

Üretim Planlama ve Kontrol Envanter Modelleri

Tufan Demirel

Envanter Kavramı

Envanterler, bir işletme veya kuruluş tarafından ya satış için veya girdi olarak kullanılmak üzere veya üretim prosesine yardımcı maddeler olmak üzere elde bulundurulanan nesnelerdir (Hammadde, yarı mamul, mamul, vs.). Bütün işletmeler, envanter gerektirirler. Envanterler genellikle toplam varlıkların önemli bir bölümünü oluştururlar. Finansal olarak envanterler imalat firmaları için çok önemlidir ve muhasebe hesaplarında bunlar çoğunlukla toplam varlıkların %20 ile %60'ını temsil ederler. Envanterler azalınca bunların değeri nakite dönüştürülür ki bu da nakit akışını iyileştirir ve böylece yatırımlardaki kâr iyileşir. Ayrıca envanterlerin taşınmasının (elde bulundurulmasının) bir maliyeti de söz konusudur. Bu maliyet işletme maliyetlerini artırır ve firmanın kârını düşürür.

Envanter Yönetimi

Envanter yönetimi hammadde safhasından müşteriye kadar envanterin planlama ve kontrolünden sorumludur. Envanter ya üretimden hasıl olur veya onu destekleyen mahiyette olduğundan, bu ikisini ayrı olarak yönetmek mümkün değildir. Bunların koordine edilmeleri gerekir. Envanter planlama seviyelerini her birinde göz önüne almalıdırlar ve bu sebepten üretim planlamanın, ana üretim çizelgelemenin ve malzeme ihtiyaç planlamasının parçalarıdır. Üretim planlama genel anlamda envanterle ilgilenmektedir. Ayrıca son mamullerle ilgili ana planlama ve komponent parçaları ile ham madde ve malzemeyi içeren malzeme ihtiyaç planlaması da üretim planlamanın konuları arasındadır.

Envanter Yönetimi

Üretim planlama seviyesinde envanter yönetimi toplam envanterle uğraşır. Buna toplu envanter yönetimi (aggregate inventory management) denir. Buradaki dikkat, envanterleri sınıflarına göre (hammadde, yarı mamul ve bitmiş mallar) ve münferit kalem seviyesinden ziyade gerçekleştirdikleri fonksiyonlara göre yönetmektir. Bu finansal yönde yönlendirilmiştir ve çeşitli envanter sınıflarının taşınmasının faydaları ve maliyetleri ile ilgilidir.

Envanter Yönetimi

Envanterin yalnızca toplu seviyede değil kalem seviyesinde de yönetilmesi gerekir. Bunu yapmak için yönetimin envanter kalemleri hakkında karar kuralları teşkil etmesi gerekir. Öyle ki, böylece envanter kontrolünden sorumlu olan elemanlar, işlerini etkin olarak yapabilsinler. Bu kurallar ise aşağıdakileri ilgilendirirler:

- Münferit envanter kalemlerinin önemine karar vermek ve bunların nasıl kontrol edileceğine karar vermek
- Bir seferde “ne kadar” sipariş etmek
- Bir siparişi “ne zaman” vermek

Genel Envanter (Stok) Modeli

- Stok probleminin temel yapısı planlama ufku boyunca belirli aralıklarda belirli miktarda sipariş verilip alınması ve bunun tekrarlanmasıdır. Bir envanter modelinin temel amacı şu sorulara cevap vermektir:
 - “*Ne miktarda*” sipariş verelim?
 - “*Ne zaman*” sipariş verelim?
- Birinci sorunun cevabı “Ekonomik Sipariş Miktarı” (ESM) olarak verilir. Bu ise toplam envanter maliyetinin minimize edildiği noktadaki sipariş miktarıdır. İkinci sorunun cevabı ise envanter kontrol sisteminin türüne bağlıdır

Periyodik Kontrol Durumu

- Periyodik kontrol durumunda, ekonomik sipariş miktarı ile belirlenen miktarlardaki siparişler eşit zaman aralıklarında (çevrimlerde) alınırlar. Yeni bir siparişin verilmesinin zamanı çoğunlukla her çevrimin (periyodun) başlangıcı ile çakışır.

Sürekli Kontrol Durumu

- Sürekli kontrol durumunda, Envanter seviyesi, yeni bir siparişin verilmesinin gerektiği bir “*Yeniden Sipariş Noktası*”na (YSN) düşünce, ESM kadar bir sipariş verilir.

Genel Envanter (Stok) Modeli

- Ekonomik sipariş miktarı toplam envanter maliyetini minimize etmek suretiyle belirlenir. Genel bir envanter modelinin toplam envanter maliyeti ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{bmatrix} \text{Toplam} \\ \text{Envanter} \\ \text{Maliyeti} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Satınalma} \\ \text{Maliyeti} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Hazırlık} \\ \text{(sipariş)} \\ \text{Maliyeti} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{EldeBulundurma} \\ \text{(Stokta Tutma)} \\ \text{Maliyeti} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Elde} \\ \text{Bulundurmama} \\ \text{Maliyeti} \end{bmatrix}$$

Envanter Maliyetleri

- Bu bölümde açıklanan maliyetler envanter yönetim kararları ile ilgilidir. Bu maliyetler aynı zamanda matematiksel bir envanter modelinde yer alan maliyetlerdir.

Satın alma Maliyeti

- Satın alma maliyeti bir stok kaleminin birim fiyatını dikkate almaktadır. Satın alınan bir mal için ödenen fiyat, nesnenin veya kalemin fiyatı ile onun fabrikaya getirilinceye kadar eklenmiş diğer direkt maliyetlerinden ibarettir. Bunlar nakliye, gümrük vergileri ve sigorta gibi hususları kapsar. Hepsinin dahil olduğu bu maliyete çoğunlukla “oturmuş fiyat” denir. Firma bünyesinde imal edilen bir kalem için maliyet, direkt malzeme, direkt işçilik, endirekt maliyetleri kapsar. Bu maliyetler çoğunlukla ya satınalma ya da muhasebe bölümlerinden alınır.

Hazırlık (*Sipariş*) Maliyeti

- Hazırlık (*sipariş*) maliyeti, ya bir fabrika ile veya bir tedarikçiyle bir sipariş bağlantısı kurmakla ilgili maliyetlerdir. Bir siparişin yapılmasının maliyeti sipariş edilen miktara bağlı değildir. Bununla beraber sipariş etmenin yıllık maliyeti bir yılda verilen siparişlerin sayısına bağlıdır.

Elde Bulundurma (*Stokta Tutma*) Maliyeti

- Elde bulundurma (*stokta tutma*) maliyeti, stokta bulundurulan envanter hacmi ile ilgili olarak firmanın ödemek zorunda olduğu tüm maliyetleri içerir. Bu maliyet üç maliyet bileşeninden meydana gelmektedir.
- Sermaye Maliyetleri
- Depolama Maliyetleri
- Risk Maliyetleri

Sermaye maliyetleri:

- Envantere yatırılan para başka amaçlar için kullanılmaz ve dolayısıyla bir kayıp fırsat maliyeti temsil ederler. Minimum maliyet, mevcut faiz oranından söz konusu parayı bankaya yatırmamakla kaybedilen faiz olabilir veya firmanın yatırım imkanlarına bağlı olarak çok daha yüksek de olabilir.

Depolama maliyetleri:

- Envanteri depolamak yer, işgücü ve ekipman gerektirir. Depolama maliyeti bu gereksinimlerden kaynaklanan bir maliyettir.

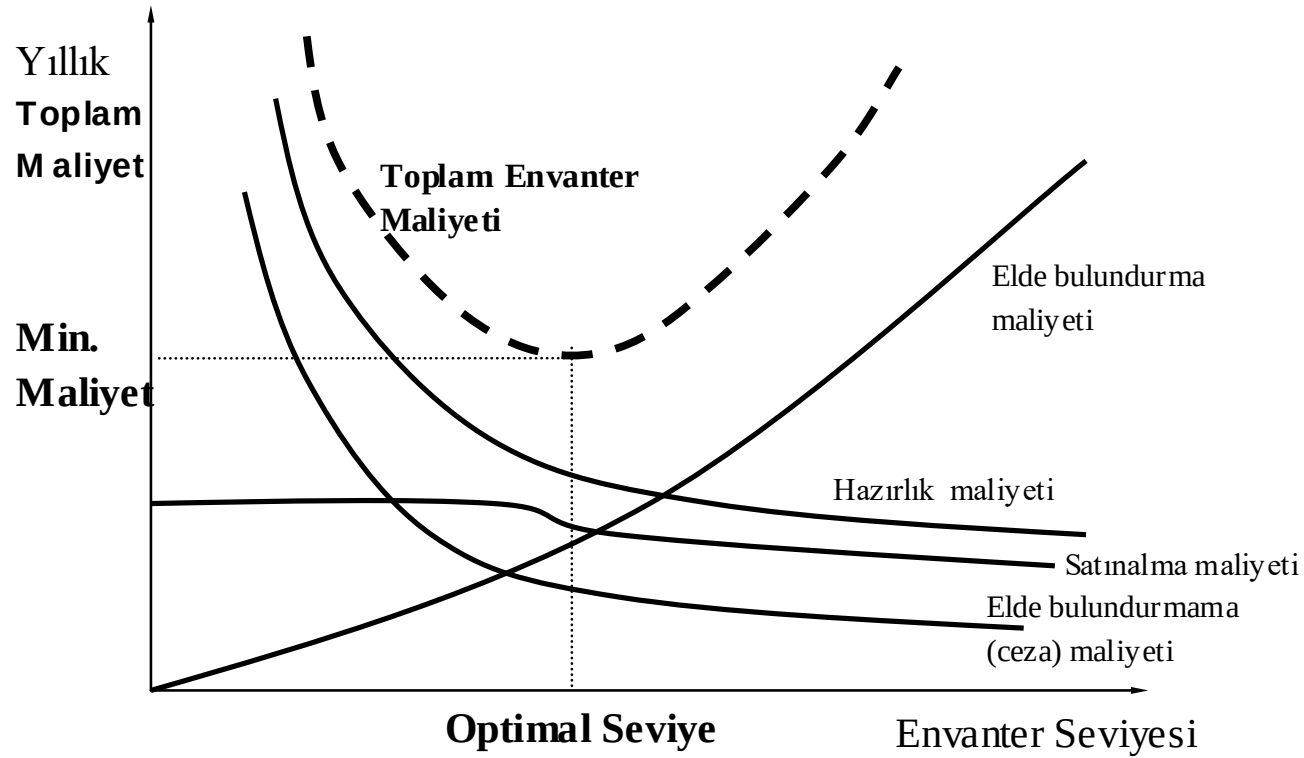
Risk maliyetleri:

- Envanterin taşınmasındaki riskler şunlardır:
 - a) Geçerliliğini kaybetme, yani bir model veya stil değişikliği veya teknolojik gelişmeden kaynaklanan ürün kıymetinin kaybı.
 - b) Zarar veya hasar, envanter nakledilirken veya alınırken zarar görebilir.
 - c) Kayıp maliyetler, kaybedilen , bozulan veya çalınanlar.
 - d) Bozulma, çürüyen veya bozulan envanter, söz konusu olduğunda böyle maliyetler kaçınılmazdır.

