

# EME 3117

## SİSTEM SİMÜLASYONU

### Simulasyon Örnekleri Ders 3

## Giriş

Simülasyon problemlerinin önemli bir bölümü stok sistemlerini içerir. Bu derste basit bir stokastik stok kontrol sistemi ele alınıp, sistemin işleyişi elle simule edilecektir.

## Sürekli / Periyodik Gözden Geçirme

Stokların gözden geçirilme yöntemi açısından Stok Kontrol yöntemlerini iki bölümde incelemek mümkündür:

- **Sürekli Gözden Geçirme:** Stokların durumu her an bilinir. Stokların sürekli gözlenmesi için anlık stok güncellenmesini tetikleyen (talep, sipariş vb.) işlemlerin gözlenmesi yeterlidir.
- **Periyodik Gözden Geçirme:** Sadece her R zaman periyodunda stokların durumu belirlenir.

## Ertelenmiş Talep (Backorder) / Kayıp Satış (Lost Sales)

Stoktan karşılanamayan talebin ne olacağına göre de stok sistemleri iki bölümde incelenir:

- **Ertelenmiş Talep (Backorder):** Stoklardan karşılanamayan talep ertelenir (backorder) ve yeterince ürün içeren bir sipariş gelir gelmez karşılanır.
- **Kayıp Satış (Lost Sales):** Stoktan karşılanamayan talep kaybolur; müşteri talebini karşılamak için başka yere gider.

## Stok Pozisyonu (Inventory Position, IP)

**Tanım (IP):** Gelecekteki talebi karşılayabilme yeteneğinin ölçüsüdür.

$I_p$ : Stok pozisyonu  
 $I_L$ : Eldeki stok miktarı (stok düzeyi)  
 $I_O$ : Sipariş edilmiş, ancak henüz ulaşmamış ürün miktarı

$$I_p = I_L + I_O - \text{Backorder (Ertelenmiş Talep)}$$

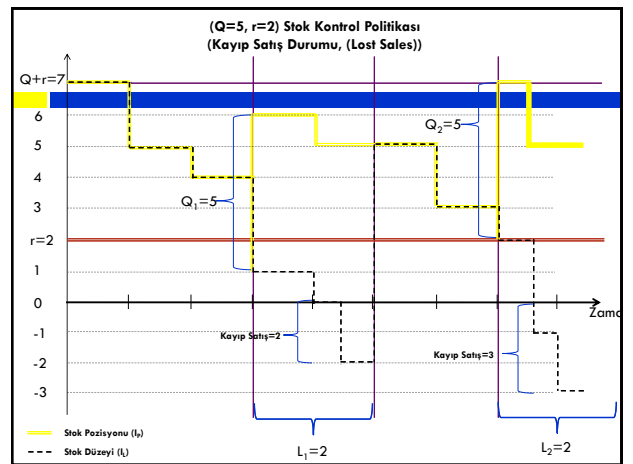
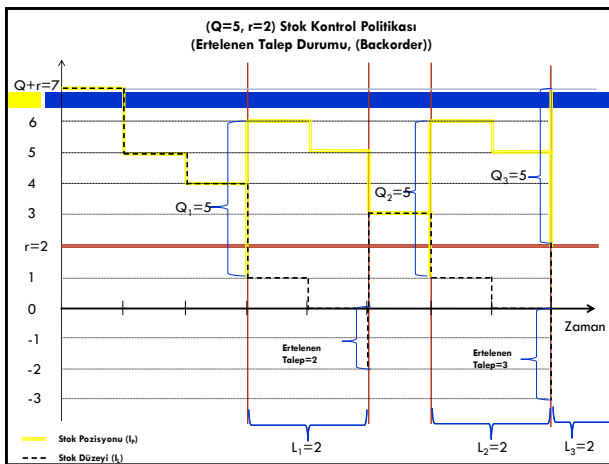
**Sipariş Çevrimi:** Birbirini takip eden stok yenilemeleri arasındaki zaman periyodudur.

## (Q,r) Sürekli Gözden Geçirme Stok Politikası

(Q,r) stok politikasının iki parametresi vardır:

- **Q:** Sabit sipariş miktarı
- **r (must order level):** Stokların yenilenmesini tetikleyen seviye

Bu stok politikasında stok pozisyonu r yada altına düştüğünde, sabit Q miktarında sipariş verilir.



