izin verilmesi ve müşterilerin siparişlerinin tamamını ertelemeleri durumunda ekonomik sipariş miktarı modellerinde stok seviyesinin zamana göre değişimi aşağıdaki şekilde görülmektedir. Başlangıç stok seviyesi olan (Q-S), T₁ süre geçtikten sonra bitmekte yani stoksuzluk durumu ortaya çıkmaktadır. T₂ süresinde müşteriler siparişlerinin tamamını ertelemektedirler. T döneminin sonunda ise stok yenilemesi gerçekleştirildiğinden ertelenen siparişlerin tamamı müşterilere teslim edilmekte ve stok seviyesi yeniden (Q-S) seviyesine yükselmektedir. Buradaki ertelenen satış miktarı ise S ile ölçülmektedir.

Şekil 2. 7 : Tam Erteleme Durumunda Stok Seviyesi



Kaynak: Waters, a.g.e., s.122.

Stoksuzluk durumunda yapılamayan satışların tam ertelenmesi durumunda toplam maliyetin minimize edilmesi gerekmektedir.

$$\text{Stoğun alım maliyeti} = \text{BF (birim fiyat)} * Q \text{ (miktar)}$$

$$\text{Sipariş maliyeti} = K$$

$$T_1 \text{ dönemi için ortalama stok} = [(Q-S) / 2]$$

$$\text{Stok bulundurma birim maliyeti} = h$$

$$\text{Stok bulundurma maliyeti} = [h*(Q-S)*T_1 / 2]$$

$$\text{Stoksuzluk (tam erteleme) birim maliyeti} = TE$$

$$\text{Stoksuzluk (tam erteleme) miktarı} = [S*T_2 / 2]$$

$$\text{Stoksuzluk (tam erteleme) maliyeti} = [TE*S*T_2 / 2]$$

Olmak üzere her bir dönem için toplam maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplayabiliriz:

$$[BF*Q] + K + [h*(Q-S)*T_1 / 2] + [TE*S*T_2 / 2]$$

$$T_1 = (Q-S)/D$$

$$T_2 = S/D$$

olmak üzere gerekli dönüşümleri yaptığımızda:

$$[BF*Q] + K + [h*(Q-S)^2 / 2D] + [TE*S^2 / 2D]$$

Q=D*T olmak üzere gerekli dönüşümleri yaptığımızda:

$$[BF*D] + K*D/Q + [h*(Q-S)^2 / 2Q] + [TE*S^2 / 2Q]$$

Toplam maliyeti minimize etmek için türev işlemleri yaptığımızda ise;

$$\frac{dTC}{dQ} = 0 = -\frac{K * D}{Q^2} + \frac{h}{2} - \frac{h * S^2}{2 * Q^2} - \frac{TE * S^2}{2 * Q^2}$$

$$\frac{dTC}{dS} = 0 = -h + \frac{HB * S}{Q} - \frac{TE * S}{Q}$$

Dolayısıyla ekonomik sipariş miktarı Q_o ;

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 * K * D * (h + TE)}{h + TE}}$$

Tam erteleme yapılacak stok miktarı S_o ;

$$S_o = \sqrt{\frac{2 * K * D * h}{TE * (h + TE)}}$$

Stoksuzluk durumunda talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi konusunu ele alan çalışmalar incelendiğinde; Elsayed ve Teresi'nin²²⁷, Grubström ve Erdem'in²²⁸, Cardenas-Barron'un²²⁹, Wee, Yu ve Wang²³⁰ ve Eroğlu ve Gültekin'in²³¹ çalışmaları örnek olarak verilebilir.

²²⁷ E. A. Elsayed ve C. Teresi, "Analysis of Inventory System with Deteriorating Items", *International Journal of Production Research*, 1983, S.21, s.449- 460.

²²⁸ R. W. Grubström ve A. Erdem, "The EOQ with Backlogging Derived without Derivatives", *International Journal of Production Economics*, 1999, S.59, s.529-530.

²²⁹ L. E. Cardenas-Barron, "The Economic Production Quantity (EPQ) with Shortage Derived Algebraically", *International Journal of Production Economics*, 2001, c.70, S.3, s.289-292.

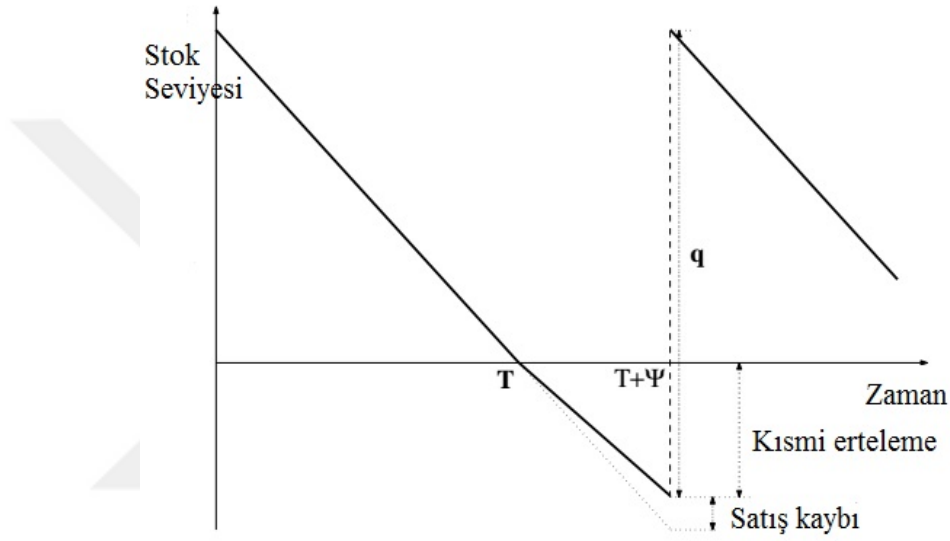
²³⁰ H. M. Wee, J. C. P. Yu ve K. J. Wang, "An Integrated Production-Inventory Model for Deteriorating Items with Imperfect Quality and Shortage Backordering Considerations", *Lecture Notes in Computer Science*, 2006, c.10, S.93, s.885-897.

²³¹ A. Eroğlu ve Ö. Gültekin, "An Economic Order Quantity Model with Defective Items and Shortages", *International Journal of Production Economics*, 2007, c.106, S.2, s. 544-549.

2.5.1.3. Kısmi Erteleme

Stoksuzluğa izin verilmesi ve müşterilerin siparişlerinin bir kısmını ertelemeleri diğer kısmı için başka bir satıcıya gitmeleri durumunda ekonomik sipariş miktarı modellerinde stok seviyesinin zamana göre değişimi aşağıdaki şekilde görülmektedir. Stoksuzluk durumu ortaya çıktığı zaman müşteriler siparişlerinin bir kısmını ertelemektedirler. Ertelenmeyen siparişler ise satış kaybı olarak yer almaktadır.

Şekil 2. 8 : Kısmi Erteleme Durumunda Stok Seviyesi



Kaynak: Waters, *a.g.e.*, s.124

Stoksuzluk durumunda talebin kısmen ertelenmesi konusunu ele alan çalışmaların öncülüğünü Hadley ve Whitin²³² ile Montgomery, Bazaraa ve Keswani²³³ yapmışlardır. Rosenberg²³⁴ ve Park²³⁵ ise, Hadley ve Whitin ile Montgomery, Bazaraa ve Keswani'nin temel çalışmasını geliştirmişlerdir.

²³² Hadley ve Whitin, *a.g.e.*, s.40–46.

²³³ D.C. Montgomery, M.S. Bazaraa ve A.K. Keswani, "Inventory Models with a Mixture of Backorders and Lost Sales", *Nav. Res. Logist.* 1973, S.20, s.255–263.

²³⁴ D. Rosenberg, "A New Analysis of a Lot-Size Model with Partial Backlogging", *Nav. Res. Logist.*, 1979, S.26, s.349–353.

²³⁵ S. Park, "Inventory Model with Partial Backorders", *International Journal of Systems Science*, 1982, S.13, s.1313–1317.

Wee²³⁶ önce Hessian matrisini kullanarak kısmi erteleme durumunda maliyet optimizasyonunu çözümlenmiş, sonraki çalışması²³⁷ ile de bozulan stoklar için kısmi erteleme modeli geliştirmiştir.

Zeng²³⁸, poisson talep fonksiyonu ve üstel üretim zamanı için kısmi erteleme modelini çalışmıştır. Abad²³⁹, öncelikle Hadley ve Whitin ile Montgomery, Bazaraa ve Keswani'nin temel çalışmasını geliştirmiş, sonrasındaki çalışması²⁴⁰ ile de ise sonsuz üretim için bozulan stoklara yönelik kısmi erteleme modeli üretmiştir. Abad 2008 yılındaki çalışması²⁴¹ ile bozulan stoklara yönelik kısmi erteleme modelini geliştirmiştir.

Papachristos ve Skouri²⁴² ise ilk olarak sürekli envanter sisteminde sonsuz planlama dönemi için zamana bağlı deterministik değişen talep durumunda kısmi erteleme modelini geliştirmişler, sonraki çalışmalarında²⁴³ ise Wee'nin 1999 yılında yaptığı çalışmanın genelleştirilmesini ele almışlardır.

Padmanabhan ve Vrat²⁴⁴ çalışmalarında müşterilerin sabırsızlık fonksiyonunun bekleme zamanına bağlı olduğu yaklaşımı ile stoksuzluk döngüsü ve kısmi erteleme modeli geliştirmiştir. Dye ve Ouyang²⁴⁵, Padmanabhan ve Vrat'ın çözümünü geliştirerek bozulabilen stoklar için süre oranlı kısmi erteleme oranı kullanmışlardır.

²³⁶ H. M. Wee, "Optimal Inventory Policy with Partial Backordering", *Optimal Control Applications and Methods*, 1989, S.10, s.181-187.

²³⁷ H. M. Wee, "Economic Production Lot-Size Model for Deteriorating Items with Partial Backordering", *Computers & Industrial Engineering*, 1993, S.24, s.449-458.

²³⁸ A.Z. Zeng, "A partial backordering approach to inventory control", *Production Planning & Control*, 2001, S.12, s.660-668.

²³⁹ P.L. Abad, "Optimal Price and Order Size for a Reseller under Partial Backordering", *Computers & Operations Research*, 2001, S.28, s.53-65.

²⁴⁰ P.L. Abad, "Optimal Pricing and Lot-Sizing under Conditions of Perishability, Finite Production and Partial Backordering and Lost Sale", *European Journal of Operational Research*, 2003, S.144, s.677-685.

²⁴¹ P.L. Abad, "Optimal Price and Order Size under Partial Backordering Incorporating Shortage, Backorder and Lost Sale Costs", *International Journal of Production Economics*, 2008, S.114, s.79-186.

²⁴² S. Papachristos ve K. Skouri, "An Optimal Replenishment Policy for Deteriorating Items with Time-Varying Demand and Partial - Exponential Type - Backlogging", *Operations Research Letters*, 2000, S.27, s.175-184.

²⁴³ S. Papachristos ve K. Skouri, "An Inventory Model with Deteriorating Items, Quantity Discount, Pricing and Time-Dependent Partial Backlogging", *International Journal of Production Economics*, 2003, S.83, s.247-256.

²⁴⁴ G. Padmanabhan ve P. Vrat, "EOQ Models for Perishable Items under Stock Dependent Selling Rate", *European Journal of Operational Research*, 1995, S.86, s.281-292.

²⁴⁵ C.Y. Dye ve L.Y. Ouyang, "An EOQ Model for Perishable Items under Stock Dependent Selling Rate and Time-Dependent Partial Backlogging", *European Journal of Operational Research*, 2005, S.163, s.776-783.

Giri, Jalan ve Chaudhuri²⁴⁶ artan talep oranı ve uyarlanabilir üretim oranı parametreleri çerçevesinde kısmi erteleme modelini çalışmışlardır. Sphicas²⁴⁷ araştırmasında sabit ve lineer erteleme maliyetleri ile ekonomik sipariş miktarını ve ekonomik üretim miktarını incelemiştir.

San José, Sicilia ve García-Laguna²⁴⁸ çalışmalarında sürekli envanter modeli, sabit ve bilinen talep miktarı çerçevesinde, sonraki çalışmalarında²⁴⁹ da kısmi ertelemenin üstel bir fonksiyon olduğu varsayımı çerçevesinde kısmi erteleme için optimal ekonomik sipariş miktarını araştırmışlardır. San José, Sicilia ve García-Laguna 2009 yılındaki çalışmaları²⁵⁰ ile birim stoksuzluk maliyetinin kısmi ertelemenin tedariki için gereken süreyi azaltan bir fonksiyon olarak tanımlayarak kısmi erteleme için ekonomik sipariş miktarı modeli çerçevesi oluşturmuşlardır.

Pentico ve Drake²⁵¹ deterministik klasik ekonomik sipariş miktarı modeline dayalı kısmi erteleme için ekonomik sipariş miktarı için, Pentico, Drake ve Toews²⁵² ise ekonomik sipariş miktarı için formül türetmişlerdir.

Omar, Zubir ve Moin²⁵³, optimal ekonomik sipariş miktarı ve ekonomik üretim miktarı sorununa alternatif bir çözüm olarak tam kareye tamamlama yöntemini uygulamışlardır.

Sana²⁵⁴ ise fiyat bağımlı talebi olan ve zamana bağlı bozulan ürün için sonsuz planlama döneminde kısmi erteleme durumu için ekonomik sipariş miktarı modelini çalışmıştır.

²⁴⁶ B. C. Giri, A. K. Jalan ve K. S. Chaudhuri, "An Economic Production Lot Size Model with Increasing Demand, Shortages and Partial Backlogging", *International Transactions in Operational Research*, 2005, S.12, s.235–245.

²⁴⁷ G.P. Sphicas, "EOQ and EPQ with Linear and Fixed Backorder Costs: Two Cases Identified and Models Analyzed without Calculus", *International Journal of Production Economics*, 2006, S.100, s.59–64.

²⁴⁸ L.A. San José, J. Sicilia ve J. García-Laguna, "Analysis of an Inventory System with Exponential Partial Backordering", *International Journal of Production Economics*, 2006, S.100, s.76–86.

²⁴⁹ L.A. San José, J. Sicilia ve J. García-Laguna, "An Economic Lot-Size Model With Partial Backlogging Hinging on Waiting Time and Shortage Period", *Applied Mathematical Modelling*, 2007, S.31, s.2149–2159.

²⁵⁰ L.A. San José, J. Sicilia ve J. García-Laguna, (2009). "An Economic Order Quantity Model with Partial Backlogging under General Backorder Cost Function," *TOP*, 2009, S.17, s.366-384.

²⁵¹ D.W. Pentico ve M.J. Drake, "The Deterministic EOQ with Partial Backordering: a New Approach", *European Journal of Operational Research*, 2009, S.194, s.102–113.

²⁵² D.W. Pentico, M.J. Drake ve C. Toews, "The Deterministic EPQ with Partial Backordering: a New Approach", *Omega*, 2009, S.37, s.624–636.

²⁵³ M. Omar, M.B. Zubir ve N.H. Moin, "An Alternative Approach to Analyze Economic Ordering Quantity And Economic Production Quantity Inventory Problems Using The Completing The Square Method", *Computers & Industrial Engineering*, 2010, S.59, s.362–364.

Yang, Teng ve Chern²⁵⁵ de Hadley ve Whitin ile Montgomery, Bazaraa ve Keswani'nin temel çalışmasını geliştirerek bozulan stoklar için stoğa bağlı talep ve enflasyon ortamında kısmi erteleme modelini çalışmışlardır.

Ghosh, Khanra ve Chaudhuri²⁵⁶ fiyat bağımlı talebi olan bozulabilir ürünler için bekleme sürelerine bağlı olarak bir kısmi ertelemenin varsayıldığı ekonomik sipariş miktarı modeli önermiştir.

Zhang, Kaku ve Xiao²⁵⁷ ise çapraz satış etkisini dikkate alan kısmi ertelemenin varsayıldığı ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmiştir.

Taleizadeh, Pentico, Aryanezhad ve Ghoreyshi²⁵⁸ çalışmalarında kısmi erteleme ve tam erteleme için dışbükey maliyet fonksiyonu minimizasyonu yöntemi ile ekonomik sipariş miktarı modeli önermişlerdir.

Sarkar and Sarkar²⁵⁹ bozulabilen ve stoğa bağlı talebi olan ürünler için zamana bağlı kısmi erteleme ve zaman bağlı bozulma varsayımları altında toplam stok maliyetini minimize edecek optimal dönem uzunluğunu belirlemişlerdir.

Wee, Huang, Wang ve Cheng²⁶⁰ ise sabit ve lineer kısmi erteleme maliyetleri varsayımı ile ekonomik üretim miktarı modeli geliştirmişlerdir.

Taleizadeh, Pentico, Jabalameli ve Aryanezhad²⁶¹ satın alma maliyetinin belirli bir kısmının dönem başında ödendiği varsayımı ile kısmi erteleme için ekonomik üretim sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir.

²⁵⁴ S.S. Sana, "Optimal Selling Price and Lot Size with Time Varying Deterioration and Partial Backlogging", *Applied Mathematics and Computation*, 2010, S.217, s.185–194.

²⁵⁵ H.L. Yang, J.T. Teng ve M.S. Chern, "An Inventory Model Under Inflation For Deteriorating Items With Stock-Dependent Consumption Rate And Partial Backlogging Shortages", *International Journal of Production Economics*, 2010, S.123, s.8–19.

²⁵⁶ S.K. Ghosh, S. Khanra ve K.S. Chaudhuri, "Optimal Price and Lot Size Determination for a Perishable Product under Conditions of Finite Production, Partial Backordering and Lost Sale", *Applied Mathematics and Computation*, 2011, S.217, s.6047–6053.

²⁵⁷ R.Q. Zhang, I. Kaku ve Y.Y. Xiao, "Deterministic EOQ with Partial Backordering and Correlated Demand Caused by Cross-Selling", *European Journal of Operational Research*, 2011, S.210, s.537–551.

²⁵⁸ A.A. Taleizadeh, D.W. Pentico, M. Aryanezhad ve S.M. Ghoreyshi, "An Economic Order Quantity Model With Partial Backordering And A Special Sale Price", *European Journal of Operational Research*, 2012, S.221, s.571–583.

²⁵⁹ B. Sarkar ve S. Sarkar, "An Improved Inventory Model With Partial Backlogging, Time Varying Deterioration And Stock-Dependent Demand", *Economic Modelling*, 2013, S.30, s. 924–932.

²⁶⁰ H.M. Wee, W.D. Huang, W.T. Wang ve Y.L. Cheng, "An EPQ Model With Partial Backorders Considering Two Backordering Costs", *Applied Mathematics and Computation*, 2014, S.232, s.898–907.

²⁶¹ A.A. Taleizadeh, D.W. Pentico, M.S. Jabalameli, M. Aryanezhad, "An EOQ Model with Partial Delayed Payment and Partial Backordering", *Omega*, 2013, S.41, s.354–368.

Khalilpourazari, Pasandideh ve Niaki²⁶² çalışmalarında depoda kullanılmayan alanlardan kaynaklanan maliyeti de dikkate alarak kısmi erteleme için ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir.

Taleizadeh, Khanbaglo ve Cárdenas-Barrón²⁶³ ise defolu ürünlerin yeniden işlenmesi sürecini analize dahil ederek kısmi erteleme için ekonomik sipariş miktarı modeli oluşturmuşlardır.

2.5.2. Defolu Ürün Olması

Harris'in 1913 yılındaki çalışması²⁶⁴ ile ortaya atılan ekonomik sipariş modeli üzerinde yüz yılı aşkın bir süredir çalışma yapılmaktadır. Ancak klasik ekonomik sipariş modelinin gerçekçi olmayan bir varsayımı üretilen veya tedarikçilerden temin edilen ürünlerin istenen kalite standartlarına uygun diğer bir ifade ile defosuz ürünler olmasıdır.

Üretilen ürünlerin bir bölümünün defolu ve hatalı olması kaçınılmaz bir durumdur. Üretim sürecinde belirli bir süre normal şekilde defosuz ve hatasız üretim yapılırken kalite ve verim düşüklüğü ile makine ve teçhizatla yaşanan arızalar neticesinde bir süreden sonra defolu ve hatalı ürünlerin üretilmesi söz konusu olmaktadır. Bu defolu ürünler yeniden işlenerek ya da tamir edilerek normal şekilde defosuz ürüne dönüştürülebileceği gibi defolu ürün şeklinde düşük fiyat üzerinden satılabilir. Üçüncü olarak da defolu ürünlerden tamamen işe yaramaz olanlar hurdaya ayrılabilir.²⁶⁵

Porteus²⁶⁶ defolu ürünlerin klasik ekonomik sipariş miktarı modeli üzerindeki etkilerini incelerken, Rosenblatt ve Lee²⁶⁷ ise üretimde belirli oranda defolu ürün üretilmesi varsayımı ile ekonomik üretim miktarı modelini geliştirmişlerdir.

²⁶² Soheyl Khalilpourazari, Seyed Hamid Reza Pasandideh ve Seyed Taghi Akhavan Niaki, "Optimization of Multi-Product Economic Production Quantity Model with Partial Backordering and Physical Constraints: SQP, SFS, SA, and WCA", *Applied Soft Computing*, 2016, S.49, s. 770–791.

