

## FARKLI DURUMLAR ALTINDA GELİŞTİRİLEN STOK KONTROL MODELLERİ YAZIN TARAMASI<sup>1</sup>

### A LITERATURE REVIEW OF STOCK CONTROL MODELS UNDER DIFFERENT SITUATIONS

**Ahmed Adnan Hafedh ALGBURI<sup>\*</sup>, Abdullah EROĞLU<sup>\*\*</sup>, Harun SULAK<sup>\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> Doktora Öğrencisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, dr\_ahmedovj@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-7304-443X>

<sup>\*\*</sup> Prof. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, abduallaheroglu@sdu.edu.tr

<sup>\*\*\*</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, harunsulak@sdu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-8286-1813>

#### ÖZ

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 modellerde zaman içinde ürünlerin bozulması, birden çok ürün olması, farklı talep fonksiyonlarının olması, miktar indirimleri, üretim hızının değişken olması, paranın zaman değeri, enflasyon ve öğrenme etkisi gibi durumlar ele alınmaktadır. Bu çalışmada farklı durumlar altında geliştirilen bu stok kontrol modelleri için kapsamlı bir yazın taraması yapılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Stok Kontrol Modelleri, Bozulma, Paranın Zaman Değeri, Enflasyon, Öğrenme

**Jel Kodları:** C61, M11.

#### 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 these models, deterioration of products, multiple products, different demand functions, quantity reductions, variable production rate, time value of money, inflation and learning effect are discussed. In this study, a comprehensive literature review is conducted for these stock control models developed under different situations.

**Keywords:** Stock Control Models, Deterioration, Time Value of Money, Inflation, Learning Effect.

**Jel Codes:** C61, M11.

<sup>1</sup> Bu çalışma Ahmed Adnan Hafedh ALGBURI tarafından hazırlanan "Talebin Kısmi Erteleme Durumunda Bir Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli" başlıklı doktora tezinden faydalanılarak hazırlanmıştır.

## 1. 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 kârlılığını 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.

Bilimsel bir yöntem olarak modelleme, stok yönetimi gibi karmaşık ve belirsizlikler barındıran sorunların çözümünü kolaylaştırmak için başvurulan 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 görülmektedir. Bunlar arasında, deterministik statik modeller matematiksel karmaşıklık düzeyi en düşük olan modeller olarak kabul edilmektedir. Klasik ekonomik sipariş miktarı ve klasik ekonomik üretim miktarı modelleri deterministik statik modellerin 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 kaldığından, modelde yer alan varsayımlara ilave varsayımlar eklenmesi yahut mevcut varsayımların gevşetilmesi yoluyla yeni modeller geliştirilmektedir. (Eroğlu, 2003: 125)

Klasik yöntemlerin gerçek hayat sorunlarına cevap verecek şekilde geliştirildiği durumlara örnek olarak zaman içinde ürünlerin bozulması, birden çok ürün olması, farklı talep fonksiyonlarının olması, miktar indirimleri, üretim hızının değişken olması, paranın zaman değeri, enflasyon ve öğrenme etkisinin modellerde içerilmesi durumları verilebilir. Bu çalışmada farklı durumları ele alan bu çalışmalar için bir yazın taraması yapılacaktır.

## 2. ÇEŞİTLİ DURUMLARA İLİŞKİN STOK KONTROL MODELLERİ

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. (Graves vd., 1993: 6)

İşletmelerin karşı karşıya oldukları özel durumlar çok çeşitlilik gösterebilmekte olup sayısı yüzlerle ifade edilebilecek bu durumların her biri için ayrı stok kontrol modelleri türetilmektedir. (Waters, 2003: 99) Bu bölümde en çok kullanılan ve en yaygın stok kontrol modellerine ilişkin yazın taramasına yer verilecektir.

