

## **Stokastik envanter model kullanılarak iş makinelerinin onarımında kullanılan kritik yedek parçalar için envanter yönetim sistemi oluşturulması**

**Nihat Kasap<sup>1</sup>**

*Sabancı Üniversitesi, Yönetim Bilimleri Fakültesi,  
Tuzla, İstanbul*

**İlker Biçer<sup>2</sup>**

*Jandarma Genel Komutanlığı,  
Beştepe, Ankara*

**Banu Yüksel Özkaya<sup>3</sup>**

*Hacettepe Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği  
Bölümü, Beytepe, Ankara*

### **Özet**

Bu çalışmada, iş makinelerinin bakım onarım deposu için stokastik envanter modeli oluşturulmuştur. Bu model ile, iş makinelerinin onarımında kullanılan kritik yedek parçalara ait envanter yönetimi yapılmaktadır. Oluşturulan model, lineer olmayan stokastik bir tam sayı optimizasyon modelidir. Modelin hedefi, envanter maliyetlerini asgariye indirmek için yedek parçalara ait stok parametrelerini ve yeniden sipariş noktasını belirlemektir. Aynı zamanda kritik yedek parçaların envanterde bulunabilirliği de artırılmaktadır. Modelde, sipariş sıklığı ve servis düzeyi kısıtları da göz önünde bulundurulmuştur. Çözüm metodu olarak geliştirilmiş ABC analizini içeren ve elektronik tablolarda kolayca uygulanabilen sezgisel (heuristic) bir yöntem önerilmiştir. Son olarak, önerilen model ile bir uygulama ve maliyet analizi yapılmış ve mevcut durumdaki ile modelde önerilen optimum envanter düzeyindeki maliyetlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Model kullanımı maliyetlerde % 5'in üzerinde bir azalma sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Stokastik Envanter Yönetimi, Yedek Parça, Sezgisel Yöntem, ABC Analizi, Maliyet Analizi*

### ***Building inventory management system by using stochastic inventory model for critical spare parts used for maintenance of construction machines***

#### **Abstract**

In this study, We develop a stochastic inventory model for maintenance depot of the construction machines. With this model, the inventory of critical spare parts used for the maintenance of construction machines is managed. Proposed model is a nonlinear integer optimization problem. The aim of the model is to find out reorder points, maximum and minimum stocking levels of critical spare parts that minimize the inventory costs. Moreover, it increases the availability of critical spare parts. The average service level and replenishment frequency constraints are also considered in the model. To solve the model, we propose a heuristic method that contains modified ABC Analysis and can be implemented with the spreadsheet applications easily. Finally, an application and cost analysis with the proposed model are performed. The comparison of total costs for the current situation and optimum inventory level that model proposes is performed during cost analysis. Using inventory levels and reorder amount found by the model satisfies more than 5% cost reduction.

**Keywords:** *Stochastic Inventory Management, Spare Parts, Heuristics, ABC Analysis, Cost Analysis.*

<sup>1</sup> [nihatk@sabanciuniv.edu](mailto:nihatk@sabanciuniv.edu) (N. Kasap)

<sup>2</sup> [ibicer73@gmail.com](mailto:ibicer73@gmail.com) (İ. Biçer)

<sup>3</sup> [byuksel@hacettepe.edu.tr](mailto:byuksel@hacettepe.edu.tr) (B. Özkaya)

## 1. Giriş

Envanter, firmaların ve kurumların gelecekte oluşabilecek talebi karşılamak ve işlemlerin verimli ve hatasız bir şekilde yürümesi için ellerinde tuttıkları ürün ve hammaddelerdir. Envanterin uygun düzeyde bulundurulması sistemlerin işleyişini olumlu yönde etkilemektedir. Uygulamada oluşabilecek beklenmedik durumlara, dalgalanmalara, düzensizliklere ve gecikmelere karşı kurumu güvence altına almak esas amaçtır. İşletmeler bir yandan kredi kaynakları ile borçlanırken, diğer yandan da yüksek envanter yükleri ile yaşamaktadırlar. İşletmenin sermayesinin katma değer yaratmayan noktalarda bağlı olması, nakit akıştaki problemlere, ürünün durduğu yerde maliyetli olarak negatif yönde değerlendirilmesine, artan maliyetlerinde satış miktarında azalma olarak firmaya yansımaya neden olmaktadır.

Envanter kontrolü ile girişimci, ürünlerin firmaya getirdiği maliyeti minimum yapabilir, sermayenin ne zaman ve nereye yatırılacağı kararını verebilir. Envanter kontrolünde esas amaç, en uygun zamanda optimal stok seviyesinin belirlenmesi, firmaya maliyetinin minimum olması ve bunun bir düzen içerisinde sürdürülmesidir. Elde gereğinden fazla mal bulundurmamak depo kirası, yıpranma, bozulma, malların modasının geçmesi gibi birçok soruna neden olarak firmaya belirli bir maliyet yüklemektedir. Eğer envanter düzeyi düşük olursa, firmanın gelen talepleri karşılayamamasına sebep olacaktır. Bunun da firmaya belirli ölçüde maliyet yükleyeceği açıktır. Bu iki oranı dengeleyecek ve minimum maliyeti sağlayacak optimal envanter düzeyinin belirlenmesi envanter kontrolüyle mümkündür.

Envanter bugün bütün işletmelerin odak noktası haline gelmiştir. İşletmelerde başarılı bir yönetim için, stok yönetiminin en iyi şekilde planlanması gereklidir. İşletmeler stoklarında çeşitli nedenlere bağlı olarak belirli bir miktardan fazla finansal kaynak ayıramazlar. Bu bakımdan işletmelerin envanter yönetimi oldukça önemlidir. Üretim ve envanter yönetiminin başarısı verimlilik ve maliyet analizlerinden ve yorumlanabilmesinden geçmektedir. Buradan hareketle arzu edilen müşteri memnuniyetini, en düşük envanter maliyeti ile sağlayabilmek envanter yönetimin en önemli amacıdır. Sistemlerin kalite ve güvenilirlik seviyelerini yüksek tutmaları bu amaca ulaşmalarında çok önemli bir yere sahiptir. Kurumların işleyişi açısından envanterin etkin bir biçimde kontrol edilmesi gerekmektedir. Ancak bu kontrol, oluşabilecek maliyetleri minimize etmek amacıyla, tüm envanterin yok edilmesi anlamına gelmemelidir. Esas kontrol, doğru malzemeyi, doğru zamanda, doğru miktarda ve doğru yerde bulundurmaktır. Bu kavramlardan herhangi birinin eksikliği halinde sistemde işleyiş bakımından aksaklıklar meydana gelecektir. Örneğin, tüketimi (talebi) az olan bir malzemenin stoklarda aşırı miktarda bulunması, stok maliyetini arttıracaktır. Tam tersine, tüketimi (talebi) fazla olan bir malzemenin stoklarda yeterli miktarda bulunmaması da işleyişin duraklamasına ve servis süresinin uzamasına neden olacaktır.

İş makineleri sektöründe, herhangi bir sorun durumunda oluşabilecek yedek parça eksikliği, önceden yapılmış olan tüm plan ve programları aksatmakta ve önemli maliyetlere yol açmaktadır. Bu nedenle oluşacak talepleri zamanında karşılayabilmeli ve işleyişin aksamamasını sağlamalıdır. Bunun doğal sonucu olarak da oluşan maliyetleri ve doğabilecek riskleri azaltmak için yeterli envanter bulundurmalı ve bu envanterin yönetimini iyi bir şekilde yapmalıdır. Firmanın ihtiyaç duyulan malzeme miktarı gerek o yıl için planlara inşaat sayısı gerek ise aniden beliren ihtiyaçlar ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla etkin bir malzeme ihtiyaç tespiti için inşaat ve tamirat işleri doğru tahmin edilmesi gerekmektedir. Tamirat sayısının tahmin edilmesi, diğer mal ve hizmetlerin talebinin tahmin edilmesinden daha zordur.

### 1.1. Stokastik Envanter Modeli

Bir mala olan talebin zaman içerisinde değişim göstermesi ve bunun kesin olarak bilinmemesi, bunun yanı sıra tedarik süresinin de tam olarak belirlenememesi durumunda stokastik envanter modelleri kullanılmaktadır. Ancak bu değerlerin, geçmiş yıldaki verilere dayanarak belirli bir hata payı ile tahmini mümkündür. Firma, bu verilere dayanarak stok tükenmesini önlemek için elde fazladan stok bulundurmaktadır. Belirsiz olan talepler karşısında firmalar etkin hareket edebilmek ve oluşacak tersliklere karşı emniyetli tarafta olabilmek için emniyet stoku bulundururlar. Bunun başlıca sebebi, talepte oluşacak artışın sebep olabileceği stoksuz kalma durumunun, emniyet stoku maliyetine oranla daha maliyetli ve tehlikeli olmasıdır. Talepte oluşan artış veya azalış alıcılar tarafından belirlenmekte ve alıcıların ne zaman sipariş verecekleri kendileri tarafından kararlaştırılmaktadır. Talep artışından farklı olarak, sipariş edilen envanterin zamanında gelmemesi de stoksuz kalma sorunu yaratabilmektedir [1]. Aynı zamanda tedarik zamanları da sabit olmamaktadır. Stoksuz durumunda makinelerdeki arızalardan, işçi sorunlarından ve diğer gecikmelerden dolayı üreticinin gelen siparişi karşılaması daha uzun zaman alabilmektedir. Dolayısı ile siparişin teslim süresi de değişkenlik göstermektedir. Sipariş süresindeki bu değişkenlik de stoksuzluğa neden olabilmektedir [2]. Stokastik modeller, talep dışında diğer Ekonomik Sipariş Miktarı modeli (Economic Order Quantity - EOQ) varsayımlarını kabul etmektedirler. Bu modellerde firmalar, belirlenen uygun sipariş miktarını (Q) belirlenmiş olan yeniden sipariş noktasına (r) ulaşıldığında sipariş ederler. Sipariş verildikten sonra eğer talepte artış olursa elde bulunan envanterler güvenlik stokunun altına iner hatta tükenebilirler. Firma her ne kadar güvenlik stoku bulundursa da gerçekleşen yüksek talep doğrultusunda stoksuz kalınabilir. Bu durum da firmaların hizmet seviyelerini olumsuz etkilemektedir. Hizmet seviyesini arttırmak ve envanter sorunu yaşamamak için daha fazla güvenlik stoku bulundurmaya tercih ederler [1].

Bu çalışmada, bir ürüne olan talebin rassal ve bunun kesin olarak bilinmemesi, bunun yanı sıra tedarik süresinin sabit olması durumunda kullanılan "Stokastik Envanter Modelleri" kullanılarak, XYZ organizasyonunun bakım onarım yapısına en uygun model ikinci bölümde sezgisel çözüm yöntemi ile birlikte açıklanacaktır. Üçüncü bölümde ise belirlenen çözüm metodu ile XYZ organizasyonuna ait bir uygulama ve maliyet analizi yapılacaktır. En son bölümde ise sonuç ve öneriler anlatılacaktır. Bir sonraki bölümde tedarik zinciri, envanter yönetimi, yedek parça envanter ve bakım sistemleri ile ilgili yayın taraması özet bir şekilde anlatılmıştır.

### 1.2. Literatür Taraması

Literatür araştırıldığında tedarik zincirlerinde en iyi stok kararlarının verilebilmesi amacıyla yönelik çok sayıda matematiksel model önerilmiştir [3-7]. Fakat matematiksel eniyileme (optimizasyon) modelleri, belirsizliğin yüksek olduğu ve gerçek hayatı yansıtmak amacıyla çok sayıda değişken ve parametrenin hesaba katılması gerektiği durumlarda karmaşık hale gelebilmektedir. Dolayısı ile bu tür belirsizlik ortamlarında simülasyon modelleme yaklaşımı tercih edilebilmektedir[8]. Tedarik zincirlerinde stok sistemlerini ele alan benzer simülasyon uygulamaları, matematiksel optimizasyon modelleri gibi yaygın olarak literatürde mevcuttur [9-13]. Bu probleme bir alternatif olarak, çoğumuzun yaygın olarak kullandığı elektronik tabloların kullanımı öne sürülebilir. Nitekim, sayısı az da olsa, tedarik zincirlerinde stok yönetimine ilişkin birtakım çalışmalarda elektronik tablolar kullanılmaya başlanmıştır [8],[14].

Literatürde özellikle bakım sistemlerinin envanter modelleri hakkında çalışmalar da yaygındır. Kennedy v.d. (2002)'de bakım stokları hakkında bugüne kadar yapılan çalışmalar özetlenmiş, yedek parça stoklarının farklı yönleri anlatılmış, önleyici yada planlı bakımda yedek parça talebinin tahmin edilebilir olduğu için onarım parçalarının stok tutulmasının gerekmediği, ancak plansız onarımlarda ise, stok boşalması durumunun

oldukça maliyetli üretim ve hizmet kayıplarına sebep olmasından dolayı yeterli güvenlik stoku tutulması gerektiği belirtilmiştir. Güvenlik stok miktarının genel yönetim politikasına, geçerliliği kalkma ve modası geçme durumuna, aşamalı depo yapısına ve şartlara bağlı olduğu belirtilmiştir.

Yang ve Du (2004), operasyonda hazır bulunma maliyetinde önemli bir etkisi olan kritik yedek parçaların başlangıç tedarikini kolaylaştıran ve optimal bakım planı için kullanılan verimli bir değerlendirme metodu geliştirmişlerdir. Bu prosedür ile, toplam yaşam döngüsü maliyetini azaltmak ve bakım planlama etkisinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Dekker v.d. (1998), yedek parça stok sistemlerinde aynı yedek parçanın farklı önem seviyelerindeki makinelerde kullanılıp üretim için farklı önemlere sahip olduğu durumları incelemiş ve bazı taleplerin karşılanamaması durumunda yüksek elde bulundurmama maliyetleri olabileceğini göstermiştir. Kurulan modelde talepler kritik ve kritik olmayanlar olarak sınıflandırılmış ve farklı servis seviyeleri belirlenmiştir. Bu stok politikası ile kritik taleplerin servis seviyesinin arttığı gözlemlenmiştir.

