

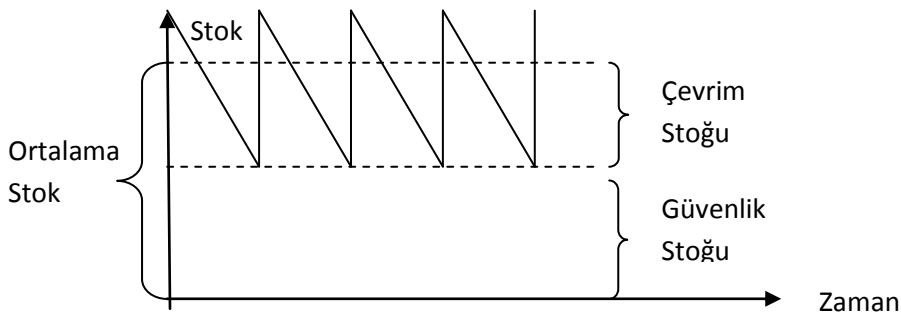
## 11.1 TEDARİK ZİNCİRİNDE GÜVENLİK STOĞUNUN ROLÜ

Güvenlik stoğu talebin tahmin edileni aşması durumunda oluşan talebi karşılamak için elde tutulan bir stoktur. Talep tahminlerindeki belirsizlik ve talebin tahmin edileni aşması durumunda ürün yokluğu ile karşılaşılması için güvenlik stoğu tutulur. Örneğin Bloomingdales (A.B.D.'de bir mağazalar zinciri), Gucci'nin (bir İtalyan üretici) çantalarını satar. İtalya'ya yüksek nakliye masraflarından dolayı Bloomingdales'daki yönetici 600 çanta büyüklüğünde partiler halinde sipariş vermektedir. Bloomingdales'daki ortalama talep haftalık 100 çantadır. Gucci, Bloomingdales'in talebini üç hafta da karşılamaktadır. Eğer talepte bir belirsizlik yoksa ve tam olarak haftada 100 çanta satılabiliyorsa, Bloomingdales'deki yönetici elinde 300 çanta kaldığı an yeni sipariş verecektir. Bu durumda son çanta satıldığı an, yeni parti Bloomingdales'in eline ulaşmış olacaktır.

Talep tahminlerinde hatasız olunmaya çalışılır. Talebin hatalı tahmin edilmesi durumunda gerçekleşen talep 300 çantadan fazla veya az olabilir. Eğer talep 300 den fazla ise Bloomingdales bu fazlalığı karşılayamayacak ve bu ona potansiyel karların kaybedilmesi olarak yansıyacaktır. Bu nedenle yönetici, Gucciye siparişini elinde hala 400 çanta varken vermeye karar verir. Bu politika yöneticinin var olan ürün varlığını iyileştirmesini sağlayacaktır; çünkü bu durumda mağaza, sadece talebin üç haftalık sürede 400 çantayı aşması durumunda stoksuz kalacaktır. Eğer haftalık ortalama talep miktarı 100 çanta ise, yeni parti eline ulaştığında mağazanın elinde hala ortalama 100 çantalık bir stok bulunuyor olacaktır. Güvenlik stoğu yeni bir parti geldiğinde hala elde bulunan ortalama stok miktarıdır. Bu nedenle, Bloomingdales'in güvenlik stoğu olarak elinde bulundurduğu çanta sayısı 100'dür.

Eğer parti büyüklüğü 600 ( $Q=600$ ) çanta ise, çevrim stoğu  $Q/2=300$  çantadır. Bloomingdales'daki stok durumu Şekil 11.1 de gösterilmiştir. Şekil Bloomingdales'daki ortalama stoğun çevrim stoğu ve güvenlik stoğu toplamı olduğunu göstermektedir.

Bu örnek Tedarik zinciri yöneticisinin güvenlik stoğunu belirlerken göz önünde bulundurması gereken ödünleşmeyi (denge) gösterir. Güvenlik stoklarını arttırmak, bir yandan, ürün varlığını ve dolayısıyla müşteri satın almalarından elde edilen kar miktarını artırırken; diğer yandan da ürünün elde bulundurma maliyetini artırır. Bu sorun ürün ömürlerinin çok kısa ve talebin aşırı dalgalanma gösterdiği endüstrilerde özellikle önemlidir. Aşırı stok bulundurmak, talepteki dalgalanmalara karşı işe yarayabilir, ancak eğer pazara yeni ürünler çıkıp, stoktaki ürüne olan talep ortadan kalkarsa bu gerçekten can yakıcı olabilir. Böyle bir durumda elimizdeki stoğun hiçbir değeri kalmayacaktır.



Şekil 1: Güvenlik Stokları ve Stok Profili

Bu günün iş ortamında internet gibi yenilikler, müşterilerin aynı ürünün farklı mağazalarda olup olmadığını araştırmasına olanak sağlamıştır. Örneğin kitap almak için interneti kullanan müşteri Amazon.com da kitaba ulaşamazsa BarnesandNoble.com da ulaşabilmek için siteyi kontrol edecektir. İnternetteki bu arama kolaylığı firmaları ürün varlığında iyileşmeler yapmaya itmiştir. Aynı zamanda kişileştirme yolu ile ürün çeşitliliği de arttırılmıştır. Sonuç olarak, pazarlar geçen gün daha da heterojenleşmekte ve bireysel ürünlere olan talep düzensizleşmekte ve tahmin edilmesi güçleşmektedir. Hem artan ürün çeşitliliği hem de artan ürün varlığı, işletmeleri ellerindeki güvenlik stoklarını arttırmaya yöneltmiştir. İleri teknoloji ürünleri tedarik zincirlerinde ürün çeşitliliği ve yüksek talep belirsizliği olduğundan tutulan stokların önemli bir kısmını güvenlik stokları oluşturmaktadır.

Ürün çeşitliliğinin artmasının yanı sıra, ürün ömürleri de kısalmıştır. Bu nedenle, bu gün çok moda olan bir ürünün yarın demode olacak olması daha muhtemeldir. Bu da işletmelerin stok tutma maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, herhangi bir tedarik zincirinde, başarının anahtarı, ürün varlığı düzeyini düşürmeksizin güvenlik stok düzeyini azaltmanın yollarını bulmaktan geçmektedir.