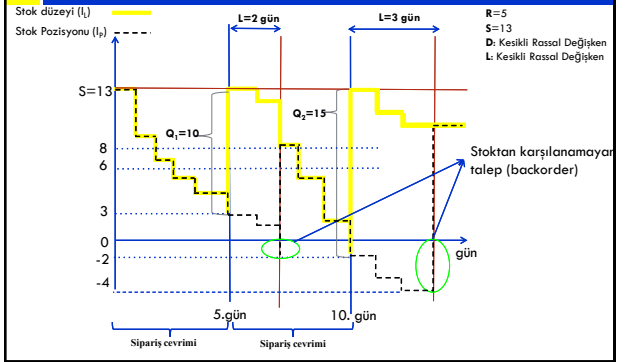
## (R,S) Periyodik Gözden Geçirme Stok Politikası

Bu stok politikasının iki parametresi vardır:

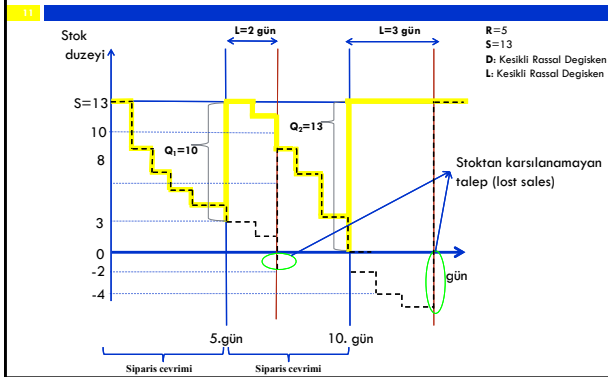
- **R:** Stokların belirlenme periyodu
- **S (Up to level):** Stokların yenileneceği üst seviye

Bu stok politikasında stok pozisyonu R birim zamanda bir belirlenir ve S'ye tamamlanır.

## (R,S) Stok Politikası (Backorder)



## (R,S) Stok Politikası (Lost Sales)



## Örnek

12

ABC işletmesi stoklarındaki bir ürün çeşidini  $R=5$  günlük periyotlarla gözden geçirmekte ve ürünün stoklarını  $S=13$  adete tamamlamaktadır. Ürün talebi Kesikli Rassal Değişkendir ve verilen dağılıma sahiptir. Benzer şekilde ürün siparişlerinin tedarik süresi de Kesikli Rassal Değişkendir ve verilen dağılıma uymaktadır. 4 sipariş çevrimi için stok sisteminde ertelenmiş talep (backorder) ve kayıp satış (lost sales) durumlarını ayrı ayrı simüle ederek 1. ve 2. tip hizmet düzeylerini tahmin edin.

Simülasyonu elde 4 adet ürün elde stoku ve 1 gün sonra (2. günün başında) teslim edilmesi programlanmış 9 adet siparişle başlatın.

## Örnek (devam)

13

D: Talep (adet/gün)

d	1	2	3	4	5
P(D=d)	0,10	0,25	0,35	0,21	0,09

L: Tedarik Süresi (gün)

l	1	2	3
P(L=l)	0,6	0,3	0,1

## Çözüm

14

d	f(d)	F(d)	Rassal Sayı Ataması
1	0,10	0,10	$0 < RS \leq 0,10$
2	0,25	0,35	$0,10 < RS \leq 0,35$
3	0,35	0,70	$0,35 < RS \leq 0,70$
4	0,21	0,91	$0,70 < RS \leq 0,91$
5	0,09	1	$0,91 < RS \leq 1$

l	f(l)	F(l)	Rassal Sayı Ataması
1	0,6	0,6	$0 < RS \leq 0,6$
2	0,3	0,9	$0,6 < RS \leq 0,9$
3	0,1	1	$0,9 < RS \leq 1$