Dhakar v.d. (1994)'de düşük talepli fakat operasyon için kritik ve bulunmaması durumunda yüksek maliyetlere neden olan önemli yedek parçaların optimal stok seviyelerini bulan gerçekçi bir model geliştirilmiştir. S'nin stok düzeyini ifade ettiği (S-1,S) modelinde, arıza olduğu anda stok düzeyini S'ye tamamlamak için derhal sipariş verilmektedir.

Vaughan (2005) çalışmasında düzenli bakım ve rastgele oluşabilecek arızaların bakımları sırasında gereken yedek parçalar için stok politikaları incelemiştir. Makalede bütünleşik bir sipariş politikasını karakterize eden stokastik dinamik programlama modeli kurulmuş, sipariş ve elde bulundurma maliyetlerinin farklı değerler aldığı senaryolarda optimal politikanın verimliliği değerlendirilmiştir. Düzenli bakım ve arıza bakımları için gereken yedek parçaların ayrı sipariş politikalarının izlendiği duruma kıyasla optimal politikanın toplam maliyette önemli tasarruf sağladığı gösterilmiştir.

## 2. Model

Bu bölümde, iş makinelerinin onarımında kullanılan kritik yedek parçalara ait envanter yönetim sisteminde kullanılacak model anlatılmaktadır. Oluşturulan model, lineer olmayan stokastik bir tam sayı optimizasyon modelidir. Modelin çözümü için sezgisel (heuristic) bir yöntem kullanılmıştır. Model, sipariş sıklığı ve servis düzeyi kısıtlarını göz önünde bulundurarak envanter maliyetlerini asgariye indirmek için yedek parçalara ait stok parametrelerini ve yeniden sipariş noktasını belirlemeyi hedeflemektedir. Modele ait varsayımlar aşağıda verilmiştir.

- Talep herhangi bir zaman aralığında rasgele değişkendir ve olasılık dağılımı durağandır.
- Tedarik süresi (Lead Time) sabittir.
- Stok bulundurmama durumuna izin verilmemiştir.
- ABC analizindeki her grup için istenen en düşük servis düzeyleri farklıdır. Bu servis düzeyleri
  - o A grubu için : 97,5 %
  - o B grubu için : 95,0 %
  - o C grubu için : 92,5 %'dur.

Bu varsayımlar altında her bir yedek parça için yeniden sipariş noktası-sipariş miktarı (Q,r) stok politikası uygulanmaktadır.

### 2.1. Formülasyon

Envanter maliyetlerini sipariş sıklığı ve servis düzeyi kısıtları ile birlikte değerlendirip en aza indirmek olan hedefimize ulaşmak için yedek parçalara ait stok parametrelerini ve

yeniden sipariş noktasını belirlememiz gerekmektedir. Belirlenen stok parametreleri ve yeniden sipariş noktası ile envanter maliyetlerini düşürürken, yedek parçaların envanterde bulunabilirliği istenen düzeye çıkartılır. Modelleme yapılırken Zhang v.d (2001) makalesinden yararlanılmış ve aşağıdaki formülasyon oluşturulmuştur:

$$\begin{aligned} \text{Min : Envanter Yatırımı} & \quad (1) \\ \text{s.t. : Ortalama Sipariş Sıklığı} & \leq F \quad (2) \\ \text{Ortalama Servis Düzeyi} & \geq S \quad (3) \end{aligned}$$

Yukarıdaki denklemlerde "F" hedef sipariş sıklığını, "S" ise istenen en düşük ortalama servis düzeyini göstermektedir. Model oluşturulurken, en az 2 haftada bir sipariş verildiği varsayılmış, bu nedenle "F" değeri bir yıl için 26 olarak alınmıştır. Modelde kullanılan en düşük servis düzeyleri ABC sınıflandırması sonunda belirlenen gruplar yardımı ile oluşturulmuş ve grup j'nin en düşük servis düzeyleri ( $S_j$ ) aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned} S_A & \geq 0,975 \\ S_B & \geq 0,950 \\ S_C & \geq 0,925 \end{aligned}$$

Servis düzeylerini, ortalama servis düzeyi olarak kullandığımız için yüksek servis düzeyine sahip bir parçanın kullanılması düşük servis düzeyli diğer bir parçayı dengelemiştir. Yukarıda verilen formülasyondan anlaşılacağı gibi sipariş ve stoksuzluk maliyetlerine bağlı maliyet tabanlı bir model yerine kısıtlara bağlı bir model geliştirilmiştir. İki yaklaşım birbirinin benzeridir. Geliştirilen modelde, kısıtlar Lagrange çarpanları yöntemi ile hedef fonksiyonuna getirilebilir. Kısıta bağlı model kurulmasının sebebi, gerçek hayattaki uygulamalarda şirketlerin hesaplanması oldukça zor olan sipariş ve stoksuzluk maliyetleri yerine kısıtlar için değerler belirlemeyi daha çok tercih etmeleridir. Bu model yardımıyla belirli bir servis düzeyi ve sipariş sıklığı değerlerine ulaşmak için gerekli envanter yatırımını ve maliyeti hesaplanabilmekte, dolayısıyla karar vericileri daha rahat destekleyen bir yapı oluşturulmaktadır.

## 2.2. Notasyon

Modelde kullanılan notasyon aşağıda verilmiştir.

$F$  = Hedef sipariş sıklığı  
 $S$  = İstenen en düşük ortalama servis düzeyi (Kullanıcı tarafından belirlenmiştir)  
 $N$  = Yedek parça sayısı  
 $c_i$  = Yedek parça i'nin birim fiyatı (TL)  
 $D_i$  = Yedek parça i için ortalama yıllık talep miktarı  
 $D_{toplam} = \sum_{i=1}^N D_i$  - Ortalama yıllık toplam talep miktarı  
 $I_i$  = Yedek parça i için tedarik süresi (Lead time)  
 $p_i(.)$  = Yedek parça i'nin tedarik süresi boyunca gelen talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu  
 $P_i(.)$  = Yedek parça i'nin tedarik süresi boyunca gelen talebin olasılık kümülatif dağılım fonksiyonu  
 $\theta_i = I_i \times D_i$  - Yedek parça i'nin tedarik süresi boyunca gelen ortalama talep miktarı  
 $\sigma_i$  = Yedek parça i'nin tedarik süresi boyunca gelen talebin standart sapma değeri  
 $Q_i$  = Yedek parça i için sipariş miktarı  
 $r_i$  = Yedek parça i için yeniden sipariş noktası  
 $A_i(r_i, Q_i)$  = Yedek parça i stoğunun tükenme olasılığı  
 $B_i(r_i, Q_i)$  = Yedek parça i'nin ortalama geri ısmarlama (backorder) sayısı  
 $A_i(r_i, Q_i)$  ve  $B_i(r_i, Q_i)$  değerleri aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$B_i(r_i, Q_i) = \frac{1}{Q_i} [\beta_i(r_i) - \beta_i(r_i + Q_i)] \quad (4)$$

Bu ifadede,

$$\beta_i(r_i) = \sum_{u=r_i+1}^{\infty} (u - r_i - 1) [1 - P_i(u - 1)] \quad (5)$$

$$\beta_i(r_i + Q_i) = \sum_{u=r_i+Q_i+1}^{\infty} [u - (r_i + Q_i) - 1] [1 - P_i(u - 1)] \quad (6)$$

olarak hesaplanır ve  $\beta_i(j)$  yedek parçaya i'ye tedarik süresi boyunca j'den daha fazla gelebilecek taleplerden dolayı oluşacak geri ısmarlamların zaman ağırlıklı ortalamasını ifade etmektedir.

$$A_i(r_i, Q_i) = \frac{1}{Q_i} [\alpha_i(r_i) - \alpha_i(r_i + Q_i)] \quad (7)$$

$$\alpha_i(r_i) = \sum_{u=r_i+1}^{\infty} (u - r_i) p_i(u) \quad (8)$$

$$\alpha_i(r_i + Q_i) = \sum_{u=r_i+Q_i+1}^{\infty} [u - (r_i + Q_i)] p_i(u) \quad (9)$$

Yukarıdaki formüllerde  $\alpha_i(j)$  yedek parça i'ye tedarik süresi boyunca j'nin üzerinde gelen ortalama talep miktarını temsil etmektedir.

Yedek parça i için herhangi bir zamandaki ortalama envanter miktarı ise aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir.

$$\left[ \frac{Q_i}{2} + r_i - \theta_i + B_i(r_i, Q_i) \right] \quad (10)$$

Yukarıda verilen notasyon ve ifadeler ile model aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^N c_i \left[ r_i - \theta_i + \frac{Q_i}{2} + B_i(r_i, Q_i) \right] \quad (11)$$

$$\text{s.t.} \quad \left( \frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N \frac{D_i}{Q_i} \leq F \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{D_i}{D_{\text{Total}}} [1 - A_i(r_i, Q_i)] \geq S \quad (13)$$

$$r_i \geq \theta_i \quad (14)$$

$$Q_i \geq 1 \quad (15)$$

$$r_i \text{ ve } Q_i \text{ tam sayıdır.} \quad (16)$$

Denklem (12), sipariş sıklığı kısıtıdır.  $Q_i$  sipariş miktarı, yedek parça  $i$  için bir yılda ortalama sipariş sayısının  $\frac{D_i}{Q_i}$  olduğunu gösterir. Bu fikirden yola çıkarak sipariş sıklığı kısıtı ortalama sipariş sayısı üzerinden Denklem (12) olarak yazılmıştır. Denklem (13)'te belirtilen ortalama servis düzeyi kısıtı yedek parça  $i$  için servis düzeyinin  $1 - A_i(r_i, Q_i)$  olduğu düşünülerek yazılmıştır. Burada  $A_i(r_i, Q_i)$  yedek parça  $i$  için herhangi bir zamanda stok bulunmama olasılığını gösterir. Denklem (14) de  $\theta_i$  kullanarak, bütün parçalar için servis seviyesinin yaklaşık olarak en az %50 olduğunu garanti ediyoruz. Böylelikle bazı yedek parçalar için istenmeyen çok düşük servis düzeylerinin oluşması engellenmiş olmaktadır.

Oluşturulan bu model lineer olmayan bir tam sayı optimizasyon problemidir. Model, klasik  $(Q, r)$  modeline benzemektedir ve sezgisel (heuristic) yöntemler ile çözülebilir. Model çözümünde kullanılacak olan yöntem bir sonraki bölümde özetlenmiştir.

### 2.3. Sezgisel Yöntem

Bu bölümde her bir yedek parça  $i$  için sipariş miktarlarını ( $Q_i$ ) ve yeniden sipariş noktalarını ( $r_i$ ) bulmak için kullanılan ve Zhang v.d (2001) tarafından önerilen sezgisel yöntem anlatılmaktadır. Bu yöntemde öncelikle yedek parçalar sınıflara bölünmekte ve her sınıf içerisinde servis düzeyi sabit olarak kabul edilmektedir. Sistem içerisindeki her bir parçanın servis düzeyini aramak yerine aramayı sadece birkaç servis düzeyi için yapmak optimizasyon probleminin boyutunu anlamlı bir şekilde azaltmaktadır. Sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası için, aşağıda açıklanmış olan basit kapalı şekil (closed-form) ifadeler bulunmuştur. Bu ifadeler aşağıda Excel tablosu yardımıyla analiz edilerek modeldeki kısıtları sağlayan ve en düşük maliyetli parametreler kolayca bulunabilmektedir.

Geleneksel ABC metodunda sınıflandırma için, parçalar birim maliyet veya yıllık maliyetlerine göre sıralanmaktadır. Burada parçaları sıralama yaparken Zhang v.d (2001)'nin çalışmasında önerildiği gibi  $\frac{D_i}{I_i c_i^2}$  oranı kullanılmış, azalan şekilde sıralama yapılmış ve daha sonra ABC gruplaması yapılmıştır.

#### 2.3.1. Sipariş miktarını hesaplama

Sipariş miktarını ( $Q_i$ ) geleneksel EOQ denklemini kullanarak aşağıdaki gibi bulabiliriz.

$$Q_i = \sqrt{2 \frac{KD_i}{c_i}} \quad (17)$$

Denklem (17)'deki  $K$  değeri sabit sipariş maliyeti olmakla beraber sipariş sıklığı kısıtını sağlayan  $K$  değerlerini bulmak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{D_i}{Q_i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{D_i}{\sqrt{2 \frac{KD_i}{c_i}}} \leq F \quad (18)$$

Daha sonra yukarıdaki denklem yardımı ile geçerli  $K$  değerlerini aşağıdaki formülasyon yardımıyla bulabiliriz.

$$K \geq \frac{1}{2} \left( \frac{1}{NF} \sum_{i=1}^N \sqrt{D_i c_i} \right)^2 \quad (19)$$

Eğer K için (19)'da verilen eşitsizliği sağlayan en küçük değer kullanılırsa,  $Q_i$

$$Q_i = \left\{ \frac{1}{NF} \left( \sum_{i=1}^N \sqrt{D_i c_i} \right) \sqrt{\frac{D_i}{c_i}} \right\} \quad (20)$$

olarak bulunur ve  $Q_i \geq 1$  kısıtı ile EOQ modeli aşağıdaki gibi tekrar ifade edilebilmektedir.

$$Q_i = \max \left\{ \frac{1}{NF} \left( \sum_{i=1}^N \sqrt{D_i c_i} \right) \sqrt{\frac{D_i}{c_i}}, 1 \right\} \quad (21)$$

Sipariş sıklığı kısıtını sağlamak ve güvenli aralıkta kalmak için,  $Q_i$  değerleri Excel programında bulunurken en yakın ilk büyük tamsayıya yuvarlanmıştır.

### 2.3.2. Yeniden sipariş noktasının hesaplanması

Yedek parça i için yeniden sipariş noktası ( $r_i$ ) değerini bulmak için Zhang v.d (2001) çalışmasında önerildiği gibi Nahmias (2005)'de sunulan Tip I ve Tip II yaklaşımlarını içeren karma bir yöntem kullanılmaktadır. Verilen sipariş miktarı  $Q_i$  ve hedef servis düzeyi  $S_i$  değerlerini kullanarak yeniden sipariş noktası  $r_i$  değerini bulmak için tedarik süreci boyunca gelen talep miktarının beklenen değeri  $\theta_i$  ve standard sapması  $\sigma_i$  olan normal dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır. Tip I servis düzeyi tedarik süresi boyunca stok bulundurma olasılığıdır. Tip II servis düzeyi ise zamanında karşılanan taleplerin oranını göstermektedir.