1998'in başlarında fiyatların düşmesine bağlı olarak Dell ve Compaq (şimdi HP' nin bir parçası) tecrübeleri, güvenlik stoklarının azaltılmasının önemini vurgulayan bir örnektir. . Compaq 100 günlük stok tutarken Dell 10 günlük stok tutuyordu. Fiyatların düşmesi Compaq' i fazladan stok tuttuğu için çok daha kötü etkiledi. Bu durum Compaq in, 1998 in ilk çeyreğini karsız kapayacağını açıklamasına neden oldu.

Dell in başarısının altında yatan temel nedenlerden biri, tedarik zincirinde düşük güvenlik stokları tutarken, müşterilerine yüksek ürün varlığını sağlama yeteneğidir. Bu yetenek, benzer şekilde Wal-Mart ve 7-Eleven'nin (Japonya) başarısında da önemli bir rol oynamaktadır.

Tedarik zincirinde güvenlik stokları belirlenirken dikkate alınması gereken iki önemli soru vardır.

- 1- Uygun güvenlik stoğu seviyesi ne olmalıdır?
- 2- Güvenlik stoklarını azaltırken, ürün varlığını arttırmak için ne gibi önlemler alınmalıdır?

Bu Bölümün geriye kalan kısmı, bu sorular yanıtlanmaya çalışılacaktır. İlk önce, uygun güvenlik stoklarını etkileyen faktörleri ele alacağız.

## **11.2 UYGUN GÜVENLİK STOK DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ**

Uygun güvenlik stoğunu belirlemek iki faktöre bağlıdır.

1-Tedarik ve talepteki belirsizlik

2-İstenen ürün varlığı seviyesi

Talep veya tedarikteki belirsizlikler artarken gerekli güvenlik stok miktarı da artmaktadır. B&M Ofis gereçleri mağazasında satılmakta olan Palm kişisel sayısal ajanda satışlarını ele alalım. Palm yeni bir model sunduğunda talep oldukça belirsizdir. B&M bundan dolayı yüksek güvenlik stoğu tutmaktadır. Pazarın yeni ürüne reaksiyonu netleştikçe, belirsizlikler azalır ve talep artık daha kolay tahmin edilmeye başlanır. Bu noktada B&M talebe bağlı olarak daha az güvenlik stoğu tutar.

Ürün bulunabilirlik seviyesi artıkça gerekli olan güvenlik stok seviyesi artar. Eğer B&M Palm in yeni ürününe ait yüksek ürün varlığı isterse, yüksek güvenlik stoğu tutmalıdır.

Şimdi talepteki belirsizliği ölçme üzerine çalışalım.

### TALEPDEKİ BELİRSİZLİĞİ ÖLÇMEK

Talebin rassal bileşenleri olduğu kadar bir sistematigi de vardır. Tahminde amaç sistematik bileşeni tahmin etmek ve rassal bileşeni hesaplamaktır. Rassal bileşeni hesaplamak talepteki belirsizliğin bir ölçüsüdür ve genellikle talebin standart sapmasıyla hesaplanır.

$D$  =Belli bir periyottaki ortalama talep

$\sigma_D$  =Belli bir periyottaki talebin standart sapması

Şimdilik talebin normal dağıldığını varsayalım. B&M nin Palm için talebinin ortalaması  $D$  ve standart sapması  $\sigma_D$  olan normal dağılıma uyduğunu düşünelim.

Tedarik süresi siparişin verilmesi ile ele geçtiği zaman arasındaki süredir. Tedarik süresini  $L$  ile gösterelim. B&M in örneğinde  $L$ , B&M in Palm ı sipariş vermesi ile siparişin eline geçinceye kadar ki süredir. B&M talepteki belirsizliği belli bir periyot için değil, tedarik süresi boyunca hesaplamalıdır. Şimdi talebin  $k$  periyot boyunca (her bir periyottaki talebin dağılımı verilmektedir) dağılımını hesaplayalım.

Talebin her bir periyotta ( $i=1,2,3,\dots,k$ ) ortalaması  $D_i$ , standart sapması  $\sigma_i$  olan normal dağılıma uyduğunu varsayalım.  $\text{cov}(i, j)$   $i$ . periyot ve  $j$ . periyot arasında talebin kovaryansını gösterebilir.  $k$  periyot boyunca toplam talebin ortalaması  $P$ , standart sapması  $\Omega$ , olan normal dağılıma uyduğu durumda aşağıdaki eşitlik doğru olacaktır.

$$P = \sum_{i=1}^k D_i \text{ ve } \Omega = \sqrt{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2 + 2 \sum_{i,j} \text{cov}(i, j)} \quad (11.1)$$

Kovaryans,

$$\text{cov}(i, j) = \rho \sigma_i \sigma_j$$

$\rho$  korelasyon katsayısını gösterir. İki periyotta talep eğer  $\rho =1$  ise mükemmel pozitif ilişkilidir.  $\rho =-1$  durumunda ise mükemmel negatif ilişkilidir.

$\rho =0$  durumunda ise iki periyottaki talep birbirinden bağımsızdır. Eğer her bir  $k$  periyottaki talep birbirinden bağımsız ve ortalaması  $D$  standart sapması  $\sigma_D$  olan normal dağılıma uyuyorsa denklem 11.1 den,  $k$  periyot boyunca normal dağılmış ortalaması  $P$ , standart sapması  $\Omega$ , olan toplam talep için aşağıdaki eşitlik doğrudur.

$$P = kD, \Omega = \sqrt{k} \sigma_D \quad (11.2)$$

Belirsizliği ölçmenin diğer bir ölçüsü değişim katsayısıdır(*cv*).Değişim katsayısı Standart sapmanın ortalamaya oranıdır. Ortalaması  $\mu$  standart sapması  $\sigma$  olan talep için,

$$cv = \sigma / \mu$$

Değişim katsayısı, talebe bağlı belirsizliğin boyutunu ölçer. Ortalaması 100, standart sapması 100 olan bir ürün için talep belirsizliği ortalaması 1000 standart sapması 100 olan ürüne göre daha fazladır. Sadece standart sapmaya bakarak bu farkı anlayamayız.