Elde Bulundurmama (*Stokta Tutmama*) Maliyeti

- Eğer tedarik süresi esnasındaki talep tahmini aşarsa bu durumda bir stok eksikliği bekleyebiliriz. Talep olmasına karşılık talebi karşılayacak malın elde bulunmamasında kaynaklanan bu durum bir ceza maliyeti olarak değerlendirilebilmektedir ve bu maliyet elde bulundurmama veya stokta tutmama maliyeti olarak adlandırılmaktadır. Potansiyel olarak bir mal eksikliği firma için pahalı olabilir. Zira yeniden sipariş etme maliyetleri, kayıp satışlar ve muhtemelen kaybedilmiş müşteriler nedeniyle firmanın aleyhine bir durum ortaya çıkmaktadır.

Envanter Maliyetleri Grafiği



ABC Envanter Kontrolü

- ABC prensibi nispeten az sayıdaki nesnelerin çoğunlukla herhangi bir durumda başarılan sonuçları etkilediği gözlemine dayanır. Bilindiği gibi bu gözlem ilk defa Pareto tarafından yapılmıştır ve bazen “pareto kanunu” olarak da geçer. Envanterlere uygulandığında, kalemlerin %’si ile yıllık parasal kullanım yüzdesinin aşağıdaki gibi bir seyir takip ettiği bir bağıntı çoğunlukla söz konusu olur:
- **Nesnelerin takriben %20, parasal kullanımın takriben %80’ne karşılık gelir.**
- **Nesnelerin takriben %30’u, parasal kullanımın takriben %15’ine karşılık gelir.**
- **Kalemlerin takriben %50’si parasal kullanımın da takriben %5’ine karşılık gelir.**

Bir ABC Analizi Çalışmasındaki Adımlar

Envanter yönetiminde, bir ABC çalışması yapılırken izlenecek olan yol aşağıdaki adımların gerçekleştirilmesi, şeklindedir. Bunlar:

- Envanter yönetiminin sonuçlarını etkileyen nesne karakteristiklerinin belirlenmesi.
- Oluşturulan kriterlere bağlı olarak her nesnenin gruplandırılması.
- Grubun önemine uygun olarak bir kontrol derecesi uygulanması.

Kalemin veya nesnenin önemini etkileyen faktörler; yıllık parasal kullanım, birim maliyet, malzemenin az bulunurluğu (kıtlığı), vb. olabilmektedir.

Yıllık Parasal Kullanım ile Yapılan Sınıflandırma Prosedürü

- Gruptaki her nesne için yıllık kullanımı belirle.
- Her kalemin yıllık kullanımını bunun maliyetiyle çarparak yıllık toplam parasal kullanımı bul.
- Yıllık parasal kullanıma göre kalemleri sırala ve yaz.
- Kümülatif yıllık parasal kullanımı ve kümülatif yüzdeleri (nesneleri) hesapla.
- Yıllık kullanım dağılımını incele ve kalemleri, yıllık kullanım %'si bazında A,B ve C gruplarına ayır.

ABC Analizi Örneği - 1

Parça No	Yıllık Kullanım Adedi	Birim Maliyet
1	1100	\$2
2	600	\$40
3	100	4
4	1300	1
5	100	60
6	10	25
7	100	2
8	1500	2
9	200	2
10	500	1

ABC Analizi Örneği - 1

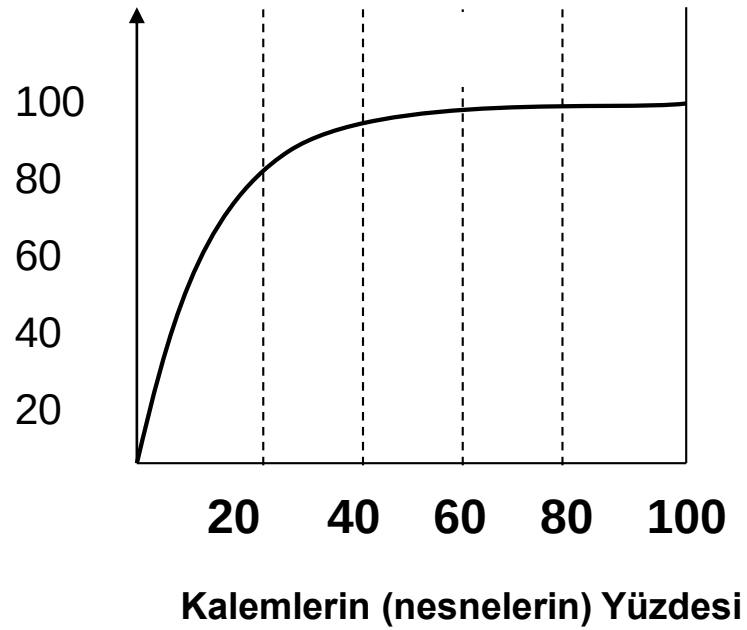
Parça No	Yıllık Kullanım Adedi	Birim Maliyet	Yıllık Parasal Kullanım
1	1100	\$2	\$2200
2	600	\$40	24000
3	100	4	400
4	1300	1	1300
5	100	60	6000
6	10	25	250
7	100	2	200
8	1500	2	3000
9	200	2	400
10	500	1	500

Yıllık Toplam Parasal Kullanım: Σ 38250

ABC Analizi Örneği - 1

Parça No	Yıllık Parasal Kullanım	Kümülatif Parasal Kullanım	Kümülatif % Parasal Kullanım	Nesnelerin Kümülatif %'si	A, B ve C Grupları
2	\$24000	24000	63	10	A
5	6000	30000	78	20	
8	3000	33000	86	30	B
1	2200	35200	92	40	
4	1300	36500	95	50	
10	500	37000	97	60	C
3	400	37400	98	70	
9	400	37800	99	80	
6	250	38050	99.5	90	
7	200	38250	100	100	

ABC Eğrisi Grafiği



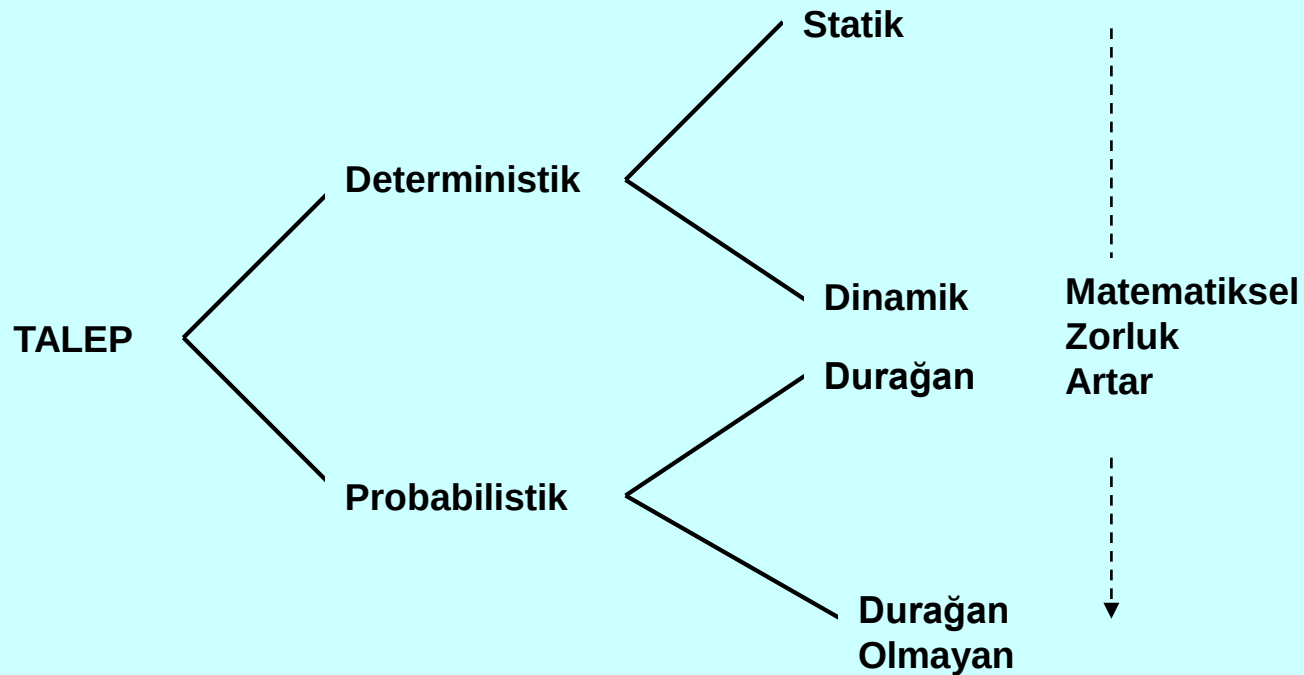
ABC Sınıflandırmasına Dayalı Kontrol

- ABC yaklaşımını kullanarak takip edilecek iki genel kural vardır:
 1. Çok miktarda düşük değerler kalemine sahip olmak,
 2. Tasarruf edilen parayı ve kontrol çabasını, yüksek kıymetli nesnelerin envanter miktarını azaltmada kullanmak.

ABC Sınıflandırmasına Dayalı Kontrol

- Çeşitli sınıflandırmalarda kullanılan çeşitli kontroller aşağıdakiler olabilir:
- **A kalemleri-Yüksek öncelik:** Tam doğru kayıtlar dahil sıkı kontrol, yönetim tarafından olağan normal ve sık sık yapılan kontrol, talep tahminlerinin sık tekrarı ve tedarik süresinin azaltmak için sıkı takip ve hızlandırma.
- **B kalemleri-Orta öncelik:** İyi kayıtları ilgilendiren normal kontroller, normal dikkat ve normal proses.
- **C kalemleri-En düşük öncelik:** En basit mümkün kontroller. Bunların bol olduğunun garantisi, basit kayıtlar veya herhangi bir kayıt olmadan işi yürütme ve periyodik kontrol sistemi büyük miktarlarda sipariş verilmeli ve emniyet stoğu kullanılmalıdır.

Envanter Modellerinin Sınıflandırılması



Temel Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli (MODEL 1)

Envanter modellerinin en basit türüdür ve talebin zamana göre sabit olması durumunda ve ani yenileme söz konusu olduğunda ortaya çıkar. Tek mal modelidir.

Modelin Varsayımları

- Talep deterministiktir ve sabit bir hızda oluşur.
- Herhangi bir miktarda sipariş verildiğinde bir hazırlık (sipariş) maliyeti meydana gelir.
- Sipariş verildiği an envanter miktarı ani olarak yenilenir yani, her bir sipariş için tedarik süresi sıfırdır.
- Elde mal bulundurmamaya izin verilmez.
- Birim zamanda bir birim malın elde bulundurulmasının bir maliyeti vardır.