### 2.3.3. Karma yaklaşım

*Tip I* ve *Tip II* yaklaşımlarından daha iyi bir uygun (feasible) sonuç bulmak için, yeniden sipariş noktaları için karma bir formül vardır. Zhang v.d (2001) çalışmalarında bu yaklaşımları aşağıdaki karma denklemlerde birleştirmiştir.

$$r_i = \begin{cases} \theta_i + \sigma_i \min \left\{ \sqrt{-2 \ln \left( \frac{\sqrt{2\pi}(1-S_i)(Q_i + z_{S_i} \sigma_i)}{\sigma_i} \right)}, z_{S_i} \right\} & \ln \left( \frac{\sqrt{2\pi}(1-S_i)(Q_i + z_{S_i} \sigma_i)}{\sigma_i} \right) \leq 0 \text{ ise} \\ \theta_i & \ln \left( \frac{\sqrt{2\pi}(1-S_i)(Q_i + z_{S_i} \sigma_i)}{\sigma_i} \right) > 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (22)$$

Bu denklemde,  $z_s$  değeri  $0 < s < 1$  için  $s$ 'e karşılık gelen ters standart normal kümülatif yoğunluk fonksiyonudur.

Bir sonraki bölümde yukarıda anlatılan model ile yapılan bir uygulama anlatılmıştır. Bu uygulamada, excel tabloları yardımıyla model ve önerilen sezgisel yöntem test edilmiş ve maliyet analizi yapılmıştır.

## 3. Modelin XYZ Organizasyonundaki Uygulaması

Uygulama ve maliyet analizi için XYZ organizasyonuna ait depodaki malzemelerin 01.01.2005 ile 31.12.2008 tarihleri arasındaki stok kayıtları kullanılmıştır. Öncelikle depo kayıtlarındaki 200 adet malzeme için ABC analizi yapılarak 50 kritik malzeme bulunmuştur.

### 3.1. ABC Analizi

ABC analizi birçok farklı envanter kaleminin olması durumunda envanterleri incelemede yardımcı olur. Bu analiz, envanteri oluşturan elemanların, talep ve fiyat oranlarına göre önem derecelerine dayanarak sıralanmasını göstermektedir. Nicel bir yöntem olan ABC metodu, kritik ile daha az kritik olanları ayırma işlevini gerçekleştirmektedir. Bu analiz, bir envanter sistemindeki kritik ve çok değerli olan stok kalemlerini belirleyerek bunların daha sık kontrol edilmesini sağlamak amacıyla çok sayıdaki stok kalemini 3 gruba ayırır. Stoktaki tüm kalemlere aynı stok yönetim teknikleri uygulamamak için yakın takip ve izleme gerektiren önemli ve kritik kalemler, diğerlerinden ayrıştırılır. A grubu malzemeler sistem için çok önemli ve kritik, değerinde pahalı ve az sayıda bir kalem grubu olarak ortaya çıkar. B grubu malzemeler ise orta değerinde ve A grubundan daha az kritik ve ortalama bir sayıdadır. C grubu malzemeler ise sistem için en az önemli ve en az kritik, değeri ucuz fakat çok sayıda bir kalem grubu olarak ortaya çıkar. Sınıflara ait toplam değer yüzdesi ve toplam kalemlerin yüzdesi Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo- 1: ABC Analizinde Kullanılan Toplam Değer ve Kalem Yüzdeleri**

| Sınıfı | Toplam Değer Yüzdesi | Toplam Kalem Yüzdesi |
|--------|----------------------|----------------------|
| A      | 70 – 80              | 15 – 20              |
| B      | 15 – 25              | 30 – 40              |
| C      | 5 – 10               | 50 – 55              |

Talep, fiyat ve tedarik süresi kriterleri ile iş makinelerine ait yedek parçaların ABC sınıflandırması yapılmış ve ABC analizi sonucunda her bir sınıf malzemelerin toplam değer yüzdesi ve toplam kalemlerin yüzdesi Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo- 2: ABC Analizi Sonucu Bulunan Yüzdeler**

| Sınıfı | Toplam Değer Yüzdesi | Kalem Sayısı | Toplam Kalem Yüzdesi |
|--------|----------------------|--------------|----------------------|
| A      | 73,47                | 32           | 16                   |
| B      | 22,52                | 64           | 32                   |
| C      | 5,01                 | 102          | 52                   |

ABC analizi envanter kalemlerinin değer ve sayılarının tüm envanter içindeki kümülatif yüzdelere göre sınıflandırmasından ibarettir. Yüksek değerli A kalemlerinden az miktarda bulundurmak fakat kontrolü sıklaştırmak ve ayrıntılı kayıtlar gerekli olacaktır. Buna karşın düşük değerli C kalemlerinden bol miktarda bulundurulurken kontrol, sipariş ve kayıt işlemleri basit tutulmalıdır. Stok miktarları fazla olduğundan sık sık gözden geçirme ve sipariş işlemlerine gerek yoktur. ABC analizi ile yıllık büyük harcama gerektiren kalemlere dikkat çekmek ve böylece A grubu malların stok düzeylerinin düşürülerek toplam maliyeti azaltmaktır. XYZ organizasyonunun envanterinde olan yedek parçalara uygulanan ABC analizi sonucunda malzemeler önem derecesine göre ayrılmış olup A grubu malzemelerin tamamı (32 Kalem) ile B grubu malzemelerin ilk 18 kalemi toplam maliyet kriterleri doğrultusunda A grubuna yakın oldukları için toplam 50 kalem malzeme kritik malzeme sınıfına dahil edilmiştir ve çalışmanın geri kalan kısmında belirlenen kritik 50 kalem kritik malzemenin analizi yapılmıştır.

### 3.2. Sipariş Miktarı ve Yeniden Sipariş Noktasının Belirlenmesi

Kritik 50 adet malzemeye ait sipariş miktarları ( $Q_i$ ) Excel programı ile hesaplanarak EK - A’da verilmektedir. Envanter yönetim sistemi oluştururken sipariş miktarı ile birlikte yeniden sipariş noktasının belirlenmesi gerekmektedir. Envanter miktarı önceden belirlenmiş stok düzeyi olan yeniden sipariş noktasının altına düştüğünde sipariş verilmesi gerekir. Bu stok düzeyinin, teslimat süresi boyunca gelebilecek ortalama talebi ve istenen ortalama servis düzeyini sağlayabilmek için gereken güvenlik stoğunu içermesi gereklidir. Başka bir deyişle, yeniden sipariş noktası stoksuz kalmamak için yeniden sipariş verilmesinin gerektiği kabul edilen stok düzeyidir.

Yeniden sipariş noktası, yukarıda verilen (22) no'lu denklem kullanılarak hesaplanabilir. Sistemimizde belirlediğimiz kritik malzemelere ait yeniden sipariş noktaları ( $r_i$ ) Excel programı ile hesaplanmış ve EK - B'de verilmektedir.

Yukarıda anlatılan hesaplamalar sonucunda elde edilen  $Q_i$  ve  $r_i$  değerleri tam sayı kısıtını sağlayabilmek ve sipariş sıklığı ve servis düzeyi bakımından güvenli aralıkta kalabilmek için yukarıya yuvarlanmıştır. Yuvarlama sonucunda elde edilen  $Q_i$  ve  $r_i$  değerleri ile her malzemenin iki sipariş arasında alabileceği maksimum ile minimum envanter düzeyleri EK - C'de verilmektedir.

### 3.3. Maliyet Analizi

Maliyet analizinde kullanılan değerler, faaliyete dayalı maliyetlendirme sistemi ile, satın alma (sipariş), ürün giriş kontrolü ve depolama faaliyetlerine göre gruplandırılarak eldeki kaynakların bu faaliyetler için ne kadar kullanıldıkları tespit edildikten sonra hesaplanmaktadır. Her bir faaliyetin kaynak kullanım oranları veya zamanları ile maliyetlerin elde edilmesinde kullanılan diğer veriler Tablolar 3 – 8'de sunulmaktadır.

**Tablo- 3: Kaynakların Toplam Değerleri ve Maliyetleri**

| Kaynaklar<br>(Masraf Sınıfları)                           | Kaynak Maliyet<br>Anahtarları (/ay) | Toplam<br>Kaynak<br>Değeri | Maliyet<br>(TL/ay) | Birim<br>Maliyet | Birim<br>Maliyet<br>Anahtarı |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| Depo Yönetimi                                             | Süre (saat)                         | 160                        | 2000               | 12,5000          | TL/saat                      |
| Depo Personeli                                            | Süre (saat)                         | 320                        | 547,54             | 1,7111           | TL/saat                      |
| Telefon                                                   | Konuşma Süresi (dak.)               | 1200                       | 15                 | 0,0125           | TL/dakika                    |
| Mali ve İdari İşler                                       | Süre (saat)                         | 800                        | 10600              | 13,2500          | TL/saat                      |
| Sınıflandırılmayan Masraflar<br>(Posta, Su, Elektrik vb.) | Personel Sayısı                     | 8                          | 100                | 12,5000          | TL/personel                  |

Tablo-3 maliyet analizinde kullanılan kaynakları (masraf sınıfları), bunların toplam değerlerini ve birim maliyetlerini içermektedir. Depo yönetiminden sorumlu bir personel bulunmaktadır ve bu personelin aylık maaşı Tablo-3'te maliyet olarak verilmiştir. Depo personeli olarak çalışan 2 personelden her birinin maliyeti 273,77 TL/ay olarak belirlenmiştir. XYZ organizasyonun bir devlet kuruluşu olması nedeniyle bu organizasyona ait deponun kira gideri bulunmamaktadır. Depo 1985 yılında yapılmış olup 20 yıldan eski olduğu dikkate alındığı zaman amortisman hesabı yapılmasına gerek bulunmamaktadır. Ayrıca, aşağıda belirtileceği üzere, depolama maliyetinin diğer maliyet kalemlerine göre oldukça düşük olduğu ve amortismanın önemli bir etki yaratmadığı görülmektedir. Mali ve idari işlere (saymanlık ve maliye bölümü) ait aktivitelerin maliyeti hesaplanırken bu bölümlerde görev yapan 5 personelin toplam aylık maaş miktarı göz önüne alınmaktadır. Maliyet hesabında aylık irsaliye sayısı 50 olarak varsayılmaktadır.

Tablo-4'te posta, su, elektrik gibi sınıflandırılmayan masrafların ürün giriş kontrolü ve depolama faaliyetleri için irsaliye başına düşen birim maliyet hesaplanmaktadır. Sınıflandırılmayan masraflara, sipariş süresince bilgisayar kullanımı dolaylı olarak elektrik maliyetleri eklenmektedir.

**Tablo- 4: Sınıflandırılmayan Masrafların Personel Maliyeti Bilgileri**

| Faaliyetler         | Ortalama<br>Personel Sayısı | Kullanım<br>Yüzdesi | Maliyet<br>(TL/irsaliye) |
|---------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
| Ürün Giriş Kontrolü | 3                           | %37,5               | 0,75                     |
| Depolama            | 2                           | %25,0               | 0,50                     |

Tablo 5 ve 6’da depo yönetimi, depo personeli ve mali ve idari işler kaynakları, Tablo-7’de ise telefon kullanımına ait ürün giriş kontrolü ve depolama faaliyetleri için irsaliye başına düşen telefon maliyetleri hesaplanmıştır.

**Tablo- 5: Ürün Giriş Kontrolü İçin Personel Maliyeti Bilgileri**

| Ürün Giriş Kontrolü                         | Depo Yönetimi       | Depo Personeli | Mali ve İdari İşler |
|---------------------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Ürün Giriş Kontrolü Toplamı (saat/irsaliye) | 1,0                 | 1,0            | 3,5                 |
| Maliyet (TL/irsaliye)                       | 12,5                | 1,7111         | 46,375              |
| Ürün Giriş Kontrolü Personel Maliyeti       | 60,5861 TL/irsaliye |                |                     |

**Tablo- 6: Depolama Faaliyetleri için Personel Maliyeti Bilgileri**

| Depolama                         | Depo Yönetimi       | Depo Personeli | Mali ve İdari İşler |
|----------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Depolama Toplamı (saat/irsaliye) | 0,5                 | 4,0            | 0,0                 |
| Maliyet (TL/irsaliye)            | 6,25                | 6,8443         | 0,0                 |
| Depolama Personel Maliyeti       | 13,0943 TL/irsaliye |                |                     |

**Tablo -7: Depo Telefon Maliyeti Bilgileri**

| Faaliyet                      | Kullanım Yüzdesi | TL/ay | Maliyet (TL/irsaliye) |
|-------------------------------|------------------|-------|-----------------------|
| Ürün Giriş Kontrolü Kullanımı | %40              | 6,0   | 0,12                  |
| Depolama                      | %10              | 1,5   | 0,03                  |

İhtiyacımız olan bir başka veri irsaliye başına sipariş maliyetidir. Depo içerisinde sipariş ile ilgili 3 ana bölüm (satın alma, muhasebe ve depo) bulunmaktadır. Tablo-8’de bu bölümlerde sipariş için ne kadar zaman ve kaynak harcadığı ile bunların maliyete yansımaları gösterilmektedir.

**Tablo -8: Sipariş Verme Maliyetleri**

| Kısım            | Faaliyet                             | Personel (insan - dakika) |             |                | Kırtasiye (TL/sipariş) | Telefon ve Diğer (TL/sipariş) |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|----------------|------------------------|-------------------------------|
|                  |                                      | Satın alma (dak.)         | Depo (dak.) | Telefon (dak.) |                        |                               |
| Depo             | Satın alma talebinin oluşturulması   | -                         | 10          | 5              | 1                      | -                             |
| Satın Alma       | Siparişin Hazırlanması               | 15                        | -           | -              | 2                      | 1                             |
|                  | Tedarikçiye Bildirilmesi             | 5                         | -           | 5              | 1,5                    | 1                             |
|                  | Sipariş Takibi (Telefon Görüşmeleri) | 20                        | -           | 15             | -                      | 0,5                           |
| Depo             | Ürün Gelişi / Sipariş Kontrolü       | -                         | 10          | -              | -                      | 0,5                           |
|                  | Teslim Alış/ Ürün Kontrolü           | 20                        | 15          | 5              | 0,5                    | 0,5                           |
| Depo ve Muhasebe | Fatura Kontrolü                      | 15                        | 5           | 5              | -                      | 0,5                           |
| <b>TOPLAM</b>    |                                      | <b>75</b>                 | <b>40</b>   | <b>35</b>      | <b>5</b>               | <b>4</b>                      |

Sipariş maliyetinin hesaplanmasında, bu bölümlerde sipariş için harcanan zaman dilimlerinden, dolayısıyla bu iş için görevlendirilmiş kişilerin bu zaman aralığında fabrikadan almayı hak ettiği ücret tutarından faydalanılmaktadır. Bu hesaplamalarda, uygulamanın yapıldığı organizasyonda bir sipariş için ilgili bölümlerin harcadığı güncel veya gerçeğe yakın süreler ve kaynaklar kullanılmaktadır.