## ÜRÜN VARLIğINI ÖLÇMEK

Ürün varlığı firmanın müşteri siparişini stoğundan karşılayabilmesidir. Stoksuzluk müşterinin siparişinin ürünün olmadığı bir zamanda gelmesidir. Ürün varlığını ölçmenin pek çok yolu vardır. Bunların hepsi verilen bir zaman çerçevesinde ortalama olarak tanımlanmaktadır.

1-Ürün Karşılama Oranı( $f_r$ ): Ürün talebinin stokta bulunan üründen karşılanmasıdır. Ürünün stoktan karşılanma oranına eşittir. B&M in 100 Palm sipariş aldığını ve bunun 90 tanesini stoktan karşıladığını varsayalım. Bu durumda ürün karşılama oranı %90 olacaktır.

2-Sipariş karşılama oranı: Stoktan karşılanan siparişleri ifade eder. Çoklu ürün durumlarında sipariş sadece tüm ürünlerin stokta olması durumunda karşılanır. B&M i düşünürsek Müşteri Palm ile beraber hesap makinesi de istiyorsa sipariş iki ürünün birden stokta olması durumunda karşılanacaktır. Sipariş karşılama oranı ürün karşılama oranından daha küçüktür. Çünkü siparişin hazırlanabilmesi için tüm ürünlerin stokta olması gerekir.

3-Çevrim hizmet düzeyi:(  $CHD$ ) Müşteri talebinin karşılanmasıyla biten stok yenileme çevrimi olarak ifade edilir. Stok yenileme çevrimi, başarılı iki yenileme arasındaki çevrimdir.  $CHD$  stok yenileme çevrimi boyunca stoksuz kalmama oranına eşittir. B&M stok yenileme çevriminde 600 parti büyüklüğünde Palm sipariş versin, başarılı iki stok yenilemesi arasındaki süre stok yenileme çevrimidir. Eğer B&M siparişlerin 10 stok yenileme çevriminden 6 sıvı stoktan karşılıyorsa  $CHD$  oranı 0.60 dır. Böylelikle çevrimlerin % 60 ında stoksuzluk yaşanmayacak ve müşteri siparişleri stoktan karşılanacaktır. Çevrimin % 40 ında stoksuzluk yaşanacaktır.

Ürün karşılama oranı ile sipariş karşılama oranı arasında tek ürün için önemli farklar olmaz iken çoklu ürünlerde bu fark önemli olmaktadır. Örneğin müşterinin 10 veya daha fazla ürün istemesi durumunda 1 ürünü bile stoktan karşılayamaması halinde o ürün olmadan sipariş karşılanamayacaktır. Böyle bir durumda ürün karşılama oranı iyi iken sipariş karşılama oranı düşük olacaktır.

## STOK YENİLEME POLİTİKALARI

Stok yenileme politikaları ne zaman ne kadar sipariş verileceğini karar verme politikasıdır. Bu karar,  $f_r$  ve  $CHD$  ile çevrim ve güvenlik stok miktarlarını belirler. Farklı stok yenileme politikaları vardır. Biz burada iki tanesine dikkat çekmek istiyoruz.

1-Sürekli yenileme: Stok sürekli gözlemlenir ve stok yeniden sipariş verme noktasına düştüğünde Q parti büyüklüğü ile sipariş verilir. Örneğin B&M yi ele alalım mağaza yöneticisinin stoktaki Palmaları sürekli gözlemlediği ve 400 ün altına düştüğünde 600 parti büyüklüğü ile sipariş verdiğini düşünelim.

Sipariş büyüklüğü bir sipariştten diğerine değişmemektedir. Bu durumda siparişler arası süre değişen talebe bağlı olarak artıp azalacaktır.

2-Periyodik Gözlem: Stok seviyesi belirli periyotlarda kontrol edilir ve istenen eşik seviyede tutulmaya çalışılır. B&M i tekrar ele alırsak mağaza yöneticisinin sürekli filmleri kontrol etmeyip her Pazar günü kontrol ettiğinin düşünelim. Yönetici eldeki miktar ile sipariş miktarının toplamı 1000 olacak şekilde rulo film sipariş verecektir. Bu durumda sipariş büyüklüğü değişken talebe bağlı olarak artıp azalacaktır.

Bu stok politikaları rekabetçi değildir fakat güvenlik stoğuna bağlı önemli yönetimsel anahtardır.

### **Verilen Stok yenileme Politikası Dahilinde Servis Çevrim Zamanı ve Karşılama Oranının Hesaplanması**

Verilen stok yenileme politikası dahilinde  $CHD$  ve  $f_r$  hesaplama prosedürlerini tartışacağız. Bu bölümde dikkatimizi sürekli yenileme politikaları üzerine çekeceğiz. Stok yenileme politikaları elimizdeki stoğun  $ROP$  e düştüğünde  $Q$  parti büyüklüğünde sipariş vermeyi içerir. Haftalık talebin ortalaması  $D$ , standart sapması  $\sigma_D$  olan normal dağılıma uygun geldiğini düşünelim. Stok yenileme için tedarik süresi  $L$  hafta olsun.

### **Stok Yenileme Politikası Dahilinde Güvenlik Stoğunu Hesaplamak**

B&M de güvenlik stoğu sipariş geldiğinde eldeki ortalama Palm kadardır. Tedarik süresi  $L$  hafta, haftalık talebi  $D$  alırsak,

Tedarik süresince beklenen talep:  $DL$

Mağaza yöneticisinin stok yenilemeyi Palm lar sipariş verme noktasına geldiğinde gerçekleştiğini düşünürsek,

$$ss = ROP - DL \quad (11.3)$$

Parti elimize ulaşincaya kadar ortalama  $DL$  Palm satılacaktır. Yeni parti geldiğinde elimizde ortalama  $ROP - DL$  stok olacaktır.