### 2.1. 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 kullanılmayacak hale gelmesi veya stoklardan beklenen faydanın düşmesi olarak tanımlanabilmektedir. (Wee, 1999: 511) 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. (Wu, 2002: 61)

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 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. (Li vd., 2010: 117-118) Raf ömrü belirli olmayan petrol ve alkol gibi kimyasallar ise bazı kaynaklarda ayrı bir kategori olarak sınıflandırılmaktadırlar. (Khanlarzade vd., 2014: 180; Goyal ve Giri, 2001: 1-2)

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. (Khanlarzade vd., 2014: 192)

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) ve Khanlarzade vd.'nin

(2014) çalışmaları 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 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 formülü elde edilmiştir. Bu çalışma izleyen dönemde bozulan stoklara ilişkin yeni modeller kapsamında birçok çalışmaya yol gösterici nitelikte olmuştur. 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.

Wee (1995) tarafından geliştirilen modelde gerileyen bir piyasada kıtlık ortamında bozulan ürünlerin ikmal 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 yer almaktadır. Modelin bir sonraki aşamasında bozulan stokların tamamı yerine kısmi ikmal durumu ele alınmıştır. Kıtlık olan bir piyasa ortamında bu model ortalama toplam maliyeti daha düşük bir seviyeye indirmek suretiyle maliyetlerde önemli bir azalma sağlamaktadır.

Saha ve Sen (2017) tarafından yapılan çalışmada ise Wee (1995) modeli ile aynı piyasa şartlarında fakat üç farklı olasılıklı bozulma fonksiyonu olan stoklar ele alınmıştır.

## 2.2. 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. (Bhattacharya, 2005: 786-791)

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 kullanılabilmektedir. (Aggarwal, 1984: 369-372)

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 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. (Hadley ve Whitin, 1963: 423-425) Stokların değerine göre yapılan bu üçlü sınıflandırmaya Pareto Analizi (ABC Analizi) denilmektedir. Pareto analizi sosyal bilimlerde birçok alana uygulanabileceği gibi stok yönetiminde de uygulanmaktadır. (Wild, 1997: 29) Pareto Analizinin stok yönetiminde uygulanmasına ilişkin olarak üçlü sınıflandırma Aggarwal (1983)

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.

Literatürde optimal gruplama alanında da birçok çalışma bulunmaktadır. Crouch ve Oglesby (1978) 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. (Crouch ve Oglesby, 1978: 934) 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 (1981) 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 (product of demand rate and holding cost rate) değeri hesaplanmıştır. Ürünlerin optimal sınıflandırması belirli aralıktaki PDHC değeri itibari ile yapılmıştır.

Bartmann ve Beckmann (1992) 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.

### 2.3. Farklı Talep Fonksiyonlarının Olması

Stok kontrol modellerinde genellikle talebin sabit ve bilindiği varsayılır. Hâlbuki çoğu durumda talep, malın satış fiyatının, zamanın ve stok miktarının bir fonksiyonu olarak ele alınmaktadır.

#### 2.3.1. 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 gözetken stok yönetim modellerinde genellikle talebin fiyata bağlı olduğu ve fiyatın bir karar değişkeni olduğu kabul edilir. (Banerjee ve Sharma, 2010: 700-701) 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. (Rastogi vd., 2017: 11-22)

Ladany ve Sternlieb (1974) tarafından geliştirilen model fiyatın talep üzerindeki etkisini konu edinen deterministik ilk stok modelleri arasındadır. 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 (1994) tarafından geliştirilen modelde talep satış fiyatının bir fonksiyonudur ve belirli satış miktar seviyelerinde tüm satış miktarları için geçerli fiyat indirimleri söz konusudur.

Literatürde fiyat talep ilişkisini analize dâhil ederek başka kısıtları da eklemek suretiyle geliştirilmiş birçok model vardır. Banerjee ve Sharma (2010) mevsimsel bir ürün için talebin zaman ve fiyatın bir

fonksiyonu olduğu durumu incelemişlerdir. Rastogi vd. (2017), çalışmalarında iki farklı depolama durumunda talebin satış fiyatına bağlı olduğu bozulan bir ürün için stok modeli geliştirmişlerdir. Wee (1995) tarafından geliştirilen modelde ise bozulan bir ürün kapsamında zaman içerisinde azalan ve fiyata bağlı bir talep durumunda stok yenileme ve fiyatlandırma politikası üzerinde durulmuştur.