Tablo 9’da sipariş maliyetine ait hesaplamalar gösterilmektedir. Aylık brüt ortalama işgören maliyeti, aylık toplam çalışma saatine bölünerek 1 dakikalık işgücü maliyeti bulunmuştur. Sipariş maliyeti dakikalık işgücü maliyetinin sipariş için harcanan süre (150 dak.) ile çarpılıp kırtasiye, telefon ve diğer maliyetler ile eklenmesi sonucu hesaplanmaktadır.

**Tablo - 9: Sipariş Maliyeti**

|                                                      |                |
|------------------------------------------------------|----------------|
| Brüt Ortalama İşgören Maliyeti (TL / insan - ay)     | 2100           |
| Aylık Çalışma Saati (insan - saat)                   | 160            |
| Brüt Ortalama İşgören Maliyeti (TL / insan - dakika) | 0,21875        |
| <b>Sipariş Maliyeti (TL / sipariş)</b>               | <b>41,8125</b> |

**Tablo - 10: Ürün Depolama Maliyetleri**

|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Depo Kirası (TL / ay)                                                              | 0          |
| Depo Efektif Hacmi (m <sup>3</sup> )                                               | 10         |
| <b>Ürün Depo Kira Maliyeti (TL / m<sup>3</sup> - ay)</b>                           | <b>0</b>   |
| Ürün Sigorta, Isınma ve İşçilik Maliyetleri (TL / ay)                              | 1000       |
| <b>Ürün Sigorta, Isınma ve İşçilik Birim Maliyetleri (TL / m<sup>3</sup> - ay)</b> | <b>100</b> |
| <b>Ürün Depolama Maliyeti (TL / m<sup>3</sup> - ay)</b>                            | <b>100</b> |

Ürün depolama maliyetini hesaplamak için ilgili ürünlerin depo efektif hacmine ihtiyaç duyulmaktadır. ABC analizi sonucu bulunan ve maliyet hesaplarında kullanılan kritik 50 yedek parçanın kapladığı ortalama toplam hacim EK - D’de verilen aylık ortalama envanter miktarı ve ürün hacimleri kullanılarak 5,34 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır. Depo efektif hacmi hesaplanırken ise, ABC analizi sonucu bulunan ve maliyet hesaplarında kullanılan her bir kritik yedek parça ürün için aylık ortalama envanter miktarları ve bu ürünlerin depoda raflarda kapladığı toplam hacim düşünülmektedir. Depoda toplam 200 ürün olduğu için, kritik olmayan diğer 150 ürünü de düşününce efektif hacim 10 m<sup>3</sup> olarak hesaplamaya katılmaktadır. Ürün depolama maliyeti ise depo kirası ile sigorta, ısınma ve işçilik maliyetlerinin depo efektif hacmine bölünerek toplanmasıyla elde edilmektedir. XYZ organizasyonu bir devlet kuruluşu olduğu için deponun kira gideri bulunmamaktadır. Ürünlerin sigorta, ısınma ve işçilik maliyetleri için ayda 1000 TL harcadığı için m<sup>3</sup> başına aylık ürün depolama maliyeti 100 TL olarak elde edilmektedir.

Bu hesaplamalar sonucunda oluşan ürün giriş kontrolü ve depolama faaliyetlerine ait maliyetler Tablo - 11’de özetlenmiştir.

**Tablo - 11: Depo Faaliyetlerine Ait Birim Maliyetler**

| <b>Faaliyet</b>     | <b>Maliyet (TL/irsaliye)</b> |
|---------------------|------------------------------|
| Ürün Giriş Kontrolü | 61,4561                      |
| Depolama            | 13,6243                      |

Yukarıdaki tablolarda açıklanan birim maliyet değerleri kullanılarak depoda tutulan yedek parça  $j$  için toplam envanter maliyeti aşağıdaki formül ile bulunmaktadır.

$$\text{Toplam Envanter Maliyeti}_j = \text{Elde Bulundurma Maliyeti}_j + \text{Ürün Giriş Kontrol Maliyeti}_j + \text{Sipariş Maliyeti}_j$$

Bu formülde yedek parça  $j$  için elde bulundurma maliyeti ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Elde Bulundurma Maliyeti}_j = \text{Depolama Maliyeti}_j + \text{Yatırım Maliyeti}_j$$

Her bir malzemeye ait yatırım maliyetini bir başka deyişle, stoğa bağlanan sermayenin maliyetini hesaplamak için bankalardan alınan kredi faizi kullanılmaktadır. %14 olarak alınan yıllık kredi faizi (yıllık sermaye maliyeti) aşağıdaki formül ile aylık kredi faizine dönüştürülmektedir. Bu formülde, yıllık faiz " $r_y$ ", aylık faiz ise " $r_a$ " ile gösterilmektedir.

$$1 + r_a = (1 + r_y)^{1/12} \Rightarrow 1 + r_a = (1 + 0,14)^{1/12} \Rightarrow r_a = 0,01097885$$

%1,097885 olarak hesaplanan aylık faiz ile malzeme alış fiyatı çarpılarak her bir yedek parça için yatırım maliyeti elde edilmektedir. Malzemelerin birim alış fiyatları (Baf) ise stok kayıtlarında tutulmaktadır. Stok kayıtlarından alınan malzemelerin birim alış fiyatları (baf), aylık faiz (0.01097885) ile çarpılarak yatırım maliyeti hesaplanmaktadır.

Yukarıda anlatılan tüm maliyetler dikkate alındığında yedek parça  $j$  için yatırım, depolama, ürün giriş kontrol ve sipariş maliyetleri ise aşağıdaki formüller ile elde edilmektedir:

$$\text{Depolama Maliyeti}_j = \text{Stok Miktarı}_j \times \text{Ürün hacmi}_j \times \text{Ürün Depolama Maliyeti} + 13,6243 \text{ TL/irsaliye}$$

$$\text{Depolama Maliyeti}_j = \text{Stok Miktarı}_j \times \text{Ürün hacmi}_j \times 100 \text{ TL/m}^3 + 13,6243 \text{ TL/irsaliye}$$

$$\text{Yatırım Maliyeti}_j = 0,01097885 \times \text{Baf}_j \times \text{Stok Miktarı}_j$$

$$\text{Ürün Giriş Kontrol Maliyeti}_j = 61,4561 \text{ TL/irsaliye}$$

$$\text{Sipariş Maliyeti}_j = 41,8125 \text{ TL/sipariş}$$

Aşağıdaki bölümlerde mevcut durum ile modelin uygulanması sonucunda elde edilen toplam maliyetler hesaplanarak karşılaştırılmaktadır.

### 3.3.1. Mevcut Envanter Sisteminde Toplam Maliyet

Mevcut envanter sistemindeki toplam maliyeti hesaplamak ve model için önerilen sezgisel yöntem ile bulunan en iyi parametreler ile elde edilen maliyetleri karşılaştırmak için ABC analizi sonucu kritik olarak belirlenen 50 kalem yedek parça seçilmiş ve Ek - D'de bu kritik yedek parçalara ait ürün, depolama ve yatırım maliyetleri verilmiştir. 50 kalem yedek parçanın bir yıllık satın alma miktarı toplamı 1382 olarak belirlenmiştir. Bir siparişte ortalama olarak 2 adet ürün olduğu varsayıldığında mevcut durumda aylık sipariş miktarı 58 olarak hesaplanmaktadır. Mevcut envanter sisteminde hesaplanan toplam maliyetler ise Tablo 12'de verilmektedir.

**Tablo -12: Kritik Malzemeler için Mevcut Envanter Sisteminde Toplam Maliyetler**

|                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| <b>Sipariş Maliyeti</b>            | <b>2.425,13 TL/ay</b>    |
| <b>Ürün Giriş Kontrol Maliyeti</b> | <b>3.564,45 TL/ay</b>    |
| Depolama Maliyeti                  | 1.415, 40 TL/ay          |
| Yatırım Maliyeti                   | 2.502,78 TL/ay           |
| <b>Elde Bulundurma Maliyeti</b>    | <b>3.918,18 TL/ay</b>    |
| <b>Toplam Envanter Maliyeti</b>    | <b>9.907,76 TL /ay</b>   |
| Toplam Ürün Maliyeti               | 227.963,34 TL/ay         |
| <b>Toplam Maliyet</b>              | <b>237.871,10 TL /ay</b> |

### 3.3.2. Model için Önerilen Sezgisel Yöntem ile Bulunan Parametreler ile Elde Edilen Toplam Maliyet

Toplam maliyeti hesaplamak için ABC analizi sonucu kritik olarak belirlenen 50 kalem yedek parçanın envanter maliyeti gerekmektedir. Ek - E'de bu kritik yedek parçalara ait ürün, depolama ve yatırım maliyetleri verilmektedir. Toplam envanter maliyetini bulabilmek için bu yedek parçaların ürün giriş kontrol ve sipariş maliyetlerini hesaplamak gereklidir. Dikkate alınan yedek parçaların yıllık ortalama talep miktarı toplamı 1268 olarak belirlenmiştir. Maliyet analizinde mevcut depo envanteri ile model için 2. bölümde önerilen sezgisel yöntem tarafından belirlenen parametreler ile elde edilen envanter değerlerini kıyaslarken bir siparişte ortalama olarak 2 adet yedek parça olduğu varsayılmaktadır. Modelde varsayılan 50 aylık sipariş miktarı mevcut envanter sistemindeki 58 aylık sipariştan farklı olduğu için sipariş ile orantılı olan ürün giriş kontrol ve sipariş maliyetleri değişmektedir.

Önerilen sezgisel yöntem ile elde edilen parametreler ile bulunan toplam maliyetler ise Tablo - 13'te gösterilmektedir.

**Tablo - 13: Kritik Malzemeler İçin Toplam Maliyetler**

|                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| <b>Sipariş Maliyeti</b>            | <b>2.090,63 TL/ay</b>    |
| <b>Ürün Giriş Kontrol Maliyeti</b> | <b>3.072,81 TL/ay</b>    |
| Depolama Maliyeti                  | 1.146,67 TL/ay           |
| Yatırım Maliyeti                   | 2.361,09 TL/ay           |
| <b>Elde Bulundurma Maliyeti</b>    | <b>3.507,76 TL/ay</b>    |
| <b>Toplam Envanter Maliyeti</b>    | <b>8.671,19 TL /ay</b>   |
| <b>Toplam Ürün Maliyeti</b>        | <b>215.058,26 TL/ay</b>  |
| <b>Toplam Maliyet</b>              | <b>223.729,45 TL /ay</b> |

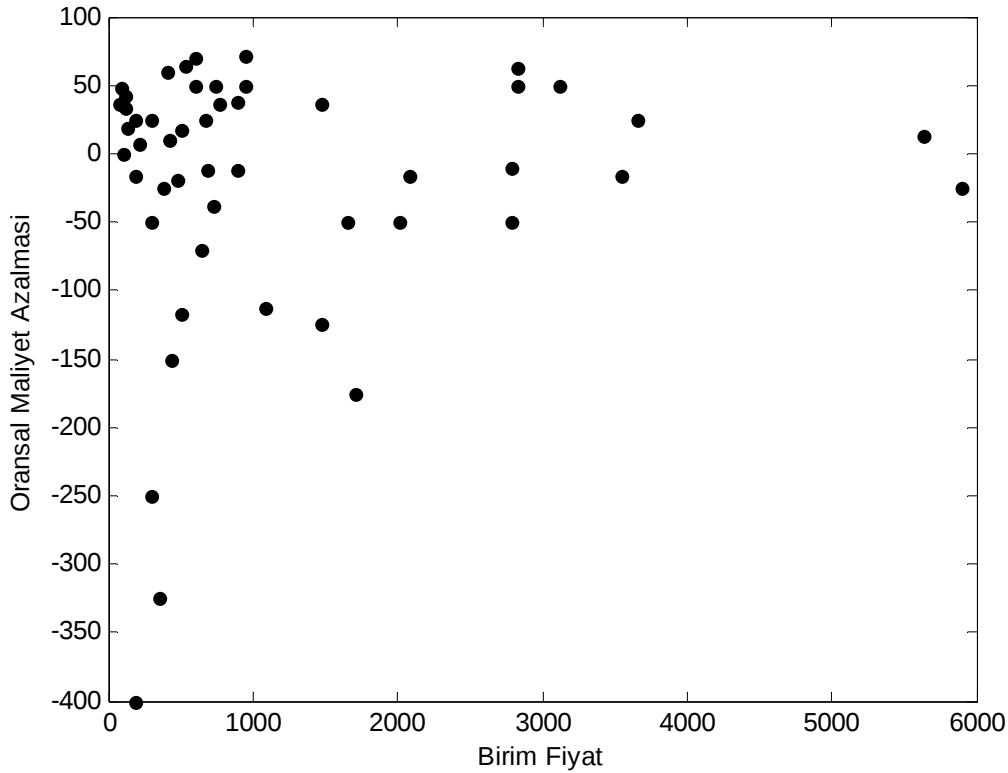
Mevcut envanter sisteminde ve matematiksel model için önerilen sezgisel yöntem ile elde edilen maliyetlerin karşılaştırılması Tablo - 14'te verilmektedir. Sezgisel yöntemin kullanımı toplam maliyette aylık yaklaşık 14000 TL'lik bir kazanç sağlamakla beraber bu azalma oransal olarak % 6'ya yakın bir değere karşılık gelmektedir. Toplam maliyetin yaklaşık %96'sını oluşturan ürün satın alma maliyetinde %5.66'lık bir azalma sağlarken toplam envanter maliyetinde % 12'nin üzerinde bir kazanç sağlanmaktadır.