²⁶³ Ata Allah Taleizadeh, Mahboobeh Perak Sari Khanbaglo ve Leopoldo Eduardo Cárdenas-Barrón, "An EOQ Inventory Model With Partial Backordering And Reparation Of Imperfect Products", *International Journal of Production Economics*, 2016, S.182, s.418–434.

²⁶⁴ F.W. Harris, "How Many Parts to Make at Once" *Fact. Mag. Manag.*, 1913, c.10, S.2, s.135–136.

²⁶⁵ Sulak, *a.g.t.*, s.89.

²⁶⁶ E. Porteus, "Optimal Lot Sizing, Process Quality Improvement and Setup Cost Reduction", *Operational Research*, 1986, c.34, S.1, s.137–144.

²⁶⁷ M.J. Rosenblatt ve H.L. Lee, "Economic Production Cycles with Imperfect Production Processes", *IIE Transactions*, 1986, c.18, S.1, s.48–55.

Schwaller²⁶⁸ gelen sipariş ürünlerdeki defolu ürün yüzdesinin bilindiği ve bu defolu ürünler için sabit ve değişken inceleme ve ayıklama maliyetlerinin olduğu varsayımı ile ekonomik sipariş miktarı modelini geliştirmiştir. Zhang ve Gerchak²⁶⁹ sipariş ürünlerdeki defolu oran yüzdesinin rassal olduğu varsayımı altında ekonomik sipariş miktarı ve ürün muayene politikasını ele alan bir model geliştirmişlerdir. Cheng²⁷⁰ belirli bir oranda defolu üretim yapılması ve talep bağımlı üretim maliyetinin olduğu varsayımları altında bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmiş ve geometrik programlama ile kapalı formda optimal çözüm değerlerini elde etmiştir.

Salameh ve Jaber²⁷¹ sipariş ürünlerdeki defolu oran yüzdesinin rassal olarak tekdüze dağılıma uyduğu, sipariş ürünlerin tamamının muayene sürecinden geçtiği ve defolu ürün olduğu belirlenen ürünlerin iskontolu fiyat üzerinden satıldığı varsayımı altında ekonomik sipariş miktarı modelini geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde stoksuzluğa izin verilmemektedir. Salameh ve Jaber'in ortaya koyduğu defolu ürün olması durumunda deterministik statik stok kontrol modeli, ekonomik sipariş miktarı literatüründe yeni bir çalışma konusu olmuştur.

Salameh ve Jaber'in ortaya koyduğu modelin oluşturulmasındaki yanlışlıkları önce Cardenas-Barron²⁷² sonra da Maddah ve Jaber'in²⁷³ çalışmaları ile düzeltilmiştir. Goyal ve Cárdenas-Barrón²⁷⁴ ise Salameh ve Jaber'in modelini sadeleştirmiş ve optimal sipariş miktarının bulunmasında daha sade ve uygulaması daha basit yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Chan, Ibrahim ve Lochert²⁷⁵ defolu ürün olması durumuna ilişkin üç ekonomik üretim modeli geliştirmişlerdir. Üretilen ürünlerin tamamı muayeneden geçmekte ve

²⁶⁸ R. L. Schwaller, "EOQ under Inspection Costs", *Production and Inventory Management*, 1988, S.29, s. 22-35.

²⁶⁹ X. Zhang ve Y. Gerchak, "Joint Lot Sizing and Inspection Policy in an EOQ Model with Random Yield", *IIE Transactions*, 1990, 22, s.41-47.

²⁷⁰ T. C. E. Cheng, "An Economic Order Quantity Model with Demand-Dependent Unit Production Cost and Imperfect Production Processes", *IIE Transactions*, 1991, S.23, s.23-32.

²⁷¹ M. K. Salameh ve M. Y. Jaber, "Economic Ordering Quantity Models For Items With Imperfect Quality", *International Journal of Production Economics*, 2000, S.64, s.59-64.

²⁷² L. Cárdenas-Barrón, "Observation on: Economic Production Quantity Model for Items With Imperfect Quality", *International Journal of Production Economics*, 2000, c.67, S.2, s.201.

²⁷³ B. Maddah ve M.Y. Jaber, "Economic Order Quantity For Items With Imperfect Quality: Revisited", *International Journal of Production Economics*, 2008, c.112, S.2, s.808-815.

²⁷⁴ S.K. Goyal ve L.E. Cárdenas-Barrón, "Note on: Economic Production Quantity Model For Items With Imperfect Quality- a Practical Approach", *International Journal of Production Economics*, 2002, c.77, S.1, s.85-87.

²⁷⁵ W. M. Chan, R. N. Ibrahim ve P. B. Lochert, "A New EPQ Model: Integrating Lower Pricing, Rework and Reject Situations", *Production Planning and Control*, 2003, c.14, S.7, s.588-595.

defosuz ürün, defolu ürün ve defolu ürün olarak üç gruba ayrılmaktadır. Modelde erteleme olabileceği varsayılmamış ve defolu ürünler için yeniden işleme süresi sıfır olarak dikkate alınmıştır.

Eroğlu, Karaatlı ve Kılıç²⁷⁶ defolu ürünlerin yeniden işlenmesi yerine iskontolu olarak satılmasının daha uygun olduğu yaklaşımı ile yeni bir ekonomik üretim miktarı modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde defolu ürünlerin tekdüze dağılıma uygun olduğu ve defolu ürünlerin üretim durunca iskontolu fiyat üzerinden satıldığı ve stoksuzluğa izin verildiği varsayımları yapılmıştır.

Papachristos ve Konstantaras²⁷⁷, Salameh ve Jaber'in temel modelindeki stoksuzluk durumuna girmemeyi sağlayacak şartları iyileştirerek modeli geliştirmişlerdir.

Wee, Yu ve Chen²⁷⁸, Salameh ve Jaber'in temel modeline defolu ürün olması durumunda tam erteleme ile satış kaybının yaşanmayacağı varsayımını ekleyerek yeni bir model geliştirmiştir. Ancak Wee, Yu ve Chen'in modelinde gelen sipariş ile bir önceki dönemde karşılanamamış olan talebin anında karşılandığı varsayılmıştır.

Eroğlu ve Özdemir²⁷⁹ ise Salameh ve Jaber'in modelini geliştiren Wee, Yu ve Chen'in modelindeki mantık hatasını gidererek, bir önceki dönemde karşılanamamış olan talebin yeni gelen siparişlerin muayene edilip defolu ürünler ayrıldıktan sonra kalan defosuz ürünler ile karşılandığı varsayımı altına bir ekonomik sipariş modeli geliştirmişlerdir.

Yoo, Kim ve Park²⁸⁰ ekonomik üretim modeli için defolu üretim ve çift yönlü defolu muayeneyi birlikte ele alarak modellerini oluşturmuşlardır. Modelin varsayımları arasında muayene sonucunda defolu olmadığı halde defolu ürün olarak ayrılan ürünler (Tip I hata) olabileceği gibi muayene sonucunda defolu olduğu halde defosuz ürün olarak ayrılan ürünler (Tip II hata) de olabilir.

²⁷⁶ A. Eroğlu, M. Karaatlı ve Y. Kılıç, "Defolu Ürünler İçin Bir Ekonomik Üretim Miktarı Modeli", *SDÜ İİBF Dergisi*, 2004, c.9, S.2, s.131-140.

²⁷⁷ S. Papachristos ve I. Konstantaras, "Economic Ordering Quantity Models For Items With Imperfect Quality", *International Journal of Production Economics*, 2006, c.100, S.1, s.148-154.

²⁷⁸ H.M. Wee, Jonas Yu ve M.C. Chen, "Optimal Inventory Model for Items With Imperfect Quality and Shortage Backordering," *Omega*, 2007, c.35, S.1, s.7-11.

²⁷⁹ A. Eroglu ve G. Ozdemir, "An Economic Order Quantity Model with Defective Items and Shortages", *International Journal of Production Economics*, 2007, c.106, S.2, s.544-49.

²⁸⁰ Seung Ho Yoo, DaeSoo Kim ve Myung-Sub Park, "Economic Production Quantity Model with Imperfect-Quality Items, Two-Way Imperfect Inspection and Sales Return", *International Journal of Production Economics*, 2009, S.121, s.255-265.

Khan, Jaber ve Wahab²⁸¹ ise defolu ürün modeline ürün muayenesindeki öğrenme etkisini dahil ederek yeni bir ekonomik sipariş modeli geliştirmişlerdir.

Hsu ve Hsu²⁸² defolu ürün, muayene hataları, stoksuzluk ve erteleme varsayımları altında ekonomik sipariş modeli geliştirmişlerdir.

Jaber, Zaroni ve Zavanella²⁸³ defolu ürünlerin lokal tamir yerlerinde yeniden işlenebileceği veya ikincil piyasada satılabileceği varsayımları ile Salameh ve Jaber'in temel modelinin geliştirmiş bir versiyonunu ortaya atmışlardır.

Skouri, Konstantaras, Lagodimos ve Papachristos²⁸⁴ defolu ürünlerin tamamının sipariş anında geri iade edildiği varsayımı altında ekonomik sipariş modeli geliştirmişlerdir.

Sharifi, Sobhanallahi ve Mirzazadeh²⁸⁵ muayene hatalarının kısmi ertelemenin olduğu ekonomik sipariş miktarı üzerinde etkisini inceleyerek optimal sipariş miktarı ve kısmi erteleme seviyesini belirlemişlerdir.

Alamri, Harris ve Syntetos²⁸⁶ ise değişken talep ve defolu ürün varlığında öğrenme etkisinin ekonomik sipariş miktarına etkisini incelemişlerdir.

Chang, Cheng ve Soong²⁸⁷ ödemelerde gecikme, defolu ürün ve muayene hatalarını dikkate alan bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir.

Ongkunaruk, Wahab ve Chenc²⁸⁸ defolu ürünlerin yanısıra yükleme kısıtı, bütçe kısıtı ve taşıma kapasite kısıtını dikkate alarak birden çok ürün için optimal sipariş politikası geliştirmişlerdir.

²⁸¹ M. Khan, M. Y. Jaber ve M.I.M. Wahab, "Economic Order Quantity Model for Items with Imperfect Quality with Learning in Inspection," *International Journal of Production Economics*, 2010, S.124, s.87-96.

²⁸² J.T. Hsu ve L.F. Hsu, "An EOQ Model with Imperfect Quality Items, Inspection Errors, Shortage Backordering, and Sales Returns", *International Journal of Production Economics*, 2013, c.143, S.1, s.162-170.

²⁸³ M.Y. Jaber, S. Zaroni ve L.E. Zavanella, "Economic Order Quantity Models for Imperfect Items with Buy and Repair Options", *International Journal of Production Economics*, 2014, S.155, s.126-131.

²⁸⁴ K. Skouri, I. Konstantaras, A.G. Lagodimos ve S. Papachristos, "An EOQ Model with Backorders and Rejection of Defective Supply Batches", *International Journal of Production Economics*, 2014, S.155, s.148-154.

²⁸⁵ E. Sharifi, M.A. Sobhanallahi ve A. Mirzazadeh, "An EOQ Model for Imperfect Quality Items with Partial Backordering under Screening Errors", *Cogent Engineering*, 2015, c.2, S.1, s.1-15.

²⁸⁶ A.A. Alamri, I. Harris ve A.A. Syntetos, "Efficient Inventory Control for Imperfect Quality Items", *European Journal of Operational Research*, 2016, c.254, S.1, s.92-104.

²⁸⁷ C.T. Chang, M.C. Cheng ve P.Y. Soong, "Impacts of Inspection Errors and Trade Credits on the Economic Order Quantity Model for Items with Imperfect Quality", *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 2016, c.3, S.1, s.34-48.

²⁸⁸ P. Ongkunaruk, M.I.M. Wahab ve Y. Chenc, "A Genetic Algorithm for a Joint Replenishment Problem with Resource and Shipment Constraints and Defective Items", *International Journal of Production Economics*, 2016, S.175, s.142-152.

Sarkar ve Saren²⁸⁹ defolu ürün, muayene hataları ve garanti maliyetlerini dikkate alarak bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre ürünlerin tamamının muayene edilmesinin toplam stok maliyetlerini arttırmaktadır.

Taleizadeh, Khanbaglo ve Cárdenas-Barrón²⁹⁰ ise defolu ürünlerin yeniden işlenmesi sürecini analize dahil ederek kısmi erteleme için ekonomik sipariş miktarı modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada dört farklı durum analiz edilmiştir. Birinci durumda yeniden işlenen defolu ürünler stok seviyesi pozitif iken stoğa alınmaktadır. İkinci durumda ise yeniden işlenen defolu ürünler stok seviyesi sıfır iken stoğa alınmaktadır. Üçüncü durumda ise yeniden işlenen defolu ürünler stok seviyesi işlenen defolu ürünler ile kısmi ertelenen stok miktarının eşit olduğu zaman stoğa alınmaktadır. Analiz edilen son durum ise yeniden işlenen defolu ürünler stoğa alınmasına rağmen stok seviyesinin negatif olması durumudur. Çalışmada bu dört durum için de ayrı ayrı optimal çözümler geliştirilmiştir.

2.5.3. Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi

Klasik ekonomik sipariş miktarı modellerinde mal teslimatı ile birlikte ödemelerin yapıldığı varsayılmaktadır. Ancak uygulamada mal teslimi ile ödemenin yapılması arasında ödemelerin yapılması için tedarikçi tarafından izin verilen sabit bir süre vardır. Bu süre zarfında borç tutarı bakiye için faiz işletilmez fakat bu sürenin aşımı sonrasında önceden tarafların üzerinde anlaştığı bir faiz oranı işletilmektedir. Niteliği itibarıyla bu uygulama tedarikçilerin müşterilerine bir nevi kredi uygulamasıdır. Müşteri tedarikçi tarafından izin verilen ödeme süresinden önce stoklarını satarak nakde dönüştürme ve bu nakdi tedarikçi tarafından tanınan vade tarihinin sonuna kadar kullanmak suretiyle ekonomik fayda elde etme imkanına sahiptir. Bu itibarla müşterilerin tedarikçilere mümkün olabilecek en geç tarihte ödeme yapmak istemeleri ekonomik anlamda isabetli bir tercihtir.²⁹¹

Goyal tarafından oluşturulan model²⁹², ödemelerde gecikmeye izin verilmesi hususundaki ilk stok modellerindendir. Modelde ödemelerde gecikmeye izin verilmesi

²⁸⁹ B. Sarkar ve S. Saren, "Product Inspection Policy for an Imperfect Production System with Inspection Errors and Warranty Cost", *European Journal of Operational Research*, 2016, c.248, S.1, s.263–271.

²⁹⁰ Taleizadeh, Khanbaglo ve Cárdenas-Barrón, a.g.m., s.418–434.

²⁹¹ S. P. Aggarwal ve C. K. Jaggi, "Ordering Policies of Deteriorating Items under Permissible Delay in Payments", *The Journal of the Operational Research Society*, 1995, c.46, S.5, s.658- 662.

²⁹² S. K. Goyal, "Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments", *The Journal of the Operational Research Society*, 1985, c.36, S.4, s.335-338.

durumunda ekonomik sipariş miktarının marjinal olarak arttığı ve yıllık maliyetlerin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi suretiyle maliyetlerden sağlanan tasarruf genel itibariyle faizsiz olarak ödemelerin geciktirilmesi nedeniyle elde edilen avantajlardan kaynaklanmaktadır. Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunda sipariş miktarı artmakta ve buna bağlı olarak sipariş sayısı azalmaktadır.

Aggarwal ve Jaggi, Goyal tarafından oluşturulan bu modele bozulan ürün kısıtı eklemiş ve model şu sonuçlara ulaşmıştır.²⁹³ Ödeme vadesi uzadıkça pahalı olmayan bozulabilir mallarda stok döngüsü uzunluğunda ve sipariş miktarında marjinal bir artma ve toplam maliyetlerde önemli düzeyde bir azalma söz konusudur. Pahalı ve bozulabilir mallarda ise ödeme vadesi arttıkça stok döngüsü uzunluğunda ve sipariş miktarında önemli düzeyde bir artma ve toplam maliyetlerde çok keskin bir düşme söz konusudur. Öte yandan bozulma oranı arttıkça ödemelerde gecikmeye izin verilmesi nedeniyle sağlanan maliyetlerden tasarruf miktarı azalmaktadır.

²⁹³ Aggarwal ve Jaggi, *a.g.m.*, s. 661-662.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.DEFOLU ÜRÜN, ÖDEMELERDE GECİKME VE KISMİ ERTELEME ALTINDA BİR MODEL ÖNERİSİ

Bu çalışmada çevrim süresi içerisinde karşılanamayan talebin bir kısmının ertelendiği aynı zamanda gelen siparişlerin belli bir oranda defolu ürün içerdiği ve sipariş tutarının ödenmesinde alıcıya belli bir süreye kadar gecikmeye izin verildiği genel bir model önerilmektedir. Elde edilen model sayısal örneklerle test edilmektedir. Talebin kısmi erteleme oranı, ödemelerde izin verilen gecikme süresi ve defolu ürün oranındaki değişimlerin optimal değerler üzerindeki etkileri duyarlılık analizi ile araştırılmaktadır. Çalışmanın bu kısmında matematiksel modelin elde edilmesinde kullanılan simgeler ve varsayımlar verilecek ve optimal değerleri veren formüller çıkarılacaktır. Ayrıca sayısal örnekler ve önceki çalışmaların burada önerilen modelin özel durumu olduğu gösterilecektir.

3.1. Modelde Kullanılan Simgeler

Modelde kullanılan simgeler aşağıdaki gibidir:

y	sipariş miktarı
w	stoksuzluk miktarı
D	yıllık talep
p	defolu ürün oranı
$f(p)$	defolu ürün oranının olasılık yoğunluk fonksiyonu
K	sipariş maliyeti
c	birim satın alma maliyeti
s	birim satış fiyatı (defosuz ürün)
v	birim satış fiyatı (defolu ürün)
h	birim stok bulundurma maliyeti
π	birim stok bulundurmama maliyeti
x	birim zamanda inceleme oranı
d	birim inceleme maliyeti
T	çevrim süresi

M	ödemeler için verilen gecikme süresi
t	gelen siparişin incelenme süresi
t_1	çevrim süresi içerisinde karşılanamayan talebin gelen yeni siparişin incelenip defolu ürünler belirlenip ayrıldıkça geriye kalan sağlam ürünlerden karşılandığı süre
t_2	bir önceki dönem karşılanamayan talebin belli bir oranda karşılanmasından sonra incelenmesi işleminin bitmesine kadar geçen süre, $t - t_1$
t_3	inceleme süresi bittikten sonra çevrim süresi içerisinde talebin karşılandığı süre
t_4	talebin kısmen ertelendiği süre
F	bir çevrim süresi içinde talebin stoksuzluğa düşmeden karşılanabildiği süre
I_e	izin verilen gecikme süresinde satış gelirlerinin değerlendirildiği yıllık faiz oranı
I_o	gecikme süresi bitiminde ödenmeyen sipariş tutarı için gecikme cezası olan yıllık faiz oranı
y^*	optimal ekonomik sipariş miktarı
w^*	maksimum stoksuzluk miktarı
T^*	optimal çevrim süresi (yıl)
μ	talebin kısmi erteleme oranı
$E(.)$	beklenen değer

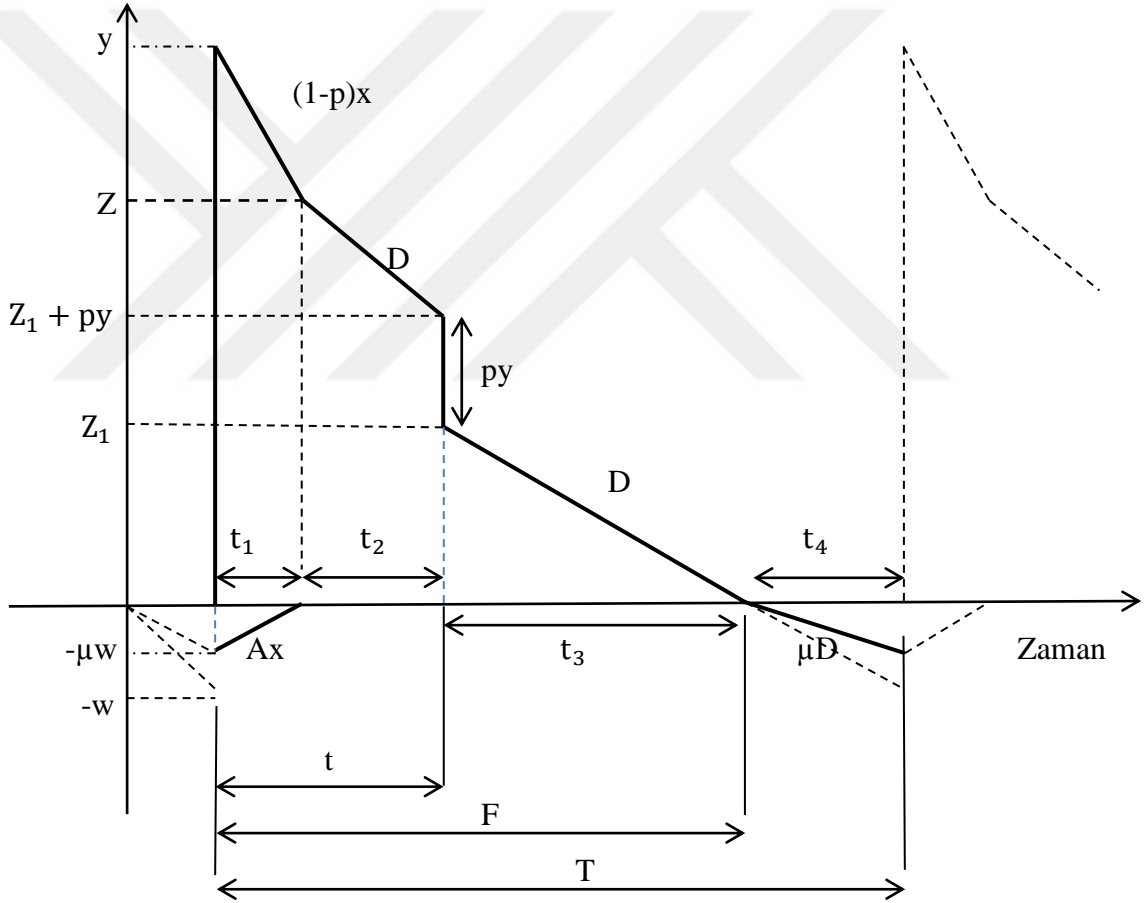
3.2. Modelin Varsayımları

- Talep ve tedarik süresi sabit ve bilinmektedir.
- Gelen siparişler tekdüze dağılıma uyan bir oranda defolu ürün içermektedir.
- Gelen siparişteki defolu ürünler incelenerek tespit edilmekte ve indirimli fiyattan tek parti halinde satılmaktadır.
- Karşılanamayan talep için kısmi ertelemeye, stoksuzluğa izin verilmektedir.
- Ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmektedir. İzin verilen gecikme süresi içerisinde satılan ürünlerden elde edilen geliri piyasa faiz oranında değerlendirilmekte ve buradan faiz geliri elde edilmektedir. Gecikme süresi

bitiminde, toplam sipariş tutarı için ödeme yapılmakta ödenmeyen tutar için belli bir faiz oranında gecikme cezası uygulanmaktadır.