### 2.3.2. Talebin Zamanın Fonksiyonu Olması

Klasik ekonomik sipariş modelinde talebin biliniyor 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. (Hariga, 1994: 827-837)

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 geçtikçe kesintisiz bir şekilde düşme eğiliminde olabilir veya belirli zaman kesitleri itibarıyla talep oranında kademeli düşmeler de yaşanabilir. Bununla birlikte talepteki azalma doğrusal bir fonksiyon ya da üstel bir fonksiyon şeklinde de kendini gösterebilir. (Goyal ve Giri, 2001: 6) Talebin zaman içerisinde değişkenlik gösterdiği diğer bir husus ise

mevsimsel ürünlerdir. (Banerjee ve Sharma, 2010: 701)

Talebin zamanın fonksiyonu olduğu özelliği dikkate alınarak geliştirilen ilk stok modelleri arasında Donaldsan (1977) tarafından geliştirilen model vardır. Modelde bilinen sınırlı bir zaman kesiti için doğrusal olarak artan bir talep durumunda ekonomik sipariş miktarı formüle edilmiştir.

Bu model daha sonra Henery (1979) tarafından logaritmik konkav talep denklemi şeklinde farklılaştırılmıştır. Henery modelinde ise zaman içerisinde tekrarlanan sabit miktarlı siparişler için optimal sipariş süresi araştırılmıştır.

Henery (1979) modeli ise daha sonra Hariga (1994) tarafından zamana bağlı logaritmik konkav talep koşulları altında hem azalan hem de artan talep itibarıyla optimal sipariş süresi üzerinde durulmuştur. Bu modelde ayrıca talebin doğrusal olduğu ve doğrusal olmadığı durumlar için de değerlendirme yapılmıştır.

Goyal (1994) 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.

### 2.3.3. 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 üründen daha fazla satın almasını tetiklemektedir. (Ray ve Chaudhuri, 1997: 172) Perakende seviyede satışlar teşhir

edilen ürün miktarı ile doğrudan orantılıdır. (Silver ve Peterson, 1985: 412)

Baker ve Urban (1988) tarafından geliştirilen stok modeli talebin stok seviyesine bağlı olması itibarıyla 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 imkânları 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,  $(\alpha)$  ölçek katsayısını ve  $(\beta)$  şekil katsayısını ifade etmektedir.  $(\beta)$  şekil katsayısı 0 ile 1 değeri arasındadır. İfade edilen bu talep oranı denkleminde 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. Denklemin ifade ettiği bir diğer anlam ise  $(\alpha)$  ölçek katsayısı stok seviyesinde meydana gelen yüzdesel değişimin talep oranında yol açtığı yüzdesel değişimi ifade etmektedir.

Ray ve Chaudhuri (1997) tarafından geliştirilen modelde Baker ve Urban'ın (1988) çalışmasındaki modelin stok seviyesine bağlı talep denklemi korunmuş ve yeni kısıt olarak stoksuzluk durumu ile enflasyon ve paranın zaman değeri analize eklenmiştir. Öte yandan literatürde temelini Baker ve Urban'ın (1988) çalışmasından alan ve modele daha farklı kısıtlar eklemek suretiyle yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

#### 2.4. Miktar İndirimi

Bazı durumlarda işletmeler sipariş miktarını arttırdıkça bir kısımlı indirimlerden yararlanma imkânına sahiptirler. Miktar