**Tablo - 14: Mevcut Envanter Sistemi ve Önerilen Sezgisel Yöntem ile Elde Edilen Maliyetlerin Karşılaştırılması**

|                                 | <b>Mevcut Envanter Sistemi Maliyetleri</b> | <b>Sezgisel Yöntem ile Elde Edilen Maliyetler</b> | <b>% Azalma</b> |
|---------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Toplam Ürün Maliyeti</b>     | 227.963,34 TL /ay                          | 215.058,26 TL /ay                                 | 5,66            |
| <b>Toplam Envanter Maliyeti</b> | 9.907,76 TL /ay                            | 8.671,19 TL /ay                                   | 12,48           |
| <b>Toplam Maliyet</b>           | 237.871,10 TL /ay                          | 223.729,45 TL /ay                                 | 5,95            |

Matematiksel model ile bu model için önerilen sezgisel yöntem maliyetlerde bir kazanç sağlarken servis seviyelerinde iyileştirmeler sağlamaktadır. Sezgisel yöntemin önerdiği parametreler kullanıldığı takdirde daha yüksek servis seviyeleri elde edilmektedir. Kritik olan 50 yedek parçanın tamamı istenen en düşük servis seviyelerini sağlarken mevcut envanter sisteminde bu yedek parçalardan 23 tanesinin servis düzeyi istenen minimum seviyenin altında kalmaktadır. Servis seviyesi, müşteri siparişlerinin doğru miktarda, doğru zamanda, doğru fiyatla müşteriye ulaştırılanların yüzdesi şeklinde tanımlanabilir. Bir başka deyişle, talebin direk stoktan karşılanma olasılığı şeklinde tanımlanan servis seviyesi tipik %95 olarak belirlenir. Genellikle envanterdeki malzemelere önemlerine göre servis seviyeleri verilir. Böylece çok önemli parçalar %97.5 seviyelerindeyken, daha az önemli malzemelerin istenen servis düzeyleri %92.5 seviyesinde olabilir.

Matematiksel model ve sezgisel yöntem ile elde edilen kazançlara sistem düzeyinin yanında yedek parça düzeyinde incelemek önemli olmaktadır. EK – D ve EK - E’de gösterilen toplam maliyetler için kritik 50 yedek parça için elde edilen en büyük oransal kazanç EK – F’de gösterildiği şekilde %70 düzeyindedir. EK F’de gösterilen oransal azalmalar pozitif ise tanım gereği maliyet azalmasını, negative ise maliyet artışını göstermektedir. Bir yedek parça için toplam maliyette %400 oranında artış gözlenirken bu yedek parçanın birim fiyatı diğer parçalara göre oldukça düşük olduğundan dolayı bu artışın toplam maliyete kayda değer bir etkisi bulunmamaktadır. Şekil - 1’de dikkate alınan tüm yedek parçaların birim maliyeti ile oransal toplam maliyet azalması ilişkisi gösterilmektedir. 27 yedek parça kaleminde maliyetlerde azalma sağlanırken geri kalan 23 kaleimde ortalama stok seviyesinin artışından dolayı maliyetlerde artma gözlemlenmektedir. Ancak bu kalemler için, yukarıda bahsedildiği üzere mevcut envanter sisteminde istenen servis seviyeleri sağlanamamaktadır.



**Şekil – 1: Sezgisel Yöntem ile elde edilen Oransal Maliyet Azalması ve Ürün Maliyeti Arasındaki İlişki**

#### 4. Sonuçlar

A, B, C grubu parçalar, toplam değer içinde, nispi önemlerine ve kritiklik düzeylerine göre yüksek değerli, orta değerli, düşük değerli stok kalemlerini temsil etmektedir. Bu ayırım, stokların kontrol faaliyetlerinin farklılaştırılmasını sağlamaktadır. Buna göre XYZ organizasyonundaki A grubu stok kalemleri, çok sıkı bir kontrole tabi tutulmalıdır. Bu organizasyonda, A grubu stok kalemlerinin kontrol edilmesiyle toplam envanter değerinin %73.47’si kontrol edilmiş olmaktadır. Bu nedenle, bu envanter yönetim sisteminde miktar ve zaman kararlarıyla ilgili olarak, sipariş miktarı, emniyet stoku, tedarik süresi, fiili stoklar gibi sistemin temel faktörleri titizlikle belirlenmelidir. Bütün faktörlerin sık sık

kontrol edilmesi ile daha az kabul yapılmasını mümkün olacağından, kontrol fonksiyonunun hassasiyeti artırılmaktadır. Siparişlerin sık sık verilmesindeki amaç, fiili stokların, talebe mümkün olduğu kadar yakın bulunmasını sağlamaktır. Bu şekilde emniyet stoklarının, mümkün olabilecek en düşük seviyede tutulması sağlanmaktadır. Verilen sık siparişlerle, stokların işletmede bekleme sürelerinin azalması sağlanırken elde stok bulundurma masraflarında kazanç elde edilmektedir. Aynı zamanda, sık siparişler ile talebin karşılanamama olasılığının azalması nedeniyle stok bulundurmama ve kayıp satış maliyetlerinin azalması sağlanırken, emniyet stok seviyesinin düşük düzeylerde tutulabilmesi nedeniyle bu stoklarla ilgili elde bulundurma masraflarının azalması mümkün olmaktadır.

C grubu stok kalemlerinin kontrolünde, A grubu stok kalemlerinin kontrolünde uyulması gereken yöntem ve politikaların tam aksi yönde bir yön çizilmesi gerekmektedir. Büyük miktarda ve uzun aralıklarla sipariş verilirken, yüksek seviyeli emniyet stokları tesis edilmeli, kayıt, raporlama ve kontrol faaliyetleri azaltılmalıdır. C grubu stok kalemlerinin, birim başına elde bulundurma masrafı düşük olduğundan, yüksek emniyet stokları ekonomiktir. C grubu kalemlerin genellikle standart mallar olması nedeniyle eskime ve yıpranma riski azdır. Belirlenen bir politika ile, tüm C grubu kalemleri için emniyet stoğu tayin edilebilir. Her kalem için, ayrı emniyet stoku seviyesi tayin edilmesine gerek bulunmamaktadır. C grubu stok kalemleri için, siparişlerin daha seyrek ancak büyük miktarlarda verilmesi nedeniyle ortalama stok miktarları yükselmektedir. Bu nedenle, elde stok bulundurma masrafları artmaktadır. Ancak, elde bulundurma masrafı, aynı zamanda birim maliyetlere bağlı bulunduğundan ve C grubu stok kalemlerinin birim maliyetinin genel olarak düşük olması nedeniyle, bu artışın çok büyük miktarlarda olması beklenmemektedir.

Mevcut durumdaki toplam ürün maliyetinin 227.963,43 TL olduğu ve önerilen model ile bu maliyet 215.058,26 TL ye düştüğü ve bunun da yaklaşık % 5,66 lık bir iyileştirme anlamına geldiği hesaplanmıştır. Yine aynı hesaplamalar doğrultusunda mevcut toplam envanter maliyetinin 9.907,76 TL den 8.671,19 TL ye düştüğü yani % 12,48 lık kayda değer bir iyileştirme sağladığı bulunmuştur. Toplam maliyetlerde ise maliyet 237.871,10 TL den 223.729,45 TL ye düşerek yaklaşık olarak % 5,95 lık bir iyileştirme sağladığı görülmüştür.

Matematiksel model ve önerilen sezgisel yöntemin kullanılması servis seviyeleri açısından da fayda sağlamaktadır. Yöntemin verdiği parametreler kullanıldığı zaman daha iyi bir servis seviyesi sağlanmaktadır. Kritik olan 50 malzemenin tamamı istenen en düşük servis seviyesini sağlarken mevcut envanter sisteminde bu yedek parçalardan 23 tanesi istenen servis seviyesini sağlayamamaktadır.

### **Kaynakça**

- [1] Ç. Saraçlar, Lojistik Faaliyetler İçinde Envanter Yönetiminin Rolü ve Önemi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2003.
- [2] G. Satıcı, Enflasyonist Ortamda Endüstri İşletmelerinde Envanter Model Analizleri (Üretim ve Stok Sistemleri) ve Bir Uygulama, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1995.
- [3] F. Chen, Z. Drezner, J. K. Ryan, Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times, and information, *Management Science*, 46 (3),436-443, (2000).
- [4] C. Chandra, S. Kumar, Taxonomy of inventory policies for supply-chain effectiveness, *International Journal of Retail and Distribution Management*, 29 (4), 164-175, (2001).

- [5] Y. T. Herer, M. Tzur, E. Yücesan, Transshipments: an emerging inventory recourse to achieve supply chain leagility, *International Journal of Production Economics*, 80, 201-212, (2002).
- [6] M. Khouja, Optimizing inventory decisions in a multi-stage multi-customer supply chain, *Transportation Research Part E*, 39, 193-208, (2003).
- [7] A. H. L. Lau, H. Lau, Effects of a demand-curve s shape on the optimal solutions of a multi-echelon inventory/pricing model, *European Journal of Operational Research*, 147, 530-548, (2003).
- [8] B. Sezen, Tedarik zincirinde stok yönetimi problemleri için elektronik tablolar yardımı ile simülasyon uygulaması, *Yönetim ve Ekonomi*, 11 (1), 57-68, (2004).
- [9] S. Banerjee, A. Banerjee, J. Burton, W. Bistline, Controlled partial shipments in two-echelon supply chain networks: a simulation study, *International Journal of Production Economics*, 71, 91-100, (2001).
- [10] F. T. S. Chan, N. K. H. Tang, H. C. W. Lau, A simulation approach in supply chain management, *Integrated Manufacturing Systems*, 13, 117-122, (2002).
- [11] R. Ganeshan, T. Boone, A. Stenger, The impact of inventory and flow planning parameters on supply chain performance: an exploratory study, *International Journal of Production Economics*, 71, 111-118, (2001).
- [12] J. S. K. Lau, G. Q. Huang, Web-based simulation portal for investigating impacts of sharing production information on supply chain dynamics from the perspective of inventory allocation, *Integrated Manufacturing Systems*, 13 (5), 345-358, (2002).
- [13] F. Persson, J. Olhager, Performance simulation of supply chain designs, *International Journal of Production Economics*, 77, 231-245, (2002).
- [14] L. Lebel, J. S. Carruth, Simulation of woodyard inventory variations using a stochastic model, *Forest Products Journal*, 47 (3), 52-57, (1997).
- [15] W. J. Kennedy, J. W. Patterson, L. D. Fredendall, An overview of recent literature on spare parts inventories, *International Journal of Production Economic*, 76, 201-215, (2002).
- [16] S. C. Yang, Z. W. Du, Criticality evaluation for spare parts initial provisioning, *IEEE*, 507-513, (2004).
- [17] R. Dekker, M. J. Kleijn, P. J. De Rooij, A spare part stocking policy based on equipment criticality, *International Journal of Production Economics*, 56, 69-77, (1998).
- [18] T. S. Dhakar, C. P. Schmidt, D. M. Miller, Base stock level determination for high cost low demand critical repairable spares, *Computer and Operations Research*, 21(4), 411-420, (1994).
- [19] T. S. Vaughan, Failure replacement and preventive maintenance spare parts ordering policy, *European Journal of Operational Research*, 161, 183-190, (2005).
- [20] R. Q. Zhang, W. J. Hopp, C. Supatgiat, Spreadsheet implementable inventory control for a distribution center, *Journal of Heuristics*, 7, 185-203, (2001).
- [21] S. Nahmias, *Production and Operation Analysis*, McGraw Hill, New York, NY, 2005, p.256.