3.3. Modelin Elde Edilmesi

Modelin işleyişi Şekil 3.1’de görülmektedir. Buna göre; çevrim süresi T olup çevrim süresi başında gelen sipariş miktarı, y ’dir. Bu siparişin rassal olarak p oranında defolu ürün içerdiği bilinmektedir. Gelen siparişlerin tamamı belli bir t süresinde incelenip defolu ürünler tespit edilmekte ve ayrılmaktadır. Ayrılan bu ürünlerin toplamı py kadar olup inceleme süresi olan t süresi bitiminde indirimli fiyattan tek parti olarak satılmaktadır.



Şekil 3.1. Önerilen Modelin İşleyişi

Modelin elde edilmesi için bazı değerlerin hesaplanması gerekmektedir. Şekil 3.1’e göre aşağıdaki eşitlikler bulunmuştur.

İki sipariş arasında geçen süre çevrim süresini vermektedir. Çevrim süresindeki toplam talep, defosuz ürünlerden oluşacağından; çevrim süresi, defosuz ürünlerin talebe bölünmesiyle hesaplanacaktır. Bunun için önce defosuz ürünler ve buradan çevrim süresi şu şekilde elde edilir:

y : sipariş miktarı, p : defolu ürün oranı olmak üzere bir siparişteki defosuz ürün miktarı:

$$y - py = (1 - p)y \quad (1)$$

olur. Buradan çevrim süresi

$$T = \frac{(1-p)y}{D} \text{ olarak bulunur.} \quad (2)$$

İzin verilen kısmi stoksuzluk miktarı μw olup, bu miktarın gelen siparişe karşılanması için geçen süre, t_1 :

$$t_1 = \frac{\mu w}{Ax} \quad (3)$$

Burada; $A = 1 - p - D/x$ dir. Diğer taraftan t_1 döneminde, o dönemde gelen talebin defosuz ürünlerden karşılanması durumunda ise, t_1 :

$$t_1 = \frac{y - Z}{(1 - p)x} \quad (4)$$

olacaktır. Z değeri (3) ve (4) no'lu eşitlikler kullanılarak aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Z = y - \frac{(1 - p)\mu w}{A} \quad (5)$$

y miktar ürün için gerekli inceleme ve ayıklama süresi t ise:

$$t = \frac{y}{x} \quad (6)$$

Önceki dönemin stoksuzluk durumunun karşılanmasından inceleme süresinin bitimine kadar geçen süre t_2 olup, Şekil 3.1'den bu süre $t - t_1$ 'dir. Buradan t_2 :

$$t_2 = t - t_1 = \frac{Z - Z_1 - pw}{D} \quad (7)$$

(7) no'lu eşitlikte ; t , t_1 ve Z değerleri yerine yazıldığında Z_1 değeri şöyle elde edilir.

$$Z_1 = Ay - \mu w \quad (8)$$

Talebin normal olarak stoktan karşılandığı süre, t_3 :

$$t_3 = \frac{Z_1}{D} = \frac{Ay - \mu w}{D} \quad (9)$$

Stoksuzluğa izin verilen süre, t_4 ise;

$$t_4 = \frac{\mu w}{\mu D} = \frac{w}{D} \quad (10)$$

olarak bulunur.

Bu durum Şekil 3.1'de t süresi bitiminde stok seviyesinin py kadar azaldığı şeklinde görülmektedir. t_1 süresi içerisinde hem bir önceki dönem karşılanamayan talep hem mevcut talep defosuz ürünlerden karşılanmaktadır. Bir önceki dönem karşılanamayan talebin t_1 döneminde karşılanmasından sonra t_2 döneminde mevcut talep karşılanmaktadır. Defolu ürünlerin ayrılıp satılmasından sonra t_3 döneminde yine mevcut talep stoktaki defosuz ürünlerden karşılanmakta ve bu sürenin sonunda eldeki stok tükenmektedir. t_4 dönemi boyunca gelen taleplerin belli bir oranı bir sonraki dönem karşılanmak üzere ertelenmektedir. Talebin tamamının ertelenmesi durumunda stoksuzluk miktarı w kadar olurken kısmi erteleme durumunda bu miktar μw kadar olmaktadır. t_4 süresi sonunda tekrar sipariş verilmekte ve çevrim süresi bitmektedir.

Bu çalışmada önerilen bu modelde ödemelerde izin verilen gecikme süresine bağlı olarak iki durum ortaya çıkmaktadır. Bunlar:

I. Durum: ($t < M \leq F$) Ödemelerde gecikmeye izin verilen sürenin defolu ürünlerin ayıklama süresi t 'den büyük, fakat talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılanabildiği F süresinden küçük veya eşit olduğu durum.

II. Durum: ($M > F$) Ödemelerde gecikmeye izin verilen sürenin talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılanabildiği F süresinden büyük olduğu durum.

3.3.1. I. Durum: ($t < M \leq F$) İçin Modelin Elde Edilmesi

Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin inceleme süresi t 'den büyük fakat talebin çevrim süresi içerisinde stoksuzluğa düşmeden karşılanabildiği F süresinden daha küçük olduğu durumu ifade etmektedir. Modelin matematiksel olarak elde edilmesinde Şekil 3.1'deki süreler kullanılarak toplam gelir, toplam maliyet fonksiyonları ile toplam kâr fonksiyonu elde edilmekte ve kârı maksimum yapacak sipariş miktarı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarını belirlenecektir.

I. Durum için toplam gelir, $TR_1(y, w)$, toplam maliyet $TC_1(y, w)$ ve birim zamandaki toplam kâr $TPU_1(y, w)$, olarak alınırsa aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

Toplam gelir; mevcut sipariş içindeki defolu ve sağlam ürünlerin satışından elde edilen gelir ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi içerisinde satış gelirlerinin piyasa faiz oranında değerlendirilmesiyle elde edilen faiz geliri toplamından oluşmaktadır. Buradan ilgili t değerleri yerine eşdeğer ifadeleri yazıldığında toplam gelir aşağıdaki gibi bulunur:

$$TR_1(y, w) = s(1 - p)y + vpy + \frac{sDM^2I_e}{2} + vpy(M - t)I_e = s(1 - p)y + vpy + \frac{sDM^2I_e}{2} + vpyMI_e - \frac{vpy^2I_e}{x} \quad (11)$$

Toplam maliyet ise; sipariş, satın alma, inceleme, stok bulundurma, stok bulundurmama maliyeti ile izin verilen gecikme süresi içerisinde ödenmeyen sipariş tutarı için ortaya çıkan gecikme cezası toplamından oluşmaktadır. Buradan toplam maliyet fonksiyonu şu şekilde yazılabilir:

$$TC_1(y, w) = K + cy + dy + h \left[\frac{t_1(y+Z)}{2} + \frac{(t-t_1)(Z+Z_1+py)}{2} + \frac{t_3Z_1}{2} \right] + \frac{\pi(t_1+t_4)\mu w}{2} + c \left(\frac{(1-p)y - \mu w - DM}{2} \right) (T - t_4 - M)I_e \quad (12)$$

t değerleri için eşdeğer ifadeleri yerlerine yazılırsa; $TC_1(y, w)$ fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir:

$$TC_1(y, w) = K + \frac{cDM^2I_o}{2} + \frac{cMI_o w(1+\mu)}{2} - c(1 - p)MI_o y + (c + d)y + \frac{(\pi + cI_o)\mu w^2}{2D} + \frac{(1-p)^2 cI_o}{2D} y^2 - \left[\frac{(1-p)(2h\mu + cI_o(1+\mu))}{2D} \right] yw + \left[\frac{hE_2}{2D} + \frac{\pi}{2x(1-p)-D} \right] \mu^2 w^2 + \frac{h}{2D} \left[\frac{D(2-D/x)}{x} + (1 - p - D/x)^2 \right] y^2 \quad (13)$$

Rassal bir değişken olan defolu ürün oranı p 'nin çevrim süresi ve toplam kâr fonksiyonlarını da rassal yapacağından birim zamandaki toplam kârın da beklenen değeri toplam gelir ile toplam maliyet fonksiyonlarının beklenen değerleri arasındaki farkın çevrim süresinin beklenen değerine bölünmesiyle aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E(TPU_1) = \frac{E(TR_1) - E(TC_1)}{E(T)} = \left[S + cMI_o + \frac{vE(p)(1+MI_e) - c - d}{E_1} \right] D - \left[\frac{vE(p)DI_e}{x} + \frac{hE_4 + cI_oE_5}{2} \right] \frac{y}{E_1} - \left[(\pi + cI_o)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p)-D} \right) \mu^2 \right] \frac{w^2}{2E_1 y} - [(cI_o - SI_e)(DM)^2 + 2KD] \frac{1}{2E_1 y} - \frac{cDMI_o(1+\mu)w}{2E_1 y} + \frac{2h\mu + cI_o(1+\mu)}{2} w \quad (14)$$

Burada;

$$E_1 = E(1 - p) = 1 - E(p)$$

$$E_2 = E \left[\frac{1-p}{1-p-D/x} \right]$$

$$E_3 = E[(1 - p - D/x)^2]$$

$$E_4 = \frac{D(2-D/x)}{x} + E_3$$

$$E_5 = E[(1 - p)^2] \text{ olarak alınmaktadır}$$

Optimal sipariş miktarı ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamandaki beklenen kâr fonksiyonu, $E(TPU_1)$ 'nin sipariş miktarı y ve stoksuzluk miktarı w 'ye göre kısmi türevleri alınarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$y_1^* = \sqrt{\frac{\left[(\pi + cI_O)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p)-D} \right) \mu^2 \right] w^2 + (cI_O - SI_e) D^2 M^2 + 2KD + \frac{cDMI_e(1+\mu)w}{2}}{\frac{2vE(p)DI_e}{x} + hE_4 + cI_O E_5}} \quad (15)$$

$$w_1^* = \frac{\left(\frac{2h\mu + cI_O(1+\mu)}{2} \right) E_1 y_1^* - \left(\frac{cDMI_e(1+\mu)}{2} \right)}{(\pi + cI_O)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p)-D} \right) \mu^2} \quad (16)$$

w_1^* değeri (15) no'lu eşitlikte yerine yazılırsa; y_1^* değeri w_1^* değerinden bağımsız olarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$y_1^* = \sqrt{\frac{2KD + (cI_O - SI_e)(DM)^2 - \frac{(cDMI_e(1+\mu))^2}{2}}{(\pi + cI_O)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p)-D} \right) \mu^2} \frac{\frac{2vE(p)DI_e}{x} + hE_4 + cI_O E_5 - \frac{(2h\mu + cI_O(1+\mu))^2 E_1^2}{2}}{(\pi + cI_O)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p)-D} \right) \mu^2}} \quad (17)$$

3.3.2. II. Durum: ($M > F$) İçin Modelin Elde Edilmesi

II. Durum için toplam gelir, $TR_2(y, w)$, toplam maliyet $TC_2(y, w)$ ve birim zamandaki toplam kâr $TPU_2(y, w)$, olarak alınırsa aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

Toplam gelir; defolu ve defosuz ürünlerin satış geliri ile izin verilen gecikme süresi içerisinde satış gelirlerinin piyasa faiz oranından değerlendirilmesiyle elde edilen faiz geliri toplamından oluşmaktadır. Buna göre toplam gelir fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\begin{aligned} TR_2(y, w) = & s(1 - p)y + vpy + \frac{s[(1-p)y - \mu w](t+t_3)I_e}{2} + s[(1 - p)y - \mu w](M - t_3 - \\ & t)I_e + vpy(M - t)I_e = [s(1 - p) + vp](1 + MI_e)y - \left[\frac{vpI_e}{x} + \frac{sI_e(1-p)^2}{2D} \right] y^2 + \\ & \frac{sI_e(1-p)y\mu w}{D} - sMI_e\mu w - \frac{sI_e}{2D} \mu^2 w^2 \end{aligned} \quad (18)$$

Toplam maliyet ise; sipariş, satın alma, inceleme, stok bulundurma, stok bulundurmama maliyetleri toplamından oluşmaktadır. Buradan toplam maliyet fonksiyonu şu şekilde elde edilir:

$$TC_2(y, w) = K + cy + dy + h \left[\frac{t_1(y+Z)}{2} + \frac{(t-t_1)(Z+Z_1+py)}{2} + \frac{t_3Z_1}{2} \right] + \frac{\pi(t_1+t_4)\mu w}{2} = K + cy + cd + \frac{h}{2D} \left[\frac{D(2-D/x)}{x} + (1-p-D/x)^2 \right] y^2 + \left[\frac{h(1-p)}{2D(1-p-D/x)} + \frac{\pi D(\mu^2+x(1-p)-\mu)}{2Dx(1-p)-D} \right] w^2 - \frac{h(1-p)}{D} y \mu w \quad (19)$$

Birim zamanda beklenen toplam kâr fonksiyonu ise I. Durumdaki gibi beklenen değerler kullanılarak şu şekilde elde edilir.

$$E(TPU_2) = \frac{E(TR_2) - E(TC_2)}{E(T)} = \left[\left(s + \frac{vE(p)}{E_1} \right) (1 + MI_e) - \frac{(c+d)}{E_1} \right] D - \left[\frac{vE(p)DI_e}{E_1x} + \frac{hE_4 + sI_eE_5}{2E_1} \right] y + h\mu w + sI_e \left(1 - \frac{MD}{E_1y} \right) \mu w - \left[\frac{hE_2\mu^2 + sI_e\mu^2}{2E_1y} + \frac{\pi\mu(\mu D + x(1-p) - D)}{2E_1y(x(1-p) - D)} \right] w^2 - \frac{KD}{E_1y} \quad (20)$$

Bu eşitliklerde;

$$E_1 = E(1-p) = 1 - E(p)$$

$$E_2 = E \left[\frac{1-p}{1-p-D/x} \right]$$

$$E_3 = E[(1-p-D/x)^2]$$

$$E_4 = \frac{D(2-D/x)}{x} + E_3$$

$$E_5 = E[(1-p)^2] \text{ olarak alınmaktadır.}$$

Optimal sipariş miktarı ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamandaki beklenen kâr fonksiyonunun sipariş miktarı y ve stoksuzluk miktarı w 'ye göre kısmi türevleri alınarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$y_2^* = \sqrt{\frac{\left[(hE_2 + sI_e)\mu^2 + \frac{\pi\mu(\mu D + x(1-p) - D)}{x(1-p) - D} \right] w^2 + 2sMI_e D \mu w + 2KD}{\frac{2vE(p)DI_e}{x} + hE_4 + sE_5}} \quad (21)$$

$$w_2^* = \frac{(h\mu + sI_e\mu)E_1y_1^* - sMI_e D \mu}{\left[(hE_2 + sI_e)\mu^2 + \frac{\pi\mu(\mu D + x(1-p) - D)}{x(1-p) - D} \right]} \quad (22)$$

w_2^* değeri (21) no'lu eşitlikte yerine yazılırsa; y_2^* değeri aşağıdaki gibi olur:

$$Y_2^* = \sqrt{\frac{2KD - \frac{(sMI_e D \mu)^2}{\left[(hE_2 + sI_e) \mu^2 + \frac{\pi \mu (\mu D + x(1-p) - D)}{x(1-p) - D} \right]}}{\frac{2vE(p)DI_e}{x} + hE_4 + sI_e E_5 - \frac{(h\mu + sI_e \mu)^2 E_1^2}{\left[(hE_2 + sI_e) \mu^2 + \frac{\pi \mu (\mu D + x(1-p) - D)}{x(1-p) - D} \right]}}} \quad (23)$$

3.4. Kâr Fonksiyonlarının İçbükeylik Testleri

$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$ ve $\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x \partial y}$ ikinci türevler olmak üzere $f(x,y)$ fonksiyonun içbükeyliği Hessian matrisi kullanılarak araştırılabilir. Bu durumda:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad \text{Hessian matrisinde eğer } \begin{bmatrix} x & y \end{bmatrix} \times [H] \times \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} < 0$$

olursa $f(x,y)$ fonksiyonu içbükeydir. Dolayısıyla bu fonksiyonu maksimum yapan yalnız bir tane (x, y) ikilisi vardır.

3.4.1. I. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı

Aşağıdaki Hessian matrisine göre;

$$H_1 = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial y^2} & \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial y \partial w} \\ \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial w \partial y} & \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial w^2} \end{bmatrix}$$

Eğer; $\begin{bmatrix} y & w \end{bmatrix} \times [H_1] \times \begin{bmatrix} y \\ w \end{bmatrix} < 0$ olursa; $E(TPU_1)$ fonksiyonu içbükeydir. Buna göre;

$$\frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial y^2} = - \left[\frac{2KD + (cI_o - SI_e)(DM)^2 + \left[(\pi + cI_o)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p) - D} \right) \mu^2 \right] w^2 + 2(cDMI_o(1 + \mu)w/2)}{y^3 E_1} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial w^2} = - \left[\frac{\left[(\pi + cI_o)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p) - D} \right) \mu^2 \right] w^2}{y E_1} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial y \partial w} = \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial w \partial y} = \frac{\left[(\pi + cI_o)\mu + \left(hE_2 + \frac{\pi D}{x(1-p) - D} \right) \mu^2 \right] w + 2(cDMI_o(1 + \mu)w/2)}{y^2 E_1}$$

$$[y \ w] \times [H_1] \times \begin{bmatrix} y \\ w \end{bmatrix} = - \left[\frac{2KD + (cI_o - sI_e)(DM)^2}{yE_1} \right] < 0$$

Yukarıdaki eşitsizlikte $2KD + (cI_o - sI_e)(DM)^2 > 0$ olursa $E(TPU_1)$ fonksiyonu içbükey olacaktır. Ancak bu koşul altında, $E(TPU_1)$ fonksiyonunu maksimum yapan yalnız bir adet y^* ve w^* değeri vardır.

3.4.2. II. Durum İçbükeyliğin İspatı

$$H_2 = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial y^2} & \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial y \partial w} \\ \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial w \partial y} & \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial w^2} \end{bmatrix} \text{ Hessian matrisi olmak üzere;}$$

Eğer; $[y \ w] \times [H_2] \times \begin{bmatrix} y \\ w \end{bmatrix} < 0$ olursa; $E(TPU_2)$ fonksiyonu içbükeydir.

Buna göre;

$$\frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial y^2} = - \left[\frac{2KD + \left[(hE_2\mu^2 + sI_e\mu^2) + \frac{\pi\mu(\mu D + x(1-p) - D)}{x(1-p) - D} \right] w^2 + 2sI_eDM\mu w}{E_1 y^3} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial w^2} = - \left[\frac{(hE_2\mu^2 + sI_e\mu^2) + \frac{\pi\mu(\mu D + x(1-p) - D)}{x(1-p) - D}}{E_1 y} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial y \partial w} = \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial w \partial y} = \left[\frac{sI_eMD\mu + \left[(hE_2\mu^2 + sI_e\mu^2) + \frac{\pi\mu(\mu D + x(1-p) - D)}{x(1-p) - D} \right] w}{E_1 y^2} \right]$$

$$[y \ w] \times [H_2] \times \begin{bmatrix} y \\ w \end{bmatrix} = - \left[\frac{2KD}{yE_1} \right] < 0$$

olduğundan $E(TPU_2)$ fonksiyonun bütün y ve w değerleri için içbükeydir. Bu durumda $E(TPU_2)$ fonksiyonunu maksimum yapan yalnız bir tane (y^*, w^*) ikilisi vardır.