üzerinden yapılan indirimlerde iki farklı uygulama söz konusudur. Bunlardan ilki ürün fiyatının belirli bir miktar seviyesine kadar sabit olması, belirli miktar seviyesinden itibaren ise daha düşük bir fiyat seviyesinin geçerli olmasıdır. (Bartmann ve Beckmann, 1992: 22) Bununla birlikte miktardaki kademeli artışa bağlı olarak fiyat seviyesinde de kademeli düşüşler öngörülebilmektedir. (Muckstadt ve Sapma, 2010: 31-32) Örneğin bir işletme ilk 1000 birim için 10 TL ikinci 1000 birim için 9 TL ve üçüncü 1000 birim için 8 TL gibi bir fiyatlandırma yapabilir. Sipariş miktarındaki artışa bağlı olarak fiyat seviyesinin düşmesi beraberinde bu duruma uygun bir optimal sipariş metodu geliştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Miktar üzerinden yapılan indirimlerin ikinci türü ise sipariş miktarının belirli bir düzeyi aşması durumunda tüm satış miktarı için indirimli fiyat uygulamasıdır. Bu yöntemde uygulamada fiyatın farklı düzeyleri olabilir ve sipariş miktarı yükseldikçe birim satın alma maliyeti satın alınan her birim için düşecektir. (Bartmann ve Beckmann, 1992: 24; Muckstadt ve Sapma, 2010: 32)

Tedarikçilerin miktar indirimleri sunmalarının temelinde müşterilerinin her bir siparişte daha fazla satın alma gerçekleştirmelerini sağlama yer almaktadır. Ancak ilk bölümde açıklandığı üzere sipariş miktarı arttıkça sipariş maliyeti düşerken stok bulundurma maliyeti de artmaktadır. (Muckstadt ve Sapma, 2010: 33)

#### 2.5. 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. (Yang, 2011: 1397)

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. (Giri ve Maiti, 2012: 666)

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. (Balkhi, 2004: 67)

Stok modellerinde değişken üretim hızını inceleyen ilk çalışmalar arasında Balkhi ve Benkherouf (1996) modeli yer almaktadır. Toplam stok maliyetlerini minimuma indirecek optimal sipariş dönemini hedefleyen bu modelde sabit oranla bozulan ürün kapsamında, belirli bir üretim planlama döneme itibarıyla üretim hızı zamana bağlı olarak değişmektedir. Yang (2011) modeli ve Giri ve Maiti (2012) modeli üretim hızının zamana bağlı olarak değiştiği stok modelleri arasındadır.

Bhunia ve Maiti (1997) çalışmalarında bozulan ürünler kapsamında üretim hızı itibarıyla 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. Su ve Lin (2001) modeli, Balkhi modeli (2004) ile Lin vd. (2013) modeli ise üretim hızını hem mevcut stokların hem de talebin eş anlı bir fonksiyonu olarak alan stok modelleri arasındadır.

## 2.6. 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 gözlemlenmesi ihtiyacı belirlemiştir. (Goyal ve Giri, 1994: 11) Enflasyon etkisini analize dâhil eden stok kontrol modellerinde toplam dönemsel maliyetlerin minimuma indirilmesinin yanı sıra gelecekteki maliyetlerin bugüne indirgenmiş değerlerinin de minimuma indirilmesi hedeflenen amaçlar arasındadır. (Kanet ve Miles, 1985: 597)

Enflasyonun ekonomik sipariş miktarı üzerindeki etkisi ilk defa Buzacott tarafından geliştirilen model ile literatüre girmiştir. (Buzacott, 1975) Bu modelde sabit oranda bir enflasyon hesaplamaya dâhil 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 yüzdeleri bir fonksiyonudur. Bu durumda hesaplanan ekonomik sipariş miktarı klasik modele göre önemli derecede 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 yanı sıra işletme



maliyetlerinin de ürüne yansıtılması neticesinde belirlenmektedir ki bu durumda net hasılat ekonomik sipariş miktarından bağımsız olarak hesaplanmaktadır.