### **Örnek 11.1:**

B&M bilgisayarda haftalık talep ortalaması 2500 standart sapması 500 olan normal dağılıma uymaktadır. Üretici B&M in siparişini iki haftada hazırlayabilmektedir. B&M mağaza yöneticisi elindeki Palm lar 6000'e düştüğünde 10000 adet Palm sipariş vermektedir. B&M deki güvenlik stoğunu, ortalama stoğunu ve Palm ların B&M de kaldığı ortalama süreyi hesaplayın.

### **Analiz:**

Ortalama haftalık talep,  $D$ :2500

Standart Sapma,  $\sigma_D$  :500

Stok yenileme tedarik süresi,  $L$ : 2 hafta

Yeniden sipariş noktası: 6000

Ortalama parti büyüklüğü:10000

Güvenlik stoğu:  $ss = ROP - DL = 6000 - 5000 = 1000$

Çevrim Stoğu:  $Q/2 = 10000/2 = 5000$

Ortalama çevrim stoğu+güvenlik stoğu:  $5000 + 1000 = 6000$

B&M ortalama 6000 Palm stok taşıyor. Little formülünü kullanırsak,

Ortalama akış zamanı:  $Ortalama\ Stok / \text{Çıktı} = 6000 / 2500 = 2.4$  hafta

B&M de her bir Palm ortalama olarak sistemde 2.4 hafta geçirir. Şimdi  $\text{ÇHD}$  yi hesaplayalım

### Stok yenileme Politikası Dahilinde Çevrim Servis Seviyesini Hesaplamak

Verilen stok yenileme politikası altında amacımız  $\text{ÇHD}$  yi hesaplamaktır.  $\text{ÇHD}$  stok yenileme çevriminde stoksuz kalmama oranıdır. B&M in  $Q$  parti büyüklüğü ile  $ROP$  de sipariş verdiği sürekli kontrollü stok yenileme politikasına geri dönelim. Tedarik süresi  $L$  hafta ve haftalık talep ortalaması  $D$ , standart sapması  $\sigma_D$  olan normal dağılıma uymaktadır. Stoğun cevap verememesi tedarik süresi boyunca talebin yeniden sipariş verme noktasından büyük olduğu durumda gerçekleşir.

$\text{ÇHD} = \text{Olasılık}(L \text{ haftalık tedarik süresi boyunca talep} \leq ROP)$

Bu olasılığı hesaplamak için talebin tedarik süresi boyunca dağılımını bilmeliyiz. Talebin ortalaması  $D$ , standart sapması  $\sigma_D$  olan normal dağılıma uyduğunu biliyoruz.

$$D_L = DL \quad \text{ve} \quad \sigma_L = \sqrt{L} \sigma_D$$

$$\text{ÇHD} = F(ROP, D_L, \sigma_L) \quad (11.4)$$

### Örnek 11.2

B&M de Palm lar için talep ortalama 2500 standart sapması 500 olan normal dağılıma uymaktadır. Stok yenileme tedarik süresi 2 hafta olup önceki ve sonraki 2 haftadan bağımsızdır. Stokta 6000 Palm olduğu durumda 10000 Palm siparişi verildiği politika altında  $\text{ÇHD}$  yi hesaplayın.

#### Analiz:

$Q:10000$                        $ROP:6000$                        $L:2$  hafta

$D:2500$                        $\sigma_D:500$

Talep zamandan bağımsız olacaktır. Denklem 11.2 yi kullanarak, tedarik süresi boyunca talebin ortalaması  $DL$  standart sapması  $\sigma_D$  olan normal dağılacaktır.

$$D_L = DL = 2 \times 2500 = 5000$$

$$\sigma_L = \sqrt{L} \sigma_D = 707$$

$\text{ÇHD} = \text{Bir çevrim boyunca stoksuz kalma olasılığı} = F(ROP, D_L, \sigma_L)$

$$F(ROP, D_L, \sigma_L) = \text{NORMDIST}(ROP, D_L, \sigma_L)$$

$\text{ÇHD}$  0.92 olarak bulunur bu da B&M nin gelen talebin 0.92 oranında stoktan karşılandığı anlamındadır. Geriye kalan % 8 lik oran stoksuz kalma durumunda ve stokta ürün olmadığı için karşılanamayan orana karşılık gelir.

### Verilen Sipariş Politikası Altında Karşılama Oranını Hesaplamak

Hatırlarsak karşılama oranı stoktan karşılanan müşteri talebinin oranını vermektedir. Perakendeci açısından karşılama oranı çevrim servis seviyesi ile daha ilişkilidir, çünkü perakendeciye satışa dönen talebin oranını hesaplama olanağı tanır. İkisi de birbiriyle çok yakından ilişkilidir. Yükselen çevrim stok seviyesi karşılama oranını da arttıracaktır. Biz, sipariş verme noktasına gelindiğinde  $ROP$ ,  $Q$  kadar sipariş verilen Sürekli yenileme politikası altında karşılama oranının hesaplanması ile ilgileneceğiz.

Karşılama oranını hesaplamak için sipariş yenileme çevriminde stoksuz kalma durumunu anlamak önemlidir. Stoksuz kalma durumu, tedarik süresi boyunca talebin  $ROP$  i aşması ile gerçekleşecektir. Bundan dolayı her bir stok yenileme çevrimi boyunca  $ROP$  i aşan talebin ortalamasını hesaplamalıyız.

Stok yenileme çevrimi boyunca beklenen eksiklik, (ESC) sipariş yenileme çevrimi boyunca stoktan karşılanamayan ortalama taleptir. Verilen  $Q$  parti büyüklüğünde (bu aynı zamanda stok yenileme çevrimi boyunca ortalama taleptir) karşılanamayan talep  $ESC/Q$  dür. Ürün karşılama oranı  $f_r$ ,

$$f_r = 1 - ESC/Q = (Q - ESC)/Q \quad (11.5)$$

Stok çevrimi boyunca karşılaşılan eksiklik talebin tedarik süresi boyunca  $ROP$  i aşması durumunda gerçekleşir.  $f(x)$  tedarik süresi boyunca talebin yoğunluk fonksiyonu olsun. ESC,

$$ESC = \int_{x=ROP}^{\infty} (x - ROP) f(x) dx \quad (11.6)$$

Talebin tedarik süresi boyunca ortalaması  $D_L$  ve standart sapması  $\sigma_L$  olan normal dağılıma uyduğu durumda, güvenlik stoğu  $ss$  olur. Denklem 11.6 sadeleştirildiğinde

$$ESC = -ss \left[ 1 - F_S \left( \frac{ss}{\sigma_L} \right) \right] + \sigma_L f_S \left( \frac{ss}{\sigma_L} \right) \quad (11.7)$$