Modelin Notasyonu

- D : Talep hızı (birim/birim zaman)
- q : Sipariş miktarı (birim)
- K : Hazırlık (sipariş) maliyeti (parabirimi/Sipariş)
- h : Elde bulundurma maliyeti (parabirimi/birim.zaman birimi)
- t_0 : Çevrim uzunluğu (zaman birimi)
- c : Birim maliyet (parabirimi/birim)

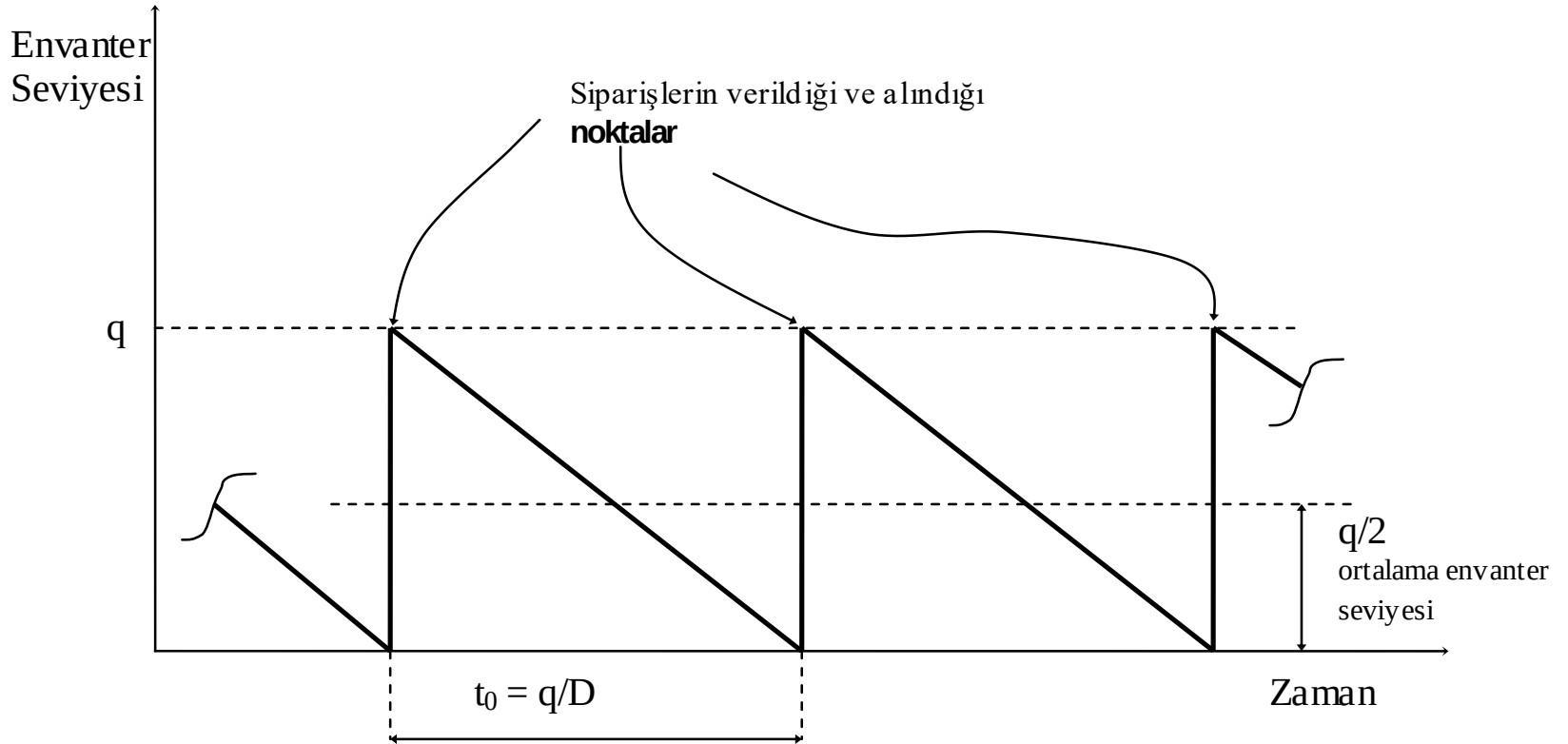
Modelin Formülasyonu

- Bu modelin toplam envanter maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilir:

$TM(q) = \text{satınalma maliyeti} + \text{hazırlık maliyeti} + \text{elde bulundurma maliyeti}$

Modelin Şematik Görünümü

Planlama ufku boyunca eşit uzunlukta periyotlar söz konusudur.



Modelin Formülasyonu

- **TM(q) = satınalma maliyeti + hazırlık maliyeti + elde bulundurma maliyeti**

Satınalma maliyeti:

$$\frac{\text{Satınalma maliyeti}}{\text{yıl}} = \left(\frac{\text{satınalma maliyeti}}{\text{birim}} \right) \left(\frac{\text{satın alınan birimler}}{\text{yıl}} \right) = cD$$

Hazırlık (Sipariş) maliyeti:

$$\frac{\text{Sipariş maliyeti}}{\text{yıl}} = \left(\frac{\text{sipariş maliyeti}}{\text{birim}} \right) \left(\frac{\text{toplam siparişler}}{\text{yıl}} \right) = K \frac{D}{q}$$

Modelin Formülasyonu

- Elde bulundurma maliyeti:

$$\frac{\text{Elde bulundurma maliyeti}}{\text{yıl}} = \left(\frac{\text{Elde bulundurma maliyeti}}{\text{cevrım}} \right) \left(\frac{\text{toplam cevrımler}}{\text{yıl}} \right)$$

Her çevrimdeki ortalama envanter seviyesi $\frac{q}{2}$

ve her çevrimin uzunluğu ise $\frac{q}{D}$ zaman birimidir.

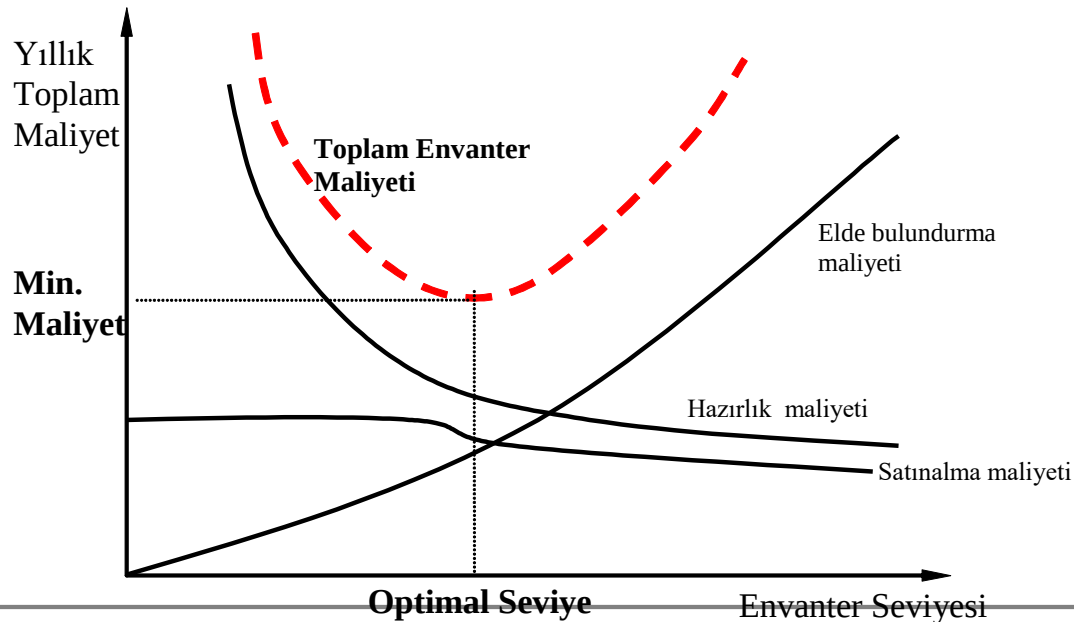
Modelin Formülasyonu

$$\frac{\text{Elde bulundurma maliyeti}}{\text{cevrin}} = \frac{q}{2} \left(\frac{q}{D} \right) h = \frac{q^2 h}{2D}$$

$$\frac{\text{Elde bulundurma maliyeti}}{\text{yil}} = \left(\frac{q^2 h}{2D} \right) \left(\frac{D}{q} \right) = \frac{hq}{2}$$

Modelin Formülasyonu

$$TM(q) = cD + \frac{KD}{q} + \frac{hq}{2}$$



Modelin Formülasyonu

- Toplam maliyetin minimum olduğu sipariş miktarını (q) bulmak için toplam maliyet fonksiyonunun q 'ya göre birinci türevi alınarak sıfıra eşitlenir. Toplam maliyet fonksiyonu konveks'tir dolayısıyla tek bir minimuma sahiptir.

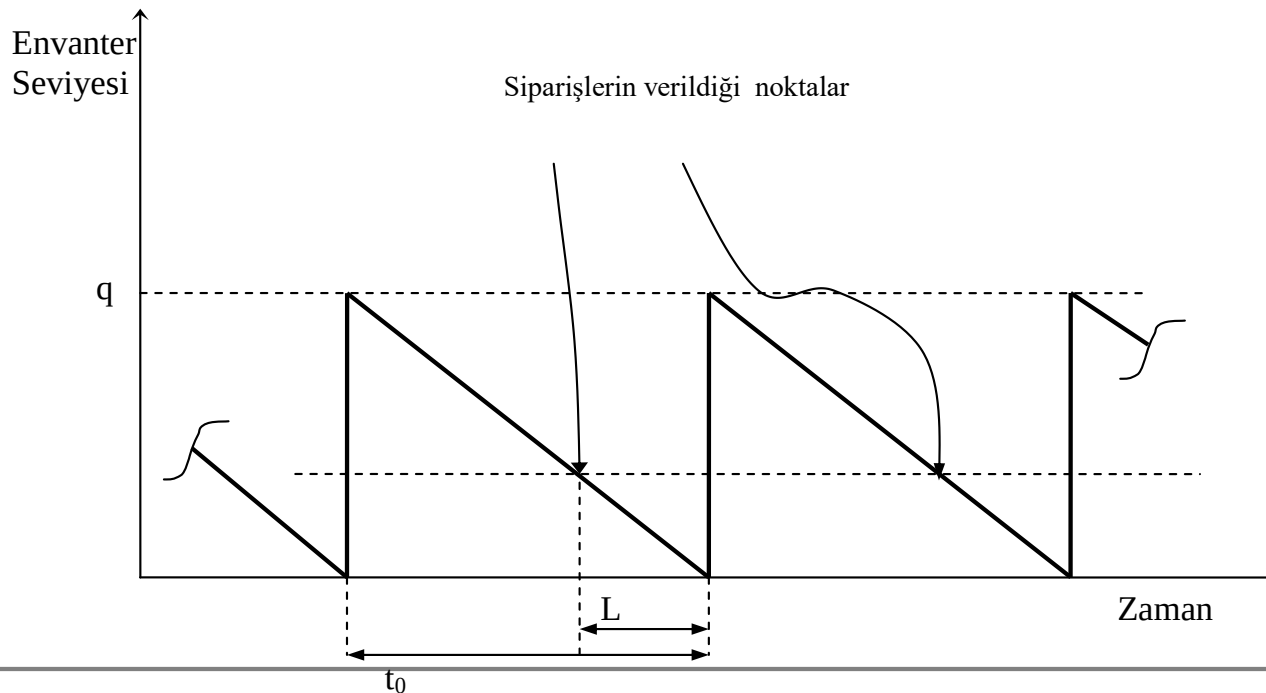
$$\frac{TM(q)}{dq} = -\frac{KD}{q^2} + \frac{h}{2} = 0$$

Ekonomik sipariş miktarı :

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Tedarik Süresinin Modele Dahil Edilmesi

- Temel ekonomik sipariş miktarı modeline tedarik süresini de dahil edebilir.
- L : Tedarik süresi (Malın sipariş verilmesi ile alınması arasındaki süre)



