

# GIDA SEKTÖRÜNDE BİR FİRMA İÇİN TEDARİK ZİNCİRİ AĞI TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA\*

Çiğdem GÜLER<sup>1</sup>, Achmet CHOUSEİN<sup>1</sup>, Kenan SİTTİ<sup>1</sup>, Ercan SOLMAZ<sup>1</sup>,  
Oylum BAŞAK<sup>1</sup>, Sedef MERAL<sup>1</sup>, Thomas LACKSONEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>University of Wisconsin-Stout, A.B.D. ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Gıda sektöründe hizmet veren firma, 4 fabrikasında ürettiği 150 kadar ürünü bölgesel depo ve distribütörleri aracılığıyla 170,000'in üzerinde satış noktasına ulaştırmaktadır. Bu amaçla kurulmuş olan dağıtım ağının ölçeği ve lojistik maliyeti yüksek olup, Türkiye'nin her bölgesine dağıtımda hedeflenen hizmet düzeyine ulaşmak oldukça zordur. Bu çalışmanın amacı, fabrikalardan distribütörlere olan dağıtımın zamanında ve eksiksiz yapılmasıyla hizmet düzeyini artırmak ve bunu mümkün olan en düşük maliyet ile gerçekleştirmektir. Proje kapsamında; stratejik düzeyde, son ürünlerin dağıtımını için tedarik zinciri ağı tasarımı, operasyonel düzeyde ise fabrikalardan distribütörlere dağıtım için gidilen yolu en aza indirirken, dolu kamyon dağıtımını sayısını artırmayı hedefleyen araç rotalarının bulunması üzerinde çalışılmıştır. Çalışmanın temel unsurları; mevcut durum analizi ve problem tanımı, tedarik zinciri ağının yeniden tasarımına yönelik olarak geliştirilen matematiksel model ve mevcut tedarik zincirinin etkinliğini ve verimliliğini artırmak için önerilen bölgesel depoların kurulduğu tasarım seçenekleri ile fabrikalardan distribütörlere dağıtım için geliştirilen daha etkin bir araç rotalama sistemidir. Değerlendirmeler sonucunda tasarım seçenekleri için maliyet-yarar analizi yapılmış ve farklı hizmet düzeyleri için tedarik zinciri tasarım seçenekleri önerilmiştir.

Bu çalışma ile firma için beklenen getiriler; geliştirilen etkileşimli ve daha etkin bir araç rotalama sisteminin de yardımıyla, zamanında ve eksiksiz olarak karşılanan distribütör taleplerinin artması sonucu fabrikalardan distribütörlere daha yüksek bir hizmet düzeyinin sağlanmasıdır.

**Anahtar sözcükler:** Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı, Dağıtım Sistemi, Araç Rotalama, Hizmet Düzeyi

## ABSTRACT

The company operating in the food sector delivers products of 150 types produced in its 4 factories to more than 170,000 retail points in Turkey. The distribution network developed for this purpose is very large in scale and has a high annual logistics cost. Moreover, it is hard to attain the same target service level all through the country. The aim of this study is to deliver the exact distributor orders from the factories to the distributors on time and thus to increase the service level, while decreasing the total logistics cost to the company. In the strategical level, the design of the supply chain for the distribution of the products, while in the operational level vehicle routing problem from the factories to the distributors have been focused on in the context of this project. The main parts of the study include: the systems analysis and problem definition, the mathematical model developed for the redesign of the supply chain network, the design alternatives with the regional depots so as to increase the efficiency and effectiveness of the supply chain, and a more effective and interactive vehicle routing system for the delivery of products from the factories to the distributors. A cost-benefit analysis is performed as well to evaluate the supply chain network design alternatives, and design alternatives are proposed for different levels of responsiveness and service levels.

The gain of the company expected from this study is a higher service level from the factories to the distributors thru supplying the orders in exact amounts in shorter response times, which becomes possible by the help of the redesign of the supply chain network as well as the improved vehicle routing system.

**Keywords:** Supply Chain Network Design, Distribution System, Vehicle Routing, Service Level

\* Çukurova Üniversitesi, Gaziantep Üniversitesi ve Yöneylem Araştırması Derneğince gerçekleştirilen XXIV. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresinde lisans öğrencilerinin bilimsel araştırma çabalarını teşvik etmek amacıyla bir araştırma yarışması düzenlenmiştir. Bu yarışmada birincilik ödülü kazanan çalışmayı ilgili öğretim üyesinin de katkılarıyla düzenlenmiş haliyle yayın politikası doğrultusunda yayınlıyoruz.