$F_S$  standart normal kümülatif dağılım fonksiyonu olsun,  $f_S$  standart normal yoğunluk fonksiyonu olsun.

$$ESC = -ss \left[ 1 - \text{NORMDIST}(ss/\sigma_L, 0, 1, 1) \right] + \sigma_L \text{NORMDIST}(ss/\sigma_L, 0, 1, 0) \quad (11.8)$$

Verilen ESC yi denklem 11.5 de kullanarak karşılama oranı  $f_r$  yi hesaplayabiliriz. Örnek 11.3 de bunu gösterelim.

### Örnek 11.3

Örnek 11.2 yi hatırlarsak B&M de Palm lar için talep ortalama 2500 standart sapması 500 olan normal dağılıma uymaktadır. Tedarik süresi 2 haftadır. Talep bağımsızdır. Stokta 6000 Palm olduğu durumda 10000 Palm siparişi verildiği politika altında karşılama oranını hesaplayın.

#### Analiz:

Parti büyüklüğü,  $Q=10000$

Tedarik süresince ortalama talep,  $D_L = 5000$

Tedarik süresince standart sapma,  $\sigma_L = 707$

Denklem 11.3 ü kullanarak,

Güvenlik stoğu,  $ss = ROP - DL = 6000 - 5000 = 1000$

Denklem 11.8 i kullanarak,

$$ESC = -1,000 \left[ 1 - NORMDIST(1,000/707, 0, 1, 1) \right] + 707 NORMDIST(1,000/707, 0, 1, 0) = 25$$

Sonuçta ortalama olarak her sipariş yenileme çevriminde 25 Palm stokta olmayıp müşteriler tarafından istenmektedir. Denklem 11.5 ile karşılama oranı,

$$f_r = 1 - ESC/Q = (Q - ESC)/Q = (10,000 - 25)/10,000 = 0,9975$$

Başka bir deyişle talebin % 99.75 i stoktan karşılanır. Bu, aynı sipariş politikası altında örnek 11.2 deki,  $\text{ÇHD}(0.92)$  den daha yüksek bir orandır.

Burada yapılan bazı önemli gözlemler vardır. Aynı sipariş politikası altında karşılama oranı (0.9975)  $\text{ÇHD}(0.92)$  den daha yüksektir. Örnekleri farklı parti büyüklükleri için gerçekleştirdiğimizde farklı parti büyüklüğünün servis seviyesini değiştirdiğini görmekteyiz. Parti büyüklüğü 10000 den 20000 e çıktığında  $\text{ÇHD}$  de bir değişiklik görülmemektedir. (0.92) fakat karşılama oranı 1.9987 ye çıkmaktadır. Bunun nedeni parti büyüklüğünü arttırmanın stok yenileme çevrimini azaltmasıdır. B&M parti büyüklüğünü 10000 den 20000 e çıkardığında stok yenileme her dört hafta yerine her sekiz haftada gerçekleşecektir. % 92  $\text{ÇHD}$  ile 10000 parti büyüklüğünde ortalama olarak yıl boyunca 1 çevrimde stoksuz kalınır. 20000 parti büyüklüğünde ortalama olarak 2 yıl boyunca 1 çevrimde stoksuz kalınır.

**ÖNEMLİ:** Güvenlik stoğu arttığında karşılama oranı ve çevrim servis seviyesi artacaktır. Aynı güvenlik stoğu için parti büyüklüğündeki artış  $\text{ÇHD}$  yi değil, karşılama oranını arttıracaktır.



	A	B	C	D	E
1	<i>Inputs</i>				
2	$Q$	$R$	$\sigma_R$	$L$	$ss$
3	10,000	2,500	500	2	1,000
4	<i>Distribution of demand during lead time</i>				
5	$R_L$	$\sigma_L$			
6	5,000	707			
7	<i>Cycle Service Level and Fill Rate</i>				
8	$CSL$	$ESC$	$fr$		
9	0.92	25.13	0.9975		

Cell	Cell Formula	Equation
A6	=B3*D3	11.2
B6	=SQRT(D3)*C3	11.2
A9	=NORMDIST(A6+E3, A6, B6, 1)	11.4
B9	=-E3*(1-NORMDIST(E3/B6, 0, 1, 1)) + B6*NORMDIST(E3/B6, 0, 1, 0)	11.8
C9	=(A3-B9)/A3	11.5

**FIGURE 11.2 Excel Solution of Example 11.3**

### Verilen Çevrim Servis Seviyesi Veya Karşılama Oranında Güvenlik Stoğunu Hesaplamak

Pratikte işletmelerin istedikleri bir ürün varlığı seviyesi vardır ve stok yenileme çevrimlerini bu istenilen seviyeye ulaşmak için tasarlarlar. Örneğin Wal Mart mağazadaki her ürün için ürün varlığı miktarı belirlenmiştir. Wal Mart bu miktarlara ulaşabilmek için uygun güvenlik stoğu miktarlarıyla stok yenileme politikası tasarlamalıdır. İstenilen ürün varlığı, ürün elde tutma maliyeti ile stoksuz kalma arasındaki takas ile sağlanabilir. İstenilen ürün varlığı istenilen hedeflere ulaşabilmek için kontratlarla ve yönetimle açıkça ele alınmaktadır.

### İstenen Çevrim Servis Seviyesinde Gerekli Güvenlik Stoğunu Hesaplamak

Sürekli gözlem politikasının takip edildiğini düşünelim. Wal Mart daki yöneticinin tüm ürünler için stok yenileme politikaları oluşturmakla görevli olsun, Lego lar için  $\text{ÇHD}$  hedefi belirlesin. Verilen  $L$ , tedarik süresinde yönetici istenen servis seviyesine ulaşmak için uygun  $ROP$  ve güvenlik stoğu miktarlarını belirlemek istesin. Wal Mart'da Lego lar için talebin normal dağıldığını haftalardan bağımsız olduğunu varsayalım.