Tedarik Süresinin Modele Dahil Edilmesi

Y.S.N.: Yeniden Sipariş Noktası

- **Eğer $L < t_0^*$**

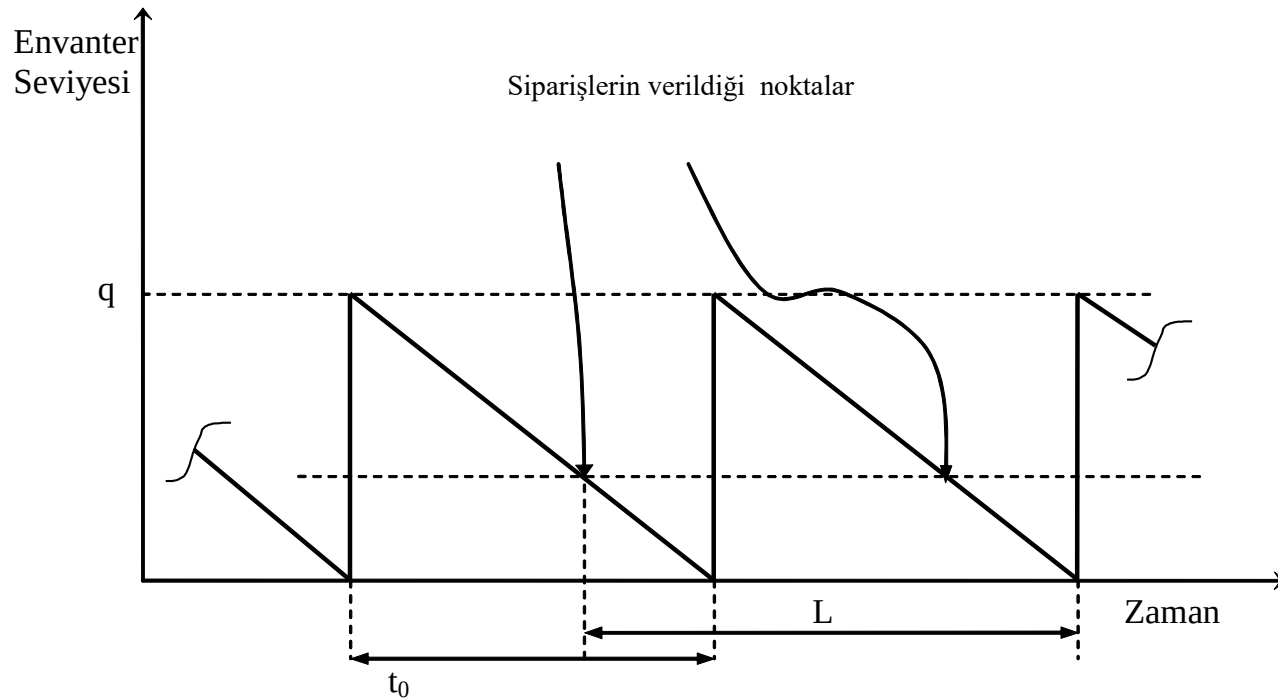
$$Y.S.N. = L D$$

- **Eğer $L \geq t_0^*$**

$$Y.S.N. = (L - n t_0^*) D$$

Burada n , (L/t_0^*) 'dan büyük olmayan en büyük tamsayıdır. Yani n , t_0^* 'ın tedarik süresi içerisinde (L) tam olarak kaç kez yer aldığını belirten bir değerdir.

Tedarik Süresinin Modele Dahil Edilmesi



Model 1 İçin Örnek Olay 1 ve Çözümü

Bir üniversitede günde 50 top kağıt tüketilmektedir. Kağıtlar periyodik olarak sipariş edilmekte ve üniversitenin envanter politikasında elde mal bulundurmamaya izin verilmemektedir. Bir partinin sipariş (hazırlık) maliyeti 50 TL'dir. Bir top kağıdı bir gün elde bulundurmanın maliyeti 0,02 TL'dir. Buna göre:

- a) Optimal envanter politikası ve bu politikanın yıllık maliyeti nedir?
- b) Tedarik süresi $L=15$ gün ise optimal politika ne olur?
- c) Tedarik süresi $L=3$ gün ise optimal politika ne olur?

Çözüm:

- $D = 50$ top/gün
- $K = 50$ TL / Sipariş
- $h = 0,02$ TL / top . gün
- a) Optimal politika:

$$\text{ESM : } q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 50 * 50}{0,02}} \quad q^* = 500 \text{ top}$$

Çözüm:

$$t_0^* = \frac{q^*}{D} = \frac{500}{50}$$

■ $= 10 \text{ gün}$

Bu durumda optimal envanter politikası :

“10 günde bir 500 adet sipariş ver”
şeklindedir.

Çözüm:

- b) Eğer tedarik süresi $L = 3$ gün ise,

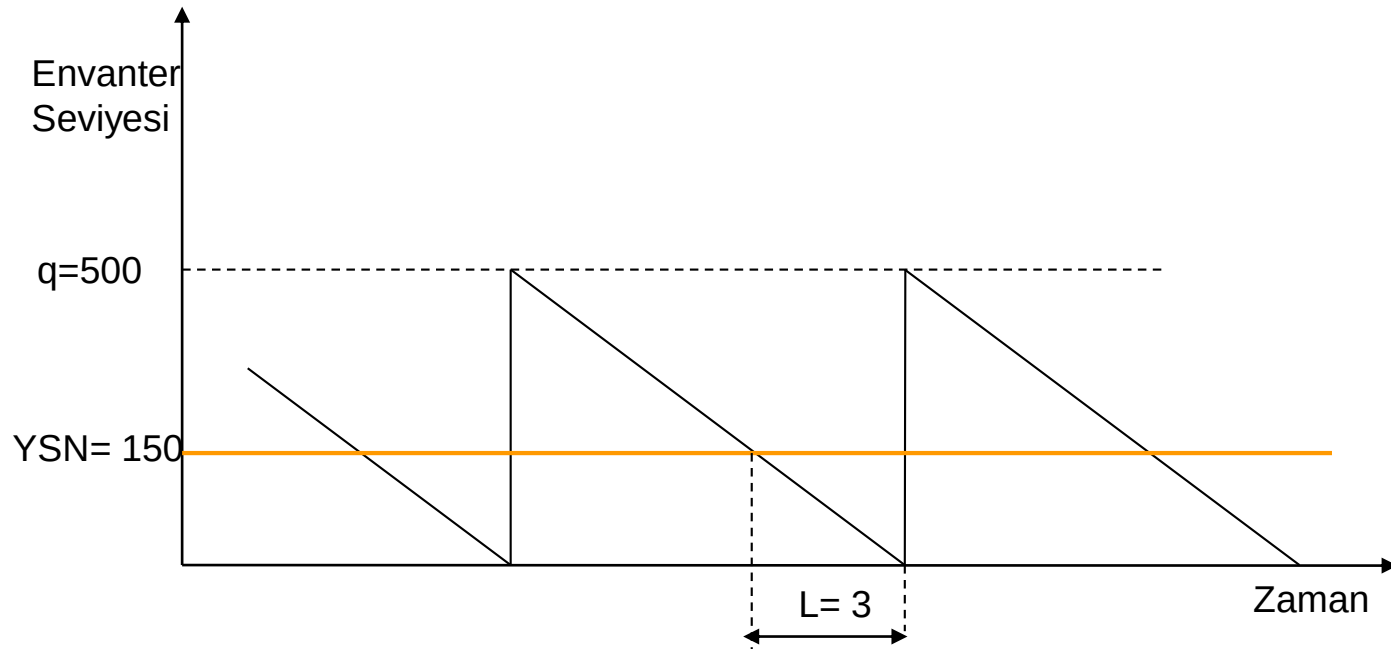
$L < t_0^*$ bu durumda

$$YSN = D \cdot L = 50 \cdot 3 = 150 \text{ top kağıt}$$

Bu durumda optimal envanter politikası

“Envanter seviyesi 150 topa düştüğü an 500 top kağıt sipariş ver” şeklindedir.

Çözüm:



Çözüm:

- c) Eğer tedarik süresi $L = 15$ gün ise,

$L \geq t_0^*$ bu durumda $YSN = (L - nt_0^*)D$

Burada n , L/t_0^* 'dan büyük olmayan en büyük tamsayıdır.

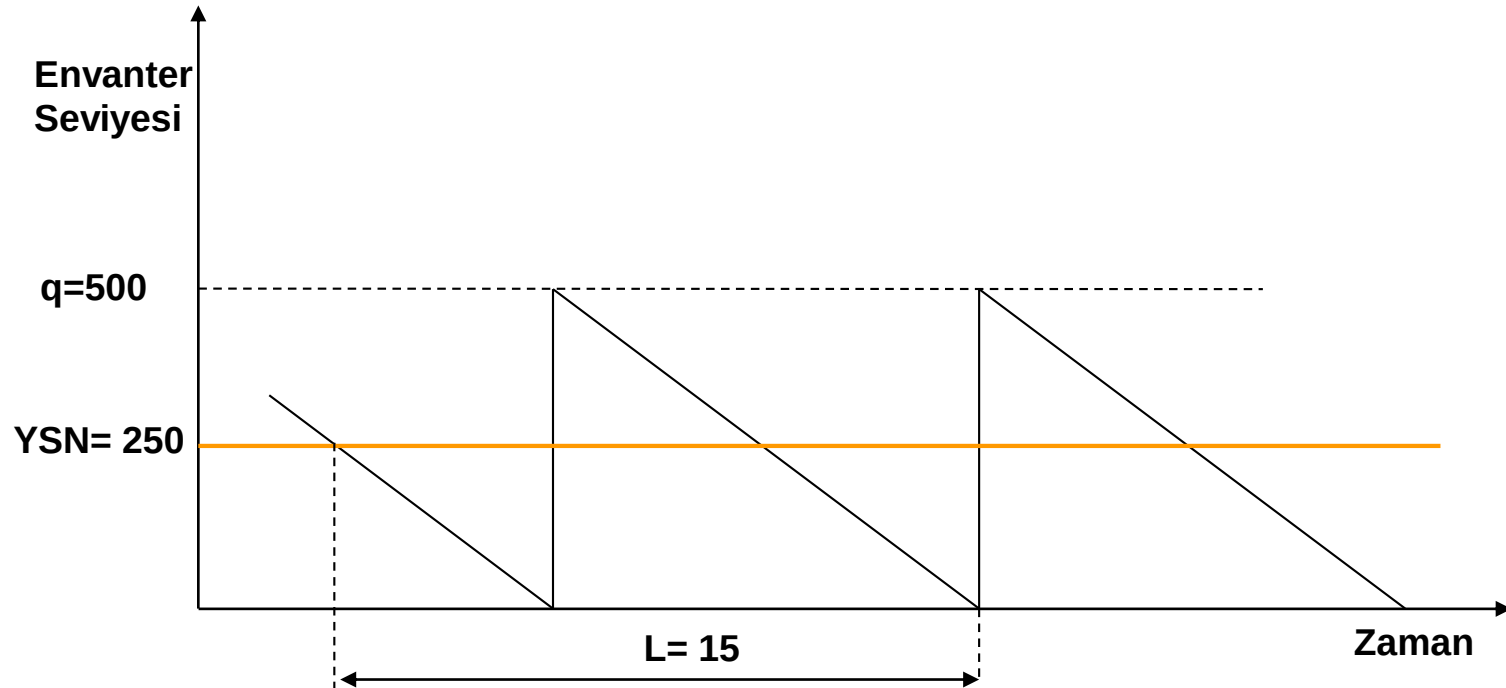
bu durumda $n=1$ olur.

$$YSN = (15 - 1 \cdot 10) \cdot 50 = 250 \text{ top}$$

Bu durumda optimal envanter politikası

“Envanter seviyesi 250 topa düştüğü an 500 top kağıt sipariş ver” şeklindedir.

Çözüm:



Model 1 İçin Örnek Olay 2 ve Çözümü

Bir firma x malını yılda 1500 adet olarak talep etmektedir. Bu malın bir birimini bir ay stokta tutmanın maliyeti ise 20 TL'dir. Firmada elde mal bulundurmamaya izin verilmemektedir. Bir sipariş yapıldığında ortaya çıkan sabit maliyet de 20 TL'dir. Firma da şu anda uygulanan politika bir aylık talebi karşılamaya yetecek miktarda mal sipariş etmek şeklindedir. Yukarıdaki durum için optimal envanter politikası nedir? Ve Uygulanmakta olan politika ile optimal politikayı maliyet açısından karşılaştırınız.