## MEVCUT DURUM VE PROBLEM TANIMI

Firma 1962 yılından beri gıda sektöründe faaliyet göstermektedir. Eskişehir'deki üç fabrikası ile Bozüyük'teki fabrikasında; bisküvi, kraker, kurabiye, gofret, kek ve turta, çikolata ve çikolatalı ürünler, sağlık-light ürünleri, çocuklara ve bebeklere özel ürünler olmak üzere dokuz ürün ailesinde 150'nin üzerinde ürünün üretimini gerçekleştirmektedir. Firma bu ürünlerini; 7 bölgesel depo, 150 distribütör, 60 süpermarket ve yaklaşık 170,000 perakendeciden oluşan dağıtım ağıyla tüm Türkiye'ye ulaştırmaktadır.

Bu projede çalışmalar, firma yöneticilerinin de yönlendirmesi sonucunda, tedarik zincirinin distribütörleri içeren alt kısmı olan dağıtım sistemi üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Var olan dağıtım sisteminin analizi sonucunda karşılaşılan temel semptomlar, *firma dağıtımında distribütör siparişlerinin düşük karşılanma oranı, perakendeci düzeyindeki kayıp satışlar ile yüksek lojistik maliyetleridir* [1].

- Sektördeki yoğun rekabet nedeniyle ve tüketici açısından ürünlerin birbirlerinin yerine geçebilir nitelikte olmasından dolayı dağıtımdaki aksaklıklar perakendeci düzeyinde kayıp satışlara yol açabilmektedir. Kayıp satışların düzeyini belirlemek amacıyla, firma fabrikalarının distribütörler ile bölgesel depoların siparişlerini zamanında ve tam olarak karşılama oranları 2002 ile 2003 yıllarına ait veriler üzerinde incelendiğinde, siparişlerin karşılanma oranının bölgeler arasında ve aylara göre farklılık göstermekle beraber %70 ile %90 arasında değiştiği görülmektedir [1]. Bu oran, başka sektörler için tatmin edici görünse de yüksek rekabet ve kayıp satışların olduğu gıda sektörü için yeterli olmayabilir. Bu nedenle, proje kapsamında yapılan çalışmalarda distribütör siparişlerini karşılama oranını %99 düzeyine çıkartmak temel amaç olarak belirlenmiştir.
- Firmanın mevcut tedarik zincirinde depolama sistemi dağınıktır; her fabrika kendi ürünlerini stoklamaktadır, ancak firmanın Eskişehir'deki bir fabrikasının deposu diğer fabrikaların ürünlerinin de az miktarda stoklandığı cep depolarıyla birlikte bir tür merkez depo gibi işlev görmektedir. Yapılan

analizler sonucunda, firma fabrikalarının tüm ürünlerinin tek bir merkez depoda toplanmamasının lojistik maliyetlerini artıran bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. 2002 ile 2003 yıllarına ait her bir distribütör siparişinin kompozisyonu incelendiğinde, siparişlerin %70'inin her üç<sup>1</sup> fabrikanın ürünlerini içerdiği görülür [1]. Fabrikaların tüm ürünleri tek bir merkez depoda stoklanmadığından dolayı, distribütör siparişlerini karşılamak için kamyonlar zaman zaman fabrika depoları arasında dolaşmak ve defalarca yükleme-boşaltma yapmak zorunda kalırlar. Her ne kadar merkez depoda diğer fabrikaların ürünlerinin depolandığı cep depolar olsa da, ürünlerin stok miktarı yeterli düzeyde olmadığı için kamyonların diğer fabrikalar arasında dolaşması önlenememektedir. Bu durum lojistik maliyetlerini artırdığı gibi siparişlerin yerine getirilmesi için geçen süreyi de artırmaktadır. Ayrıca distribütörlerin ivedi siparişlerinin karşılanması amacıyla farklı şehirlerde açılmış bulunan 7 bölgesel depo bulunmaktadır; ancak bu depolarda bulunan ürünlerin stok miktarı genellikle çok düşük düzeydedir ve bu nedenle ayın pek çok gününde pek çok ürün için stok bulunmamaktadır. Bu yüzden bu depoların gerekliliği ve etkinliği sorgulanabilir.