3.5. Geliştirilen Modelden Önceki Çalışmaların Elde Edilmesi

Bu çalışmada önerilen model genel bir model olup bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar bu modelin özel durumları olarak elde edilebilir. Bu çalışmalardan örnek olarak üç tanesi aşağıda açıklanmaktadır.

3.5.1. Sulak (2008) Modeli

Sulak²⁹⁸ geliştirdiği modelde ödemelerde gecikme, defolu ürün ve stokluluk durumu ele almıştır. Bu çalışmada geliştirilen modelde erteleme oranı $\mu = 1$ olarak alınır (16, (17), (22) ve (23) nolu eşitliklerdeki optimal değerler Sulak'ın²⁹⁹ bulunduğu aşağıdaki sonuçlara dönüşecektir:

$$y_1^* = \sqrt{\frac{2KD + (cI_0 - sI_e)(DM)^2 - \frac{(cDMI_0)^2}{(h+\pi)E_2 + cI_0}}{\frac{2vE(p)DI_e}{x} + hE_4 + cI_0E_5 - \frac{(h+cI_0)^2E_1^2}{(h+\pi)E_2 + cI_0}}} \quad w_1^* = \frac{(h+cI_0)E_1y_1^* - (cDMI_0)}{(h+\pi)E_2 + cI_0}$$

$$y_2^* = \sqrt{\frac{2KD - \frac{(sMI_eD)^2}{(h+\pi)E_2 + sI_e}}{\frac{2vE(p)DI_e}{x} + hE_4 + sI_eE_5 - \frac{(h+sI_e)^2E_1^2}{(h+\pi)E_2 + sI_e}}} \quad w_2^* = \frac{(h+sI_e)E_1y_1^* - sMI_eD}{(h+\pi)E_2 + sI_e}$$

3.5.2. Stoksuzluk Durumunda Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde stokluluğa izin verilmesi durumunu ele alan temel model de bu çalışmanın özel bir durumu olarak elde edilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen modelde; defolu ürün ve ödemelerde gecikme durumunun olmadığı varsayımı altında, (bu durumda $p = M = 0$ ise $I_e = I_o = 0$, $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E_5 = \mu = 1$ ve $x = \infty$ olacaktır) Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde elde edilen aşağıdaki eşitlikler elde edilecektir.

$$w_1^* = w_2^* = w^* = \frac{hy^*}{(h + \pi)}$$

$$y_1^* = y_2^* = y^* = \sqrt{\frac{2KD(h + \pi)}{h\pi}} = \sqrt{\frac{2KD}{h} \frac{(h + \pi)}{\pi}}$$

²⁹⁸ Sulak, a.g.t.

²⁹⁹ Sulak, a.g.t., s. 96-100

3.5.3. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Bu çalışmada geliştirilen Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde eğer; defolu ürün, stoksuzluk ve ödemelerde gecikmeye izin verme varsayımları geçerli değilse, yani $p = B = M = I_e = I_o = 0$ ve $x = \pi = \infty$ ise: (16), (17), (22) ve (23) nolu eşitlikler klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde elde edilen aşağıdaki eşitliklere indirgenecektir:

$$y_1^* = y_2^* = y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad w_1^* = w_2^* = w^* = 0$$

Bu sonuçlar göstermektedir ki, bu çalışmada geliştirilen model ödemelerde gecikme, defolu ürün ve stoksuzluk durumlarını ele alan modellerin en genel halidir. Bu modele eklenen varsayımların çıkarılmasıyla geliştirilen model Stoksuzluk Durumuna İzin Veren Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modeli ve Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modeline dönüşecektir. Dolayısıyla bu modeller de bu çalışmada elde edilen modelin özel durumları olarak ifade edilebilir.

3.6. Modelin Geçerliliği İçin Nümerik Örnekler

Modelin geçerliliği ve optimal değerlerin bulunması için iki nümerik örnek çözülecektir. Yapılacak hesaplamalarda aşağıdaki veriler kullanılacaktır:

$$\text{Defolu ürün oranı olasılık yoğunluk fonksiyonu } f(p) = \begin{cases} 10, & 0 \leq p \leq 0.1 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Talep=4000 birim/yıl, inceleme oranı=50000 birim/yıl, sipariş maliyeti=400 TL/sipariş, stok bulundurma maliyeti=5 TL/birim, stok bulundurmama (erteleme) maliyeti=4 TL/birim, satın alma maliyeti=30 TL/birim, ürün inceleme maliyeti=1.5 TL/birim, kusursuz ürünlerin satış fiyatı 50 TL/birim, defolu ürünlerin satış fiyatı=20 TL/birim, ödemelerde izin verilen gecikme süresi=30 gün=0.083 yıl, mevduat hesabı için yıllık faiz oranı= %10, piyasa yıllık faiz oranı =%12, karşılanamayan talebin erteleme oranı=0.5'tir.

Buna göre nümerik örnekte kullanılacak parametreler simgeleriyle aşağıdaki gibi yazılabilir:

$D = 4,000$ birim, $x = 50,000$ birim, $K = 400$ TL, $h = 5$ TL, $p = 4$ TL, $c = 30$ TL, $d = 1.5$ TL, $s = 50$ TL, $v = 20$ TL, $M = 0.083$ yıl, $I_e = 0.10$, $I_o = 0.12$, $\mu = 0.5$.

Defolu ürün oranı rassal değişken olduğundan optimal değerleri veren formüllerde ilgili beklenen değerler;

$$E(p) = 0.05, \quad E_1 = 0.95, \quad E_2 = 1.092055 \quad E_3 = 0.757733 \quad E_4 = 0.91133, \\ E_5 = 0.90333 \text{ olarak hesaplanır.}$$

3.6.1. I. Durum İçin Nümerik Örnek

I. durum için ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 30 gün (0.083 yıl) alındığında ve yukarıdaki değerler kullanıldığında; optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, optimal çevrim süresi, birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılanabildiği süre şu şekilde bulunur:

$$y_1^* \cong 953 \text{ birim}$$

$$w_1^* \cong 724 \text{ birim}$$

$$T_1^* = 0.226 \cong 81 \text{ gün}$$

$$E[\text{TPU}_1(y_1^*, w_1^*)] \cong 68731 \text{ TL}$$

$$F_1^* = 0.135 \text{ yıl} \cong 49 \text{ gün}$$

$$t = 0.0191 \text{ yıl} \cong 7 \text{ gün}$$

Bu sonuçlar model analizinde ödemelerde izin verilen gecikme süresinin inceleme süresinden büyük, talebin normal olarak stoksuzluğa düşmeden karşılanabildiği süreden küçük olduğu I. Duruma uymaktadır. (Yani $(t < M \leq F)$) Dolayısıyla I. Durum için elde edilen bu değerler optimal değerlerdir.

3.6.2. II. Durum İçin Nümerik Örnek

Birinci durumda kullanılan aynı veriler sadece ödemelerde gecikmeye izin verilen sürenin 30 gün yerine 60 gün alınması (Bu durumda $M = \frac{60}{360} = 0.166$ olur) şeklinde güncellenerek optimal değerler hesaplanacaktır. Toplam kârı maksimum yapan optimal ekonomik sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, çevrim süresi, birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılanabildiği süre aşağıdaki gibi bulunur:

$$y_2^* \cong 779 \text{ birim}$$

$$w_2^* \cong 432 \text{ birim}$$

$$T_2^* = 0.185 \cong 67 \text{ gün}$$

$$E[\text{TPU}_2(y_2^*, w_2^*)] \cong 69687 \text{ TL}$$

$$F_2^* = 0.131 \text{ yıl} \cong 47 \text{ gün}$$

Bu sonuçlar model analizinde ödemelerde izin verilen gecikme süresinin talebin normal olarak stoksuzluğa düşmeden karşılanabildiği süreden büyük olduğu II. Duruma uymaktadır. (Yani ($M > F$) Dolayısıyla II. Durum için elde edilen bu değerler optimal değerlerdir.

3.7. Model Parametreleri İçin Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi önerilen modeldeki temel parametrelerdeki değişimin optimal değerler üzerindeki etkisinin araştırılmasında kullanılan önemli bir araçtır. Bu çalışmada elde edilen modelde üç önemli parametre ele alınmıştır. Bunlar: Talebin erteleme oranı, ödemelerde izin verilen gecikme süresi ve defolu ürün oranıdır. Bu parametrelerin optimal değerler üzerine etkisi ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Faiz oranlarındaki değişimin etkilerinin de incelendiği bu bölümde bu üç parametrenin eşanlı değişimlerinin optimal değerler üzerine etkisi de analiz edilmektedir.

3.7.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişim

Tablo 3.1'de ödemelerde izin verilen gecikme süresinin gün bazında farklı değerleri için elde edilen optimal değerler görülmektedir.

Tablo 3. 1 : Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişim ve Optimal Değerler

M	y^*	w^*	$E(TPU) (TL)$	F	T
10	997	880	68353	46	85
15	991	845	68433	47	85
20	981	808	68523	48	84
25	968	767	68622	48	83
30	953	724	68731	49	81
35	934	678	68851	49	80
40	912	629	68982	50	78
45	817	559	69109	44	70
50	806	518	69295	46	69
55	793	476	69488	46	68
60	779	432	69687	47	67

($D = 4,000$ birim, $x = 50,000$ birim, $K = 400$ TL, $h = 5$ TL, $\pi = 4$ TL, $c = 30$ TL, $d = 1.5$ TL, $s = 50$ TL, $v = 25$ TL, $E(p)=0.05$, $I_c = 0.12$, $I_o = 0.15$, $\mu=0.5$)

Tablo 3.1’de ilk sütun; ödemelerde izin verilen gecikme süresini (M), ikinci sütun; optimal sipariş miktarını (y^*), üçüncü sütun; izin verilen maksimum stoksuzluk miktarını (w^*), dördüncü sütun; birim zamanda elde edilen toplam kârın beklenen değerini ($E(TPU)^*$) beşinci sütun; talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak eldeki stoktan karşılandığı süreyi (F) ve son sütun ise iki sipariş arasında geçen süre olan optimal çevrim süresini (T^*) göstermektedir. Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 45 ve daha büyük değerleri için elde edilen optimal değerler model analizinde ele alınan II. duruma ($M > F$) uyan değerler olduğu için tabloda koyu olarak yazılmıştır.

Tablo değerleri incelendiğinde; diğer değişkenler sabitken, ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve optimal çevrim süresi arasında ters yönlü fakat toplam kâr arasında pozitif bir ilişki görülmektedir. Talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı sürede, ödemelerde izin verilen gecikme süresine göre belirgin bir kırılma görülmektedir. Bunun sebebi ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 40 gün ve aşağı olduğu değerlerin modelin I. durumuna göre, 45 gün ve daha fazla olduğu değerler modeldeki II. durumuna göre elde edilmesidir.

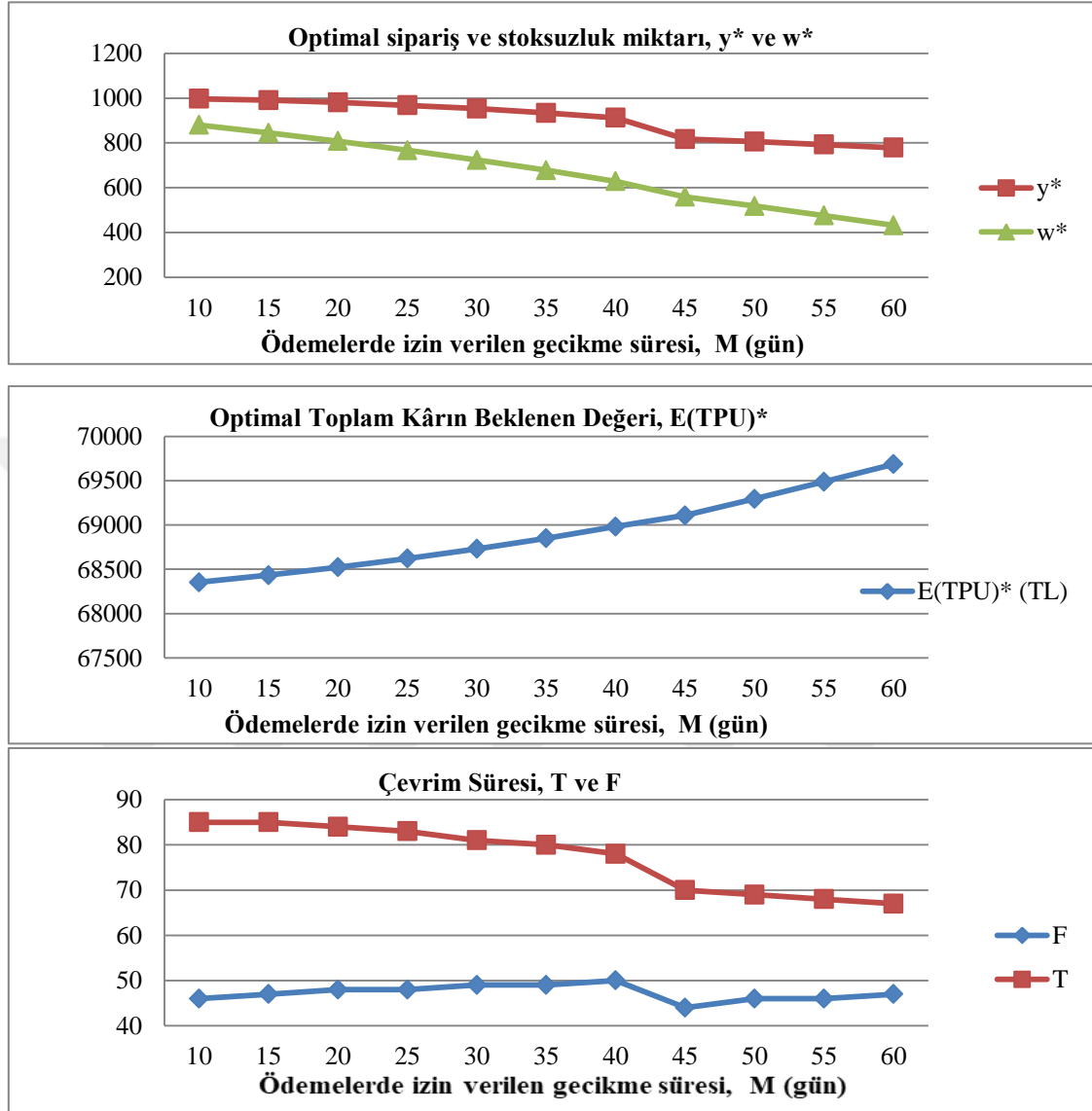
Ödemelerde izin verilen gecikme süresindeki değişimin optimal değerler üzerine etkisi görsel olarak aşağıdaki şekillerden de görülebilir. Şekil 3.2’de bu etkiler toplu olarak görülmektedir.

Bu şekillere göre; ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça:

- optimal sipariş miktarı azalmaktadır.
- izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı azalmaktadır.
- birim zamanda elde edilen toplam kâr artmaktadır.
- optimal çevrim süresi azalmaktadır.
- talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ise artmaktadır.

Şekil 3.2’deki grafiklerde ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 45 gün olduğu değerden sonra bir kırılma görülmektedir. Bu durum model analizinde I. ve II. durum için farklı formüllerin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Yani, Tablo 3.1’den de görüldüğü üzere ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 45 ve daha yüksek olduğu

durumlarda II. durum sağlandığından hesaplanan değerler bu duruma göre elde edilmiştir.



Şekil 3. 2. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Optimal Değerler Üzerine Etkisi

Özetle, ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça birim zamanda elde edilen toplam kâr ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre artmakta fakat optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve optimal çevrim süresi azalmaktadır.

3.7.2. Erteleme Oranındaki Değişim

Çalışmanın bu kısmında karşılanamayan talebin bir kısmının bir sonraki sipariştten karşılanmak üzere ertelenmesinde kullanılan erteleme oranının etkisi ele alınmıştır. Erteleme oranının farklı değerleri için elde edilen optimal değerler Tablo 3.2’de özetlenmiştir. Erteleme oranının 0.1 olması durumunda elde edilen optimal değerler diğer değerlere göre uç değerler almaktadır. Karşılaştırmalarda tutarlılık ve sonuçların sağlıklı olması için erteleme oranının 0.2 ile 1 arasında değişmesi durumunda optimal değerlerin nasıl değiştiği durumu analizlerde ele alınmış, erteleme oranının 0.1 olma durumu analizi dışında tutulmuştur.

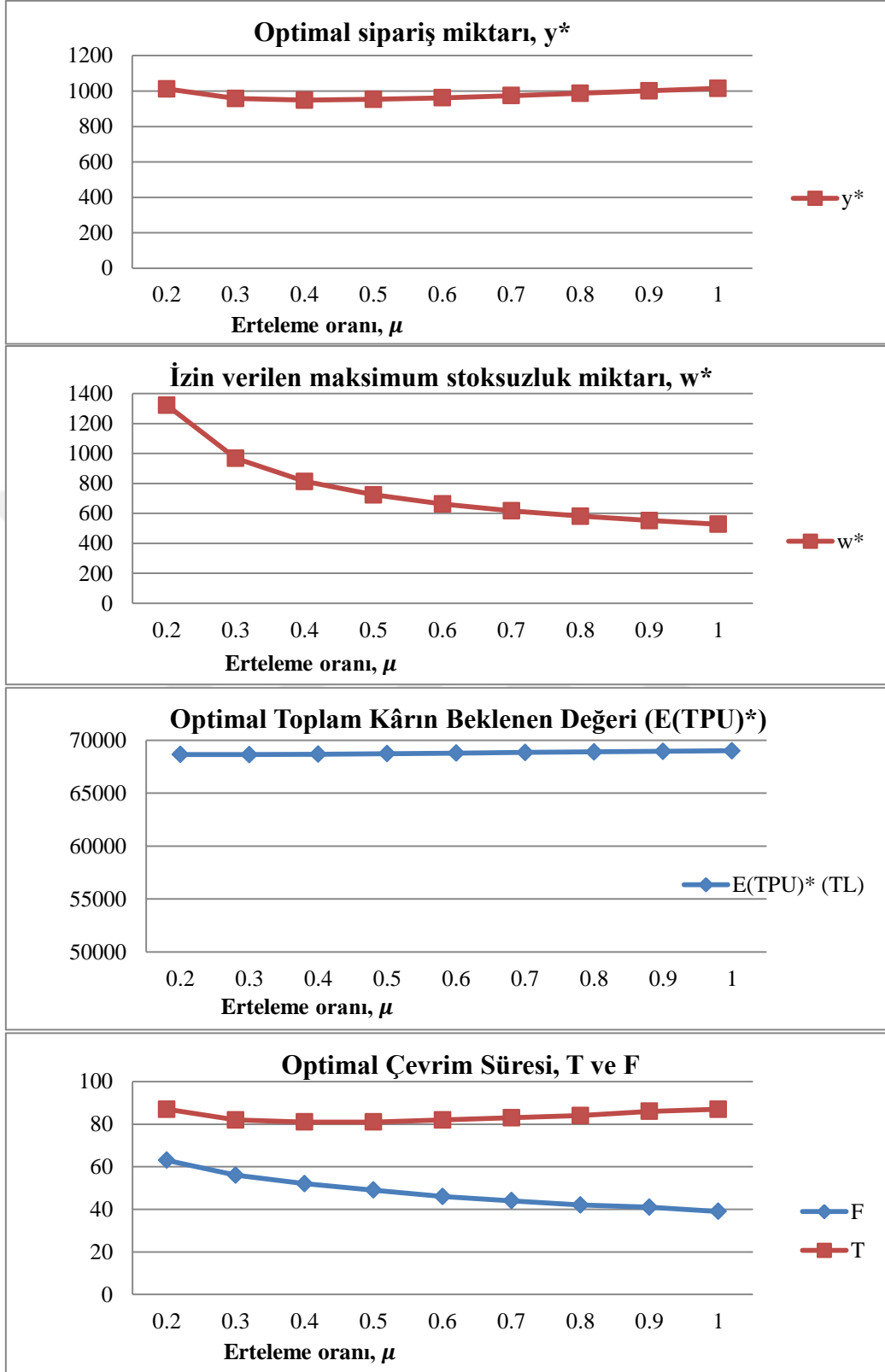
Tablo 3. 2 : Erteleme Oranındaki Değişim ve Optimal Değerler

μ	y^*	w^*	$E(TPU)^*$ (TL)	F	T
0.2	1012	1322	68657	63	87
0.3	958	968	68640	56	82
0.4	949	814	68678	52	81
0.5	953	724	68731	49	81
0.6	962	663	68787	46	82
0.7	974	618	68843	44	83
0.8	987	582	68897	42	84
0.9	1001	553	68949	41	86
1	1015	528	68998	39	87

($D = 4,000$ birim, $x = 50,000$ birim, $K = 400$ TL, $h = 5$ TL, $\pi = 4$ TL, $c = 30$ TL, $d = 1.5$ TL, $s = 50$ TL, $v = 25$ TL, $M=30$ gün $=0.083$ yıl, $E(p)=0.05$, $I_c =0,12$, $I_o = 0.15$)

Tablo 3.2’de ilk sütun; erteleme oranının (μ) farklı değerlerini, ikinci sütun; optimal sipariş miktarını (y^*), üçüncü sütun; izin verilen maksimum stoksuzluk miktarını (w^*), dördüncü sütun; birim zamanda elde edilen toplam kârın beklenen değerini ($E(TPU)^*$), beşinci sütun; talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak eldeki stoktan karşılandığı süreyi (F) ve son sütun ise çevrim süresini (T^*) göstermektedir. Tablo değerleri incelendiğinde; diğer değişkenler sabitken, erteleme oranı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre arasında negatif bir ilişki, diğer optimal sipariş miktarı, optimal toplam kâr ve optimal çevrim süresi arasında önce azalan sonra artan şekilde bir ilişki görülmektedir.