## Ekler

### EK - A : ABC Analizi Sonucu Belirlenen Kritik Malzemelerin $Q_i$ Hesaplamaları

| Sıra No | Stok Numarası    | N  | $D_i$ | $c_i$    | F  | $1/(NF)$ | $\sqrt{(D_i \cdot c_i)}$ | $\sqrt{(D_i / c_i)}$ | $Q_i$         |
|---------|------------------|----|-------|----------|----|----------|--------------------------|----------------------|---------------|
| 1       | 3020-01-513-5023 | 50 | 80    | 100,63   | 26 | 0,000769 | 89,7240                  | 0,8916               | <b>3,5026</b> |
| 2       | 2530-00-852-1220 | 50 | 79    | 290,90   | 26 | 0,000769 | 151,5952                 | 0,5211               | <b>2,0472</b> |
| 3       | 3130-27-039-0020 | 50 | 10    | 3.540,00 | 26 | 0,000769 | 188,1489                 | 0,0531               | <b>0,2088</b> |
| 4       | 4810-27-039-0048 | 50 | 68    | 212,40   | 26 | 0,000769 | 120,1799                 | 0,5658               | <b>2,2227</b> |
| 5       | 2915-01-438-7308 | 50 | 23    | 501,50   | 26 | 0,000769 | 107,3988                 | 0,2142               | <b>0,8413</b> |
| 6       | 4810-27-039-0583 | 50 | 13    | 5.900,00 | 26 | 0,000769 | 276,9476                 | 0,0469               | <b>0,1844</b> |
| 7       | 2930-01-043-5097 | 50 | 8     | 5.640,40 | 26 | 0,000769 | 212,4222                 | 0,0377               | <b>0,1479</b> |
| 8       | 4320-27-039-0074 | 50 | 17    | 2.789,52 | 26 | 0,000769 | 217,7656                 | 0,0781               | <b>0,3067</b> |
| 9       | 2930-00-076-1833 | 50 | 13    | 2.784,80 | 26 | 0,000769 | 190,2693                 | 0,0683               | <b>0,2684</b> |
| 10      | 4320-27-038-9988 | 50 | 103   | 118,00   | 26 | 0,000769 | 110,2452                 | 0,9343               | <b>3,6702</b> |
| 11      | 2910-00-152-9875 | 50 | 31    | 295,61   | 26 | 0,000769 | 95,7283                  | 0,3238               | <b>1,2721</b> |
| 12      | 3805-27-039-0545 | 50 | 9     | 472,00   | 26 | 0,000769 | 65,1767                  | 0,1381               | <b>0,5425</b> |
| 13      | 3805-01-438-1952 | 50 | 22    | 1.475,00 | 26 | 0,000769 | 180,1388                 | 0,1221               | <b>0,4798</b> |
| 14      | 3805-01-119-1725 | 50 | 1     | 3.658,00 | 26 | 0,000769 | 60,4814                  | 0,0165               | <b>0,0650</b> |
| 15      | 2520-00-916-4667 | 50 | 26    | 890,90   | 26 | 0,000769 | 152,1953                 | 0,1708               | <b>0,6711</b> |
| 16      | 2950-01-380-4831 | 50 | 2     | 3.115,20 | 26 | 0,000769 | 78,9329                  | 0,0253               | <b>0,0995</b> |
| 17      | 4320-27-038-9976 | 50 | 8     | 2.832,00 | 26 | 0,000769 | 150,5191                 | 0,0531               | <b>0,2088</b> |
| 18      | 4320-27-038-9980 | 50 | 2     | 2.832,00 | 26 | 0,000769 | 75,2596                  | 0,0266               | <b>0,1044</b> |
| 19      | 2530-01-461-1253 | 50 | 15    | 531,00   | 26 | 0,000769 | 89,2468                  | 0,1681               | <b>0,6603</b> |
| 20      | 2930-01-292-6895 | 50 | 4     | 2.083,88 | 26 | 0,000769 | 91,2991                  | 0,0438               | <b>0,1721</b> |
| 21      | 2950-27-024-2400 | 50 | 2     | 2.006,00 | 26 | 0,000769 | 63,3404                  | 0,0316               | <b>0,1240</b> |
| 22      | 2910-01-382-0163 | 50 | 140   | 77,88    | 26 | 0,000769 | 104,4184                 | 1,3408               | <b>5,2670</b> |
| 23      | 4820-27-039-0057 | 50 | 15    | 601,80   | 26 | 0,000769 | 95,0105                  | 0,1579               | <b>0,6202</b> |
| 24      | 4320-27-018-0615 | 50 | 7     | 1.711,00 | 26 | 0,000769 | 109,4395                 | 0,0640               | <b>0,2513</b> |
| 25      | 2950-01-437-9070 | 50 | 8     | 1.652,00 | 26 | 0,000769 | 114,9609                 | 0,0696               | <b>0,2734</b> |
| 26      | 4320-01-219-3966 | 50 | 14    | 737,50   | 26 | 0,000769 | 101,6120                 | 0,1378               | <b>0,5412</b> |
| 27      | 2930-27-013-3068 | 50 | 12    | 601,80   | 26 | 0,000769 | 84,9800                  | 0,1412               | <b>0,5547</b> |
| 28      | 3815-27-010-0869 | 50 | 102   | 131,27   | 26 | 0,000769 | 115,7132                 | 0,8815               | <b>3,4628</b> |
| 29      | 2815-01-199-6561 | 50 | 30    | 190,79   | 26 | 0,000769 | 75,6551                  | 0,3965               | <b>1,5577</b> |
| 30      | 4810-27-017-7721 | 50 | 32    | 184,08   | 26 | 0,000769 | 76,7500                  | 0,4169               | <b>1,6379</b> |
| 31      | 2920-00-231-7270 | 50 | 10    | 1.080,88 | 26 | 0,000769 | 103,9654                 | 0,0962               | <b>0,3779</b> |
| 32      | 3120-01-514-2154 | 50 | 13    | 501,50   | 26 | 0,000769 | 80,7434                  | 0,1610               | <b>0,6325</b> |
| 33      | 5930-99-315-0081 | 50 | 11    | 483,80   | 26 | 0,000769 | 72,9507                  | 0,1508               | <b>0,5923</b> |
| 34      | 3040-27-039-0067 | 50 | 11    | 952,26   | 26 | 0,000769 | 102,3468                 | 0,1075               | <b>0,4222</b> |
| 35      | 2920-00-167-6782 | 50 | 8     | 950,49   | 26 | 0,000769 | 87,2005                  | 0,0917               | <b>0,3604</b> |
| 36      | 3020-27-019-0208 | 50 | 74    | 94,40    | 26 | 0,000769 | 83,5799                  | 0,8854               | <b>3,4781</b> |
| 37      | 3120-01-377-1515 | 50 | 11    | 890,90   | 26 | 0,000769 | 98,9944                  | 0,1111               | <b>0,4365</b> |
| 38      | 2530-01-438-9792 | 50 | 3     | 295,00   | 26 | 0,000769 | 29,7489                  | 0,1008               | <b>0,3962</b> |
| 39      | 2815-01-419-0334 | 50 | 1     | 434,74   | 26 | 0,000769 | 20,8504                  | 0,0480               | <b>0,1884</b> |
| 40      | 3020-99-212-2800 | 50 | 5     | 424,80   | 26 | 0,000769 | 46,0869                  | 0,1085               | <b>0,4262</b> |

|           |                  |    |    |        |    |          |          |        |               |
|-----------|------------------|----|----|--------|----|----------|----------|--------|---------------|
| <b>41</b> | 3120-27-021-6922 | 50 | 2  | 413,00 | 26 | 0,000769 | 28,7402  | 0,0696 | <b>0,2734</b> |
| <b>42</b> | 2940-99-204-7381 | 50 | 86 | 123,60 | 26 | 0,000769 | 103,1000 | 0,8341 | <b>3,2768</b> |
| <b>43</b> | 3130-00-131-1832 | 50 | 3  | 767,00 | 26 | 0,000769 | 47,9687  | 0,0625 | <b>0,2457</b> |
| <b>44</b> | 2530-01-438-1963 | 50 | 4  | 383,08 | 26 | 0,000769 | 39,1449  | 0,1022 | <b>0,4014</b> |
| <b>45</b> | 2530-01-103-3814 | 50 | 28 | 188,80 | 26 | 0,000769 | 72,7076  | 0,3851 | <b>1,5128</b> |
| <b>46</b> | 2530-01-461-0272 | 50 | 7  | 731,60 | 26 | 0,000769 | 71,5626  | 0,0978 | <b>0,3843</b> |
| <b>47</b> | 2540-27-021-0828 | 50 | 12 | 354,00 | 26 | 0,000769 | 65,1767  | 0,1841 | <b>0,7233</b> |
| <b>48</b> | 3040-27-039-0069 | 50 | 4  | 680,86 | 26 | 0,000769 | 52,1866  | 0,0766 | <b>0,3011</b> |
| <b>49</b> | 5998-27-021-9415 | 50 | 11 | 672,60 | 26 | 0,000769 | 86,0151  | 0,1279 | <b>0,5024</b> |
| <b>50</b> | 3020-01-273-3734 | 50 | 12 | 649,00 | 26 | 0,000769 | 88,2496  | 0,1360 | <b>0,5342</b> |

**EK- B : ABC Analizi Sonucu Belirlenen Kritik Malzemelerin  $r_i$  Hesaplamaları**

$$(A = \sqrt{2\pi}(1 - S_i)(Q_i + z_{Si}\sigma_i)/\sigma_i)$$

| Sıra No | Stok Numarası    | $\theta_i$ | $\sigma_i$ | (1-S <sub>i</sub> ) | Q <sub>i</sub> | z <sub>si</sub> | A      | $\sqrt{(-2\ln(A))}$ | r <sub>i</sub> |
|---------|------------------|------------|------------|---------------------|----------------|-----------------|--------|---------------------|----------------|
| 1       | 3020-01-513-5023 | 1,5385     | 10,21      | 0,075               | 3,5026         | 2,245           | 0,4865 | 1,2004              | 13,79          |
| 2       | 2530-00-852-1220 | 1,5192     | 9,98       | 0,075               | 2,0472         | 2,245           | 0,4606 | 1,2451              | 13,94          |
| 3       | 3130-27-039-0020 | 0,1923     | 1,71       | 0,075               | 0,2088         | 2,245           | 0,4450 | 1,2725              | 2,37           |
| 4       | 4810-27-039-0048 | 1,3077     | 6,02       | 0,075               | 2,2227         | 2,245           | 0,4915 | 1,1920              | 8,48           |
| 5       | 2915-01-438-7308 | 0,4423     | 3,69       | 0,075               | 0,8413         | 2,245           | 0,4650 | 1,2376              | 5,00           |
| 6       | 4810-27-039-0583 | 0,2500     | 0,96       | 0,075               | 0,1844         | 2,245           | 0,4582 | 1,2493              | 1,45           |
| 7       | 2930-01-043-5097 | 0,1539     | 1,73       | 0,075               | 0,1479         | 2,245           | 0,4381 | 1,2847              | 2,38           |
| 8       | 4320-27-039-0074 | 0,3269     | 3,30       | 0,075               | 0,3067         | 2,245           | 0,4395 | 1,2823              | 4,56           |
| 9       | 2930-00-076-1833 | 0,2500     | 6,24       | 0,075               | 0,2684         | 2,245           | 0,4301 | 1,2990              | 8,35           |
| 10      | 4320-27-038-9988 | 1,9808     | 6,18       | 0,075               | 3,6702         | 2,245           | 0,5336 | 1,1208              | 8,91           |
| 11      | 2910-00-152-9875 | 0,5962     | 3,20       | 0,075               | 1,2721         | 2,245           | 0,4968 | 1,1829              | 4,38           |
| 12      | 3805-27-039-0545 | 0,1731     | 2,99       | 0,075               | 0,5425         | 2,245           | 0,4562 | 1,2528              | 3,91           |
| 13      | 3805-01-438-1952 | 0,4231     | 5,48       | 0,075               | 0,4798         | 2,245           | 0,4385 | 1,2840              | 7,46           |
| 14      | 3805-01-119-1725 | 0,0192     | 0,50       | 0,075               | 0,0650         | 2,245           | 0,4465 | 1,2699              | 0,65           |
| 15      | 2520-00-916-4667 | 0,5000     | 1,26       | 0,075               | 0,6711         | 2,245           | 0,5223 | 1,1397              | 1,93           |
| 16      | 2950-01-380-4831 | 0,0385     | 0,58       | 0,075               | 0,0995         | 2,245           | 0,4545 | 1,2559              | 0,76           |
| 17      | 4320-27-038-9976 | 0,1539     | 0,50       | 0,075               | 0,2088         | 2,245           | 0,5006 | 1,1765              | 0,74           |
| 18      | 4320-27-038-9980 | 0,0385     | 0,50       | 0,075               | 0,1044         | 2,245           | 0,4613 | 1,2439              | 0,66           |
| 19      | 2530-01-461-1253 | 0,2885     | 1,26       | 0,075               | 0,6603         | 2,245           | 0,5207 | 1,1424              | 1,73           |
| 20      | 2930-01-292-6895 | 0,0769     | 1,71       | 0,075               | 0,1721         | 2,245           | 0,4410 | 1,2796              | 2,26           |
| 21      | 2950-27-024-2400 | 0,0385     | 0,58       | 0,075               | 0,1240         | 2,245           | 0,4624 | 1,2420              | 0,76           |
| 22      | 2910-01-382-0163 | 2,6923     | 13,96      | 0,075               | 5,2670         | 2,245           | 0,4930 | 1,1894              | 19,30          |
| 23      | 4820-27-039-0057 | 0,2885     | 1,29       | 0,075               | 0,6202         | 2,245           | 0,5124 | 1,1565              | 1,78           |
| 24      | 4320-27-018-0615 | 0,1346     | 3,30       | 0,075               | 0,2513         | 2,245           | 0,4364 | 1,2879              | 4,39           |
| 25      | 2950-01-437-9070 | 0,1539     | 0,58       | 0,075               | 0,2734         | 2,245           | 0,5111 | 1,1587              | 0,82           |
| 26      | 4320-01-219-3966 | 0,2692     | 2,22       | 0,075               | 0,5412         | 2,245           | 0,4679 | 1,2324              | 3,00           |
| 27      | 2930-27-013-3068 | 0,2308     | 0,50       | 0,075               | 0,5547         | 2,245           | 0,6306 | 0,9603              | 0,71           |
| 28      | 3815-27-010-0869 | 1,9615     | 4,57       | 0,075               | 3,4628         | 2,245           | 0,5644 | 1,0696              | 6,85           |
| 29      | 2815-01-199-6561 | 0,5769     | 6,98       | 0,075               | 1,5577         | 2,245           | 0,4640 | 1,2392              | 9,22           |
| 30      | 4810-27-017-7721 | 0,6154     | 5,68       | 0,075               | 1,6379         | 2,245           | 0,4763 | 1,2180              | 7,53           |
| 31      | 2920-00-231-7270 | 0,1923     | 5,45       | 0,075               | 0,3779         | 2,245           | 0,4351 | 1,2901              | 7,22           |
| 32      | 3120-01-514-2154 | 0,2500     | 1,41       | 0,075               | 0,6325         | 2,245           | 0,5061 | 1,1670              | 1,90           |
| 33      | 5930-99-315-0081 | 0,2115     | 5,12       | 0,050               | 0,5923         | 1,960           | 0,2601 | 1,6411              | 8,62           |
| 34      | 3040-27-039-0067 | 0,2115     | 1,00       | 0,050               | 0,4222         | 1,960           | 0,2986 | 1,5548              | 1,77           |
| 35      | 2920-00-167-6782 | 0,1539     | 0,58       | 0,050               | 0,3604         | 1,960           | 0,3239 | 1,5016              | 1,02           |
| 36      | 3020-27-019-0208 | 1,4231     | 5,91       | 0,050               | 3,4781         | 1,960           | 0,3194 | 1,5108              | 10,35          |
| 37      | 3120-01-377-1515 | 0,2115     | 2,22       | 0,050               | 0,4365         | 1,960           | 0,2703 | 1,6175              | 3,80           |
| 38      | 2530-01-438-9792 | 0,0577     | 1,29       | 0,050               | 0,3962         | 1,960           | 0,2841 | 1,5864              | 2,11           |
| 39      | 2815-01-419-0334 | 0,0192     | 0,50       | 0,050               | 0,1884         | 1,960           | 0,2929 | 1,5672              | 0,80           |
| 40      | 3020-99-212-2800 | 0,0962     | 2,16       | 0,050               | 0,4262         | 1,960           | 0,2704 | 1,6174              | 3,59           |
| 41      | 3120-27-021-6922 | 0,0385     | 0,50       | 0,050               | 0,2734         | 1,960           | 0,3142 | 1,5217              | 0,80           |

|           |                  |        |      |       |        |       |        |        |       |
|-----------|------------------|--------|------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|
| <b>42</b> | 2940-99-204-7381 | 1,6539 | 8,54 | 0,050 | 3,2768 | 1,960 | 0,2937 | 1,5653 | 15,02 |
| <b>43</b> | 3130-00-131-1832 | 0,0577 | 2,06 | 0,050 | 0,2457 | 1,960 | 0,2606 | 1,6400 | 3,44  |
| <b>44</b> | 2530-01-438-1963 | 0,0769 | 0,50 | 0,050 | 0,4014 | 1,960 | 0,3463 | 1,4564 | 0,81  |
| <b>45</b> | 2530-01-103-3814 | 0,5385 | 5,25 | 0,050 | 1,5128 | 1,960 | 0,2818 | 1,5917 | 8,90  |
| <b>46</b> | 2530-01-461-0272 | 0,1346 | 2,45 | 0,050 | 0,3843 | 1,960 | 0,2653 | 1,6290 | 4,12  |
| <b>47</b> | 2540-27-021-0828 | 0,2308 | 4,32 | 0,050 | 0,7232 | 1,960 | 0,2666 | 1,6260 | 7,26  |
| <b>48</b> | 3040-27-039-0069 | 0,0769 | 1,29 | 0,050 | 0,3011 | 1,960 | 0,2749 | 1,6071 | 2,15  |
| <b>49</b> | 5998-27-021-9415 | 0,2115 | 2,22 | 0,050 | 0,5024 | 1,960 | 0,2740 | 1,6090 | 3,78  |
| <b>50</b> | 3020-01-273-3734 | 0,2308 | 4,50 | 0,050 | 0,5342 | 1,960 | 0,2605 | 1,6402 | 7,61  |