Sonuç olarak, mevcut dağıtım sisteminde firma ürünlerinin distribütörlere dağıtımında istenen düzeyde hizmet yakalanamadığı gibi lojistik maliyetleri de düşürülemediği görülmüştür. Firmanın tedarik zincirinin dağıtım kısmının analizi sonucunda ortaya çıkan bu semptomların ışığında problem, *ürünlerin dağıtımında etkin ve verimli olmayan lojistik sistemi* olarak tanımlanır.

Öncelikle, bu sonuca neden olabilecek etkenleri ortaya çıkarabilmek için balık kılçığı diyagramı oluşturulmuş ve mevcut sistem; taşıma sistemi, depolama sistemi, distribütör yönetimi, talep tahmin sistemi, sipariş yönetimi ve stok yönetimi açılarından incelenmiştir [1]. Bu incelemenin sonucunda yukarıda tartışılan semptomlarla kendini gösteren sorunların yanında, distribütörlerden siparişin alınması ve gönderilmesi gibi operasyonel işlemlerde de problem

<sup>1</sup> Verilerin toplandığı dönemde dördüncü fabrika olan çikolata fabrikası henüz faaliyete geçmemiştir.

yaşandığı gözlemlenmiştir. Örneğin, mevcut sistemde bütün siparişler firmanın pazarlama şirketi aracılığıyla merkez deponun bulunduğu fabrikaya gelir; eğer ürünler merkez depoda var ise, sipariş diğer siparişlerle yükleme yapan kişilerin deneyimine göre birleştirilir ve araca (kamyonu) yüklenir; bu işlem için belli bir sistematik yöntem izlenmez. Siparişlerin distribütöre ulaştırılması sürecinde ise siparişlerin araç bazında birleştirilmesi, yükleme/boşaltma sırası ile araç rotalamada problem yaşanır.

## ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Birçok düzeyden oluşan tedarik zincirinin analizini tamamladıktan sonra mevcut lojistik sistemini geliştirebilmek için 4 üretim fabrikası ile 150 distribütör arasında olması gereken tedarik zinciri ağını belirlemeye karar verdik. Bunu yaparken temel hedefimizi; hem stratejik hem de operasyonel düzey kararlarında bütün sistem için hizmet düzeyinin artırılmasını, mümkün olan en az maliyetle gerçekleştirebilmek olarak belirledik. Operasyonel düzeyde sistematik bir araç rotalama yönteminin kullanılmasıyla, kamyonların gittiği toplam mesafe azaltılabilecek ve böylece toplam lojistik maliyetinin düşürülmesine katkı sağlanabilecektir.

Yeni tedarik zinciri ağına tasarım için üç seçenek geliştirilmiştir: bunlar fabrikalar ile distribütörler arasında; (1) tek merkez deposu, veya (2) bölgesel depolar, veya (3) çapraz yükleme noktalarının açılmasıdır.

### **Seçenek 1:** Tek Merkez Deposu

Distribütörlerin bütün talepleri Eskişehir'de mevcut merkez depodan karşılanacak ve mevcut bölgesel depolar kapatılacaktır. Fabrikaların bütün ürünleri bu merkez depoda toplanacak ve siparişler buradan karşılanacaktır. Böylece kamyonların fabrikalar arasında dolaşması gerekmeyecektir. Ayrıca stokların tek bir yerde tutulmasıyla daha az miktarda güvenlik stoku ile aynı hizmet düzeyine ulaşmak mümkün olabilecektir.

### **Seçenek 2:** Bölgesel depolar

Eskişehir'deki tesisler mevcut haliyle korunacak ve Türkiye'nin çeşitli şehirlerinde yeni bölgesel depolar

açılacaktır. Eskişehir'deki depo, hem bir merkez depo, hem de bir bölgesel depo gibi kullanılabilir. Bu seçeneğin çözümü için bir matematiksel model yardımıyla hangi şehirlere bölgesel depo açılacağı ve açılan bu bölgesel depoların hangi distribütörlerin taleplerini karşılayacağı belirlenecektir. Açılan depolar, kendilerine bağlanan distribütörlerin ve dolayısıyla şehirlerin taleplerini karşılayacaktır. Bu model; depo açma ve işletme, stok tutma ve dağıtım gibi lojistik maliyetlerinin en aza indirilmesini sağlayacak bir tür yerleştirme-atama modeli olacaktır.