Erteleme oranındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi görsel olarak Şekil 3.3’de toplu olarak gösterilmektedir.



Şekil 3. 3. Erteleme Oranındaki Değişimin Optimal Değerler Üzerine Etkisi

3.7.3. Defolu Ürün Oranındaki Değişim

Defolu ürün oranı tekdüze dağılıma uyan rassal bir değişken olup bu oranın farklı beklenen değerleri için elde edilen optimal değerler Tablo 3.3’de görülmektedir.

Tablo 3. 3 : Defolu Ürün Oranının Beklenen Değerindeki Değişimin Etkisi

$E(P)$	y^*	w^*	$E(TPU)^*(TL)$	F (gün)	T^* (gün)
0.05	953	724	68731	49	81
0.10	990	708	66030	48	80
0.15	1025	687	62997	48	78
0.20	1059	661	59570	46	76
0.25	1089	628	55667	45	73
0.30	1113	589	51185	44	70
0.35	1132	542	45988	42	66
0.40	1142	488	39895	40	62

($D = 4,000$ birim, $x = 50,000$ birim, $K = 400$ TL, $h = 5$ TL, $\pi = 4$ TL, $c = 30$ TL, $d = 1.5$ TL, $s = 50$ TL, $v = 25$ TL, $M=30$ gün =0.083 yıl, $I_e =0,12$, $I_o = 0.15$, $\mu=0.5$)

Tablo 3.3 incelendiğinde; defolu ürün oranı ile optimal sipariş miktarı arasında pozitif, diğer değişkenlerle ise ters orantılı negatif ilişki olduğu görülmektedir. Yani, defolu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarı azalmakta fakat izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamandaki toplam kâr, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ise azalmaktadır.

Defolu ürün oranındaki değişimin optimal değerler üzerindeki etkisi Şekil 3.4’te açıkça görülmektedir.

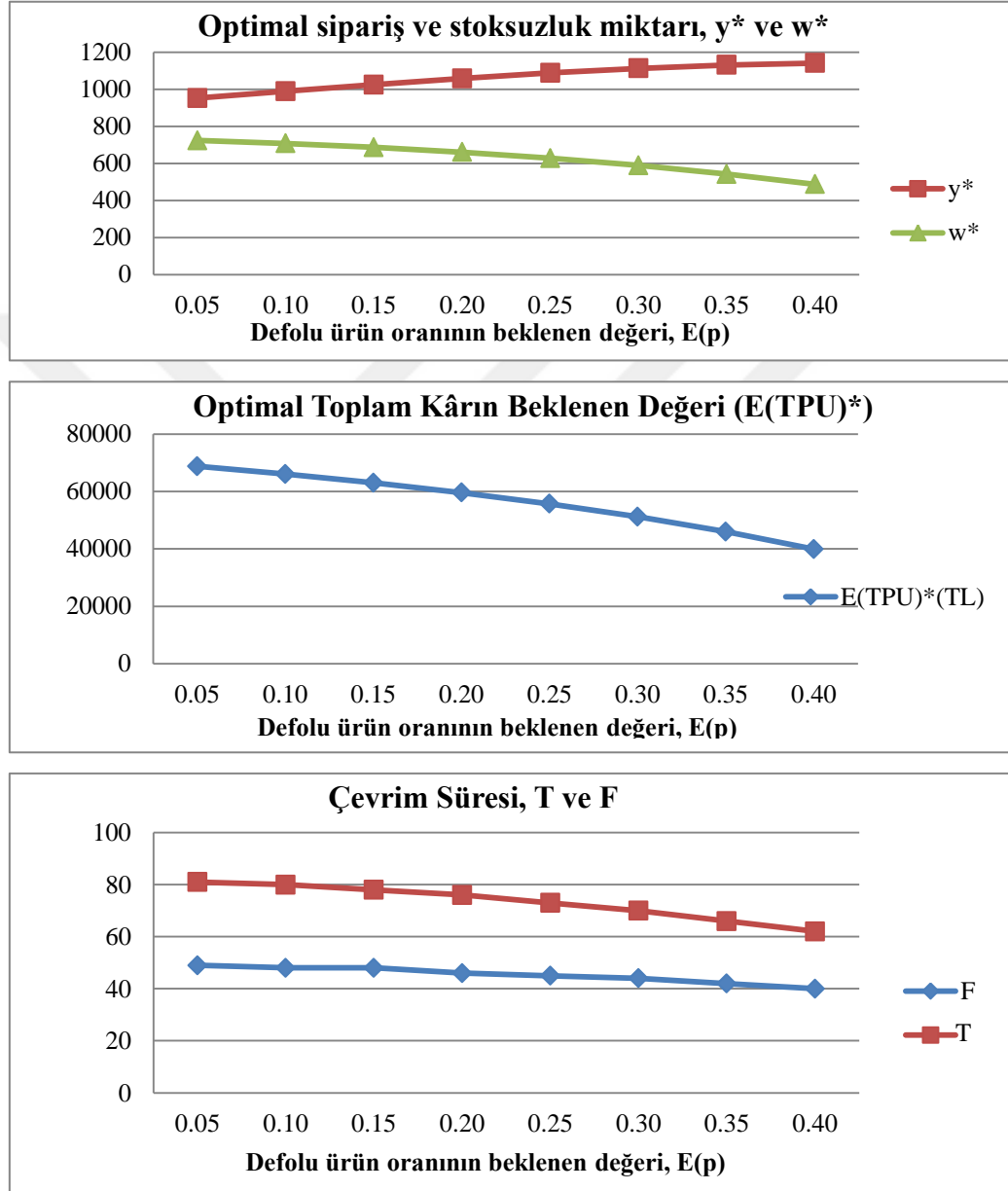
Tablo 3.3 ve Şekil 3.4 beraber incelendiğinde defolu ürün oranındaki değişimin optimal değerler üzerindeki etkisi ile ilgili şu sonuçlara ulaşılabilir:

Defolu ürün oranı arttıkça:

- optimal sipariş miktarı artmaktadır.
- izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı azalmaktadır.
- birim zamanda elde edilen toplam kâr azalmaktadır.
- optimal çevrim süresi azalmaktadır.
- talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ise azalmaktadır.

Sonuç olarak, diğer değişkenler sabit ve veri iken, defolu ürün oranının beklenen değeri artarken optimal sipariş miktarı artmakta bunun dışındaki diğer

değişkenler (izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre) ise azalmaktadır.



Şekil 3. 4. Defolu Ürün Oranındaki Değişimin Optimal Değerler Üzerine Etkisi

3.7.4. Faiz Oranlarındaki Değişim

Bu çalışmada modelin elde edilmesinde iki tür faiz oranı kullanılmaktadır. Bunlar: gecikme cezası faiz oranı ve piyasa faiz oranıdır. Satıcı tarafından alıcıya uygulanan ve ödemelerde izin verilen gecikme süresi sonunda ödenmeyen tutar için tahakkuk eden faiz oranı bir türgecikme cezası olarak da adlandırılabilir gecikme faiz oranıdır. Piyasa faiz oranı ise alıcının ödemelerde izin verilen gecikme süresi içinde satmış olduğu ürünlerden elde ettiği geliri izin verilen gecikme süresi sonuna kadar bankaya yatırdığında veya piyasada değerlendirdiğinde gelir elde ettiği mevduat faiz oranı diye de nitelendirilebilen faiz oranıdır.

Çalışmanın bu kısmında iki faiz oranındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi ayrı ayrı ele alınacaktır.

3.7.4.1. Gecikme Faiz Oranındaki Değişim

Gecikme cezası olarak ele alınan faiz oranındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi Tablo 3.4'te görülmektedir.

Tablo 3. 4 : Gecikme Faiz Oranındaki Değişimin Optimal Değerlere Etkisi

<i>I_o</i>	<i>y</i> *	<i>w</i> *	E(TPU)	F	T	<i>I_o</i>	<i>y</i> *	<i>w</i> *	E(TPU)	F	T
0,05	945	685	68698	49	81	0,16	961	746	68753	49	82
0,06	946	691	68702	49	82	0,17	963	751	68758	49	82
0,07	946	696	68707	49	82	0,18	966	757	68764	49	83
0,08	947	702	68711	49	82	0,19	968	762	68770	48	83
0,09	949	708	68716	49	82	0,20	971	767	68775	48	83
0,10	950	713	68721	49	82	0,21	973	773	68781	48	83
0,11	951	719	68726	49	83	0,22	976	778	68787	48	83
0,12	953	724	68731	48	83	0,23	979	784	68793	48	84
0,13	955	730	68736	48	83	0,24	982	789	68799	48	84
0,14	957	735	68742	48	83	0,25	985	795	68805	48	84
0,15	959	741	68747	48	83						

(D = 4,000 birim, x = 50,000 birim, K = 400 TL, h = 5 TL, π = 4 TL, c = 30 TL, d = 1.5 TL, s = 50 TL, v = 25 TL, M=30 gün=0.083 yıl, E(p)=0.05, I_e =0,12, μ =0.5)

Tablo incelendiğinde gecikme cezası olarak satıcı tarafından alıcıya uygulanan faiz oranı arttıkça optimal sipariş miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmakta sadece izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı artmaktadır. Çevrim

süresi ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süredeki azalışlar çok az olduğu için bu iki sürenin gecikme faiz oranındaki değişimden çok etkilenmediği söylenebilir. Benzer şekilde gecikme faiz oranındaki değişimin; optimal sipariş miktarına etkisi toplamda %2 olmamakta, toplam kâr üzerindeki etkisi ise %1'in altında gerçekleşmektedir. En fazla etki ise izin verilen stoksuzluk miktarıdır. Gecikme faiz oranındaki %20'lik bir artış toplamda izin verilen stoksuzluk miktarını yaklaşık %8 artırmaktadır.

Özetle; gecikme faiz oranının artması sonucu;

- Optimal sipariş miktarı anlamlı düzeyde azalmaktadır.
- İzin verilen maksimum stoksuzluk miktarı kayda değer artmaktadır.
- Toplam kâr %1'den daha düşük düzeyde azalmaktadır.
- Talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre yaklaşık %1'lik bir azalışla hemen hemen sabit kalmaktadır.
- Çevrim süresi ise yaklaşık %3'lük bir düşüş göstermektedir.

3.7.4.2. Piyasa Faiz Oranındaki Değişim

Tablo 3.5'te piyasa faiz oranındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi verilmiştir.

Tablo 3. 5 : Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Optimal Değerlere Etkisi

Ie	y*	w*	E(TPU)	F	T	Ie	y*	w*	E(TPU)	F	T
0,05	999	768	68568	51	85	0,16	895	670	68937	46	77
0,06	990	759	68600	50	85	0,17	885	660	68973	46	76
0,07	981	750	68632	50	84	0,18	875	651	69009	46	75
0,08	972	742	68665	50	83	0,19	865	641	69045	45	74
0,09	962	733	68698	49	82	0,20	854	632	69082	45	73
0,10	953	724	68731	49	81	0,21	844	622	69120	44	72
0,11	944	715	68765	48	81	0,22	833	612	69157	44	71
0,12	934	706	68799	48	80	0,23	823	602	69195	43	70
0,13	924	697	68833	48	79	0,24	812	592	69234	43	69
0,14	915	688	68867	47	78	0,25	801	581	69273	42	68
0,15	905	679	68902	47	77						

(D = 4,000 birim, x = 50,000 birim, K = 400 TL, h = 5 TL, π = 4 TL, c = 30 TL, d = 1.5 TL, s = 50 TL, v = 25 TL, M=30 gün=0.083 yıl, E(p)=0.05, I_o = 0.15, μ =0.5)

Bu tabloya göre; piyasa faiz oranı arttıkça sadece birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri artmakta optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum

stoksuzluk miktarı, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmaktadır. Tablodan, piyasa faiz oranındaki değişimin optimal çevrim süresi ve izin verilen stoksuzluk miktarı üzerinde anlamlı etkisinin olduğu fakat birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri üzerinde ise çok fazla etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

Sipariş miktarının piyasa faiz oranı arttıkça azalmasının nedeni; ödemelerde izin verilen gecikme süresinde olduğu gibi, alıcıları daha az miktarda ve daha sık sipariş vermeye teşvik etmekle bu piyasa faiz oranının getirisinden daha fazla yararlanmak istemelerinin bir sonucudur.

Özetle; piyasa faiz oranının artması sonucu;

- Optimal sipariş miktarı azalmakta
- İzin verilen maksimum stoksuzluk miktarı azalmakta
- Toplam kâr artmakta
- Talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre azalmakta
- Çevrim süresi azalmaktadır.

Sonuç olarak, gecikme faiz oranı ile piyasa faiz oranının optimal değerler üzerindeki etkisi karşılaştırıldığında; piyasa faiz oranındaki değişimin etkisinin gecikme cezası faiz oranının etkisinden daha fazla ve daha anlamlı olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki kısmında modelde ele alınan temel değişkenlerden ödemelerde izin verilen gecikme süresi, defolu ürün oranı ve erteleme (stoksuzluk) oranının ikişerli eşanlı değişimlerinin optimal değerler üzerindeki etkileri üç boyutlu olarak analiz edilecektir.

3.7.5. Defolu Ürün Oranı ile Ödemelerde Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi

Burada ele alınacak analizler yukarıda elde edilen sonuçların birleştirilmiş halinden ibarettir. Analizlerde modelin elde edilmesinde karşılaşılan her iki durum için değerler elde edilmesi ve bu değerlerin iki farklı değişken tarafından etkilerinin gösterilmesi yapılacak analizlerin en önemli artısıdır. Bu bağlamda ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile defolu ürün oranının eşanlı değişimlerinin en önemli iki parametre olan optimal sipariş miktarı ve birim zamandaki toplam kârın optimal

beklenen değeri üzerindeki etkileri ayrı ayrı ele alınacaktır. Diğer değişkenler için önceki bölümlerde yapılan duyarlılık analizleri ile iktifa edilecektir.

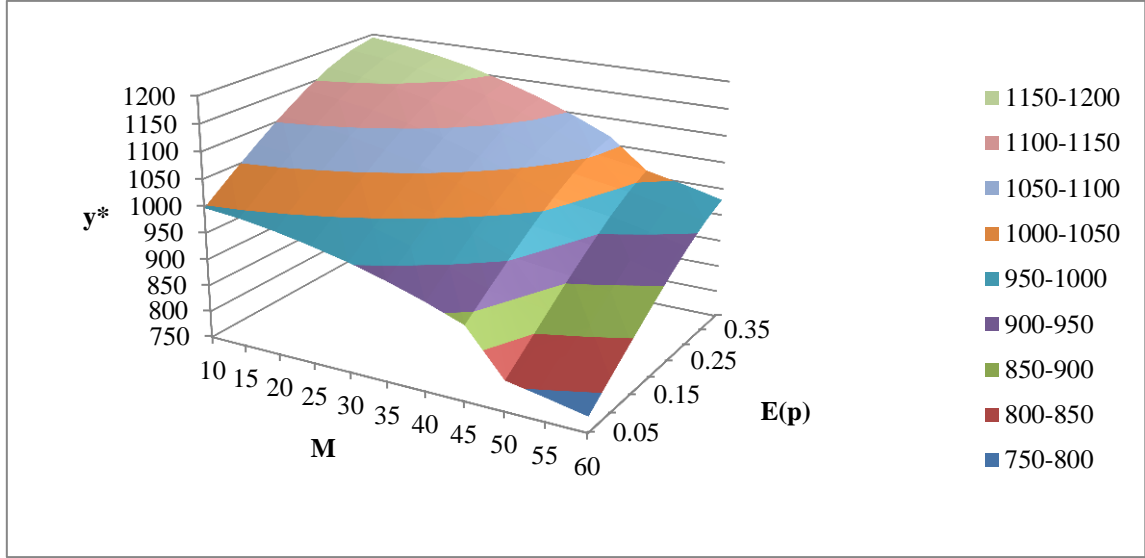
3.7.5.1. Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

Ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile defolu ürün oranının beklenen değerindeki eşanlı değişimler karşısında optimal sipariş miktarının aldığı değerler Tablo 3.6'da yer almaktadır.

Tablo 3. 6 : Defolu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

E(p) M	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
10	997	1036	1073	1108	1139	1165	1184	1194
15	991	1029	1066	1100	1131	1157	1176	1186
20	981	1019	1055	1090	1120	1146	1165	1175
25	968	1006	1042	1076	1106	1131	1150	1161
30	953	990	1025	1059	1089	1113	1132	1142
35	934	970	1005	1038	1067	1092	1110	1120
40	912	948	982	1014	1043	1067	1084	1095
45	887	921	954	986	1014	1037	1055	1065
50	806	840	874	908	939	968	992	1011
55	793	827	861	894	925	953	977	996
60	779	813	846	878	909	937	961	979

Tablo 3.6 incelendiğinde; ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarı azalmakta, defolu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarı artmaktadır. Eşanlı değişimler ele alındığında; ödemelerde izin verilen gecikme süresi azaldıkça ve defolu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarının arttığı görülmektedir. Dolayısıyla; ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en az, defolu ürün oranının beklenen değerinin ise en çok olduğu durumda optimal sipariş miktarı maksimum olacaktır. Bu durum Şekil 3.5'te üç boyutlu olarak gösterilmektedir.



Şekil 3. 5. Defolu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

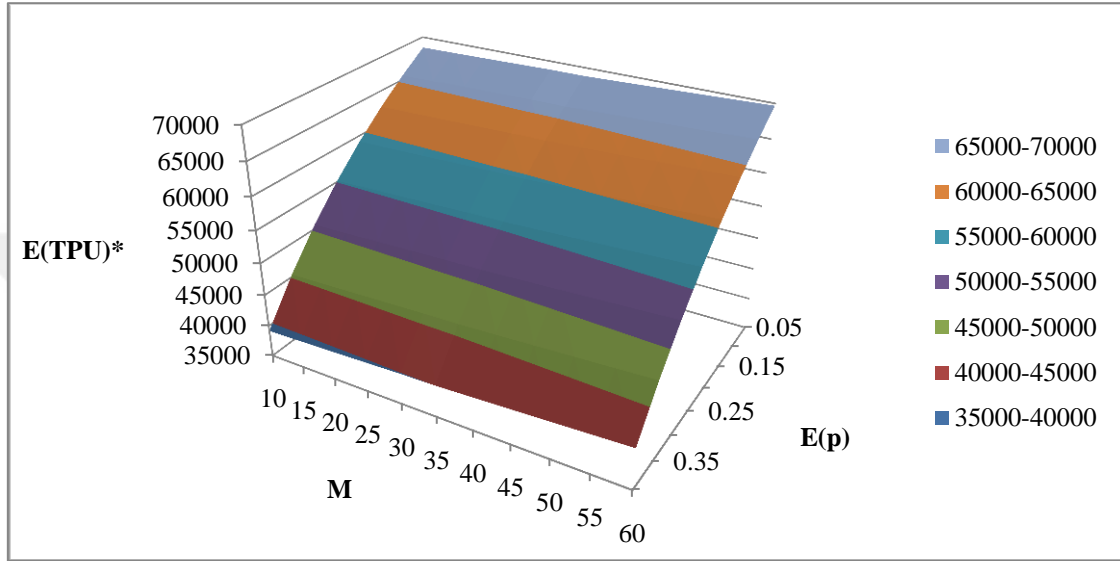
3.7.5.2. Toplam Kâr Üzerine Etkisi

Tablo 3.7’de defolu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin aynı anda değişmesi sonucu birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin nasıl değiştiği görülmektedir.