Misra (1979) tarafından geliştirilen ekonomik sipariş miktarı modeli de enflasyon ve paranın zaman değerini gözeten 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 bir düzeyde kalmıştır. Model paranın zaman değerini de gözettiği için ödemelerin peşin veya kredili yapılıyor olması da modeli etkileyen diğer bir husus olarak açıklanmıştır.

Kanet ve Miles (1985), Buzacott (1975) modelini bileşik enflasyon eklemek suretiyle geliştirmişler ve enflasyonist ortamda yıllık ortalama maliyetleri minimuma indirecek bir ekonomik sipariş miktarı formüle etmişlerdir.

Chandra ve Bahner (1985) tarafından yapılan çalışmada 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 optimal ekonomik sipariş miktarının ve buna bağlı maliyetler üzerindeki etkisinin de arttığı sonucuna ulaşmıştır.

## 2.7. Öğrenme Etkisinin Dikkate Alınması

Optimal sipariş miktarı modelleri genel itibarıyla 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. (Keachie ve Fortana, 1966: 102) 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. (Graves vd., 1993,: 13)

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 olarak maliyetlerde, birim üretim zamanında, hatalı ürün oranında bir azalma veya üretim hızında bir artış söz konusu olabilmektedir. (Kumar ve Kumar, 2016: 124)

Stok modellerindeki öğrenme etkisini dikkate alan birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların öncüleri arasında Keachie ve Fortana (1966) 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 şekildedir:

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

( $Y_i$ ),  $i$ '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. (Adler ve Nanda, 1974; Fisk ve Ballou, 1982) Adler ve Nanda'nın (1974) 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 (1985) tarafından geliştirilen modelde üretim öncesi ve üretim sonrası taşıma maliyetleri de modele dâhil edilmiş ve öğrenme etkisi nedeniyle birim taşıma maliyetlerinden kaynaklanan azalma dolayısıyla optimal sipariş miktarının zaman içerisinde artacağı sonucuna ulaşılmıştır.

### 2.8. Diğer Durumlar

Stok kontrol modellerinde yukarıda ele alınmayan bazı durumlar da vardır. Bu modellerde stoksuzluğa izin verilmemesi, ödemelerin peşin yapılması ve üretilen veya sipariş sonucu gelen ürünlerin kusursuz olması gibi varsayımların gevşetilerek pek çok yeni model geliştirilmiştir. Bu modellerde talep tükenmesi durumunda stoksuzluğa yani talebin ertelenmesine ve ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmekte ve gelen siparişlerin veya

üretilen ürünlerin defolu ürün içerdiği varsayılmaktadır.

Talebin ertelenmesi, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve defolu ürün durumuyla ilgili bu çalışmanın yazarları tarafından kapsamlı bir yazın taraması yapılmış, talebin kısmen ertelenmesi, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve defolu ürün durumunu aynı anda analiz eden bir model geliştirilmiştir. Bu çalışma değerlendirme aşamasında olup yakın zamanda yayınlanacaktır. Bu nedenle bu üç farklı durumla ilgili olarak yapılan çalışmalar başka bir çalışmada yayınlanacağı için bu çalışmada ele alınmamıştır.

### 3. SONUÇ

Stok kontrol modelleri alanında basit pek çok yöntem yanında karmaşık problemlerin çözümü için kullanılacak oldukça fazla matematiksel model geliştirilmiştir. 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, stoktaki ürünlerin bozulması, öğrenme, enflasyon ve paranın zaman değeri etkileri gibi yeni açılımlar olarak ele alınan farklı durumların analiz edildiği pek çok model literatürde yerini almıştır.