### **Seçenek 3:** Çapraz yükleme noktaları

Türkiye'nin çeşitli bölgelerine çapraz yükleme noktalarının açılmasıdır. Ancak firmanın şimdiki üretim yönetim sistemi ve siparişlerin hacmi ile değişkenliği dikkate alındığında bu seçeneğin firma için uygulanabilir olmadığı görülür. Firmanın üretim planı iki haftalık dilimlerde dondurulduğu için bu dağıtım sistemi için gerekli esnek üretim sistemi yoktur. Ayrıca çapraz yükleme noktalarından istenilen verimin alınabilmesi için siparişlerin hacimce yüksek ve tahmin edilebilir olması gerekir. Oysa ki firma distribütörlerinin siparişleri; özellikle doğu bölgesi ve kırsal kesimler için düşük hacimli, ve mevcut distribütör özendirme sisteminden ötürü oldukça değişkendir. Bu yüzden çapraz yükleme noktaları kurulmasının firmanın tedarik zinciri için amaçlanan verimi sağlayamayacağı öngörülmüş ve bu seçenek üzerinde daha fazla çalışılmamıştır.

İkinci seçeneğin birinci seçeneği de kapsamı sebebiyle tek bir matematiksel model yardımı ile her iki seçeneği de irdelemek mümkün olur. Eğer matematiksel model, Eskişehir'de merkez deponun dışında depo açmamayı en uygun çözüm olarak verirse, bu da tek merkez depolu birinci seçeneğe karşılık olur.

### **Yerleştirme-Atama Modeli**

Stok maliyetlerinin en aza indirilmesi, merkez depolaması sistemini özendirirken; müşteri siparişinin karşılanma hızı ise, müşteriye yakınlığı ve dolayısıyla dağınık bir depolama ve dağıtım sistemini gerektirmektedir [2]. Dağıtım merkezleri olarak bölgesel depoların yer seçimi, bu iki çatışan amacın etkin bir ödünleşmesini bulmakta kritik bir karardır [3]. Ayrıca

dağıtım merkezleri için yer seçimi kararları taşıma maliyetlerini de etkiler. Mercer ve Tao [4] perakendecilik sektöründe büyük ve önemli firmaların hemen hepsinin ürünlerinin %90'ından fazlasını bölgesel depoların bulunduğu dağıtım ağlarından ilerlettiklerini ve böylece gerek teslim sürelerinde gerekse envanter düzeylerinde önemli azalmalar sağladıklarını belirtir.

Geliştirilen yerleştirme-atama modeli; modelde belirtilen hizmet düzeyini korumaya çalışırken, toplam lojistik maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlayan bir karışık-tamsayılı matematiksel programlama modeli olup GAMS uygulama yazılımı ile çözülür.

#### Modelin Varsayımları

- Her şehrin her ürün grubu için olan talebi bilinir.
- Tek kaynak varsayımı ile bir distribütörün tüm ürün grupları için talebi sadece bir bölgesel depodan karşılanır.
- Açılacak her bölgesel depo en az 1000 m<sup>3</sup>lük depolama kapasitesine sahip olmalıdır.
- 1 m<sup>3</sup>lük ürün depoda 3.26 m<sup>3</sup>lük hacim gerektirir.
- Bölgesel depoların kurulabileceği aday şehirler bellidir.
- Toplam çevrim envanteri tutma maliyeti, envanterin hangi depoda (merkez depo veya bölgesel depo) tutulduğuna bağlı değildir.
- Ürünlerin merkez depodan bölgesel depolara büyük kamyonlarla (TIR) ve bölgesel depolardan distribütörlere küçük kamyonlarla taşınması dolu kamyon yüküyle ve git-gel politikası doğrultusunda yapılır.