Tablo 3. 7 : Defolu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Toplam Kâra Etkisi

$E(p)$ M	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
10	68353	65622	62555	59089	55141	50607	45347	39178
15	68433	65709	62651	59194	55257	50735	45490	39338
20	68523	65806	62756	59309	55383	50874	45644	39511
25	68622	65913	62872	59434	55520	51024	45810	39697
30	68731	66030	62997	59570	55667	51185	45988	39895
35	68753	66063	63042	59628	55740	51273	46092	40015
40	68982	66296	63282	59876	55998	51546	46384	40334
45	69125	66448	63443	60048	56183	51746	46603	40575
50	69295	66627	63632	60247	56392	51964	46830	40808
55	69488	66827	63840	60465	56622	52208	47089	41087
60	69687	67034	64056	60691	56859	52459	47356	41374

Tablo 3.7 incelendiğinde birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri; defolu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmakta fakat ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmaktadır. Maksimum toplam kâr ise en düşük defolu ürün oranı ve en yüksek izin verilen gecikme süresinin kesişiminde gerçekleşmektedir. Bu durum görsel olarak aşağıdaki Şekil 3.6’da üç boyutlu olarak gösterilmektedir.



Şekil 3. 6. Defolu Ürün Oranı İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Toplam Kâra Etkisi

Bu grafikten birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile doğru orantılı, defolu ürün oranının beklenen değeri ile ters orantılı olarak değiştiği gözlenmektedir.

Tablo 3.7 ve Şekil 3.6’dan çıkarılabilecek bir diğer sonuç, birim zamandaki toplam kârın ödemelerde izin verilen gecikme süresinden ziyade defolu ürün oranının beklenen değerine karşı daha duyarlı olduğudur. Bunun sonucu olarak toplam kârda anlamlı bir artış sağlamak için defolu ürün oranının düşürülmesi ödemelerde izin verilen gecikme süresinin artmasından daha önemli ve önceliklidir.

3.7.6. Defolu Ürün Oranı ile Erteleme Oranının Eşanlı Değişimi

Çalışmanın bu kısmında defolu ürün oranı ile erteleme oranının eşanlı değişimin optimal sipariş miktarı ile toplam kâr üzerindeki etkileri ayrı ayrı incelenecektir. Duyarlılık analizlerinde; stoksuzluk oranının 0.1 olması durumunda elde edilen optimal değerler diğer değerlere göre uç değerler almaktadır. Karşılaştırmalarda tutarlılık ve sonuçların sağlıklı olması için stoksuzluk oranının 0.2 ile 1 arasında değişmesi durumunda optimal değerlerin nasıl değiştiği durumu analizlerde ele alınmış, stoksuzluk oranının 0.1 olma durumu duyarlılık analizi dışında tutulmuştur.

3.7.6.1. Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

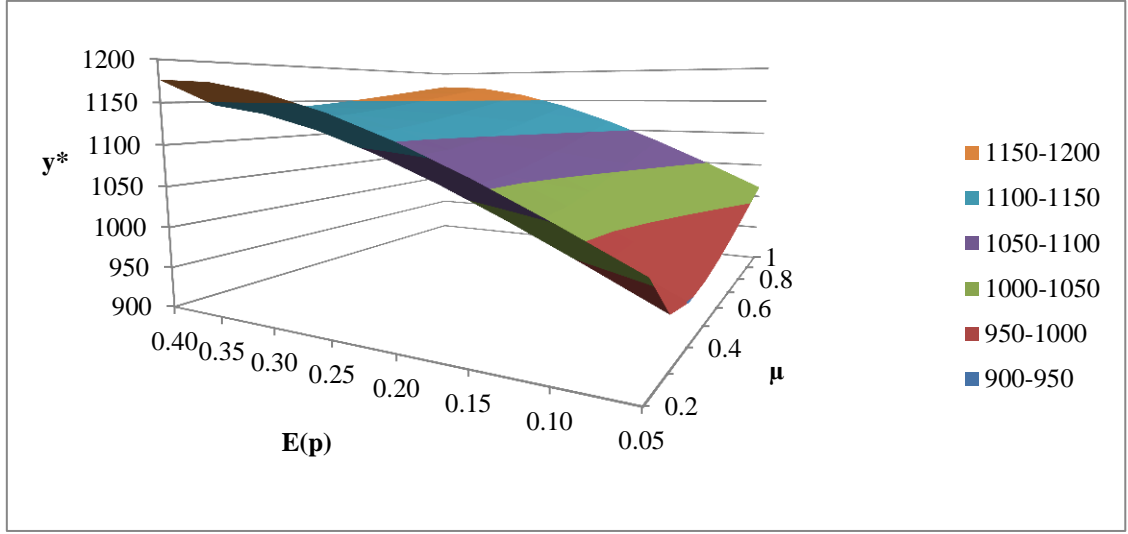
Defolu ürün oranının beklenen değeri ile erteleme oranındaki eşanlı değişimler karşısında optimal sipariş miktarının aldığı değerler Tablo 3.8’de görülmektedir.

Tablo 3. 8 : Defolu Ürün Oranı ile Erteleme Oranındaki Değişimin Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

$E(p)$ μ	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.2	1012	1049	1084	1115	1141	1161	1173	1177
0.3	958	995	1031	1064	1094	1118	1136	1146
0.4	949	986	1022	1055	1085	1110	1129	1140
0.5	953	990	1025	1059	1089	1113	1132	1142
0.6	962	999	1034	1067	1096	1121	1138	1148
0.7	974	1011	1046	1078	1107	1130	1146	1154
0.8	987	1023	1058	1090	1117	1140	1155	1161
0.9	1001	1037	1071	1102	1129	1150	1163	1168
1	1015	1050	1084	1114	1140	1160	1172	1175

Tablo 3.8 incelendiğinde defolu ürün oranı arttıkça optimal sipariş miktarı azalmakta, erteleme oranı arttıkça optimal sipariş miktarı önce azalmakta sonra artmaktadır. Bu iki sonuç beraber ele alındığında defolu ürün oranının beklenen değeri ile erteleme oranının eşanlı değişmesi durumunda, en düşük optimal sipariş miktarı defolu ürün oranının beklenen değerinin 0.05 ve erteleme oranının 0.4 olduğu değerde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla buradan, optimal sipariş miktarı için erteleme oranının ara bir değer alması durumunda en düşük değer elde edilmektedir. Geliştirilen model için bu erteleme oranı 0.4 olarak bulunmuştur.

Erteleme oranı ile defolu ürün oranının eşanlı değişiminin optimal sipariş miktarı üzerine etkisi Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3. 7. Defolu Ürün Oranı ile Erteleme Oranındaki Değişimin Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

Şekil 3.7’den de görüldüğü gibi, optimal sipariş miktarı defolu ürün oranı azaldıkça azalmaktadır. Diğer taraftan erteleme oranı arttıkça optimal sipariş miktarı belli bir değere kadar azalmakta daha sonra ise artmaktadır. Bu durumda optimal sipariş miktarını belirleyen optimal bir erteleme oranından bahsedilebilir ki bu oran Tablo 3.8’den 0.4 olarak okunmaktadır. Dolayısıyla erteleme oranı için de en uygun değer bulunabilmektedir.

3.8.6.4. Toplam Kâra Etkisi

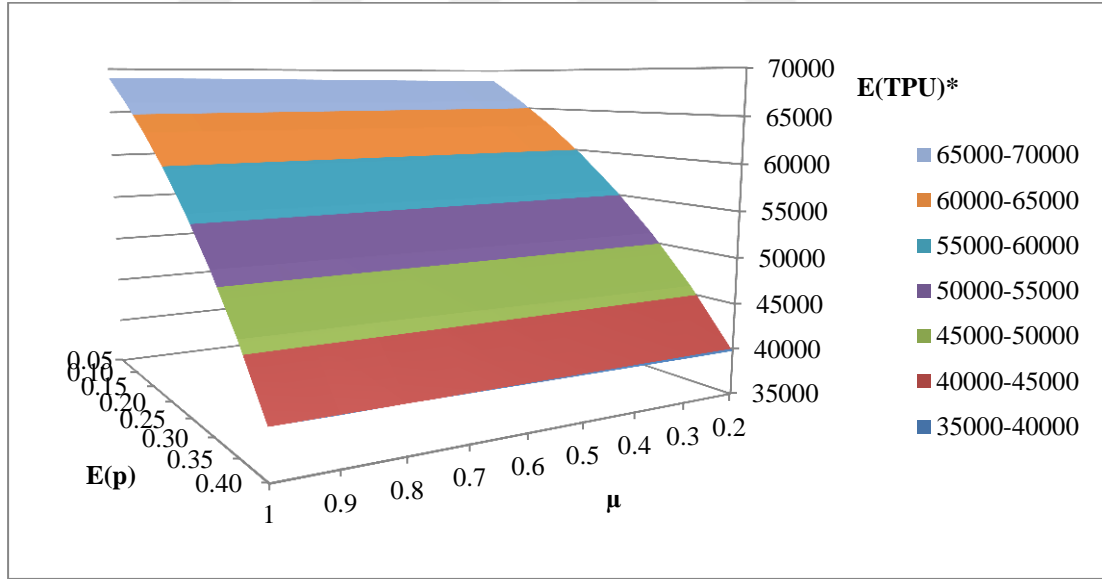
Tablo 3.9’da defolu ürün oranının beklenen değeri ile erteleme oranının aynı anda değişmesi durumunda birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin değişimi verilmektedir.

Tablo değerleri incelendiğinde erteleme oranı arttıkça ve defolu ürün oranı azaldıkça toplam kâr artmaktadır. Yani gelen sipariş içindeki defolu ürün miktarının en düşük ve talepteki erteleme oranının en yüksek olduğu durumda en yüksek toplam kâr değeri elde edilmektedir. Bu durum beklenen bir sonuç olarak uygulamadaki sonuçlarla örtüşmektedir.

Tablo 3.9 : Defolu Ürün Oranı ile Erteleme Oranının Toplam Kâra Etkisi

$E(p)$ μ	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.2	68657	65955	62921	59491	55585	51099	45898	39802
0.3	68640	65940	62908	59482	55581	51101	45906	39816
0.4	68678	65978	62947	59521	55619	51139	45944	39853
0.5	68731	66030	62997	59570	55667	51185	45988	39895
0.6	68787	66085	63051	59622	55717	51233	46033	39936
0.7	68843	66139	63104	59673	55766	51279	46076	39975
0.8	68897	66192	63155	59722	55813	51323	46117	40012
0.9	68949	66242	63204	59769	55857	51364	46155	40046
1	68998	66290	63249	59813	55899	51403	46190	40078

Şekil 3.8’de defolu ürün oranı ile erteleme oranının eşanlı değişimsi durumunda birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerindeki değişimin üç boyutlu grafiği gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Defolu Ürün Oranı ile Stoksuzluk Oranının Toplam Kâra Etkisi

Bu grafikten anlaşıldığına göre en yüksek optimal toplam kâr, defolu ürün oranının en düşük değeri ile erteleme oranının en yüksek olduğu değerde ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3.9 ve Şekil 3.8 beraber ele alındığında birim zamandaki toplam kârın defolu ürün oranının beklenen değerine karşı daha duyarlı olduğu, erteleme oranındaki

değişmeler karşısında ise çok fazla değişmediği görülmektedir. Dolayısıyla erteleme oranı ne kadar artırılırsa artırılın defolu ürün oranının beklenen değeri azalmadıkça toplam kârda önemli bir artış olmayacaktır.

3.7.7. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Erteleme Oranının Eşanlı Değişimi

Ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile erteleme oranındaki eşanlı değişimin optimal sipariş miktarı ile toplam kârâ olan etkileri aşağıda ayrı ayrı ele alınmaktadır.

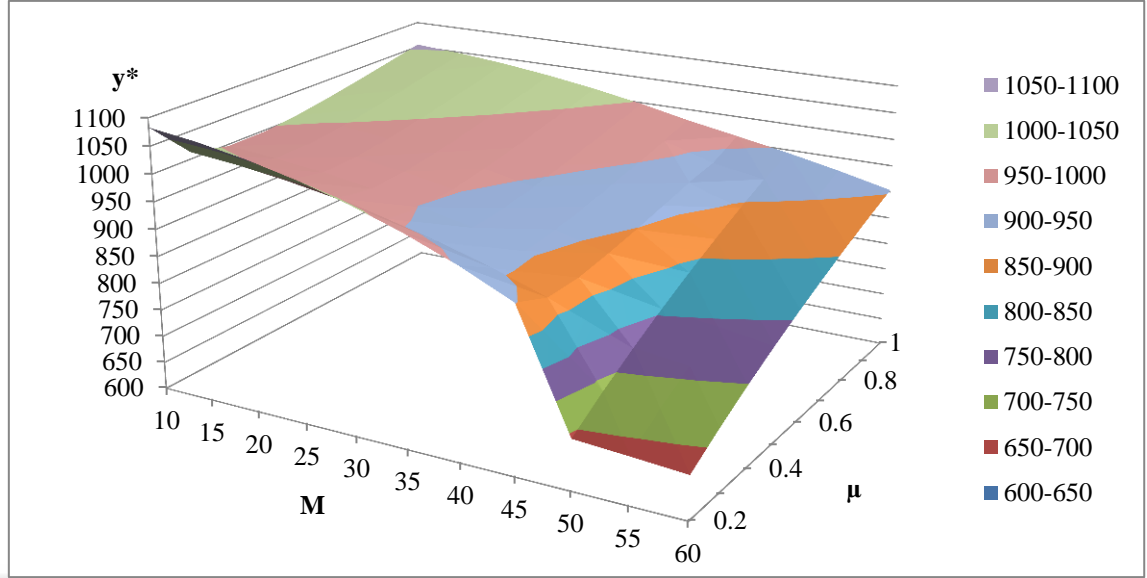
3.7.7.1. Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

Ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile erteleme oranının eşanlı değişimi durumunda optimal sipariş miktarının aldığı değerler Tablo 3.10'de yer almaktadır.

Tablo 3. 10 : Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Stoksuzluk Oranının Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

M μ	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0.2	1083	1072	1057	1037	1012	982	945	902	692	686	679
0.3	1013	1004	993	977	958	935	908	876	734	725	715
0.4	997	990	979	966	949	929	905	877	771	761	749
0.5	997	991	981	968	953	934	912	887	806	793	779
0.6	1005	998	989	977	962	945	924	899	838	824	808
0.7	1015	1009	1000	988	974	957	937	913	867	852	834
0.8	1027	1021	1013	1001	987	970	950	927	895	878	859
0.9	1041	1034	1026	1015	1001	984	964	937	921	902	882
1	1054	1048	1039	1028	1015	998	979	962	945	925	903

Tablo değerleri incelendiğinde, ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarı anlamlı bir düzeyde azalmaktadır. Stoksuzluk oranı arttıkça – ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 50 gün ve daha aşağı olduğu durumlarda - optimal sipariş miktarı önce azalmakta belli bir erteleme oranı değerinden sonra ise artmaktadır. Fakat bu azalış ve artışların derecesi oldukça zayıftır. Hatta ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 50 günden fazla olduğu durumlarda bu etki ortadan kalkmakta ve erteleme oranı arttıkça optimal sipariş miktarı da artmaktadır. Bu iki sonuç beraber ele alındığında en düşük optimal sipariş miktarı en düşük erteleme oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en yüksek olduğu durumda gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 3.9'da üç boyutlu olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.9 : Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Erteleme Oranının Optimal Sipariş Miktarına Etkisi

Şekilden de görüldüğü üzere, optimal sipariş miktarı, ödemelerde izin verilen gecikme süresinin düşük değerlerinde dalgalı bir seyir izlerken minimum değere en erteleme oranının en düşük değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en yüksek değerinde ulaşmaktadır.

3.8.7.4. Toplam Kâra Etkisi

Tablo 3.11’de erteleme oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin aynı anda değişmesi durumunda birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin değişimi görülmektedir.

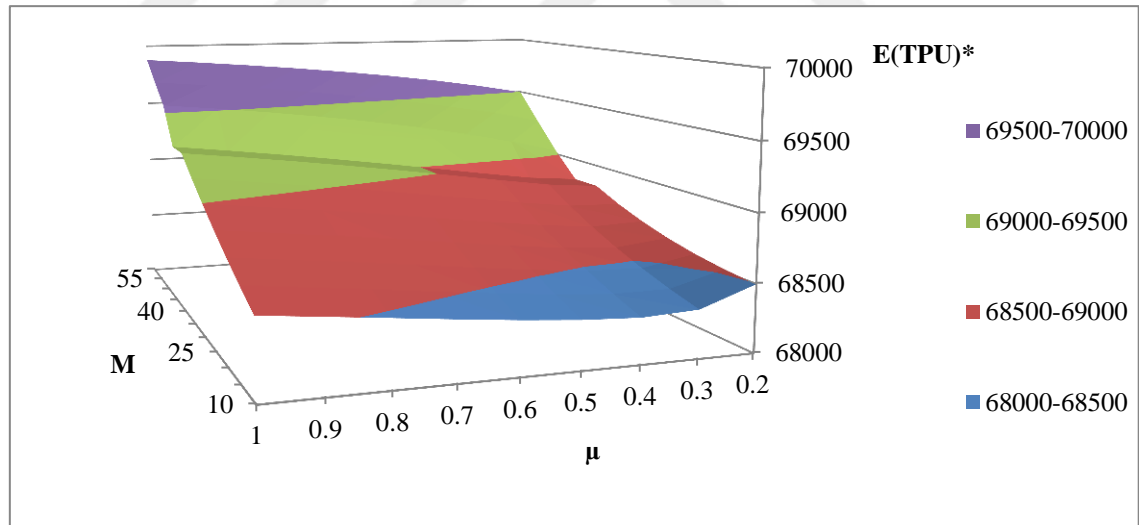
Tablo 3.11 : Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Erteleme Oranındaki Değişimin Toplam Kâra Etkisi

M \ μ	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0.2	68497	68517	68550	68597	68657	68733	68825	68825	69026	69260	69498
0.3	68352	68407	68473	68550	68640	68743	68859	68859	69132	69349	69571
0.4	68332	68403	68484	68576	68678	68792	68919	68919	69220	69424	69633
0.5	68353	68433	68523	68622	68731	68851	68982	68982	69295	69488	69687
0.6	68389	68475	68570	68674	68787	68911	69044	69044	69361	69545	69735
0.7	68432	68522	68621	68727	68843	68968	69103	69103	69419	69594	69777
0.8	68478	68570	68671	68780	68897	69024	69159	69159	69469	69638	69814
0.9	68523	68618	68720	68830	68949	69076	69212	69212	69515	69678	69848
1	68568	68664	68768	68879	68998	69125	69261	69261	69556	69714	69879

Tablo değerleri incelendiğinde ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri farkedilir miktarda artmaktadır. Buradan toplam kârın, ödemelerde izin verilen gecikme süresindeki değişime karşı duyarlı olduğu sonucu çıkarılabilir.

Diğer taraftan ödemelerde izin verilen gecikme süresinin ilk 30 gününde erteleme oranının belli bir değerine kadar toplam kâr azalmakta fakat ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 30 günden fazla olduğu durumlarda erteleme oranı arttıkça toplam kâr da artmaktadır. Fakat toplam kârdaki bu artış ve azalışların erteleme oranındaki artışa nisbeten çok düşük olduğu dolayısıyla toplam kârın erteleme oranındaki değişimlere karşı az duyarlı olduğu söylenebilir. Tablo değerlerinden toplam kârın maksimum olduğu yer ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 60 gün ile erteleme oranının 1 olduğu en yüksek değerler olduğu görülmektedir.

Şekil 3.10'da erteleme oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresindeki eş anlî değişime karşı birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin değişiminin üç boyutlu grafiği görülmektedir.



Şekil 3. 10. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Erteleme Oranının Toplam Kâra Etkisi

Bu grafikten en yüksek optimal toplam kârın, en yüksek erteleme oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en büyük değerinde gerçekleştiği görülebilir. Bir başka ifade ile birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri ödemelerde izin verilen gecikme süresi ve erteleme oranı ile doğru orantılı olarak değişmektedir.

Tablo 3.11 ve Şekil 3.10 beraber ele alındığında, birim zamandaki toplam kârın erteleme oranındaki değişimden çok fazla etkilenmediği yani az duyarlı olduğu, ödemelerde izin verilen gecikme süresine göre ise daha fazla duyarlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

3.8. Duyarlılık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada geliştirilen model iki sayısal örnekle test edilmiş bulunan sonuçların yapılan varsayımlar ve önceki çalışma sonuçlarıyla tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Önceki modellerden farklı olarak defolu ürün ve ödemelerde izin verilen gecikme durumuna ilave olarak talebin kısmen ertelenmesi durumunu ele alan geliştirilen modelde erteleme oranı, defolu ürün ve ödemelerde izin verilen gecikme süresindeki değişimin optimal değerler üzerine etkisi duyarlılık analizi ile araştırılmıştır. Ayrıca faiz oranlarındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi de incelenmiştir. Özetle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça birim zamanda elde edilen toplam kâr ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre artmakta fakat optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve optimal çevrim süresi azalmaktadır. Özellikle optimal sipariş miktarı, çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı sürede ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 45 gün ve sonraki değerlerinde yaşanan belirgin kırılmanın sebebi modelin elde edilmesi sırasındaki iki farklı durumdan kaynaklanmaktadır.
- Erteleme oranı arttıkça optimal sipariş miktarı, toplam kâr ve optimal çevrim süresi önce azalmakta daha sonra ise artmaktadır. Bu artış ve azalışların derecesi düşük olup optimal sipariş miktarı, toplam kâr ve çevrim süresinin oranına çok da duyarlı olmadığı anlaşılmıştır. Talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ise erteleme oranı arttıkça anlamlı bir düzeyde azalmakta ve bu iki optimal değerlerin erteleme oranındaki değişimlere karşı daha duyarlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.
- Defolu ürün oranının beklenen değeri artarken optimal sipariş miktarı artmakta bunun dışındaki diğer değişkenler (izin verilen maksimum

stoksuzluk miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre) ise azalmaktadır. Bütün optimal değerlerdeki değişim ele alındığında hepsinin defolu ürün oranına karşı duyarlı olduğu anlaşılmaktadır.