Bu çalışmada, farklı durumlar altında geliştirilen stok kontrol modellerinin kapsamlı bir yazın taraması yapılarak bu konuda çalışma yapacak araştırmacılara bir yol haritası çizilmiştir. Yapılan çalışma bundan sonraki çalışmalarda güncellenerek bu alanda ele alınmayan modellerin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

**KAYNAKÇA**

1. ABAD, P. L., (1994), "Supplier Pricing and Lot-Sizing When Demand is Price Sensitive", *European Journal of Operational Research*, S.78, ss.334–354.
2. 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.
3. AGGARWAL, V., (1984), "Grouping Multi-Item Inventory Using Common Cycle Periods", *European Journal of Operational Research*, c.17, S.3, ss. 369-372.
4. BAKER, R. C. ve URBAN, T. 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.
5. 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.67-86.
6. 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.
7. BARTMANN, D. ve BECKMANN, M. J., (1992), *Inventory Control Models and Methods*, Siproinger Verlag, Berlin.
8. BHATTACHARYA, D. K., (2005), "On Multi-Item Inventory", *European Journal of Operational Research*, S.162, ss.786–791.
9. BUZACOTT, J. A., (1975), "Economic Order Quantities with Inflation", *Journal of the Operational Research Society*, c.26, S.3, ss.553–558.
10. CHAKRAVARTY, A. K., (1981), "Multi-Item Inventory Aggregation into Groups", *The Journal of the Operational Research Society*, c.32, S.1, ss.19-26.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. EROGLU, A., (2003), *Deterministik Envanter Modelleri*, Fakülte Kitabevi.
15. FISK, J. C. ve BALLOU, D. P., (1982), "Production Lot Sizing under a Learning Effect", *IIE Transactions*, S.14, ss.257 -264.
16. GHARE, P. M. ve SCHRADER, G. P., (1963), "A Model for Exponentially Decaying Inventory", *Journal of Industrial Engineering*, S.14, ss. 238-243.
17. 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.
18. GOYAL, S. K. ve GIRI, B. C., (2001), "Recent Trends in Modeling of Deteriorating Inventory", *European Journal of Operational Research*, S.134, ss.1-16.
19. GOYAL, S. K., (1994), "Determining economic replenishment intervals for linear trend in demand", *International Journal of Production Economics*, S.34, ss.115–117.

20. 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.
21. HADLEY, G. ve WHITIN, T. M., (1963), *Analysis of Inventory Systems*, Prentice Hall, New Jersey.
22. 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.
23. HENERY, R. J., (1979), “Inventory Replenishment Policy for Increasing Demand”, *Journal of the Operational Research Society*, S.30, ss.611-617.
24. 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.
25. KEACHIE, E. C. ve FORTANA, R. J., (1966), “The Effect of Learning on Optimal Size”, *Management Science*, c.13, S.2, ss.102-108.
26. KHANLARZADE, N., YEGANE, B. Y., KAMALABADI, I. N. Ve FARUKI, H., (2014), “Inventory control with deteriorating items: A state-of-the-art literature review”, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, S.5, ss.179-198.
27. 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.
28. LADANY, S. ve STERNLIEB, A., (1974), “The Interaction of Economic Ordering Quantities and Marketing Policies”, *AIIE Transactions*, c.6, S.1, ss.35-40.
29. Lİ, 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.
30. MISRA, R. B., (1979), “A Note on Optimal Inventory Management under Inflation”, *Naval Research Logistics Quarterly*, c.26, S.1, ss.161-165.
31. MUCKSTADT, J. A. ve SAPRA, A., (2010), *Principles of Inventory Management*, Springer, New York.
32. NAHMIAS, S., (2011), *Perishable Inventory Systems*, Springer, California USA.
33. 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.
34. 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.171-180.
35. 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, ss.77-88.
36. SILVER, E. A. ve PETERSON, R., (1985), *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, 2nd edn. Wiley, New York.
37. 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.
38. WATERS, D., (2003), *Inventory Control and Management*, 2nd Edition, Wiley.
39. 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.
40. WEE, H. M., (1999), “Deteriorating Inventory Model With Quantity Discount, Pricing And Partial Backordering”, *International Journal of Production Economics*, S.59, ss.511-518.
41. WILD, T., (1997), *Best Practice in Inventory Management*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
42. 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.61-71.
43. 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.1397-1407.