Çözüm:

- $D = 1500$ adet/yıl
- $K = 20$ TL/sipariş
- $h = 20$ TL / adet.ay $\rightarrow h = 12 \cdot 20 = 240$ TL/adet.yıl

Çözüm:

■ Uygulanmakta Olan Politika:

$$q_{uyg} = 1500/12 = 125 \text{ adet}$$

$$TM(q_{uyg}) = \frac{KD}{q} + \frac{hq_{uyg}}{2} = \frac{20*1500}{125} + \frac{240*125}{2} = 240 + 15000$$

$$TM(q_{uyg}) = 15240 \text{ YTL/yıl}$$

Çözüm:

- **Optimal Politika:** Öncelikle ekonomik sipariş miktarı (optimal sipariş miktarı) belirlenir:

ESM:

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad q^* = \sqrt{\frac{2 * 20 * 1500}{240}} = 15.81$$

$q^* \approx 16$ adet

$$TM(q^*) = \frac{KD}{q^*} + \frac{hq^*}{2} = \frac{20 * 1500}{16} + \frac{240 * 16}{2} = 1875 + 1920$$

$$\mathbf{TM(q^*) = 3795 \text{ YTL/yıl}}$$

Çözüm:

- Her iki politika karşılaştırıldığı zaman görülmektedir ki, optimal politika'nın maliyeti çok daha düşüktür.

$$TM(q^*) = 3795 \text{ YTL/yıl} < M(q_{uyg}) = 15240 \text{ YTL/yıl}$$

$$\text{Fark} = 15240 - 3795 = 11445 \text{ YTL}$$

Görüldüğü gibi uygulanmakta olan politika optimal politikaya göre 11445 YTL daha maliyetlidir.

Elde Mal Bulundurmama Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli (MODEL 2)

Bu modelde elde mal bulundurmamaya izin verilmektedir. Burada sipariş iptali yoktur fakat siparişlerin bekletilmesi söz konusudur ilk gelen siparişle bekletilen siparişlerin anında karşılandığı düşünülür

MODEL 2'nin Temel Varsayımları

- Talep deterministiktir ve sabit bir hızda oluşur.
- Herhangi bir miktarda sipariş verildiğinde bir hazırlık (sipariş) maliyeti meydana gelir.
- Her bir sipariş için tedarik süresi sıfırdır.
- Elde mal bulundurmamaya izin verilmektedir.
- Birim zamanda bir birim malın elde bulundurulmasının bir maliyeti vardır.
- Birim zamanda bir birim malın elde bulundurulmamasından kaynaklanan bir maliyet söz konusudur.

Modelin Notasyonu

- D : Talep hızı (birim/birim zaman)
- q : Sipariş miktarı (birim)
- K : Hazırlık (sipariş) maliyeti (parabirimi/Sipariş)
- h : Elde bulundurma maliyeti (parabirimi/birim.zaman birimi)
- p : Elde bulundurmama maliyeti (parabirimi/birim.zaman birimi)
- t_0 : Çevrim uzunluğu (zaman birimi)
- t_1 : Stokta malın olduğu süre (zaman birimi)
- t_2 : Stokta malın olmadığı süre (zaman birimi)
- c : Birim maliyet (parabirimi/birim)
- $I_{\max}$: Maksimum envanter seviyesi
- W : elde bulunmayan envanter miktarı

MODEL 2'nin Formülasyonu

Bu modelin toplam maliyet fonksiyonu şöyledir:

$TM(q, W) = \text{satınalma maliyeti} + \text{hazırlık maliyeti} + \text{elde bulundurma maliyeti} + \text{elde bulundurmama maliyeti}$

MODEL 2'nin Formülasyonu

- Satın alma maliyeti aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\frac{\text{Satın alma maliyeti}}{\text{yıl}} = \left(\frac{\text{satın alma maliyeti}}{\text{birim}} \right) \left(\frac{\text{satın alınan birimler}}{\text{yıl}} \right) = cD$$

- Hazırlık (Sipariş) maliyeti ise aşağıdaki gibi formüle edilir :

$$\frac{\text{Sipariş maliyeti}}{\text{yıl}} = \left(\frac{\text{sipariş maliyeti}}{\text{birim}} \right) \left(\frac{\text{toplam siparişler}}{\text{yıl}} \right) = K \frac{D}{q}$$

MODEL 2'nin Formülasyonu

- Elde bulundurma maliyeti ise aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\frac{\text{Elde bulundurma maliyeti}}{\text{yil}} = \left(\frac{\text{Elde bulundurma maliyeti}}{\text{cevrin}} \right) \left(\frac{\text{toplam cevrimler}}{\text{yil}} \right)$$

$$\frac{\text{Elde bulundurma maliyeti}}{\text{yil}} = \left[\left(\frac{q - W}{D} \right) * \frac{(q - W)}{2} * h \right] * \left[\frac{D}{q} \right] = \frac{(q - W)^2}{2q} h$$

MODEL 2'nin Formülasyonu

- Elde bulundurmama maliyeti ise aşağıdaki formüle edilir:

$$\frac{\text{Elde bulundurmama maliyeti}}{\text{yıl}} = \left(\frac{\text{Elde bulundurmama maliyeti}}{\text{cevrin}} \right) \left(\frac{\text{toplam cevrimler}}{\text{yıl}} \right)$$

$$\frac{\text{Elde bulundurmama maliyeti}}{\text{yıl}} = \left[\left(\frac{W}{D} \right) * \frac{(W)}{2} * p \right] * \left[\frac{D}{q} \right] = \frac{W^2}{2q} p$$

Toplam Envanter Maliyeti

$$TM(q, W) = (cD) + \left(K \frac{D}{q} \right) + \left(\frac{(q - W)^2}{2q} h \right) + \left(\frac{W^2}{2q} p \right)$$

Toplam maliyetin minimum olduğu noktadaki sipariş miktarını (q) ve elde bulunmayan miktarı (W) bulmak için toplam maliyet fonksiyonunun sırasıyla, q 'ya ve W 'ya göre kısmi türevleri alınarak sıfıra eşitlenir.

MODEL 2'nin Formülasyonu

- Ekonomik Sipariş Miktarı:

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD(p+h)}{ph}}$$

- Optimal Elde Bulunmayan Miktar:

$$W^* = \sqrt{\frac{2KDh}{p(p+h)}}$$

MODEL 2'nin Formülasyonu

- Çevrim Süresi, t1 periyodunun uzunluğu, t2 periyodunun uzunluğu:

$$t_0^* = \frac{q^*}{D} \quad t_1^* = \frac{(q^* - W^*)}{D} \quad t_2^* = \frac{W}{D}$$

Örnek

Bir ürüne olan talep yılda 18000 adettir. Bir birim ürünü bir yıl stokta tutma maliyeti 1.2 dolar'dır. Bir sipariş verildiğinde ortaya çıkan sabit maliyet ise 400 dolar'dır. Firmanın envanter sisteminde stokta mal bulundurmamaya izin verilmekte ve bir birimi bir yıl elde bulundurmamanın maliyeti 5 dolar olmaktadır. Bu verilere göre Ekonomik sipariş miktarını, toplam envanter maliyetini, siparişler arası süreyi ve bir yıldaki siparişlerin sayısını hesaplayınız.

Çözüm

- $D = 18000$ adet/yıl
- $K = 400$ \$/sip.
- $p = 5$ \$/adet/yıl
- $h = 1.2$ \$/adet/yıl

$$q^* = \sqrt{\frac{2 * 400 * 18000 * (5 + 1.2)}{5 * 1.2}}$$

3860 adet

$$q^* \cong$$

Çözüm

$$W^* = \sqrt{\frac{2 * 400 * 18000 * 1.2}{5(5 + 1.2)}}$$

$$W^* \cong 747$$

$$TM(q^*, W^*) = 3733 \text{ \$/yıl}$$

Çözüm

$$t_0^* = \frac{q^*}{D} = \frac{3860}{18000} = 0.215 \quad \text{yıl} = 0.215 \cdot 365 = 78.475 \text{ gün}$$

Bir yıldaki siparişlerin sayısı:

$$N^* = \frac{D}{q^*} = \frac{18000}{3860} = 4.666 \quad \text{sipariş/yıl}$$

Üretim Modeli (MODEL 3)

- Bu modelde envanter yenileme hızı ani değil düzgündür. Bu durum genellikle üretim de ortaya çıkmaktadır. Söz konusu modelin diğer tüm özellikleri ve varsayımları 1.model ile aynıdır.

Model 3'ün Varsayımları ve Notasyonu

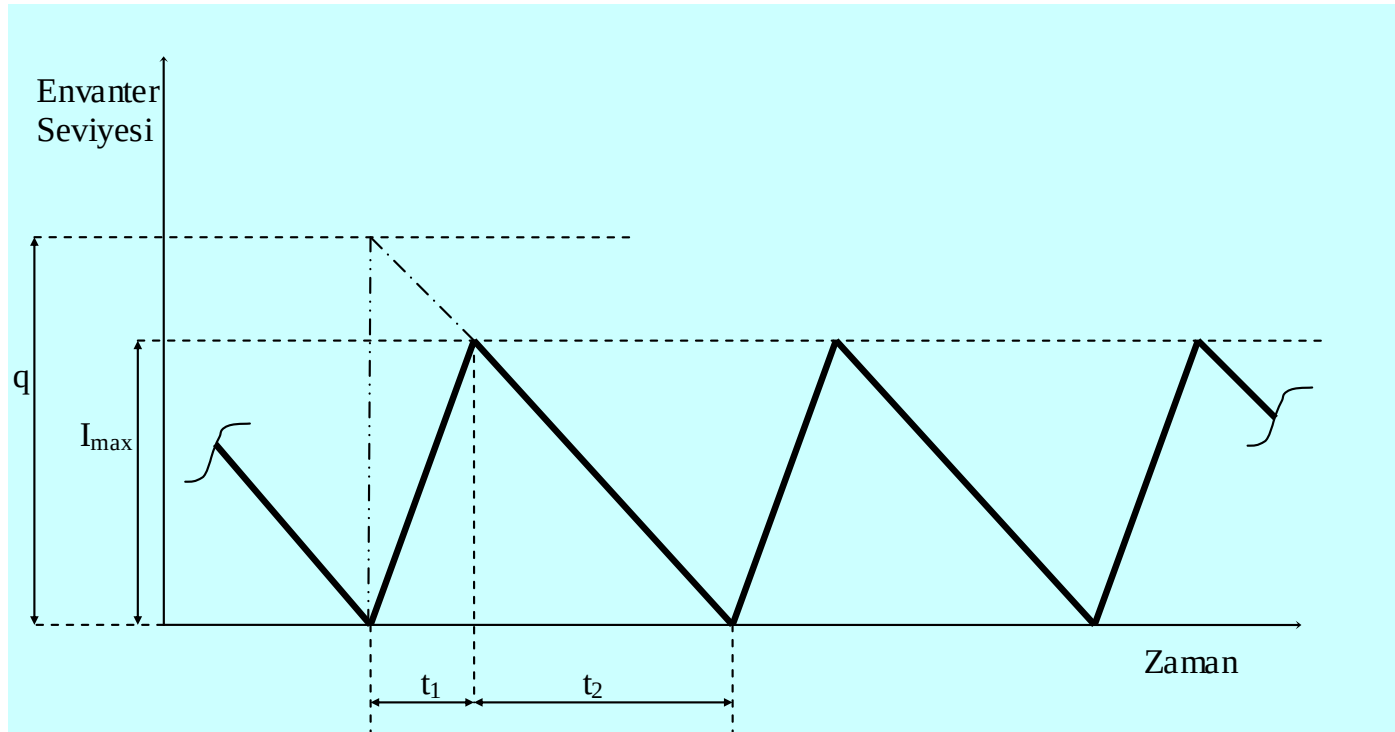
Bu model, model 1'in özel bir halidir. Söz konusu modelin yenileme hızı ani değil düzgündür. Ayrıca model de üretim hızı tüketim hızından kesinlikle büyüktür. Modelin diğer tüm varsayımları model 1 ile tamamen aynıdır.