## Çözüm (devam)

15

Müşteri	Çevrim 1		Çevrim 2		Çevrim 3		Çevrim 4	
	RS	Talep	RS	Talep	RS	Talep	RS	Talep
1	0,08	1	0,03	1	0,47	3	0,42	3
2	0,35	2	0,87	4	0,45	3	0,87	4
3	0,65	3	0,27	2	0,48	3	0,26	2
4	0,81	4	0,73	4	0,17	2	0,07	1
5	0,54	3	0,05	1	0,09	1	0,28	2

Rassal Sayılar:

0,08 0,35 0,65 0,81 0,54 0,42  
0,03 0,87 0,27 0,73 0,05 0,95  
0,47 0,45 0,48 0,17 0,09 0,73  
0,42 0,87 0,26 0,07 0,28 0,15

Sipariş	RS	Tedarik Süresi
1	0,42	1
2	0,95	3
3	0,73	2
4	0,15	1

## Çözüm 1) (Backorder)

16

$$I_p = 4 + 9$$

Çevrim	Gün	Başlangıç Stok Pozisyonu ( $I_0$ )	Başlangıç Stok Düzeyi ( $I_1$ )	Talep	Bitiş Stok Pozisyonu ( $I_2$ )	Bitiş Stok Düzeyi ( $I_3$ )	Backorder	Sipariş miktar	Siparişin Varışına Kalan Süre
1	1	13	4	1	12	3	-	-	1
	2	12	12	2	10	10	-	-	0
	3	10	10	3	7	7	-	-	-
	4	7	7	4	3	3	-	-	-
	5	3	3	3	0	0	-	13	1
2	1	13	0	1	12	0	1	-	1
	2	12	12	4	8	8	-	-	0
	3	8	8	2	6	6	-	-	-
	4	6	6	4	2	2	-	-	-
	5	2	2	1	1	1	-	12	3

## Çözüm 1) (Backorder)

Çevrim	Gün	Başlangıç Stok Pozisyonu (I <sub>0</sub> )	Başlangıç Stok Düzeyi (I <sub>1</sub> )	Talep	Bitiş Stok Pozisyonu (I <sub>2</sub> )	Bitiş Stok Düzeyi (I <sub>3</sub> )	Backorder	Sipariş miktarı	Siparişin Varsına Kalan Süre	
3	1	13	1	3	10	0	2	-	3	
	2	10	0	3	7	0	3	-	2	
	3	7	0	3	4	0	3	-	1	
	4	4	4	2	2	2	-	-	0	
	5	2	2	1	1	1	-	12	1	
4	1	13	1	3	10	0	2	-	1	
	2	10	10	4	6	6	-	-	0	
	3	6	6	2	4	4	-	-	-	
	4	4	4	1	3	3	-	-	-	
	5	3	3	2	1	1	-	12	3	
		49			11					

## Çözüm 1) (Backorder) (devam)

1. **Tip Hizmet Düzeyi (β<sub>1</sub>) (Çevrim Hizmet Düzeyi):** Bir sipariş çevriminde stokuz kalmama olasılığı, diğer bir deyişle bir çevrimde tüm talebin stoktan karşılanma olasılığı

A: Bir çevrimde stokuz kalmama olayı

$$\beta_1 = P(A)$$

$$\hat{f}_n(A) = \frac{\text{Simulasyondaki (n) çevrim boyunca stokuz kalmayan çevrim sayısı}}{\text{Simulasyondaki toplam çevrim sayısı (n)}}$$

$$\hat{f}_n(A) = P(A) \quad n \rightarrow \infty$$

$$\beta_1 = P(A) = \frac{1}{4} = 0,25$$

Sipariş çevrimlerinin % 25'inde stokuz kalma durumu yaşanmaz.

## Çözüm 1) (Backorder) (devam)

2. **Tip Hizmet Düzeyi (β<sub>2</sub>) (Karşılama Oranı):** Müşteri talebinin stoklardan karşılanma oranı

$$\beta_2 = \frac{\text{Simulasyon süresince stoktan karşılanan talep miktarı}}{\text{Simulasyon süresince gelen toplam talep miktarı}}$$

yada

$$\beta_2 = 1 - \frac{\text{Simulasyon süresince ertelenen talep (backorder) miktarı}}{\text{Simulasyon süresince gelen toplam talep miktarı}}$$

Backorder = 11

Toplam Talep = 49

$$\beta_2 = 1 - \frac{11}{49} \cong 0,776$$

Gelen müşteri taleplerinin % 77,6'sı stoklardan karşılanır.