**EK- C : ABC Analizi Sonucu Belirlenen Kritik Malzemelerin Özet Tablosu**

| Sıra No | Stok Numarası    | Hesaplanan Değerler |                | Tam Sayı Değerleri |                | Min. | Max. |
|---------|------------------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|------|------|
|         |                  | Q <sub>i</sub>      | r <sub>i</sub> | Q <sub>i</sub>     | r <sub>i</sub> |      |      |
| 1       | 3020-01-513-5023 | 3,5026              | 13,79          | 4                  | 14             | 14   | 18   |
| 2       | 2530-00-852-1220 | 2,0472              | 13,94          | 3                  | 14             | 14   | 17   |
| 3       | 3130-27-039-0020 | 0,2088              | 2,37           | 1                  | 3              | 3    | 4    |
| 4       | 4810-27-039-0048 | 2,2227              | 8,48           | 3                  | 9              | 9    | 12   |
| 5       | 2915-01-438-7308 | 0,8413              | 5,00           | 1                  | 6              | 6    | 7    |
| 6       | 4810-27-039-0583 | 0,1844              | 1,45           | 1                  | 2              | 2    | 3    |
| 7       | 2930-01-043-5097 | 0,1479              | 2,38           | 1                  | 3              | 3    | 4    |
| 8       | 4320-27-039-0074 | 0,3067              | 4,56           | 1                  | 5              | 5    | 6    |
| 9       | 2930-00-076-1833 | 0,2684              | 8,35           | 1                  | 9              | 9    | 10   |
| 10      | 4320-27-038-9988 | 3,6702              | 8,91           | 4                  | 9              | 9    | 13   |
| 11      | 2910-00-152-9875 | 1,2721              | 4,38           | 2                  | 5              | 5    | 7    |
| 12      | 3805-27-039-0545 | 0,5425              | 3,91           | 1                  | 4              | 4    | 5    |
| 13      | 3805-01-438-1952 | 0,4798              | 7,46           | 1                  | 8              | 8    | 9    |
| 14      | 3805-01-119-1725 | 0,0650              | 0,65           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 15      | 2520-00-916-4667 | 0,6711              | 1,93           | 1                  | 2              | 2    | 3    |
| 16      | 2950-01-380-4831 | 0,0995              | 0,76           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 17      | 4320-27-038-9976 | 0,2088              | 0,74           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 18      | 4320-27-038-9980 | 0,1044              | 0,66           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 19      | 2530-01-461-1253 | 0,6603              | 1,73           | 1                  | 2              | 2    | 3    |
| 20      | 2930-01-292-6895 | 0,1721              | 2,26           | 1                  | 3              | 3    | 4    |
| 21      | 2950-27-024-2400 | 0,1240              | 0,76           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 22      | 2910-01-382-0163 | 5,2670              | 19,30          | 6                  | 20             | 20   | 26   |
| 23      | 4820-27-039-0057 | 0,6202              | 1,78           | 1                  | 2              | 2    | 3    |
| 24      | 4320-27-018-0615 | 0,2513              | 4,39           | 1                  | 5              | 5    | 6    |
| 25      | 2950-01-437-9070 | 0,2734              | 0,82           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 26      | 4320-01-219-3966 | 0,5412              | 3,00           | 1                  | 4              | 4    | 5    |
| 27      | 2930-27-013-3068 | 0,5547              | 0,71           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 28      | 3815-27-010-0869 | 3,4628              | 6,85           | 4                  | 7              | 7    | 11   |
| 29      | 2815-01-199-6561 | 1,5577              | 9,22           | 2                  | 10             | 10   | 12   |
| 30      | 4810-27-017-7721 | 1,6379              | 7,53           | 2                  | 8              | 8    | 10   |
| 31      | 2920-00-231-7270 | 0,3779              | 7,22           | 1                  | 8              | 8    | 9    |
| 32      | 3120-01-514-2154 | 0,6325              | 1,90           | 1                  | 2              | 2    | 3    |
| 33      | 5930-99-315-0081 | 0,5923              | 8,62           | 1                  | 9              | 9    | 10   |
| 34      | 3040-27-039-0067 | 0,4222              | 1,77           | 1                  | 2              | 2    | 3    |
| 35      | 2920-00-167-6782 | 0,3604              | 1,02           | 1                  | 2              | 2    | 3    |
| 36      | 3020-27-019-0208 | 3,4781              | 10,35          | 4                  | 11             | 11   | 15   |
| 37      | 3120-01-377-1515 | 0,4365              | 3,80           | 1                  | 4              | 4    | 5    |
| 38      | 2530-01-438-9792 | 0,3962              | 2,11           | 1                  | 3              | 3    | 4    |
| 39      | 2815-01-419-0334 | 0,1884              | 0,80           | 1                  | 1              | 1    | 2    |
| 40      | 3020-99-212-2800 | 0,4262              | 3,59           | 1                  | 4              | 4    | 5    |
| 41      | 3120-27-021-6922 | 0,2734              | 0,80           | 1                  | 1              | 1    | 2    |

|           |                  |        |       |   |    |           |           |
|-----------|------------------|--------|-------|---|----|-----------|-----------|
| <b>42</b> | 2940-99-204-7381 | 3,2768 | 15,02 | 4 | 16 | <b>16</b> | <b>20</b> |
| <b>43</b> | 3130-00-131-1832 | 0,2457 | 3,44  | 1 | 4  | <b>4</b>  | <b>5</b>  |
| <b>44</b> | 2530-01-438-1963 | 0,4014 | 0,81  | 1 | 1  | <b>1</b>  | <b>2</b>  |
| <b>45</b> | 2530-01-103-3814 | 1,5128 | 8,90  | 2 | 9  | <b>9</b>  | <b>11</b> |
| <b>46</b> | 2530-01-461-0272 | 0,3843 | 4,12  | 1 | 5  | <b>5</b>  | <b>6</b>  |
| <b>47</b> | 2540-27-021-0828 | 0,7232 | 7,26  | 1 | 8  | <b>8</b>  | <b>9</b>  |
| <b>48</b> | 3040-27-039-0069 | 0,3011 | 2,15  | 1 | 3  | <b>3</b>  | <b>4</b>  |
| <b>49</b> | 5998-27-021-9415 | 0,5024 | 3,78  | 1 | 4  | <b>4</b>  | <b>5</b>  |
| <b>50</b> | 3020-01-273-3734 | 0,5342 | 7,61  | 1 | 8  | <b>8</b>  | <b>9</b>  |

**EK - D : Kritik Malzemelerin Mevcut Envanter Sistemindeki Maliyetler**

| Sıra No | Stok Numarası    | Birim Fiyat (TL) | Mevcut Envanter Miktarı | Hacim (m <sup>3</sup> ) | Ürün Maliyeti | Depolama Maliyeti | Yatırım Maliyeti | Toplam Maliyet |
|---------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| 1       | 4810-27-039-0583 | 5.900,00         | 2                       | 0,02250                 | 11800,00      | 4,50              | 129,55           | 11934,05       |
| 2       | 4320-27-039-0074 | 2.789,52         | 5                       | 0,02080                 | 13947,60      | 10,40             | 153,13           | 14111,13       |
| 3       | 2930-01-043-5097 | 5.640,40         | 4                       | 0,02500                 | 22561,60      | 10,00             | 247,70           | 22819,30       |
| 4       | 2930-00-076-1833 | 2.784,80         | 3                       | 0,00768                 | 8354,40       | 2,30              | 91,72            | 8448,43        |
| 5       | 3130-27-039-0020 | 3.540,00         | 3                       | 0,04000                 | 10620,00      | 12,00             | 116,60           | 10748,60       |
| 6       | 3805-01-438-1952 | 1.475,00         | 2                       | 0,00600                 | 2950,00       | 1,20              | 32,39            | 2983,59        |
| 7       | 2520-00-916-4667 | 890,90           | 4                       | 0,03600                 | 3563,60       | 14,40             | 39,12            | 3617,12        |
| 8       | 2530-00-852-1220 | 290,90           | 5                       | 0,02188                 | 1454,50       | 10,94             | 15,97            | 1481,41        |
| 9       | 4320-27-038-9976 | 2.832,00         | 4                       | 0,04500                 | 11328,00      | 18,00             | 124,37           | 11470,37       |
| 10      | 4810-27-039-0048 | 212,40           | 7                       | 0,00800                 | 1486,80       | 5,60              | 16,32            | 1508,72        |
| 11      | 3815-27-010-0869 | 131,27           | 11                      | 0,00300                 | 1443,97       | 3,30              | 15,85            | 1463,12        |
| 12      | 3805-27-039-0545 | 1.472,00         | 7                       | 0,08000                 | 10304,00      | 56,00             | 113,13           | 10473,13       |
| 13      | 2950-01-437-9070 | 1.652,00         | 1                       | 0,06400                 | 1652,00       | 6,40              | 18,14            | 1676,54        |
| 14      | 4320-27-038-9988 | 118,00           | 9                       | 0,01200                 | 1062,00       | 10,80             | 11,66            | 1084,46        |
| 15      | 4320-27-018-0615 | 1.711,00         | 2                       | 0,02813                 | 3422,00       | 5,63              | 37,57            | 3465,19        |
| 16      | 2915-01-438-7308 | 501,50           | 3                       | 0,00025                 | 1504,50       | 0,08              | 16,52            | 1521,09        |
| 17      | 2910-01-382-0163 | 77,88            | 14                      | 0,00025                 | 1090,32       | 0,35              | 11,97            | 1102,64        |
| 18      | 2920-00-231-7270 | 1.080,88         | 4                       | 0,01452                 | 4323,52       | 5,81              | 47,47            | 4376,80        |
| 19      | 2940-99-204-7381 | 123,60           | 19                      | 0,01936                 | 2348,40       | 36,78             | 25,78            | 2410,97        |
| 20      | 3040-27-039-0067 | 952,26           | 9                       | 0,06300                 | 8570,34       | 56,70             | 94,09            | 8721,13        |
| 21      | 4320-01-219-3966 | 737,50           | 9                       | 0,02813                 | 6637,50       | 25,31             | 72,87            | 6735,68        |
| 22      | 3120-27-021-6922 | 413,00           | 16                      | 0,02400                 | 6608,00       | 38,40             | 72,55            | 6718,95        |
| 23      | 3120-01-377-1515 | 890,90           | 4                       | 0,09600                 | 3563,60       | 38,40             | 39,12            | 3641,12        |
| 24      | 2910-00-152-9875 | 295,61           | 8                       | 0,00063                 | 2364,88       | 0,50              | 25,96            | 2391,34        |
| 25      | 4820-27-039-0057 | 601,80           | 5                       | 0,01563                 | 3009,00       | 7,81              | 33,04            | 3049,85        |
| 26      | 2930-01-292-6895 | 2.083,88         | 3                       | 0,02500                 | 6251,64       | 7,50              | 68,64            | 6327,78        |
| 27      | 3020-01-513-5023 | 100,63           | 6                       | 0,02188                 | 603,78        | 13,13             | 6,63             | 623,53         |
| 28      | 2530-01-461-1253 | 531,00           | 7                       | 0,00800                 | 3717,00       | 5,60              | 40,81            | 3763,41        |
| 29      | 3020-01-273-3734 | 649,00           | 5                       | 0,00900                 | 3245,00       | 4,50              | 35,63            | 3285,13        |
| 30      | 2920-00-167-6782 | 950,49           | 5                       | 0,03750                 | 4752,45       | 18,75             | 52,18            | 4823,38        |
| 31      | 5998-27-021-9415 | 672,60           | 6                       | 0,00938                 | 4035,60       | 5,63              | 44,31            | 4085,53        |
| 32      | 2930-27-013-3068 | 601,80           | 5                       | 0,12600                 | 3009,00       | 63,00             | 33,04            | 3105,04        |
| 33      | 3020-27-019-0208 | 94,40            | 25                      | 0,00090                 | 2360,00       | 2,25              | 25,91            | 2388,16        |
| 34      | 3120-01-514-2154 | 501,50           | 3                       | 0,01250                 | 1504,50       | 3,75              | 16,52            | 1524,77        |
| 35      | 2950-01-380-4831 | 3.115,20         | 3                       | 0,12500                 | 9345,60       | 37,50             | 102,60           | 9485,70        |
| 36      | 3130-00-131-1832 | 767,00           | 7                       | 0,00938                 | 5369,00       | 6,56              | 58,95            | 5434,51        |
| 37      | 4810-27-017-7721 | 184,08           | 12                      | 0,00250                 | 2208,96       | 3,00              | 24,25            | 2236,21        |
| 38      | 2815-01-199-6561 | 190,79           | 6                       | 0,00040                 | 1144,74       | 0,24              | 12,57            | 1157,55        |

|           |                  |          |               |         |                  |               |                |                  |
|-----------|------------------|----------|---------------|---------|------------------|---------------|----------------|------------------|
| <b>39</b> | 4320-27-038-9980 | 2.832,00 | 3             | 0,04500 | 8496,00          | 13,50         | 93,28          | 8602,78          |
| <b>40</b> | 5930-99-315-0081 | 483,80   | 8             | 0,00300 | 3870,40          | 2,40          | 42,49          | 3915,29          |
| <b>41</b> | 2530-01-103-3814 | 188,80   | 2             | 0,01563 | 377,60           | 3,13          | 4,15           | 384,87           |
| <b>42</b> | 2530-01-461-0272 | 731,60   | 4             | 0,01875 | 2926,40          | 7,50          | 32,13          | 2966,03          |
| <b>43</b> | 2540-27-021-0828 | 354,00   | 2             | 0,00300 | 708,00           | 0,60          | 7,77           | 716,37           |
| <b>44</b> | 2950-27-024-2400 | 2.006,00 | 1             | 0,02700 | 2006,00          | 2,70          | 22,02          | 2030,72          |
| <b>45</b> | 2815-01-419-0334 | 434,74   | 3             | 0,00338 | 1304,22          | 1,01          | 14,32          | 1319,55          |
| <b>46</b> | 2530-01-438-9792 | 295,00   | 1             | 0,00800 | 295,00           | 0,80          | 3,24           | 299,04           |
| <b>47</b> | 2530-01-438-1963 | 383,08   | 6             | 0,00480 | 2298,48          | 2,88          | 25,23          | 2326,59          |
| <b>48</b> | 3805-01-119-1725 | 3.658,00 | 2             | 0,01400 | 7316,00          | 2,80          | 80,32          | 7399,12          |
| <b>49</b> | 3040-27-039-0069 | 680,86   | 4             | 0,08100 | 2723,44          | 32,40         | 29,90          | 2785,74          |
| <b>50</b> | 3020-99-212-2800 | 424,80   | 5             | 0,00491 | 2124,00          | 2,46          | 23,32          | 2149,78          |
|           |                  |          | <b>TOPLAM</b> |         | <b>227963,34</b> | <b>625,19</b> | <b>2502,78</b> | <b>231091,30</b> |