Modelin notasyonu:

- D : Talep hızı (birim/birim zaman)
- q : Sipariş miktarı (birim)
- K : Hazırlık (sipariş) maliyeti (parabirimi/Sipariş)
- h : Elde bulundurma maliyeti (parabirimi/birim*zaman birimi)
- I_{max} : Maksimum envanter seviyesi
- t_0 : Çevrim uzunluğu (zaman birimi)
- t_1 : Üretim ve tüketimin gerçekleştirildiği süre
- t_2 : Sadece tüketimin yapıldığı süre
- r : Üretim hızı (birim/birim zaman)

Model 3'ün Şematik Görünümü

- Modelin çalışabilmesi için, $r > D$ olmak zorundadır. Ancak bu şekilde stok oluşturulabilir.



Üretim Modeli'nin (MODEL 3) Formülasyonu

Toplam Maliyet = Üretim Maliyeti+Hazırlık Maliyeti+Elde Bulundurma Maliyeti

Üretim maliyeti sipariş miktarının bir fonksiyonu değildir, dolayısıyla q 'nın belirlenmesinde bir etkiye sahip olmaz. Bu durumda toplam maliyet, hazırlık maliyeti ile elde bulundurma maliyetinin toplamıdır.

$$TM(q) = \frac{KD}{q} + \frac{q}{2} \left(1 - \frac{D}{r} \right) h$$

Üretim Modeli'nin (MODEL 3) Formülasyonu

- Ekonomik üretim miktarı toplam maliyet fonksiyonunun q 'ya göre 1.türevinin alınıp sıfıra eşitlenmesiyle elde edilir. Ekonomik üretim miktarı, bir üretim partisinin büyüklüğünü ifade eder.

Ekonomik Üretim Miktarı :

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h\left(1 - \frac{D}{r}\right)}}$$

Üretim Modeli'nin (MODEL 3) Formülasyonu

Maksimum envanter seviyesi :

$$I_{\max} = q \left(1 - \frac{D}{r} \right)$$

Birim zamandaki üretim partilerinin sayısı :

$$N^* = \frac{D}{q^*}$$

$$t_1 = \frac{q}{r} \quad t_2 = \frac{I_{\max}}{D}$$

Örnek

Bir mala olan yıllık talep 18000 adettir. Firmanın envanter sisteminde elde mal bulundurmamaya izin verilmemektedir. Firma bu malı ayda 2000 adet olmak üzere üretebilmektedir. Bir üretim partisinin hazırlık maliyeti 500 YTL ve bir birim malı bir ay stokta tutmanın maliyeti ise 0,15 YTL'dir. Buna göre optimum üretim miktarını, üretim partileri arasındaki süreyi ve bir yıldaki üretim partilerinin sayısını hesaplayınız.

Çözüm :

- $D=18000$ adet/yıl
- $h= 0.15$ TL/adet*ay : $0.15*12= 1.8$ TL/adet*yıl
- $K= 500$ TL/Hazırlık
- $r= 2000$ adet/ay : $2000*12= 24000$ adet/yıl

Çözüm :

$$q^* = \sqrt{\frac{2 * 500 * 18000}{1.8 \left(1 - \frac{18000}{24000} \right)}} = 6324$$

Çözüm :

- $t_0 = q^*/D = 6324/18000 = 0.351 \text{ yıl} = 128.23 \text{ gün} = 128 \text{ gün}$
- $t_1 = q^*/r = 6324/24000 = 0.2635 \text{ yıl} = 96 \text{ gün}$ (üretimin yapıldığı süre)
- $t_2 = 128 - 96 = 32 \text{ gün}$ (sadece tüketim yapıldığı süre)
- **Üretim Partileri Sayısı** = $365/128 = 2,81 \text{ adet/yıl}$

Fiyat İndirimli Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Bazı durumlarda sipariş miktarına bağlı olarak bir fiyat iskontosu söz konusu olabilir. Belirli bir miktara kadar bir satın alma fiyatı ve söz konusu miktar aşıldıktan sonra ise daha düşük bir satın alma fiyatının olduğu durumlar vardır. Bu durumda satın alma fiyatının modele dahil edilmesi gerekir. Bu modelde belirli bir satın alma miktarından sonra malın birim satın alma fiyatında düşme olmaktadır. Bu model, 1.model'e satın alma miktarına bağlı bir fiyat iskontosu kabulünün ilave edilmesiyle 1.model varsayımlarına göre oluşturulacaktır. Dolayısıyla birinci modeldeki varsayımlar burada da geçerlidir.

Model 4'ün Varsayımları

Bu modelin tüm varsayımları ve özellikleri 1.model ile aynıdır. Bu modeli 1.modelden ayıran en büyük özellik belirli bir sipariş miktarına kadar bir birim satın alma maliyeti bu noktadan sonra ise daha düşük bir birim satın alma maliyetinin geçerli olmasıdır. Sipariş miktarına bağlı fiyat değişim noktaları birden fazla da olabilir. Özetle, büyük sipariş miktarları söz konusu olduğunda bir fiyat iskontosu söz konusu olmaktadır.

Modelin Notasyonu

- D : Talep hızı (birim/birim zaman)
- y : Sipariş miktarı (birim)
- q : fiyat kırılma (değişim) noktası
- K : Hazırlık (sipariş) maliyeti (parabirimi/Sipariş)
- h : Elde bulundurma maliyeti (parabirimi/birim/zaman birimi)
- t_0 : Çevrim uzunluğu (zaman birimi)
- C_1 : $y < q$ olduğunda birim satın alma fiyatı
- C_2 : $y \geq q$ olduğunda birim satın alma fiyatı

- Modelde $C1 > C2$ olmaktadır. Yani, fiyat kırılma noktası (*fiyat değişim noktası*) olarak belirlenmiş olan bir q miktarı veya üzerinde bir miktarda satın alma gerçekleştiğinde malın birim satın alma fiyatı, söz konusu miktarın altında alım yapıldığında ödenen birim satın alma fiyatından daha düşüktür.

Model 4'ün Formülasyonu

- Bu model de, satın alınan miktara bağlı olarak toplam maliyetler aşağıdaki gibi formüle edilir:

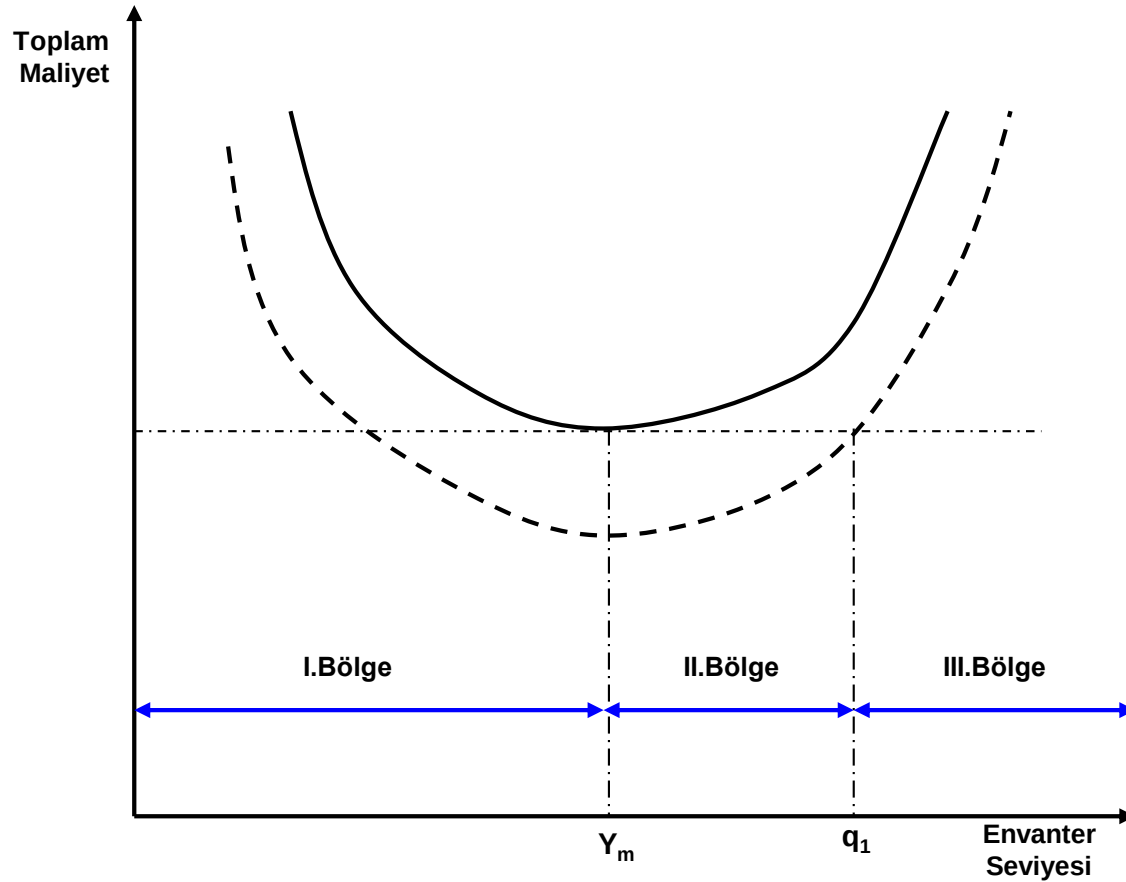
Sipariş miktarı < Fiyat kırılma miktarı ($y < q$) olduğunda birim zaman başına toplam maliyet,

- **$TM1(y) = C1D + KD/y + yh/2$**

Model 4'ün Formülasyonu

- Sipariş miktarı $\geq$ Fiyat kırılma miktarı ($y \geq q$) olduğunda birim zaman başına toplam maliyet,
- $TM2(y) = C_2D + KD/y + yh/2$

TM1(y) ve TM2(y) Fonksiyonları



Model 4'ün Formülasyonu

- İki toplam maliyet fonksiyonu da satın alma maliyeti dışında aynı olduğundan minimumları bir noktada kesişir. Bu durumda ekonomik sipariş miktarı şöyledir:

ESM :