- Piyasa faiz oranı arttıkça sadece birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri artmakta optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmaktadır. Gecikme faiz oranı arttıkça optimal sipariş miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmakta sadece izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı artmaktadır. Çevrim süresi ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süredeki azalışlar çok az olduğu için bu iki sürenin gecikme faiz oranındaki değişimden çok etkilenmediği söylenebilir. Gecikme faiz oranı ile piyasa faiz oranının optimal değerler üzerindeki etkisi karşılaştırıldığında; piyasa faiz oranındaki değişimin etkisinin gecikme cezası faiz oranının etkisinden daha fazla ve daha anlamlı olduğu anlaşılmaktadır.

Erteleme oranı, defolu ürün oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin ikişerli olarak eşanlı değişimlerinin optimal değerler üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Yukarıda elde edilen sonuçlara benzer fakat farklı bakış açısı ile özellikle optimal sipariş miktarı ve toplam kârdaki değişimlerle ilgili olarak daha anlaşılır aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Optimal sipariş miktarındaki değişimlerle ilgili değerlendirmeler:

- Optimal sipariş miktarı ödemelerde izin verilen gecikme süresi azaldıkça ve defolu ürün oranının beklenen değeri arttıkça artmaktadır.
- Diğer taraftan optimal sipariş miktarı erteleme oranı arttıkça önce azalmakta sonra artmakta, defolu ürün oranı arttıkça artmaktadır. İki sonuç beraber düşünüldüğünde optimal sipariş miktarı defolu ürün oranının en düşük olduğu değerde belli bir erteleme oranında (bu analizde elde edilen bu erteleme değeri 0.4'tür) en düşük değeri almaktadır.
- Benzer şekilde ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarı anlamlı bir düzeyde azalmaktadır. Stoksuzluk oranı arttıkça

optimal sipariş miktarı ödemelerde izin verilen gecikme süresinin düşük olduğu değerlerde önce azalmakta belli bir erteleme oranı değerinden sonra ise artmaktadır. Derecesi düşük olan bu azalış ve artışların seyri ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 50 günden fazla olduğu durumlarda ortadan kalkmakta ve erteleme oranı arttıkça optimal sipariş miktarı da artmaktadır. Bu iki sonuç beraber ele alındığında en düşük optimal sipariş miktarı en düşük erteleme oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en yüksek olduğu durumda gerçekleşmektedir.

Toplam kârdaki değişimlerle ilgili değerlendirmeler:

- Stoksuzluk oranı arttıkça ve defolu ürün oranı azaldıkça toplam kâr artmaktadır. Toplam kârın defolu ürün oranının beklenen değerine karşı daha duyarlı olduğu, erteleme oranındaki değişimler karşısında ise anlamlı bir düzeyde değişmediği görülmektedir.
- Ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri farkedilir miktarda artmaktadır. Stoksuzluk oranındaki değişimler karşısında toplam kâr; ödemelerde izin verilen gecikme süresinin ilk 30 gününde erteleme oranının belli bir değerine kadar azalmakta fakat ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 30 günden fazla olduğu durumlarda erteleme oranı arttıkça toplam kâr da artmaktadır. Yapılan analizler sonucunda birim zamandaki toplam kârın erteleme oranındaki değişimden çok fazla etkilenmediği yani az duyarlı olduğu, ödemelerde izin verilen gecikme süresine göre ise daha fazla duyarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri; defolu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmakta fakat ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmaktadır. birim zamandaki toplam kârın ödemelerde izin verilen gecikme süresinden ziyade defolu ürün oranının beklenen değerine karşı daha duyarlı olduğudur. Bunun sonucu olarak toplam kârda anlamlı bir artış sağlamak için defolu ürün oranının düşürülmesi ödemelerde izin verilen gecikme süresinin artmasından daha önemli ve önceliklidir.

SONUÇ

Bir işletmenin üretimi gerçekleştirmek veya müşterilerin isteğine cevap verebilmek amacıyla etkin ve verimli çalışması için kullandığı ve elinde bulundurduğu madde ve malzemelere en genel ifadeyle stok veya envanter denilmektedir.

Her işletme kendi amaçları ve faaliyet alanı doğrultusunda farklı türde stok bulundurmaktadır. Stok yönetimi, elde tutulan stokların maliyeti ile elde stok bulundurmamanın maliyetlerinin dengelenmesi esasına dayanmaktadır. Stok yönetiminde, yüksek maliyetler içeren stokların kontrolü ve planlaması son derece önemlidir. Bu çerçevede, stok kontrol ve planlamasının ana amacı, stokların miktar ve zamanlamasını gösteren bir stok politikasının belirlenmesidir.

Bütün stok kontrol problemlerinde amaç toplam maliyeti minimum veya toplam kârı maksimum yapacak şekilde, her bir üründen ne kadar sipariş edileceğinin veya ne kadar üretileneğinin ve bu siparişlerin ne zaman verileceğinin veya ne kadar süre üretim yapılacağına belirlenmesidir. Bunların belirlenebilmesi için çok basit pek çok yöntem yanında karmaşık problemlerin çözümü için kullanılacak oldukça fazla matematiksel model geliştirilmiştir.

Talebin bilinip bilinmemesine göre yapılan tasnife göre deterministik modeller talep miktarının kesinlikle bilindiği durumları, olasılıklı (stokastik) modeller ise talebin olasılıklı dağılıma uyması durumlarını ifade eder. Deterministik modeller içerisinde en çok kullanılan iki model türü vardır: Ekonomik Sipariş ve Ekonomik Üretim Miktarı modelleri.

Her ne kadar bu modeller basit ve kullanışlı olsa da zaman zaman gerçek hayatta ortaya çıkan problemlere cevap vermekte yetersiz kalmaktadır. Bu modellerde yer alan katı varsayımlara ilave varsayımlar eklenmesi yahut mevcut varsayımların gevşetilmesi yoluyla yeni modeller geliştirilmiştir. Çok ürün olması, gelen siparişin veya üretimin defolu ürün içermesi, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi, stoktaki ürünlerin bozulması, öğrenme, enflasyon ve paranın zaman değeri etkileri, stoksuzluğa izin verilmesi gibi yeni açılımlar olarak ele alınan farklı durumların analiz edildiği pek çok model literatürde yerini almıştır.

Bu çalışmada, ödemelerde gecikmeye ve çevrim süresi içinde karşılanamayan talebin kısmen veya tamamen sonradan karşılanması için stoksuzluğa izin verilmesi ve

defolu ürün durumunu aynı anda ele alan bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin iki farklı durumu için sayısal örnekler verilmiş ve parametrelerdeki değişimlerin optimal değerler üzerindeki etkileri duyarlılık analizi yardımıyla araştırılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, stok kavramı ele alınmış, stokların nasıl sınıflandırıldıkları ve işletmelerde stok bulundurmanın amaçları üzerinde durulmuştur. Ayrıca stok maliyetleri tanımlanmış, stok bulundurma nedenleri ile stok kontrolünün amacı açıklanmıştır. Bu bölümün son iki başlığında ise stok kontrolünde maliyetlere değinilmiş ve işletmelerin uygulayabilecekleri stok kontrol yöntemleri tanıtılmıştır.

İkinci bölümde, stok kontrol modeli kavramı ele alınmış, deterministik ve stokastik stok kontrol modelleri açıklanmıştır. Ayrıca çeşitli varsayımlar altında geliştirilmiş literatürde yer alan deterministik statik stok kontrol modelleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise ödemelerde gecikme, stoksuzluğa izin verilmesi ve defolu ürün durumunu aynı anda ele alan bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde çevrim süresi içerisinde karşılanamayan talebin bir kısmının veya tamamının bir sonraki çevrim süresinde karşılanmak üzere ertelendiği varsayılmaktadır. Geliştirilen modelin geçerliliği sayısal örnekler ile test edilmiş yapılan duyarlılık analizi ile model parametrelerindeki değişimin optimal değerlere etkisi incelenmiştir.

Geliştirilen modelde talep miktarı sabit ve deterministiktir. Her periyot başında verilen sipariş miktarı belli bir oranda defolu ürün içermektedir. Sipariş sonucu gelen ürünler kısa bir zaman diliminde %100 incelemeyen geçmekte ve tespit edilen defolu ürünler ayrılmaktadır. Ayrılan bu defolu ürünler inceleme süresi sonunda tek seferde indirimli fiyattan satılmaktadır.

Geliştirilen modelde ödemelerde belli bir süre gecikmeye de izin verilmektedir. İzin verilen bu gecikme süresi içerisinde yapılan satışlardan elde edilen gelirin işletilmesiyle faiz geliri elde edilmektedir. İzin verilen gecikme süresi sonunda ödenmeyen sipariş tutarı için piyasa faiz oranından daha yüksek bir faiz oranından gecikme cezası uygulanmaktadır.

Ayrıca zamanında karşılanamayan talebin bir kısmı belli bir erteleme oranında bir sonraki sipariştten karşılanmak üzere ertelenmektedir. Bu sırada talebin karşılanamayan kısmı satış kaybı olarak kaybedilmiş olmaktadır.

Geliştirilen modelde amaç, toplam geliri maksimum yapacak optimal sipariş miktarı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının bulunmasıdır. Bu amaçla; ödemelerde izin verilen gecikme süresinin iki farklı durumuna göre ayrı ayrı toplam maliyet, toplam gelir ve birim zamanda elde edilen toplam kâr fonksiyonları elde edilmiştir. Bu fonksiyonlar kullanılarak her iki durum için optimal sipariş miktarı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı formülleri elde edilmiştir. Geliştirilen model için elde edilen birim zamandaki toplam kâr fonksiyonlarının konkavlık (içbükeylik) testleri yapılmıştır. Modelle ilgili özel durumlar da incelenmiş ve daha önce yapılmış temel çalışmaların bir kısmının bu çalışmada geliştirilen modelin özel durumu oldukları gösterilmiştir. Sayısal örneklerle modelin geçerliliği ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Model analizinin en önemlileri kısmı duyarlılık analizidir. Geliştirilen modelde elde edilen optimal değerlerin erteleme oranı, ödemelerde izin verilen gecikme süresi ve defolu ürün oranındaki değişimler karşısındaki değişimleri ayrı ayrı incelenmiştir. Faiz oranlarındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisinin de ele alındığı duyarlılık analizi ile ulaşılan sonuçlar özetle şu şekildedir.

- Ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça birim zamanda elde edilen toplam kâr ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre artmakta fakat optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve optimal çevrim süresi azalmaktadır.
- Stoksuzluk (erteleme) oranı arttıkça optimal sipariş miktarı, toplam kâr ve optimal çevrim süresi çok kayda değer olmamakla birlikte önce azalmakta daha sonra ise artmaktadır. Talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ise erteleme oranı arttıkça anlamlı bir düzeyde azalmaktadır.
- Defolu ürün oranının beklenen değeri artarken optimal sipariş miktarı anlamlı düzeyde artmakta bunun dışındaki diğer değişkenler (izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre) ise duyarlı bir şekilde azalmaktadır.
- Piyasa faiz oranı arttıkça sadece birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri artmakta optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum

stoksuzluk miktarı, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmaktadır. Gecikme faiz oranı arttıkça optimal sipariş miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmakta sadece izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı artmaktadır. Gecikme faiz oranı ile piyasa faiz oranının optimal değerler üzerindeki etkisi karşılaştırıldığında; piyasa faiz oranındaki değişimin etkisinin gecikme cezası faiz oranının etkisinden daha fazla ve daha anlamlı olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan duyarlılık analizi sonuçlarından özetle; talebin erteleme oranının optimal sipariş miktarı ve toplam kâr üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Diğer taraftan ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça ve defolu ürün oranı azaldıkça optimal sipariş miktarının azaldığı toplam kârın ise arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bulunan sonuçlar daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu çalışma kısmi erteleme, ödemelerde gecikme ve defolu ürün durumunu tek bir modelde ele alması yönüyle önceki çalışmalardan farklılaşmaktadır.

Çalışmada önerilen model; model karmaşıklığının artması ve matematiksel çözümün olmaması gibi nedenlerle klasik modellerdeki pek çok katı varsayımı da kabul etmektedir. Örnek olarak, stoktaki ürünlerde bozulmanın olmadığı, talebin sabit ve biliniyor olduğu, paranın zaman değeri ve enflasyon etkisinin dikkate alınmadığı varsayımları önerilen modelde halen geçerlidir. Bu varsayımların gevşetilmesiyle ürünlerde bozulma, farklı talep fonksiyonları ve enflasyon etkisi gibi durumları ele alacak çalışmalar gelecekte yapılabilecektir. Matematiksel çözümün bulunamaması durumunda ise sezgisel yöntemlerin kullanılacağı yeni modeller de geliştirilebilecektir. Bu tür modellerin geliştirilmesinde bu çalışmada önerilen model kullanılabilecektir.

KAYNAKÇA

- Abad, P. L., (1994), "Supplier Pricing and Lot-Sizing When Demand is Price Sensitive", *European Journal of Operational Research*, S.78, ss.334–354.
- Abad, P. L., (2001), "Optimal Price and Order Size for a Reseller under Partial Backordering", *Computers & Operations Research*, S.28, ss.53–65.
- Abad, P. L., (2003), "Optimal Pricing and Lot-Sizing under Conditions of Perishability, Finite Production and Partial Backordering and Lost Sale", *European Journal of Operational Research*, S.144, ss.677–685.
- Abad, P. L., (2008), "Optimal Price and Order Size under Partial Backordering Incorporating Shortage, Backorder and Lost Sale Costs", *International Journal of Production Economics*, S.114, ss.79–186.
- Adler, G. L. ve Nanda, R., (1974), "The Effects of Learning on optimal Lot Size Determination Single Product Case", *Alle Trans*, S.6, ss.14-20.
- Aggarwal, S. P. ve Jaggi, C. K., (1995), "Ordering Policies of Deteriorating Items under Permissible Delay in Payments", *The Journal of the Operational Research Society*, c.46, S.5, ss.658- 662.
- Aggarwal, V., (1983), "A Closed-Form Approach for Multi-Item Inventory Grouping", *Naval Research Logistics*, c.30, S.3, ss.471-485.
- Aggarwal, V., (1984), "Grouping Multi-Item Inventory Using Common Cycle Periods", *European Journal of Operational Research*, c.17, S.3, ss. 369-372.
- Alamri, A. A., Harris, I. ve Syntetos, A. A., (2016), "Efficient Inventory Control for Imperfect Quality Items", *European Journal of Operational Research*, c.254, S.1, ss.92–104.
- Anderson, D. R. vd., (2013), *Inventory Models-Quantitative Methods for Business*, 12nd edn. South-Western Cengage Learning, New York.
- Axsäter, S., *Inventory Control, Third Edition*, Springer, Switzerland, 2015.
- Aydemir, E., (2013), "Defolu Ürünleri İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Modelinin Gri Sistem Teorisi Yaklaşımıyla Geliştirilmesi: Endüstriyel Bir Araştırma", *Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Aytekin, S., (2010), "Hastane İşletmelerinde Sıfır Stok Yönetimi (Just-In-Time) Uygulamalarının Stok Maliyetleri ve Müşteri Memnuniyeti Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*, İzmir.
- Babacan, M. vd., (2015), *İlkeler ve İşlevlerle İşletme*, Detay Yayınları, Ankara.
- Baker, R. C. ve Urban, Timothy L., (1988), "A Deterministic Inventory System with an Inventory-Level-Dependent Demand Rate", *The Journal of the Operational Research Society*, c.39, S.9, ss.823-831.
- Balkhi, Z. T. ve Benkherouf, L., (1996), "On the Optimal Replenishment Schedule for an Inventory System with Deteriorating Items and Time-Varying Demand and Production Rates", *Computer and Industrial Engineering*, S.30, ss.823–829.
- Balkhi, Z. T., (2004), "On the Optimality of Inventory Models with Deteriorating Items for Demand and on-Hand Inventory Dependent Production Rate", *IMA Journal of Management Mathematics*, S.15, ss.67.
- Banerjee, S. ve Sharma, A., (2010), "Optimal Procurement and Pricing Policies for Inventory Models with Price and Time Dependent Seasonal Demand", *Mathematical and Computer Modelling*, S.51, ss.700-701.

- Bartmann, D. ve Beckmann, M. J., (1992), *Inventory Control Models and Methods*, Siproinger Verlag, Berlin.
- Başyazıcı, B. B., (2010) “Stok Yönetimi ve Stratejik Satın Alma” Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Beyer, D. vd., (2010), *Markovian Demand Inventory Models, International Series in Operations Research and Management Science Volume 108*, Springer, New York.
- Bhattacharya, D. K., (2005), “On Multi-Item Inventory”, *European Journal of Operational Research*, S.162, ss.786–791.
- Bhunja, A. K. – Maiti, M., (1997), “Deterministic Inventory Models for Variable Production,” *Journal of the Operational Research Society*, c.48, S.2, ss.221–224.
- Bilgin, D., (2013), “KOBİ’lerde Modern Stok Yönetim Modellerinin Uygulanabilirliği: Karaman İlinde Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Karaman.
- Bose, D. C., (2006), *Inventory Management*, Prentice Hall, New Delhi.
- Buzacott, J. A., (1975), “Economic Order Quantities with Inflation”, *Journal of the Operational Research Society*, c.26, S.3, ss.553–558.
- Cardenas-Barron, L. E., (2001), “The Economic Production Quantity (EPQ) with Shortage Derived Algebraically”, *International Journal of Production Economics*, c.70, S.3, ss.289-292.
- Cárdenas-Barrón, L., (2000), “Observation on: Economic Production Quantity Model for Items With Imperfect Quality”, *International Journal of Production Economics*, c.67, S.2, ss.201.
- Çelikkan, H., (2009), “Taguchi Kayıp Fonksiyonu ile Ekonomik Sipariş Miktarı ve Yeni Bir Model Önerisi”, *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta.
- Çevik, C., (2012), “Lojistik Yönetiminde Stok Kontrolü ve Dinamik Stok Kontrol Modellerinin Karşılaştırmalı Olarak Bir İşletmede Analizi”, *Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kütahya.
- Chakravarty, A. K., (1981), “Multi-Item Inventory Aggregation into Groups”, *The Journal of the Operational Research Society*, c.32, S.1, ss.19-26.
- Chan, W. M., Ibrahim, R. N. ve Lochert, P. B., (2003), “A New EPQ Model: Integrating Lower Pricing, Rework and Reject Situations”, *Production Planning and Control*, c.14, S.7, ss.588-595.
- Chandra, M. J., Bahner, M. L., (1985), “The Effects of Inflation and the Time Value of Money on Some Inventory Systems”, *International Journal of Production Research*, c.23, S.4, ss.723-730.
- Chang, C. T., Cheng, M. C. ve Soong, P. Y., (2016), “Impacts of Inspection Errors and Trade Credits on the Economic Order Quantity Model for Items with Imperfect Quality”, *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, c.3, S.1, ss.34–48.
- Cheng, T. C. E., (1991), “An Economic Order Quality Model with Demand-Dependent Unit Production Cost and Imperfect Production Processes”, *IIE Transactions*, S.23, ss.23-32.
- Crouch, R. B. ve Oglesby, S., (1978), “Optimization of a Few Lot Sizes to Cover a Range of Requirements”, *Journal of the Operational Research Society*, c.29, S.9, ss.897-904.