**EK - E : Kritik Malzemelerin Model için Önerilen Sezgisel Yöntem ile Bulunan Parametreleri ile Elde Edilen Maliyetler**

| Sıra No | Stok Numarası    | Birim Fiyat (TL) | Aylık Ortalama Envanter Miktarı | Hacim (m <sup>3</sup> ) | Ürün Maliyeti | Depolama Maliyeti | Yatırım Maliyeti | Toplam Maliyet |
|---------|------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| 1       | 4810-27-039-0583 | 5.900,00         | 2,5                             | 0,02250                 | 14750,00      | 5,63              | 161,94           | 14917,56       |
| 2       | 4320-27-039-0074 | 2.789,52         | 5,5                             | 0,02080                 | 15342,36      | 11,44             | 168,44           | 15522,24       |
| 3       | 2930-01-043-5097 | 5.640,40         | 3,5                             | 0,02500                 | 19741,40      | 8,75              | 216,74           | 19966,89       |
| 4       | 2930-00-076-1833 | 2.784,80         | 4,5                             | 0,00768                 | 12531,60      | 3,46              | 137,58           | 12672,64       |
| 5       | 3130-27-039-0020 | 3.540,00         | 3,5                             | 0,04000                 | 12390,00      | 14,00             | 136,03           | 12540,03       |
| 6       | 3805-01-438-1952 | 1.475,00         | 4,5                             | 0,00600                 | 6637,50       | 2,70              | 72,87            | 6713,07        |
| 7       | 2520-00-916-4667 | 890,90           | 2,5                             | 0,03600                 | 2227,25       | 9,00              | 24,45            | 2260,70        |
| 8       | 2530-00-852-1220 | 290,90           | 7,5                             | 0,02188                 | 2181,75       | 16,41             | 23,95            | 2222,11        |
| 9       | 4320-27-038-9976 | 2.832,00         | 1,5                             | 0,04500                 | 4248,00       | 6,75              | 46,64            | 4301,39        |
| 10      | 4810-27-039-0048 | 212,40           | 6,5                             | 0,00800                 | 1380,60       | 5,20              | 15,16            | 1400,96        |
| 11      | 3815-27-010-0869 | 131,27           | 9,0                             | 0,00300                 | 1181,43       | 2,70              | 12,97            | 1197,10        |
| 12      | 3805-27-039-0545 | 1.472,00         | 4,5                             | 0,08000                 | 6624,00       | 36,00             | 72,72            | 6732,72        |
| 13      | 2950-01-437-9070 | 1.652,00         | 1,5                             | 0,06400                 | 2478,00       | 9,60              | 27,21            | 2514,81        |
| 14      | 4320-27-038-9988 | 118,00           | 6,0                             | 0,01200                 | 708,00        | 7,20              | 7,77             | 722,97         |
| 15      | 4320-27-018-0615 | 1.711,00         | 5,5                             | 0,02813                 | 9410,50       | 15,47             | 103,32           | 9529,29        |
| 16      | 2915-01-438-7308 | 501,50           | 6,5                             | 0,00025                 | 3259,75       | 0,16              | 35,79            | 3295,70        |
| 17      | 2910-01-382-0163 | 77,88            | 9,0                             | 0,00025                 | 700,92        | 0,23              | 7,70             | 708,84         |
| 18      | 2920-00-231-7270 | 1.080,88         | 8,5                             | 0,01452                 | 9187,48       | 12,34             | 100,87           | 9300,69        |
| 19      | 2940-99-204-7381 | 123,60           | 11,0                            | 0,01936                 | 1359,60       | 21,30             | 14,93            | 1395,82        |
| 20      | 3040-27-039-0067 | 952,26           | 2,5                             | 0,06300                 | 2380,65       | 15,75             | 26,14            | 2422,54        |
| 21      | 4320-01-219-3966 | 737,50           | 4,5                             | 0,02813                 | 3318,75       | 12,66             | 36,44            | 3367,84        |
| 22      | 3120-27-021-6922 | 413,00           | 6,5                             | 0,02400                 | 2684,50       | 15,60             | 29,47            | 2729,57        |
| 23      | 3120-01-377-1515 | 890,90           | 4,5                             | 0,09600                 | 4009,05       | 43,20             | 44,01            | 4096,26        |
| 24      | 2910-00-152-9875 | 295,61           | 6,0                             | 0,00063                 | 1773,66       | 0,38              | 19,47            | 1793,51        |
| 25      | 4820-27-039-0057 | 601,80           | 2,5                             | 0,01563                 | 1504,50       | 3,91              | 16,52            | 1524,92        |
| 26      | 2930-01-292-6895 | 2.083,88         | 3,5                             | 0,02500                 | 7293,58       | 8,75              | 80,08            | 7382,41        |
| 27      | 3020-01-513-5023 | 100,63           | 6,0                             | 0,02188                 | 603,78        | 13,13             | 6,63             | 623,53         |
| 28      | 2530-01-461-1253 | 531,00           | 2,5                             | 0,00800                 | 1327,50       | 2,00              | 14,57            | 1344,07        |
| 29      | 3020-01-273-3734 | 649,00           | 8,5                             | 0,00900                 | 5516,50       | 7,65              | 60,56            | 5584,71        |
| 30      | 2920-00-167-6782 | 950,49           | 2,5                             | 0,03750                 | 2376,23       | 9,38              | 26,09            | 2411,69        |
| 31      | 5998-27-021-9415 | 672,60           | 4,5                             | 0,00938                 | 3026,70       | 4,22              | 33,23            | 3064,15        |
| 32      | 2930-27-013-3068 | 601,80           | 1,5                             | 0,12600                 | 902,70        | 18,90             | 9,91             | 931,51         |
| 33      | 3020-27-019-0208 | 94,40            | 13,0                            | 0,00090                 | 1227,20       | 1,17              | 13,47            | 1241,84        |
| 34      | 3120-01-514-2154 | 501,50           | 2,5                             | 0,01250                 | 1253,75       | 3,13              | 13,76            | 1270,64        |
| 35      | 2950-01-380-4831 | 3.115,20         | 1,5                             | 0,12500                 | 4672,80       | 18,75             | 51,30            | 4742,85        |
| 36      | 3130-00-131-1832 | 767,00           | 4,5                             | 0,00938                 | 3451,50       | 4,22              | 37,89            | 3493,61        |

|           |                  |          |      |               |                  |               |                |                  |
|-----------|------------------|----------|------|---------------|------------------|---------------|----------------|------------------|
| <b>37</b> | 4810-27-017-7721 | 184,08   | 9,0  | 0,00250       | 1656,72          | 2,25          | 18,19          | 1677,16          |
| <b>38</b> | 2815-01-199-6561 | 190,79   | 7,0  | 0,00040       | 1335,53          | 0,28          | 14,66          | 1350,47          |
| <b>39</b> | 4320-27-038-9980 | 2.832,00 | 1,5  | 0,04500       | 4248,00          | 6,75          | 46,64          | 4301,39          |
| <b>40</b> | 5930-99-315-0081 | 483,80   | 9,5  | 0,00300       | 4596,10          | 2,85          | 50,46          | 4649,41          |
| <b>41</b> | 2530-01-103-3814 | 188,80   | 10,0 | 0,01563       | 1888,00          | 15,63         | 20,73          | 1924,35          |
| <b>42</b> | 2530-01-461-0272 | 731,60   | 5,5  | 0,01875       | 4023,80          | 10,31         | 44,18          | 4078,29          |
| <b>43</b> | 2540-27-021-0828 | 354,00   | 8,5  | 0,00300       | 3009,00          | 2,55          | 33,04          | 3044,59          |
| <b>44</b> | 2950-27-024-2400 | 2.006,00 | 1,5  | 0,02700       | 3009,00          | 4,05          | 33,04          | 3046,09          |
| <b>45</b> | 2815-01-419-0334 | 434,74   | 7,5  | 0,00338       | 3260,55          | 2,53          | 35,80          | 3298,88          |
| <b>46</b> | 2530-01-438-9792 | 295,00   | 3,5  | 0,00800       | 1032,50          | 2,80          | 11,34          | 1046,64          |
| <b>47</b> | 2530-01-438-1963 | 383,08   | 7,5  | 0,00480       | 2873,10          | 3,60          | 31,54          | 2908,24          |
| <b>48</b> | 3805-01-119-1725 | 3.658,00 | 1,5  | 0,01400       | 5487,00          | 2,10          | 60,24          | 5549,34          |
| <b>49</b> | 3040-27-039-0069 | 680,86   | 4,5  | 0,08100       | 3063,87          | 36,45         | 33,64          | 3133,96          |
| <b>50</b> | 3020-99-212-2800 | 424,80   | 4,5  | 0,00491       | 1911,60          | 2,21          | 20,99          | 1934,80          |
|           |                  |          |      | <b>TOPLAM</b> | <b>215058,26</b> | <b>465,45</b> | <b>2361,09</b> | <b>217884,80</b> |

**EK - F : Kritik Malzemelerin Sezgisel Yöntem ile Belirlenen Parametrelerde Mevcut Durum ile Toplam Maliyet Azalma Oranları**

| Sıra No | Stok Numarası    | Oransal Toplam Maliyet Azalması | Sıra No | Stok Numarası    | Oransal Toplam Maliyet Azalması |
|---------|------------------|---------------------------------|---------|------------------|---------------------------------|
| 1       | 4810-27-039-0583 | -25.00                          | 26      | 2930-01-292-6895 | -16.67                          |
| 2       | 4320-27-039-0074 | -10.00                          | 27      | 3020-01-513-5023 | 0.00                            |
| 3       | 2930-01-043-5097 | 12.50                           | 28      | 2530-01-461-1253 | 64.29                           |
| 4       | 2930-00-076-1833 | -50.00                          | 29      | 3020-01-273-3734 | -70.00                          |
| 5       | 3130-27-039-0020 | -16.67                          | 30      | 2920-00-167-6782 | 50.00                           |
| 6       | 3805-01-438-1952 | -125.00                         | 31      | 5998-27-021-9415 | 25.00                           |
| 7       | 2520-00-916-4667 | 37.50                           | 32      | 2930-27-013-3068 | 70.00                           |
| 8       | 2530-00-852-1220 | -50.00                          | 33      | 3020-27-019-0208 | 48.00                           |
| 9       | 4320-27-038-9976 | 62.50                           | 34      | 3120-01-514-2154 | 16.67                           |
| 10      | 4810-27-039-0048 | 7.14                            | 35      | 2950-01-380-4831 | 50.00                           |
| 11      | 3815-27-010-0869 | 18.18                           | 36      | 3130-00-131-1832 | 35.71                           |
| 12      | 3805-27-039-0545 | 35.71                           | 37      | 4810-27-017-7721 | 25.00                           |
| 13      | 2950-01-437-9070 | -50.00                          | 38      | 2815-01-199-6561 | -16.67                          |
| 14      | 4320-27-038-9988 | 33.33                           | 39      | 4320-27-038-9980 | 50.00                           |
| 15      | 4320-27-018-0615 | -175.00                         | 40      | 5930-99-315-0081 | -18.75                          |
| 16      | 2915-01-438-7308 | -116.67                         | 41      | 2530-01-103-3814 | -400.00                         |
| 17      | 2910-01-382-0163 | 35.71                           | 42      | 2530-01-461-0272 | -37.50                          |
| 18      | 2920-00-231-7270 | -112.50                         | 43      | 2540-27-021-0828 | -325.00                         |
| 19      | 2940-99-204-7381 | 42.11                           | 44      | 2950-27-024-2400 | -50.00                          |
| 20      | 3040-27-039-0067 | 72.22                           | 45      | 2815-01-419-0334 | -150.00                         |
| 21      | 4320-01-219-3966 | 50.00                           | 46      | 2530-01-438-9792 | -250.00                         |
| 22      | 3120-27-021-6922 | 59.38                           | 47      | 2530-01-438-1963 | -25.00                          |
| 23      | 3120-01-377-1515 | -12.50                          | 48      | 3805-01-119-1725 | 25.00                           |
| 24      | 2910-00-152-9875 | 25.00                           | 49      | 3040-27-039-0069 | -12.50                          |
| 25      | 4820-27-039-0057 | 50.00                           | 50      | 3020-99-212-2800 | 10.00                           |