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

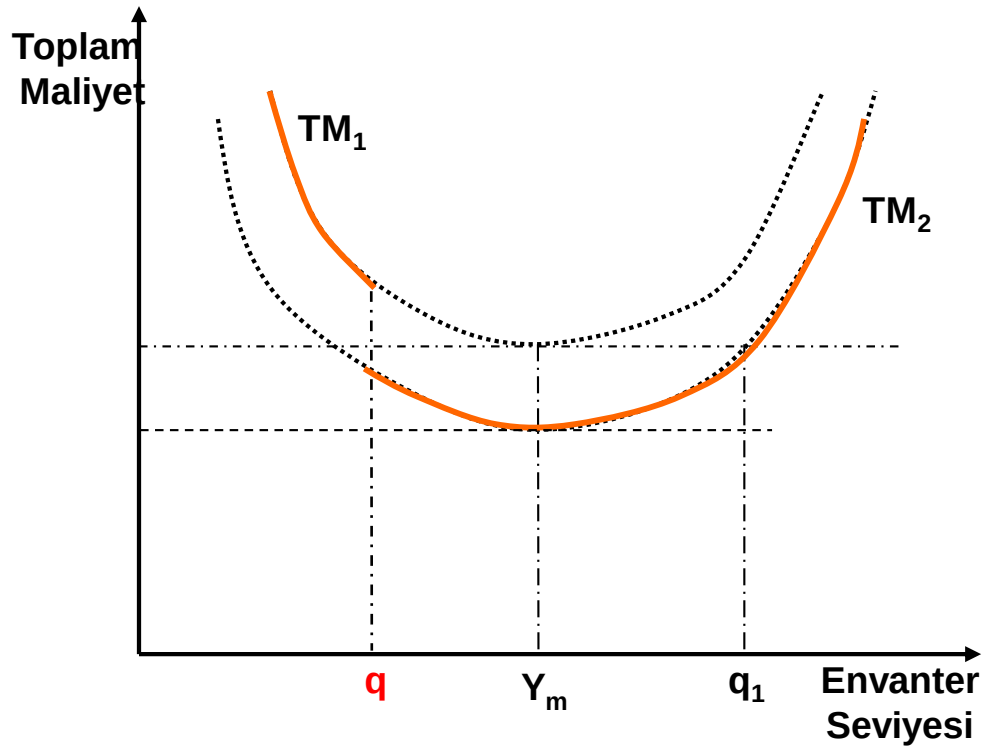
Model 4'ün Formülasyonu

Toplam maliyet fonksiyonu, $TM1(y)$ ile soldan başlar ve fiyat değişim noktası q 'dan sonra $TM2(y)$ eğrisine geçerek bu eğri üzerinde devam eder. Böyle bir durumda ekonomik sipariş miktarı, fiyat değişim noktasının üç bölgeden hangisinde bulunduğuyla ilgili olarak belirlenir. Bu üç bölge $(0, y_m)$, (y_m, q_1) ve (q_1, ∞) 'dur ve q bu üç bölgeden birindedir. Bu üç bölgeden I. ve II. bölgenin sınırı olan y_m yukarıdaki formül ile belirlenir. III.bölge'nin belirlenmesi için de q_1 'in belirlenmesi gerekir. q_1 ise aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$TM2(q_1) = TM1(y_m)$$

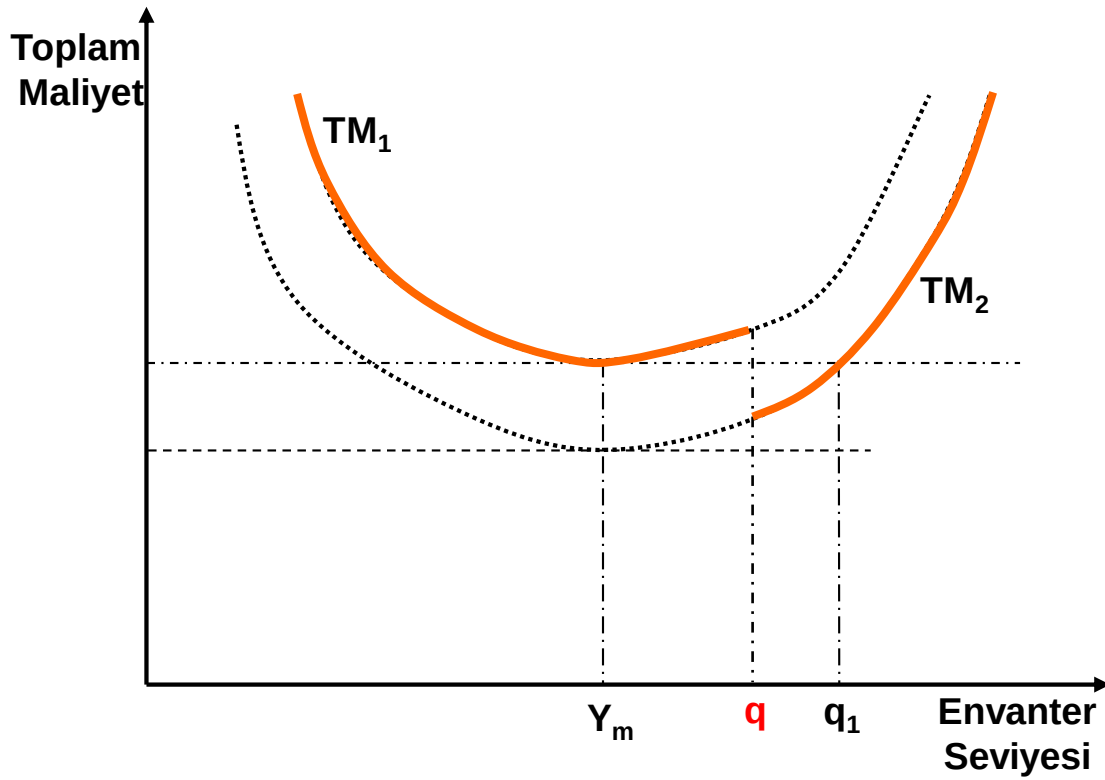
1.Durum:

- q , I.bölgede ise ($0 \leq q < Y_m$) $y^* = Y_m$ olur.



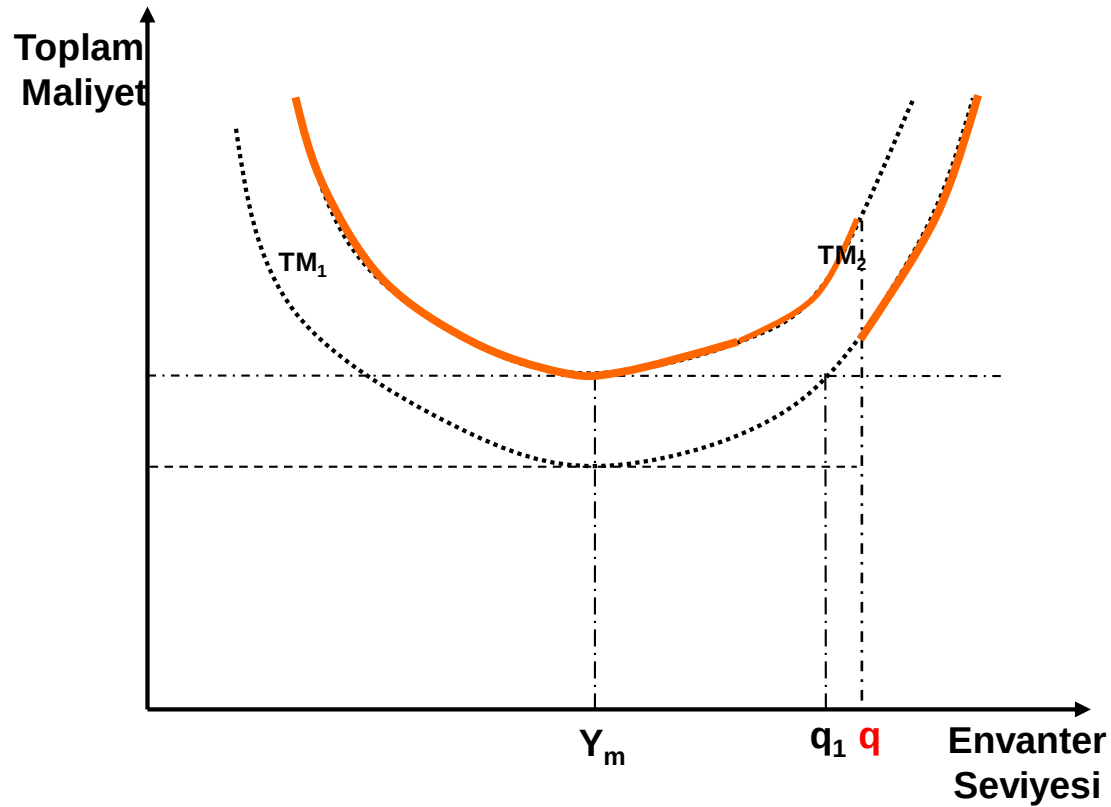
2.Durum:

- q , II.bölgede ise ($Y_m \leq q < q_1$) $y^*=q$ olur.



2.Durum:

q , III.bölgede ise ($q \geq q_1$) $y^*=Y_m$ olur.



Optimal Sipariş Miktarının Belirlenmesi

- **1.Adım:**

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

olarak belirle. Böylece 1.bölge tanımlanmış olur. Eğer fiyat değişim noktası q 1.bölgede ise $y^* = y_m$ olur. Aksi halde q , 2.veya 3.bölgededir ve bu yüzden q_1 'in tanımlanması gereklidir. Bu durumda 2.adıma geçilir.

- **2.Adım:** q_1 'in değeri $TM_2(q_1) = TM_1(y_m)$ eşitliğinden bulunarak 2.ve 3.bölgeler tanımlanır.

Eğer q 2.bölgede ise $y^* = q$ 'dur.

Aksi halde q 3.bölgededir ve $y^* = y_m$ 'dir.

Örnek

- Bir kimya şirketi bir hammaddeden günde 187.5 litre tüketmektedir. Şirket hammaddenin 1 litresini 3 dolardan satın almaktadır. Eğer şirket 1000 litre veya daha fazla miktarlarda satın alırsa fiyat indirimi söz konusu olmakta ve bir litre hammadde için 2,5 dolar ödemektedir. Şirketin 1 litre hammaddeyi 1 gün elde bulundurmasının maliyeti 0,02 dolardır. Ayrıca bir siparişin verilmesinin maliyeti de 20 dolar olmaktadır. Hammaddenin tedarik süresi ise 2 gündür. Buna göre optimal politikayı belirleyin.

Çözüm:

- $D = 187.5$ litre/gün
- $h = 0.02$ dolar/litre gün
- $K = 20$ dolar / sipariş
- $C1 = 3$ dolar / litre
- $C2 = 2.5$ dolar / litre
- $q = 1000$ litre (Fiyat değişim noktası)
- $L = 2$ gün

Çözüm:

- 1.Adım: $y_m = \sqrt{\frac{2KD}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 20 * 187.5}{0.02}}$
- = 612.37 litre. 1.bölge: (0; 612.37)

$q = 1000$, $y_m = 612.37$ 'den büyüktür. Bu durumda q 1.bölgenin dışındadır.

Çözüm:

- 2.Adım:
- q_1 belirlenmelidir.
- $TM_2(q_1) = TM_1(y_m)$
- **$C_2D + KD/q_1 + q_1h/2 = C_1D + KD/y_m + y_mh/2$**
- Değerler yerine konulursa:

$$2.5 * 187.5 + \frac{20 * 187.5}{q_1} + \frac{0.02 * q_1}{2} = 3 * 187.5 + \frac{20 * 187.5}{612.37} + \frac{0.02 * 612.37}{2}$$

Çözüm:

$$0.01q_1^2 - 106q_1 + 3750 = 0$$

- elde edilir. Bu ikinci dereceden bir denklemdir. İkinci dereceden bir denklemin iki kökü vardır. Denklem çözülür ve burdan da $q_1=10564.5$ ($>y_m$) olarak bulunur. Her zaman y_m 'den büyük olan kök seçilir. Böylece 2. ve 3.bölge de belirlenmiş olur.
- 2.Bölge : (612.37; 10564.5)
- 3.Bölge : (10564.5; ∞) olur.