- Doğar, A., (2006), “Tedarik Zincirinde Stok Yönetimi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Doğruer, İ. M., (2005), *Üretim Organizasyonu ve Yönetimi*, Alfa Yayınları, İstanbul.
- Donaldson, W. A., (1977), "Inventory replenishment Policy for a Linear Trend in Demand: an Analytical Solution", *The Journal of the Operational Research Society*, c.28, S.3, ss.663-670.
- Drake, M. J. ve Marley, K. A., (2014), *A Century of EOQ, Handbook of EOQ Inventory Problems, Stochastic and Deterministic Models and Applications, International Series in Operations Research & Management Science*, Springer, New York.
- Dye, C. Y. ve Ouyang, L. Y., (2005), “An EOQ Model for Perishable Items under Stock Dependent Selling Rate and Time-Dependent Partial Backlogging”, *European Journal of Operational Research*, S.163, ss.776–783.
- Elsayed, E. A. ve Teresi, C., (1983), “Analysis of Inventory System with Deteriorating Items”, *International Journal of Production Research*, S.21, ss.449- 460.
- Erk, Erkan, (2009), Talep Yönetimi Yolu İle Stok Kontrolü Üzerine Bir Model Önerisi Ve Ticari Bir İşletmede Uygulama, Doktora Tezi, Marmara üniversitesi, İstanbul.
- Eroğlu, A. ve Gültekin, Ö., (2007), “An Economic Order Quantity Model with Defective Items and Shortages”, *International Journal of Production Economics*, c.106, S.2, ss. 544-549.
- Eroğlu, A., Karaatlı, M. ve Kılıç, Y., (2004), “Defolu Ürünler İçin Bir Ekonomik Üretim Miktarı Modeli”, *SDÜ İİBF Dergisi*, c.9, S.2, ss.131-140.
- Eroğlu, A., (2003), *Deterministik Envanter Modelleri*, Fakülte Kitabevi.
- Ertuğrul, İ. ve Tanrıverdi, Y., (2013), “Stok Kontrolde ABC Yöntemi ve AHP Analizlerinin İplik İşletmesine Uygulanması”, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, c.5, S.1, s.s.41-52.
- Fathima, D., (2013), “A Stochastic Modelling With Varying Demand Distributions In Inventory Control”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Abdurrahman Üniversitesi, Vandalur,.
- Fisk, J. C. ve Ballou, D. P., (1982), “Production Lot Sizing under a Learning Effect”, *IIE Transactions*, S.14, ss.257 -264.
- Ghare, P. M. ve Schrader, G. P., (1963), "A Model for Exponentially Decaying Inventory", *Journal of Industrial Engineering*, S.14, ss. 238-243.
- Ghosh, S. K., Khanra, S. ve Chaudhuri, K. S., (2011), “Optimal Price and Lot Size Determination for a Perishable Product under Conditions of Finite Production, Partial Backordering and Lost Sale”, *Applied Mathematics and Computation*, S.217, ss.6047ve6053.
- Giri, B. C., Jalan, A. K. ve Chaudhuri, K. S., (2005), “An Economic Production Lot Size Model with Increasing Demand, Shortages and Partial Backlogging”, *International Transactions in Operational Research*, S.12, ss.235ve245.
- Giri, B. C. ve Maiti, T., (2012), “Supply Chain Model for a Deteriorating Product with Time-Varying Demand and Production Rate”, *Journal of the Operational Research Society*, S.63, ss.666.
- Goyal, S. K. ve Giri, B. C., (2001), “Recent Trends in Modeling of Deteriorating Inventory”, *European Journal of Operational Research*, S.134, ss.1-2.
- Goyal, S. K.ve Cárdenas-Barrón, L. E., (2002), “Note on: Economic Production Quantity Model For Items With Imperfect Quality- a Practical Approach”, *International Journal of Production Economics*, c.77, S.1, ss.85ve87.

- Goyal, S. K., (1985), "Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments", *The Journal of the Operational Research Society*, c.36, S.4, ss.335-338.
- Goyal, S. K., (1994), "Determining economic replenishment intervals for linear trend in demand", *International Journal of Production Economics*, S.34, ss.115-117.
- Graves, S. C., Rinnooy Kan , A. H. G. ve Zipkin, P. H., (1993), *Handbooks in Operations Research and Management Science -Logistics of Production and Inventory*, Elsevier Science Publishers, North Holland.
- Grubström, R. W. ve Erdem, A., (1999), "The EOQ with Backlogging Derived without Derivatives", *International Journal of Production Economics*, S.59, ss.529-530.
- Guiffrida, A. L., (2009), *Fuzzy Inventory Models, Inventory Management-Non-Classical Views*, Taylor and Francis Group, New York, ss.185.
- Gürçay, G., (2012), *Yöneticiler İçin Temel Stok Kontrolü*, 1. Baskı, İstanbul.
- Hadley, G. ve Whitin, T. M., (1963), *Analysis of Inventory Systems*, Prentice Hall, New Jersey.
- Hariga, M., (1994), "The Inventory Lot-Sizing Problem with Continuous Time-Varying Demand and Shortages", *The Journal of the Operational Research Society*, c.45, S.7, ss.827- 837.
- Harris, F. W., (1913), "How Many Parts to Make at Once" *Fact. Mag. Manag.*, c.10, S.2, ss.135-136.
- Henery, R. J., (1979), "Inventory Replenishment Policy for Increasing Demand", *Journal of the Operational Research Society*, S.30, ss.611-617.
- Hsu, J. T. ve Hsu, L. F., (2013), "An EOQ Model with Imperfect Quality Items, Inspection Errors, Shortage Backordering, and Sales Returns", *International Journal of Production Economics*, c.143, S.1, ss.162-170.
- İlhan, M., (2002), "Bir Bilgi Sistemi Olarak Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) Sisteminde Malzeme Akışının Yönetimi ve Bir Uygulama", *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı*, Ankara.
- Jaber, M. Y., Zanoni, S. ve Zavanella, L. E., (2014), "Economic Order Quantity Models for Imperfect Items with Buy and Repair Options", *International Journal of Production Economics*, S.155, ss.126-131.
- Jamal, A. M. M., Sarker, B. R. ve Mondal, S. S., (2004), "Optimal manufacturing batch size with rework process at a single-stage production system", *Computers & Industrial Engineering*, c.47, S.1, ss.77-89.
- Kabataş, Y. ve Pamukçu, A., (2016), "TMS – 2 Stoklar Standardı Kapsamında Hizmet Üretim Maliyetlerinin Muhasebeleştirilmesi", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 2016, S.72, s.s.191-199.
- Kamu Gözetimi Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu, *Türkiye Muhasebe Standardı*, (2) Numaralı, 15/01/2005 tarih ve 25701 sayılı Resmi Gazete
- Kanet, J. J. ve Miles, J. A., (1985), "Economic Order Quantities and Inflation", *International Journal of Production Research*, c.23, S.3, ss.597-608.
- Karaöz, M., (2003), "Öğrenme ve Farklı Talep Fonksiyonlarını İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Model Önerileri", Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, Isparta.
- Kara, Ö., (2014), "İşletmelerde Stok Yönetimi", Okan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Kaya, N., (2004), Etkin Stok Yönetimi ve Türkiye’de Bir Uygulama, Doktora Tezi, Atatürk üniversitesi, Erzurum.
- Keachie, E. C. ve Fortana, R. J., (1966), “The Effect of Learning on Optimal Size”, *Management Science*, c.13, S.2, ss.102-108,
- Khalilpourazari, S., Pasandideh, S. H. R. ve Niaki, S. T. A., (2016), “Optimization of Multi-Product Economic Production Quantity Model with Partial Backordering and Physical Constraints: SQP, SFS, SA, and WCA”, *Applied Soft Computing*, S.49, ss. 770–791.
- Khan, M., Jaber, M. Y. ve Wahab, M. I. M., (2010), “Economic Order Quantity Model for Items with Imperfect Quality with Learning in Inspection,” *International Journal of Production Economics*, S.124, ss.87-96.
- Khanlarzade, N., vd., (2014), “Inventory control with deteriorating items: A state-of-the-art literature review”, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, S.5, ss.180.
- Kiracı, M., (2009), “Stok Yönetimi ve Karlılık İlişkisinin Finansal Oranlar Aracılığıyla İncelenmesi: İMKB İmalat Sektöründe Bir Araştırma”, *ODTÜ Gelişme Dergisi*, S. 36, s.s.161-195.
- Kobu, B., (2014), *Üretim Yönetimi*, 17.Baskı, Beta Basım, İstanbul.
- Kumar, N. ve Kumar, S., (2016), “Effect of Learning and Salvage Worth on an Inventory Model for Deteriorating Items with Inventory-Dependent Demand Rate and Partial Backlogging with Capability Constraints”, *Uncertain Supply Chain Management*, S.4, ss.123–136.
- Küçük, O., (2014), *Stok Yönetimi*, 3. Baskı, Seçkin Yayınları, Ankara.
- Ladany, S. ve Sternlieb, A., (1974), “The Interaction of Economic Ordering Quantities and Marketing Policies”, *AIIE Transactions*, c.6, S.1, ss.35-40.
- Li, R., Lan, H. ve Mawhinney, J. R., (2010), “A Review on Deteriorating Inventory Study”, *Journal of Service Science and Management*, S.3, ss.117-118.
- Lin, J., Chao, H. C. J. ve Julian, P., (2013), “Planning Horizon for Production Inventory Models with Production Rate Dependent on Demand and Inventory Level”, *Journal of Applied Mathematics*, S.2013, ss.1-9.
- Maddah, B. ve Jaber, M. Y., (2008), “Economic Order Quantity For Items With Imperfect Quality: Revisited”, *International Journal of Production Economics*, c.112, S.2, ss.808–815.
- Misra, R. B., (1979), “A Note on Optimal Inventory Management under Inflation”, *Naval Research Logistics Quarterly*, c.26, S.1, ss.161-165.
- Montgomery, D. C., Bazaraa, M. S. ve Keswani, A. K., (1973), “Inventory Models with a Mixture of Backorders and Lost Sales”, *Nav. Res. Logist.*, S.20, ss.255–263.
- Muckstadt, J. A. ve Sapra, A., (2010), *Principles of Inventory Management*, Springer, New York.
- Muller, M., (2011), *Essentials of Inventory Management*, American Management Association, New York.
- Nahmias, S., (2011), *Perishable Inventory Systems*, Springer, California USA.
- Negüs, A. F., (2009) “Çok Kademeli Stok Yönetimi ve Dağıtım Optimizasyonu”, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Omar, M., Zubir, M. B. ve Moin, N. H., (2010), “An Alternative Approach to Analyze Economic Ordering Quantity And Economic Production Quantity Inventory Problems Using The Completing The Square Method”, *Computers & Industrial Engineering*, S.59, ss.362–364.

- Ongkunaruk, P., Wahab, M. I. M. ve Chenc, Y., (2016), "A Genetic Algorithm for a Joint Replenishment Problem with Resource and Shipment Constraints and Defective Items", *International Journal of Production Economics*, S.175, ss.142–152.
- Padmanabhan, G. ve Vrat, P., (1995), "EOQ Models for Perishable Items under Stock Dependent Selling Rate", *European Journal of Operational Research*, S.86, ss.281–292.
- Papachristos, S. ve Skouri, K., (2003), "An Inventory Model with Deteriorating Items, Quantity Discount, Pricing and Time-Dependent Partial Backlogging", *International Journal of Production Economics*, S.83, ss.247–256.
- Papachristos, S. ve Skouri, K., (2000), "An Optimal Replenishment Policy for Deteriorating Items with Time-Varying Demand and Partial – Exponential Type – Backlogging", *Operations Research Letters*, S.27, ss.175–184.
- Papachristos, S. ve Konstantaras, I., (2006), "Economic Ordering Quantity Models For Items With Imperfect Quality", *International Journal of Production Economics*, c.100, S.1, ss.148–154.
- Park, S., (1982), "Inventory Model with Partial Backorders", *International Journal of Systems Science*, S.13, ss.1313–1317.
- Pentico, D. W., Drake, M. J. ve Toews, C., (2009), "The Deterministic EPQ with Partial Backordering: a New Approach", *Omega*, S.37, ss.624–636.
- Pentico, D. W. ve Drake, M. J., (2009), "The Deterministic EOQ with Partial Backordering: a New Approach", *European Journal of Operational Research*, S.194, ss.102–113.
- Porteus, E., (1986), "Optimal Lot Sizing, Process Quality Improvement and Setup Cost Reduction", *Operational Research*, c.34, S.1, ss.137–144.
- Rastogi, M., vd., (2017), "Two Warehouse Inventory Policy with Price Dependent Demand and Deterioration under Partial Backlogging", *Decision Science Letters*, S.6, ss.11–22.
- Ray, J. ve Chaudhuri, K. S., (1997), "An EOQ Model With Stock-Dependent Demand, Shortage, Inflation and Time Discounting", *International Journal of Production Economics*, S.53, ss.172.
- Rosenberg, D., (1979), "A New Analysis of a Lot-Size Model with Partial Backlogging", *Nav. Res. Logist.*, S.26, ss.349–353.
- Rosenblatt, M. J. ve Lee, H. L., (1986), "Economic Production Cycles with Imperfect Production Processes", *IIE Transactions*, c.18, S.1, ss.48–55.
- Saha, S. ve Sen, N., (2017), "A Study on Inventory Model with Negative Exponential Demand and Probabilistic Deterioration Under Backlogging", *Uncertain Supply Chain Management*, c.5, S.5, ss.77–88.
- Salameh, M. K. ve Jaber M. Y., (2000), "Economic Ordering Quantity Models For Items With Imperfect Quality," *International Journal of Production Economics*, S.64, ss.59-64.
- San José, L. A., Sicilia, J. ve García-Laguna, J., (2006), "Analysis of an Inventory System with Exponential Partial Backordering", *International Journal of Production Economics*, S.100, ss.76–86.
- San José, L.A., Sicilia, J. ve García-Laguna, J., (2007), "An Economic Lot-Size Model With Partial Backlogging Hinging on Waiting Time and Shortage Period", *Applied Mathematical Modelling*, S.31, ss.2149–2159.

- San José, L. A., Sicilia, J. ve García-Laguna, J., (2009). “An Economic Order Quantity Model with Partial Backlogging under General Backorder Cost Function,” *TOP*, S.17, ss.366-384.
- Sana, S. S., (2010), “Optimal Selling Price and Lot Size with Time Varying Deterioration and Partial Backlogging”, *Applied Mathematics and Computation*, S.217, ss.185–194.
- Sandbothe, R. A. ve Thompson, G. L., (1990), “A Forward Algorithm for the Capacitated Lot Size Model with Stockouts”, *Operations Research*, c.38, S.3, ss. 474-486.
- Sandbothe, R. A. ve Thompson, G. L., (1993), “Decision Horizons for the Capacitated Lot Size Model with Inventory Bounds and Stockouts”, *Computers and Operations Research*, c.20, S.5, ss. 455-465.
- Sarkar, B. ve Saren, S., (2016), “Product Inspection Policy for an Imperfect Production System with Inspection Errors and Warranty Cost”, *European Journal of Operational Research*, c.248, S.1, ss.263–271.
- Sarkar, B. ve Sarkar, S., (2013), “An Improved Inventory Model With Partial Backlogging, Time Varying Deterioration And Stock-Dependent Demand”, *Economic Modelling*, S.30, ss. 924–932.
- Schwaller, R. L., (1988), “EOQ under Inspection Costs”, *Production and Inventory Management*, S.29, ss. 22-35.
- Sharifi, E., Sobhanallahi, M. A. ve Mirzazadeh, A., (2015), “An EOQ Model for Imperfect Quality Items with Partial Backordering under Screening Errors”, *Cogent Engineering*, c.2, S.1, ss.1-15.
- Silver, E. A ve Meal, H. C., (1973), “A Heuristic for selecting Lot Size Requirements for the Case of a Deterministic Time-Varying Demand Rate and Discrete Opportunities for Replenishment”, *Production and Inventory Management*, S.14, ss.64–74.
- Silver, E. A. ve Peterson, R., (1985), *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, 2nd edn. Wiley, New York.
- Skouri, K., vd., (2014), “An EOQ Model with Backorders and Rejection of Defective Supply Batches”, *International Journal of Production Economics*, S.155, ss.148–154.
- Smunt, T. L. ve Morton, T. E., (1985), “The Effects of Learning on Optimal Lot Sizes: Further Developments on the Single Product Case”, *IIE Transactions*, S.17, ss.33-37.
- Sphicas, G. P., (2006), “EOQ and EPQ with Linear and Fixed Backorder Costs: Two Cases Identified and Models Analyzed without Calculus”, *International Journal of Production Economics*, S.100, ss.59–64.
- Su, C. T. ve Lin, C. W., (2001), “A Production Inventory Model Which Considers the Dependence of Production Rate on Demand and Inventory Level”, *Production Planning and Control*, c.12, S.1, ss.69–75.
- Sulak, H., (2008), “Stok Kontrolü ve Ekonomik Sipariş Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi Durumu ve Bir Model Önerisi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Şahin, S., (2003), “Stok Sistemlerinde En Uygun Stok Politikasının Belirlenmesi İçin Simülasyon Uygulanması Üzerine Teorik Bir Çalışma Örneği”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, c.17, S.1-2, s.s. 255-274.

- Taleizadeh, A. A., vd., (2012), “An Economic Order Quantity Model With Partial Backordering And A Special Sale Price”, *European Journal of Operational Research*, S.221, ss.571–583.
- Taleizadeh, A. A., vd., (2013), “An EOQ Model with Partial Delayed Payment and Partial Backordering”, *Omega*, S.41, ss.354–368.
- Taleizadeh, A. A., Khanbaglo, M. P. S. ve Cárdenas-Barrón, L. E. , (2016), “An EOQ Inventory Model With Partial Backordering And Reparation Of Imperfect Products”, *International Journal of Production Economics*, S.182, ss.418–434.
- Tanrıverdi, Y., (2010), “Tedarik Zinciri ve Stok Yönetimi Üzerine Bir Uygulama”, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Tekin, M., (2010), *Üretim Yönetimi*, Selçuk üniversitesi İİBF, 6. Baskı, Konya.
- Tersine, R. J., (1988), *Principles of Inventory and Materials Management*, Third Edition, Elsevier Science Publishing, New York.
- Toomey, J. W., (2000) *Inventory Management: Principles, Concepts and Techniques*, Springer US.
- Top, A., (2006), *Üretim Yönetimi*, Nobel Yayınları, Ankara.
- Wagner, H. Ve Whitin, T., (1958), “Dynamic Version of the Economic Lot Size Model”, *Management Science*, c.5, S.1, ss.89-96.
- Wagner, H., (2004), “Comments on - Dynamic Version of the Economic Lot Size Model,” *Management Science*, c.50, S.12-Supplement, ss.1775-1777.
- Waters, D., (2003), *Inventory Control and Management*, 2nd Edition, Wiley.
- Wee, H. M. – Yu, J. C. P. Ve Wang, K. J., (2006), “An Integrated Production-Inventory Model for Deteriorating Items with Imperfect Quality and Shortage Backordering Considerations”, *Lecture Notes in Computer Science*, c.10, S.93, ss.885–897.
- Wee, H. M., (1989), “Optimal Inventory Policy with Partial Backordering”, *Optimal Control Applications and Methods*, S.10, ss.181–187.
- Wee, H. M., (1993), “Economic Production Lot-Size Model for Deteriorating Items with Partial Backordering”, *Computers & Industrial Engineering*, S.24, ss.449–458.
- Wee, H. M., Yu, J. ve Chen, M. C., (2007), “Optimal Inventory Model for Items With Imperfect Quality and Shortage Backordering,” *Omega*, c.35, S.1, ss.7-11.
- Wee, H. M., (1995), “A Deterministic Lot-Size Inventory Model For Deteriorating Items With Shortages And A Declining Market”, *Computers & Operations Research*, c. 22, S.3, ss. 345-356.
- Wee, H. M., (1999), “Deteriorating Inventory Model With Quantity Discount, Pricing And Partial Backordering”, *International Journal of Production Economics*, S.59, ss.511.
- Wee, H. M., vd., (2014), “An EPQ Model With Partial Backorders Considering Two Backordering Costs”, *Applied Mathematics and Computation*, S.232, ss.898–907.
- Wild, T., (1997), *Best Practice in Inventory Management*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Wu, K. S., (2002), “Deterministic Inventory Model For Items With Time Varying Demand, Weibull Distribution Deterioration And Shortages”, *Yugoslav Journal of Operations Research*, c.12, S.1, ss.61.

- Yang, H. L., Teng, J. T. ve Chern, M. S., (2010), “An Inventory Model Under Inflation For Deteriorating Items With Stock-Dependent Consumption Rate And Partial Backlogging Shortages”, *International Journal of Production Economics*, S.123, ss.8–19.
- Yang, H. L., (2011), “A Partial Backlogging Production-Inventory Lot-Size Model for Deteriorating Items with Time-Varying Production and Demand Rate over a Finite Time Horizon”, *International Journal of Systems Science*, c.42, S.8, ss.1397.
- Yoo, S. H., Kim, D. S. ve Park, M. S., (2009), “Economic Production Quantity Model with Imperfect-Quality Items, Two-Way Imperfect Inspection and Sales Return”, *International Journal of Production Economics*, S.121, ss.255–265.
- Zeng, A. Z., (2001), “A Partial Backordering Approach to Inventory Control”, *Production Planning & Control*, S.12, ss.660–668.
- Zhang, R. Q., Kaku, I. ve Xiao, Y. Y., (2011), “Deterministic EOQ with Partial Backordering and Correlated Demand Caused by Cross-Selling”, *European Journal of Operational Research*, S.210, ss.537–551.
- Zhang, X., Gerchak, Y., (1990), “Joint Lot Sizing and Inspection Policy in an EOQ Model with Random Yield”, *IIE Transactions*, 22, ss.41-47.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Ahmed Adnan Hafedh ALGBURI

Doğum Yeri ve Yılı : Bağdat-29.02.1980

Medeni Hali : Evli

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bağdat Alrafedaen Üniversitesi, İşletme Yöneylem Araştırması

Yüksek Lisans Öğrenimi : Belarus Üniversitesi İşletme Yöneylem Araştırması

Yabancı Diller ve Düzeyi

1. Arapça – İleri Düzey Çok iyi
2. Rusça – İleri Düzey, Çok iyi
3. Türkçe – Orta Düzey, İyi
4. İngilizce – Orta Düzey, İyi

İş Denevimi

2009-2013 Öğretim Görevlisi, Medinet Al İlim Üniversitesi, Bağdat