Yukarıda belirtilen varsayımların sonucusu olan "git-gel ve dolu kamyon" politikası üzerinde özellikle durulması gerekir. Var olan sistemde ürünlerin taşınması günlük dinamik araç rotalarıyla yapılmaktadır ki geliştirilen yerleştirme-atama modelinde bu durumun modellenmesi karışıklığa neden olabilir. Bu nedenle git-gel politikası kabulü yapılarak model içinde rota oluşturulmasına gerek kalmaz. Ancak git-gel politikası ile taşıma maliyetleri olduğundan yüksek tahmin edilebileceği ([5], [6]), ve araç rotalamanın maliyetleri düşürücü etkisi olabileceği için modelde bölgesel depolarla distribütörler arasındaki dışsal taşıma maliyetleri, değeri 0 ile 1 arasında olan ' $\theta$ ' sabitiyle

çarpılarak küçültülür. Bu sabitin değerinin tahmin edilmesi amacıyla, dışsal taşıma maliyetleri hem git-gel varsayımıyla hem de bir araç rotalama algoritması uygulanarak hesaplanır. Bu hesaplamalar sonucunda görülür ki git-gel politikasıyla bulunan maliyetler araç rotalamayla bulunan maliyetlere çok yakındır; bu sebeple ' $\theta$ ' sabitinin değeri '1' olarak kabul edilir.

#### Matematiksel Model

İndeksler:

$i$	aday depo yerleri,	$i = 1, \dots, 21$
$j$	talep noktaları (şehirler),	$j = 1, \dots, 80$
$k$	ürün grupları,	$k = 1, \dots, 9$

Değişkenler:

$w$	yıllık ortalama lojistik maliyetleri toplamı
$X_i$	1 eğer $i$ aday şehirde bölgesel depo açılır ise, 0 aksi durumda
$Y_{ji}$	$j$ şehrinin $i$ şehrindeki aday bölgesel depodan karşılanan talep oranı (0 ile 1 arasında)
$DT_{ik}$	$i$ şehrindeki aday bölgesel deponun $k$ ürün grubu için günlük toplam talebi (m <sup>3</sup> )
$SS_{ik}$	$i$ şehrindeki aday bölgesel depoda $k$ ürün grubu için tutulan güvenlik stoku miktarı (m <sup>3</sup> )

Parametreler:

$HK$	bölgesel depolardan distribütörlere mal taşıyan kamyonun hacmi (m <sup>3</sup> )
$HT$	merkez depodan bölgesel depolara mal taşıyan büyük kamyonun (TIR) hacmi (m <sup>3</sup> )
$KM$	bölgesel depolardan distribütörlere götürülen malı kamyonla 1 km. taşıma maliyeti (TL/km)
$TM$	merkez depodan bölgesel depolara götürülen malı TIR ile 1 km. taşıma maliyeti (TL/km)
$T_{jk}$	$j$ şehrinin $k$ ürün grubu için günlük ortalama talebi (m <sup>3</sup> /gün)
$m_{ji}$	şehir $j$ ile aday bölgesel depo $i$ arasındaki uzaklık (km)
$m_{oi}$	merkez depo ile aday bölgesel depo $i$ arasındaki uzaklık (km)
$h_k$	$k$ ürün grubu için yıllık envanterde tutma maliyeti (TL/m <sup>3</sup> /yıl)
$n$	bir depoda maksimum çevrim envanterinin kaç günlük talebe karşılık geldiği (gün)

- $MD_i$   $i$  aday deposunun  $1 \text{ m}^3$ 'lük hacminin depo sistemi ve işletme giderleri dahil yıllık gideri ( $\text{TL}/\text{m}^3/\text{yıl}$ )
- $YBA$  her depo için gerekli sabit araç yükleme ve boşaltma alanı ( $\text{m}^2$ )
- $MK_i$   $i$  aday depo için gerekli sabit araç yükleme ve boşaltma alanının  $1 \text{ m}^2$ 'sinin yıllık kiralama gideri ( $\text{TL}/\text{m}^2/\text{yıl}$ )
- $z$  güvenlik stoğunu belirlemek için kullanılan güvenlik faktörü
- $\theta$  araç rotalama algoritması kullanıldığında ortaya çıkacak gerçek taşıma giderini tahmin edebilmek için kullanılan sabit ( $0 \leq \theta \leq 1$ )
- $\beta 2_k$  bir deponun  $k$  ürün grubu talebinin standart sapmasını tahmin etmek için regresyonla bulunan doğrunun eğimi
- $\beta 1_k$  bir deponun  $k$  ürün grubu talebinin standart sapmasını tahmin etmek için regresyonla bulunan doğrunun sabiti

Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıdaki gibidir:

(0) En azla

$$w = \left( \sum_i \sum_j \left( \sum_k T_{jk} m_{ji} Y_{ji} KM / HK \right) \theta \right) 730 + \left( \sum_i \left( \sum_k DT_{ik} m_{oi} TM / HT \right) \right) 730 + \sum_i \left( \sum_k h_k SS_{ik} \right) + \sum_i \left( \left( \sum_k n DT_{ik} + SS_{ik} \right) 3.26 MD_i + YBA MK_i X_i + MK_i \left( \sum_k n DT_{ik} + SS_{ik} \right) 3.26 / 25 \right)$$

kısıtlar

- (1)  $Y_{ji} \leq X_i \quad \forall i, j$
- (2)  $\sum_i Y_{ji} = 1 \quad \forall j$
- (3)  $DT_{ik} \geq \sum_j T_{jk} Y_{ji} \quad \forall i, k$
- (4)  $SS_{ik} \geq z (\beta 2_k DT_{ik} + \beta 1_k X_i) \quad \forall i, k$
- (5)  $\sum_k (n DT_{ik} + SS_{ik}) 3.26 \geq 1000 \quad \forall i$
- (6)  $DT_{ik}, SS_{ik}, Y_{ji} \in R^+$   
 $X_i \in 0,1 \quad \forall i, j, k$

- Amaç fonksiyonu,  $w$ ; bölgesel depolardan distribütörlere ve merkez depodan bölgesel depolara dağıtım giderleri, çevrim stoku hariç tutulmak üzere sadece güvenlik stoku tutma maliyeti ile depo açma ve işletme giderlerinden oluşan yıllık ortalama lojistik maliyetlerini en aza indirir. Ürünlerin merkez depodan bölgesel depolara TIR'larla ve bölgesel depolardan distribütörlere küçük kamyonlarla taşınmasında git-gel politikası uygulandığı için taşıma maliyetleri hem gidiş hem de dönüş yönünde dikkate alınır.
- Kısıt (1) ile açılmayan depodan talep karşılanması engellenir.
- Kısıt (2) ile bir şehrin talebinin sadece bir depodan karşılanması sağlanır. Depoların kapasite sınırı olmadığı için  $Y_{ji}$  değişkeni üzerinde 0-1 olma kısıtı olmadığı halde 0 ya da 1 değerini alır.
- Kısıt (3) ile bir bölgesel deponun bir ürün grubu için merkez depoya olan talebinin, en az kendisine bağlanmış bütün şehirlerin talebi kadar olması sağlanır.
- Kısıt (4) ile açılan her bir bölgesel depodaki güvenlik stokunun en az bölgesel depodaki günlük talebin standart sapmasının belli bir güvenlik katsayısı  $z$  ile çarpımı kadar olması sağlanır.
- Kısıt (5) açılan her bir bölgesel deponun hacminin en az  $1000 \text{ m}^3$  olmasını sağlar; yani açılan bir deponun günlük talep miktarı en az  $40 \text{ m}^3$  (1 kamyon yükü) olmalıdır.
- Kısıt (6) ise değişkenlerin tipini belirtir.

### Veri Derlemesi ve Parametrelerin Belirlenmesi

#### Aday Bölgesel Depo Yerlerinin Belirlenmesi

Aday depo yerleri belirlenirken; talep-ağırlıklı gidilen yolu azaltmak için yüksek talebi olan şehirler, nüfusu yüksek olan şehirler, kendisine en yakın bir aday şehrin 300 km.den daha fazla uzaklıkta bulunduğu şehirler, ulaşımın kolaylıkla sağlanabilmesi için ana yollar üzerinde bulunan ve arsa, enerji, işgücü imkanları olan şehirler ile firmanın şu anda bölgesel deposunun bulunduğu şehirler değerlendirmeye alınmıştır (Tablo 1).

Mevcut durumda Eskişehir'de merkez depo olmasına karşın, Eskişehir'de aday bölgesel depo yerleri arasına alınmıştır; bunun nedeni tüm şehirlerin toplam talebinin



**Tablo 1.** Aday Bölgesel Depo Yerleri

Trafik Kodu	Şehir	Trafik Kodu	Şehir	Trafik Kodu	Şehir
26	Eskişehir	21	Diyarbakır	44	Malatya
01	Adana	25	Erzurum	52	Ordu
06	Ankara	34	İstanbul	54	Sakarya
07	Antalya	35	İzmir	55	Samsun
10	Balıkesir	38	Kayseri	59	Tekirdağ
16	Bursa	41	Kocaeli	65	Van
20	Denizli	42	Konya	67	Zonguldak

sadece Eskişehir'den karşılanabilmesi olasılığını modele dahil edebilmektir. Böylece Seçenek 1 ve Seçenek 2 aynı matematiksel model içinde ifade edilebilmiştir.