Çözüm:

- $q = 1000$ 'dir ve 2.bölgede dir. Bu durumda optimal sipariş miktarı $y^* = q = 1000$ litredir. İskontodan faydalanılır.
- Tedarik süresi 2 gün olarak verildiğinden, yeniden sipariş noktası
- $YSN = DL = 187.5 * 2 = 375$ litre olur.
- Böylece optimal politika şöyle olur:
- Stok düzeyi 375 litre'ye düştüğünde 1000 litre sipariş ver şeklindedir.

Dinamik Ekonomik Sipariş Miktarı Modelleri

- Dinamik ekonomik sipariş miktarı modellerinde stok seviyesi sonlu sayıda eşit periyotlar boyunca gözden geçirilir. Ayrıca periyot başına talep deterministik olmasına rağmen dinamiktir, yani talep periyottan periyoda değişir. Fakat bu değişim deterministiktir. Örneğin talep 1.periyotta 20 adet, 2.periyotta 45 adet, 3.periyotta 35 adet gibi. Değişken deterministik talebin ortaya çıktığı bu durum Malzeme İhtiyaç Planlamasıdır.
- Burada dinamik ekonomik sipariş miktarı modellerine bir giriş olmak üzere sadece bir model açıklanacaktır. Burada amaç söz konusu modellerin genel yapısını ana hatlarıyla ortaya koymaktır.

Hazırlık Maliyetsiz Dinamik ESM Modeli

Bu modelde planlama ufku n sayıda eşit periyottan meydana gelir. Her bir periyotta normal mesai, fazla mesai, fason ve benzeri çeşitli üretim düzeyleri söz konusu olmaktadır. Her bir üretim düzeyinin üretim kapasitesi ve toplam üretim kapasitesi sınırlı bir kapasiteye sahiptir. Bu modelde talebin her zaman sistemin üretim kapasitesinden az olduğu kabul edilmektedir (**$Arz \geq Talep$**). Yani her zaman talebi karşılayacak bir üretim kapasitesi vardır. Ayrıca içinde bulunulan periyotta, elde bulundurma maliyetine katlanması koşulu ile daha sonraki periyotların üretimi de gerçekleştirilebilir.

Modelin Varsayımları

Modelin varsayımları olarak aşağıdakileri sayabiliriz:

- Periyotların hiçbirinde hazırlık maliyeti oluşmaz
- Elde mal bulundurmamaya izin verilmez
- Herhangi bir periyotta birim üretim maliyet fonksiyonu ya sabittir veya artan marjinal maliyete sabittir
- Herhangi bir periyotta elde mal bulundurmama maliyeti sabittir, periyot içerisinde değişmez fakat periyottan periyoda değişebilir.

Modelin Varsayımları

Bu envanter modeli bir transport modeli gibi ifade edilebilir. Burada satırlar farklı üretim düzeylerini gösterir. Buna karşılık sütunlar da, her bir periyottaki talepleri göstermektedir. Satırların karşılıklarına ilgili üretim düzeyinin kapasiteleri yazılırken, sütunların karşılıklarına ise karşılık gelen periyottaki talepler yazılır. Son sütun arz ve talep arasındaki farktır. Başka bir deyişle, toplam üretim kapasite ile toplam talep arasındaki farktır. Bu fark fazlalık kapasiteyi göstermektedir. Modelin temel yapısına göre her periyottaki talep içinde bulunan periyotta veya daha önceki periyotlarda mutlaka karşılanmalıdır. Herhangi bir periyodun talebi daha sonraki periyotlara aktarılamaz.

Modelin Notasyonu

- Modelin notasyonu aşağıdaki gibidir:
- a_{Ni} : i.peryottaki normal mesai kapasitesi
- a_{Fi} : i.peryottaki fazla mesai kapasitesi
- c_i : i.peryotta normal mesaideki birim üretim maliyeti
- d_i : i.peryotta fazla mesaideki birim üretim maliyeti
- b_i : i.peryottaki talep
- h_i : i.peryotta bir birimi bir periyot elde bulundurma maliyeti
- s : Toplam kapasite – Toplam talep

Modelin Formülasyonu ve Çözümü

Periyotlar								
		1	2	3	...	N	fazlalık	ARZ (KAPASİTE)
Üretim Düzeyleri	N1	c_1	c_1+h_1	$c_1+h_1+h_2$	...	$c_1+h_1+h_2+\dots+h_{n-1}$	0	aN1
	F1	d_1	d_1+h_1	$d_1+h_1+h_2$	...	$d_1+h_1+h_2+\dots+h_{n-1}$	0	aF1
	N2		c_2	c_2+h_2	...	$c_2+h_2+h_3+\dots+h_{n-1}$	0	aN2
	F2		d_2	d_2+h_2	...	$d_2+h_2+h_3+\dots+h_{n-1}$	0	aF2
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
	Nn				...	c_n	0	aNn
	Fn				...	d_n	0	aFn
	TALEP:	b1	b2	b3		bn	s	

Modelin Formülasyonu ve Çözümü

- Çözüm 1.peryottan başlayarak periyot periyot talepleri dengeleyerek elde edilir. Herbir periyodun talebi öncelikle ilgili sütundaki sıfırdan büyük bir kapasiteye sahip en düşük maliyetli hücreden karşılanır. Yapılan atama miktarınca arz ve talep yeniden düzenlenir. Bir periyot tamamen karşılandıktan sonra bir sonraki periyodun talebinin karşılanmasına geçilir.

Örnek Olay ve Çözümü

- Aşağıdaki verilere sahip 4 periyotlu bir üretim çizelgeleme problemini göz önüne alalım.

Periyot	aNi	aFi	bi
1	100	60	120
2	170	70	250
3	90	80	150
4	200	30	260

- Tüm periyotlardaki üretim maliyetleri aynıdır. Normal mesaide bir birimi üretmenin maliyeti $c_i=5$ TL/adet, fazla mesaide bir birimi üretmenin maliyeti ise $d_i=7$ TL/adet'tir. Stokta tutma maliyeti de tüm periyotlar için sabittir ve herbir periyotta bir birimi periyot başına elde bulundurma maliyeti $h_i=1$ TL/adet.periyot'tur. Buna göre optimal üretim çizelgesini belirleyiniz

ÇÖZÜM

- Öncelikle periyot periyot toplam kapasite ile toplam talep karşılaştırılır. Burada kümülatif olarak toplam kapasite her zaman toplam talepten büyük olmalıdır.

1.periyot	: $100+60 = 160 \geq$	120
2.periyot	: $170+70 = 240 \geq$	370
3.periyot	: $90+80 = 170 \geq$	520
4.periyot	: $200+30 = 230 \geq$	780

- Toplam talep : 780 adet
- Toplam kapasite : 800 adet
- Fazlalık : $s = 800-780 = 20$ adet

1.Periyodun Talebinin Karşılanması

	1	2	3	4	Fazlalık	<u>Kapasite</u>
N1	5 100	6	7	8	0	<u>100</u>
F1	7	8	9	10	0	60
N2		5	6	7	0	170
F2		7	8	9	0	70
N3			5	6	0	90
F3			7	8	0	80
N4				5	0	200
F4				7	0	30
Talep:	<u>120</u> 20	250	150	260	20	

1.Periyodun Talebinin Karşılanması

	1	2	3	4	Fazlalık	<u>Kapasite</u>
N1	5 100	6	7	8	0	<u>100</u>
F1	7 20	8	9	10	0	<u>60</u> 40
N2		5	6	7	0	170
F2		7	8	9	0	70
N3			5	6	0	90
F3			7	8	0	80
N4				5	0	200
F4				7	0	30
Talep:	<u>120</u> <u>20</u>	250	150	260	20	

2.Periyodun Talebinin Karşılanması

	1	2	3	4	Fazlalık	<u>Kapasite</u>
N1	5 100	6	7	8	0	<u>100</u>
F1	7 20	8 10	9	10	0	<u>60</u> <u>40</u> 30
N2		5 170	6	7	0	<u>170</u>
F2		7 70	8	9	0	<u>70</u>
N3			5	6	0	90
F3			7	8	0	80
N4				5	0	200
F4				7	0	30
Talep:	<u>120</u> <u>20</u>	<u>250</u> <u>80</u> <u>10</u>	150	260	20	

2.Periyodun Talebinin Karşılanması

	1	2	3	4	Fazlalık	<u>Kapasite</u>
N1	5 100	6	7	8	0	<u>100</u>
F1	7 20	8 10	9	10	0	<u>60</u> <u>40</u> 30
N2		5 170	6	7	0	<u>170</u>
F2		7 70	8	9	0	<u>70</u>
N3			5	6	0	90
F3			7	8	0	80
N4				5	0	200
F4				7	0	30
Talep:	<u>120</u> <u>20</u>	<u>250</u> <u>80</u> <u>10</u>	150	260	20	

3.Periyodun Talebinin Karşılanması

	1	2	3	4	Fazlalık	<u>Kapasite</u>
N1	5 100	6	7	8	0	<u>100</u>
F1	7 20	8 10	9	10	0	<u>60</u> <u>40</u> <u>30</u>
N2		5 170	6	7	0	<u>170</u>
F2		7 70	8	9	0	<u>70</u>
N3			5 90	6	0	<u>90</u>
F3			7 60	8	0	<u>80</u> 20
N4				5	0	200
F4				7	0	30
Talep:	<u>120</u> <u>20</u>	<u>250</u> <u>80</u> <u>10</u>	<u>150</u> <u>60</u>	260	20	

3.Periyodun Talebinin Karşılanması

	1	2	3	4	Fazlalık	<u>Kapasite</u>
N1	100 5	6	7	8	0	<u>100</u>
F1	20 7	10 8	9	10 10	20 0	<u>60</u> <u>40</u> <u>30</u> 20
N2		170 5	6	7	0	<u>170</u>
F2		70 7	8	9	0	<u>70</u>
N3			90 5	6	0	<u>90</u>
F3			60 7	8 20	0	<u>80</u> <u>20</u>
N4				5 200	0	<u>200</u>
F4				7 30	0	<u>30</u>
Talep:	<u>120</u> <u>20</u>	<u>250</u> <u>80</u> <u>10</u>	<u>150</u> <u>60</u>	<u>260</u> <u>60</u> <u>30</u> <u>10</u>	20	

Elde Edilen Çözüm

- 1.periyodun normal mesaisinde 1.periyot talebi için 100 birimlik üretim; 1.periyodun fazla mesaisinde 1.periyodun talebi için 20 birimlik üretim, 2.periyodun talebi için 20 birimlik üretim ve 4.periyot için 10 birimlik üretim yapılır.
- 2.periyodun normal mesaisinde 2.periyodun talebi için 170 birimlik üretim ve 2.periyodun fazla mesaisinde ise 2.periyodun talebi için 70 birimlik bir üretim gerçekleştirilir.
- 3.periyodun normal mesaisinde 3.periyodun talebi için 90 birimlik üretim ve 3.periyodun fazla mesaisinde de 3.periyodun talebi için 60 birimlik bir üretim ayrıca 4.periyottaki talep için de 20 birimlik bir üretim planlanır.
- 4.periyodun normal mesaisinde 4.periyodun talebi için 200 birimlik üretim ve 4.periyodun fazla mesaisinde ise 4.periyodun talebi için 30 birimlik bir üretim gerçekleştirilir.
- Bu planlama ufkundaki fazla kapasite de 20 birimdir.
- Politikanın toplam maliyeti = $5 \cdot 100 + 7 \cdot 20 + 8 \cdot 10 + 5 \cdot 170 + \dots + 7 \cdot 30$
=TL'dir.