İstenilen çevrim servis seviyesi= $\text{ÇHD}$

Tedarik süresi boyunca ortalama talep= $D_L$

Tedarik süresi boyunca standart sapma= $\sigma_L$

Denklem 11.3 den  $ROP=DL+ss$ . Mağaza yöneticisi  $ss$  güvenlik stoğunu belirlemek istiyor

Olasılık (Tedarik süresi boyunca talep  $\leq D_L+ss$ ) =  $\text{ÇHD}$

Verilen talep normal dağılmaktadır. Denklem 11.4 ü kullanarak mağaza yöneticisi güvenlik stoğunu belirlemek için aşağıdaki eşitliği kullanacaktır:

$$F(D_L+ss, D_L, \sigma_L) = \text{ÇHD}$$

$$D_L+ss = F^{-1}(\text{ÇHD}, D_L, \sigma_L), \text{ yada } ss = F^{-1}(\text{ÇHD}, D_L, \sigma_L) - D_L$$

$$ss = F_S^{-1}(\text{CSL}) \times \sigma_L \quad (11.9)$$

#### Örnek 11.4

WalMart ta Lego için haftalık talep ortalaması 2500 standart sapması 500 olan normal dağılıma uymaktadır. Tedarik süresi 2 haftadır. Sürekli gözlem politikası ile 0.90 ÇHD yi sağlayabilmek için tutulması gereken güvenlik stoğunu bulunuz

#### Analiz:

$$Q=10000$$

$$\text{ÇHD}=0.9$$

$$L=2 \text{ hafta}$$

$$D=2500/\text{hafta}$$

$$\sigma_D=500$$

Talep bağımsız olduğu için denklem 11.2 yi kullanarak ortalama talep  $D_L$ , Standart sapma  $\sigma_L$  için:

$$D_L = DL = 2 \times 2500 = 5000 \text{ ve } \sigma_L = \sqrt{L} \sigma_D = \sqrt{2} \times 500 = 707$$

$$ss = F_S^{-1}(\text{CSL}) \times \sigma_L = \text{NORMSIV}(\text{CSL}) \times \sigma_L = \text{NORMSIV}(0.9) \times 707 = 906$$

Sonuçta %90 ÇHD yi gerçekleştirmek için 906 adet kutu tutulmalıdır.

#### **İstenen Karşılama Oranını Sağlayan Gerekli Güvenlik Stoğunu Hesaplamak**

Sürekli gözlem politikası altında istenen karşılama oranı  $f_r$  için gerekli güvenlik stoğunu hesaplayacağız.

WalMart daki yöneticinin Legolar için  $f_r$  karşılama oranını hedeflediğini düşünelim. Şu anki stok yenilemede parti büyüklüğü  $Q$ . İlk adım denklem 11.5 i kullanarak  $ESC$  yi hesaplamak.

$$ESC = (1 - f_r)Q$$

İkinci adım denklem 11.7  $ESC$  yi kullanarak güvenlik stoğu  $ss$  yi bulmak. Uygun güvenlik stoğu denklem 11.8 in Excel de çeşitli  $ss$  değerleri denenmesiyle uygun çözüm bulunur. Tek adımda bizi sonuca ulaştıracak bir formül yoktur. Örnek 11.5 de bahsedildiği gibi GOALSEEK tool u ile  $ss$  direkt olarak hesaplanabilir.

### Örnek 11.5

WalMart daki Legoya haftalık talep ortalaması 2500 standart sapması 500 olan normal dağılıma uygun olarak gelmektedir. Tedarik süresi 2 haftadır. Mağaza yöneticisi 10000 kutu sipariş veriyor. Sürekli gözlem politikası altında % 97.5 karşılama oranını yakalamak için tutulması gerekli güvenlik stoğunu bulunuz.

#### Analiz

İstenen karşılama oranı,  $f_r = 0.975$

Parti büyüklüğü,  $Q = 10000$  kutu

Tedarik süresi boyunca talebin standart sapması,  $\sigma_L = 707$

Denklem 11.5 den

$$ESC = (1 - f_r)Q = (1 - 0.975)10000 = 250$$

Şimdi güvenlik stoğu için denklem 11.7 yi çözmemiz gereklidir.

$$ESC = 250 = -ss \left[ 1 - F_s \left( \frac{ss}{\sigma_L} \right) \right] + \sigma_L f_s \left( \frac{ss}{\sigma_L} \right) = -ss \left[ 1 - F_s \left( \frac{ss}{707} \right) \right] + 707 f_s \left( \frac{ss}{707} \right)$$

Denklem 11.8 kullanılarak Excel de aşağıdaki formülasyon yazılabilir.

$$250 = -ss \left[ 1 - NORMSDIST(ss/707) \right] + 707 \left[ NORMSDIST(ss/707) \right] \quad (11.10)$$

Denklem 11.10 Excel de kullanılarak çeşitli ss değerleri arasından en uygun olanı seçilir. Daha şık bir çözüm ise Excel GOALSEEK kullanmaktır. GOALSEEK kullanımı, ilk olarak şekil 11.3 deki gibi tablo oluşturulur. Hücre D3, farklı ss değerleri için ayrılmıştır. GOALSEEK diyalog kutusunda şekil 11.3 de gösterilen veriler girilir OK tıklanır. Bu durumda hücre D3, hücre A6, 250 oluncaya kadar değişir, farklı değerler alır.

GOALSEEK kullanarak şekil 11.3 de görüldüğü gibi güvenlik stoğu, ss 67 olarak bulunur. Bu durumda %97.5 karşılama oranını elde etmek için mağaza yöneticisinin 67 kutu güvenlik stoğu tutmayı hedeflemesi gerekmektedir.

Şimdi gerekli güvenlik stoğu seviyesine etki eden faktörleri inceleyelim.