## Çözüm 1) (Lost Sales)

Çevrim	Gün	Başlangıç Stok Pozisyonu (I <sub>0</sub> )	Başlangıç Stok Düzeyi (I <sub>1</sub> )	Talep	Bitiş Stok Pozisyonu (I <sub>2</sub> )	Bitiş Stok Düzeyi (I <sub>3</sub> )	Lost Sales	Stoktan Karşılanan Talep	Sipariş miktarı	Siparişin Varsına Kalan Süre
1	1	13	4	1	12	3	-	1	-	1
	2	12	12	2	10	10	-	2	-	0
	3	10	10	3	7	7	-	3	-	-
	4	7	7	4	3	3	-	4	-	-
	5	3	3	3	0	0	-	3	13	1
2	1	13	0	1	13	0	1	0	-	1
	2	13	13	4	9	9	-	4	-	0
	3	9	9	2	7	7	-	2	-	-
	4	7	7	4	3	3	-	4	-	-
	5	3	3	1	2	2	-	1	11	3

## Çözüm 1) (Lost Sales) (Devam)

Çevrim	Gün	Başlangıç Stok Pozisyonu ( $I_0$ )	Başlangıç Stok Düzeyi ( $I_1$ )	Talep	Bitiş Stok Pozisyonu ( $I_2$ )	Bitiş Stok Düzeyi ( $I_3$ )	Lost Sales	Stoktan Karşılana Talep	Sipariş miktarı	Siparişin Varışına Kalan Süre	
3	1	13	2	3	11	0	1	2	-	3	
	2	11	0	3	11	0	3	0	-	2	
	3	11	0	3	11	0	3	0	-	1	
	4	11	11	2	9	9	-	2	-	0	
	5	9	9	1	8	8	-	1	5	1	
4	1	13	8	3	10	5	-	3	-	1	
	2	10	10	4	6	6	-	4	-	0	
	3	6	6	2	4	4	-	2	-	-	
	4	4	4	1	3	3	-	1	-	-	
	5	3	3	2	1	1	+	+	2	12	3
							8	41			

## Çözüm 2) (Lost Sales) (devam)

1. **Tip Hizmet Düzeyi ( $\beta_1$ ):** Bir sipariş çevriminde stoksuz kalmama olasılığı, diğer bir deyişle bir çevrimde tüm talebin stoktan karşılanma olasılığı

A: Bir çevrimde stoksuz kalmama olayı

$$\beta_1 = P(A)$$

$$f_n(A) = \frac{\text{Simulasyondaki (n) çevrim boyunca stoksuz kalmayan çevrim sayısı}}{\text{Simulasyondaki toplam çevrim sayısı (n)}}$$

$$f_n(A) = P(A) \quad n \rightarrow \infty$$

$$\beta_1 = P(A) = \frac{2}{4} = 0,50$$

Sipariş çevrimlerinin % 50'sinde stoksuz kalma durumu yaşanmaz.

## Çözüm 2) (Lost Sales) (devam)

2. **Tip Hizmet Düzeyi ( $\beta_2$ ):** Müşteri talebinin stoktan karşılanma oranı

$$\beta_2 = \frac{\text{Simulasyon süresince stoktan karşılanan talep miktarı}}{\text{Simulasyon süresince gelen toplam talep miktarı}}$$

$$= 1 - \frac{\text{Simulasyon süresince kaybolan talep (lost sales) miktarı}}{\text{Simulasyon süresince gelen toplam talep miktarı}}$$

Toplam Talep = Stoktan Karşılana Talep + Kaybolan Talep

$$\beta_2 = 1 - \frac{\text{Simulasyon süresince kaybolan talep (lost sales) miktarı}}{\text{Simulasyon süresince (stoktan karşılanan talep + kaybolan talep)}}$$

Lost Sales = 8  
Stoktan Karşılana = 41

$$\beta_2 = 1 - \frac{8}{41 + 8} = 0,836$$

Gelen müşteri talebinin % 83,6'sı stoklardan karşılanır.