	A	B	C	D
1	<i>Input</i>			<i>Variable</i>
2	$f_r$	$\sigma_L$	$Q$	$ss$
3	0.975	707	10000	67
4	<i>Formula</i>			
5	ESC			
6	250			

Goal Seek

Set cell: \$A\$6

To value: 250

By changing cell: \$D\$3

OK Cancel

Cell	Cell Formula	Equation
A6	$-D3*(1-NORMSDIST(D3/B3)) + B3*NORMDIST(D3/B3, 0, 1, 0)$	11.10

**FIGURE 11.3 Spreadsheet to Solve for  $ss$  Using GOALSEEK**

### İstenilen Ürün Varlığının Ve Belirsizliğin Güvenlik Stoğuna Etkisi

İstenen güvenlik stoğunu elde etmede istenen ürün varlığı seviyesi ve belirsizlik önemli rol oynamaktadır. Şimdi her bir faktörün nasıl etki ettiğini araştıralım.

İstenilen ürün varlığı seviyesi arttıkça gerekli güvenlik stoğu seviyesi de artacaktır. Örnek 11.5 deki Wal Mart'ın durumu için çeşitli karşılama oranları için güvenlik stokları tablo 11.1 de verilmiştir.

Böylelikle karşılama oranını % 97.5 den 98 e çıkarmak için ek olarak 116 birim güvenlik stoğu daha tutmamız gerekirken % 99 dan 99.5 e çıkartmak için ek olarak 268 birim güvenlik stoğuna ihtiyaç olacaktır. Ürün varlığı seviyesi arttıkça güvenlik stoğu marjinal olarak artar. Bu, ürün varlığı seviyesini seçmenin önemini vurgulamaktadır. Tedarik zinciri yöneticisi için yüksek ürün varlığı gereken ürünleri belirlemek ve sadece bu durumda yüksek güvenlik stoğu tutmak önemlidir. Tüm ürünler için yüksek ürün varlığı seçmek uygun olmayacaktır.

**ÖNEMLİ:** İstenen ürün seviyesindeki artış gerekli güvenlik stoğu seviyesini de arttıracaktır.

Denklem 11.9 da görüldüğü gibi gerekli güvenlik stoğu seviyesi,  $ss$  tedarik süresi boyunca talepteki standart sapma  $\sigma_L$  dan etkilenir. Tedarik süresi boyunca hem talepteki standart sapma hem de periyodik talepteki standart sapma tedarik süresinden etkilenmektedir (denklem 11.2). Güvenlik stoğu ile  $\sigma_L$  arasındaki ilişki lineerdir.  $\sigma_L$  deki % 10 luk artış güvenlik stoğunda % 10 luk bir artışa neden olacaktır. Güvenlik stoğu tedarik süresi,  $L$  nin artmasıyla da artacaktır. Güvenlik stoğu tedarik süresinin kareköküyle orantılı olduğu için (talep zamandan bağımsız ise) tedarik süresinden daha az bir artış gerçekleşir.

**ÖNEMLİ:** Tedarik süresindeki ve periyodik talebin standart sapmasındaki artış ile birlikte gerekli güvenlik stoğu da artacaktır.

**TABLE 11.1 Required Safety Inventory for Different Values of Fill Rate**

<i>Fill Rate</i>	<i>Safety Inventory</i>
97.5%	67
98.0%	183
98.5%	321
99.0%	499
99.5%	767

Tedarik zinciri yöneticisinin amacı ürün varlığını mümkün olduğunca etkilemeden güvenlik stoğunu arttırmak olacaktır.

1-Tedarik süresini,  $L$ , azaltmak: Eğer tedarik süresi  $k$  faktörü ile azalıyorsa gerekli güvenlik stoğu  $\sqrt{k}$  ile azalacaktır. Tedarik süresini azaltmak tedarikçinin önemli efor harcamasını gerektirirken perakendecinin güvenlik stoğunda azalış yaratacaktır. Bunun örneklerini WalMart'ın, 7-Eleven'in ve birçok perakendecinin tedarikçilerini, tedarik süresini azaltması konusunda nasıl sıkıştırdıklarını önceki konulardan hatırlayabiliriz. Dell gibi üreticiler de tedarikçilerinin tedarik süresini azaltmalarını istemektedir. Her bir durumda güvenlik stoğu seviyesi azalmaktadır.

2-Talepteki belirsizliği ( $\sigma_D$ ) azaltmak: Eğer  $\sigma_D$   $k$  faktörü ile azalıyorsa, güvenlik stoğu seviyeside  $k$  faktörü ile azalıyordur.  $\sigma_D$  deki azalış daha iyi Pazar stratejileri ile ve daha karmaşık talep methodlarıyla  $\sigma_D$  deki azalış sağlanır. 7-Eleven, mağaza yöneticilerine mevsim ve diğer faktörler altında önceki yıllara ait talebin nasıl değiştiğinin bilgisini vermektedir. Bu Pazar stratejisi belirsizlikleri azaltarak mağaza yöneticilerinin daha iyi tahmin yapmalarına olanak tanımaktadır. Pek çok tedarik zincirinde tahmin belirsizliğini azaltmak için tahminlerde müşteri talep verileri kullanılmasına rağmen talep belirsizliği tedarik zincirinde her bir adımın (halkanın) birbirinden bağımsız hareket etmesinden kaynaklanır. Bu tedarik zincirinde belirsizliklerin artmasına yol açacaktır. Gelişmiş koordinasyon talep belirsizliğini önemli ölçüde azaltacaktır. Dell, 7-Eleven belirsizlikleri ve güvenlik stoğunu azaltmak için talep bilgisini tedarikçileri ile paylaşmaktadırlar.

### 11.3 GÜVENLİK STOĞUNA TEDARİK BELİRSİZLİĞİNİN ETKİSİ

Talep hatası olarak adlandırılan talep belirsizliği durumları üzerinde çalışacağız. Pratikte tedarikteki belirsizliklerle de karşılaşırız. Dell'in Austin'deki montaj fabrikasını ele alalım. Dell müşterinin ihtiyaçlarına göre bilgisayarları müşteri isteklerine göre birleştiriyor. Bileşenler için stok miktarlarını hesaplarken talep belirsizliğini dikkate almak zorundadır. Tedarikçiler pek çok nedenden dolayı bileşenleri zamanında teslim edemezler. Dell güvenlik stoklarını hesaplarken bu belirsizliği dikkate almak zorundadır.

Bu bölümde tedarik süresinin belirsiz olduğu durumu ve tedarik süresi belirsizliğinin güvenlik stoğu üzerine etkisini ele alacağız. Belirli bir periyotta Dell bilgisayarlarına, müşteri talebinin ve stok yenileme tedarik süresinin normal dağıldığını varsayalım.

$D$  = Periyottaki ortalama talep

$\sigma_D$  = Periyottaki talebin standart sapması

$L$  = Stok yenileme başına ortalama tedarik süresi

$s_L$  = Tedarik süresi standart sapması

Dell de bileşenler için verilen güvenlik stoğu gereksinimin sürekli gözlem politikası ile takip edilmektedir. Dell için talebin tedarik süresi boyunca  $ROP$  i geçtiği durumda stoksuzluk, stoksuz kalma durumu gerçekleşecektir. Böylelikle tedarik süresi boyunca müşteri talebinin dağılımını belirlemeliyiz. Tedarik süresi ve periyodik talebin belirsiz, tedarik süresi boyunca talep ortalaması  $D_L$ , standart sapması  $\sigma_L$  olan normal dağılıma uymaktadır.

$$D_L = DL, \sigma_L = \sqrt{L\sigma_D^2 + D^2s_L^2} \quad (11.11)$$

Denklem 11.11 de tedarik süresi boyunca talebin dağılımının ve istenilen  $\text{ÇHD}$  seviyesi verildiğinde Dell gerekli güvenlik stoğu seviyesini denklem 11.9 kullanarak bulabilir. Ürün varlığını, karşılama oranı gibi düşünürsek Dell gerekli güvenlik stoğunu örnek 11.5 ve 11.6 da belirtildiği gibi bulabilir. Dell deki gerekli güvenlik stoğu seviyesine tedarik süresindeki belirsizliğin etkisini anlatmaya çalıştık.

### Örnek 11.6

Dell için PC ye olan talep ortalaması 2500 standart sapması 500 olan normal dağılıma uymaktadır. PC montajında anahtar bileşen hard disk dir. Hard disk tedarikçisi için ortalama tedarik süresi  $L=7$  gündür. Dell hard disk stoğu için 0.9  $\text{ÇHD}$  hedeflemektedir. Tedarik süresinin standart sapmasının 7 gün olduğu durumda Dell'in bulundurması gereken güvenlik stoğu miktarını hesaplayınız. Dell tedarik süresi standart sapmasını 7 günden 0 güne indirmek için bir tedarikçi ile çalışmaktadır. Bu durumda Dell' in güvenlik stoğundaki azalmayı hesaplayın.

### Analiz:

Periyot başına ortalama talep,  $D=2500$

Periyot başına talebin standart sapması,  $\sigma_D=500$

Stok yenileme için ortalama tedarik süresi,  $L=7$  gün

Tedarik süresi standart sapması,  $s_L=7$  gün

İlk olarak talebin tedarik süresi boyunca dağılımını hesaplayalım. Denklem 11.11 den

Tedarik süresi boyunca ortalama talep,  $DL$

Tedarik süresi boyunca standart sapma  $\sigma_D = \sqrt{L\sigma_D^2 + D^2s_L^2}$

$$\sqrt{7 \times 500^2 + 2500^2 \times 7^2} = 17500$$

Denklem 11.9 dan gerekli güvenlik stoğu seviyesi elde edilir.

$$ss = F^{-1}_s(CLS) \times \sigma_L = NORMSIV(CSL) \times \sigma_L = NORMSIV(0.9) \times 17500 = 22491$$

Eğer tedarik süresinin standart sapması 7 gün ise Dell 22491 tane güvenlik stoğu bulundurmalıdır. Bunun yaklaşık 9 günlük bir talebe eşit olduğunu düşünebiliriz.

Tablo 11.2 tedarik süresindeki azalmanın Dell'in güvenlik stoğu üzerindeki etkisi görülmektedir. Eğer standart sapma 7 günden 0 güne düşerse, güvenlik stoğu 9 günlük talep miktarından 1 günden daha az bir seviyeye düşmektedir.

Bu örnek Tedarik süresinin güvenlik stoğu üzerine etkisini göstermektedir ve Tedarik süresi değişkenliğinin veya zamanında teslimatın sayısındaki artışın güvenlik stoğu üzerine sağladığı büyük faydaları göstermektedir. Güvenlik stoğu hesaplamaları tedarikteki belirsizlikleri içermez. Bu ürün varlığını kötü etkiler.

**ÖNEMLİ:** Tedarikteki belirsizlik azaldıkça ürün varlığını etkilemeden güvenlik stoğu azaltılabilir.

**TABLE 11.2 Required Safety Inventory as a Function of Lead Time Uncertainty**

$\sigma_R$	$\sigma_L$	$ss$ (units)	$ss$ (days)
6	15,058	19,298	7.72
5	12,570	16,109	6.44
4	10,087	12,927	5.17
3	7,616	9,760	3.90
2	5,172	6,628	2.65
1	2,828	3,625	1.45
0	1,323	1,695	0.68

Tedarik süresindeki değişkenlik tedarikçiden kaynaklanacağı gibi, değişken siparişlerden de kaynaklanır. Tedarikçiler üretimlerini tam olarak yansıtmayan zayıf planlama araçları kullanmaktadırlar. Bugün tedarik zinciri planlama yazılımları, gerçekleşmesi mümkün olan tedarik zamanları vererek daha düzgün bir üretim planlama yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu tedarik süresi değişkenliğini azaltacaktır. Siparişteki değişkenlikten kaynaklanan bu gecikme için distribütörler tüm tedarikçilerine aynı gün içinde haber verirler. Değişken siparişlerin geldiği gün tedarikçilerin hepsinin stoğunda bulunması imkansız idi. Şimdi değişmiş olan siparişi karşılamak için yeterli tedarik süreleri olacaktır. Bu da tedarik süresi değişikliği azalmış olmaktadır ve distribütörün daha az güvenlik stoğu taşımasına olanak vermektedir.