#### Talep Analizi ve Envanter Politikası

Bir şehirde bir ürün grubu için olan toplam talep, şehirdeki distribütörlerin o ürün grubu için firmadan taleplerinin toplamı olarak kabul edilmiştir. Her şehrin 9 ürün grubu için olan talebinin istatistiksel dağılımlarını tahmin edebilmek amacıyla son iki yıla (730 gün) ait distribütör günlük sipariş verileri, Ms Access programı yardımıyla düzenlenmiştir. Şehirlerin ürün grupları için günlük talep verilerinin daha çok Weibull Dağılım gösterdiği görülmüştür [1].

Bu çalışmanın en önemli amaçlarından biri firmanın dağıtım sisteminin hizmet düzeyini artırmaktır. Bir çevrim döneminde yokluğa düşmeme olasılığı olarak tanımlanan *Çevrim Hizmet Düzeyi* ( $P1$  veya  $\alpha$  tipi hizmet düzeyi), açılacak olan depolarda envanter sisteminin güvenlik stoku parametresini belirleyici ölçüt olarak kabul edilmiştir. Talep belirsiz olduğu için hedeflenen çevrim hizmet düzeyini karşılamak amacıyla belli miktar güvenlik stokunun tutulması gerekecektir.  $P1$  hizmet düzeyine göre, her bir ürün grubu için depoda tutulacak güvenlik stoku, o ürün grubu için depodaki talebin standart sapmasının belirli bir güvenlik faktörüyle çarpılması sonucu bulunur. Depo  $i$ 'deki  $k$  ürün grubunun talebinin standart sapması ( $\sigma_{ik}$ ), depoya bağlanan distribütörlerin taleplerinin varyansları ( $\sigma_{jk}^2$ ) kullanılarak bulunur:

$$\sigma_{ik} = \sqrt{\sum_j \sigma_{jk}^2 Y_{ij}} \quad \forall i, k$$

Ancak bu ifade matematiksel modelde doğrusallığı bozduğundan talebin standart sapmasının hesaplanabilmesi için farklı yöntemler aranmıştır. Nozick ve Turnquist [3] bir ürün grubuna olan talebin ortalama değeri ile standart sapması arasında belirgin bir doğrusal bağlantı olduğunu ve bu bağlantının regresyon analizi ile bulunabileceğini açıklar. Bu yöntemin kullanılmasıyla, ürün grubu talep dağılımından ortalama talep ile standart sapması arasındaki doğrusal bağlantı bulunabilir. Bu bağlantıya göre  $\sigma_{ik}$ ; günlük ortalama talep olan  $DT_{ik}$  değeri,  $\beta1_k$  (sabit) ve  $\beta2_k$  (eğim) parametreleri ile ifade edilir:

$$\sigma_{ik} = \beta1_k + \beta2_k DT_{ik} \quad \forall i, k$$

(Tablo 2'de regresyon analizinin sonuçları görülebilir).

Açılan her bir depoda her ürün grubu için tutulması gereken güvenlik stoku miktarı, matematiksel modelde kolaylıkla hesaplanabilir:

$$SS_{ik} = z \sigma_{ik} = z (\beta1_k + \beta2_k DT_{ik})$$

**Tablo 2.** Ürün Gruplarının Talep Standart Sapmaları İçin Regresyon Analizi İle Bulunan Eğim ve Sabit Değerleri

Ürün Grubu, $k$	$\beta1_k$ (sabit)	$\beta2_k$ (eğim)
1	2.510	0.716
2	1.446	0.900
3	1.758	0.884
4	0.766	1.036
5	2.759	0.813
6	0.394	1.501
7	1.547	1.176
8	0.500	1.023
9	1.665	0.809

Burada güvenlik faktörü olan  $z$ 'nin modelde değişken olarak tutulması doğrusallığı bozacağından, sabit politika parametresi olarak kabul edilmiş ve model  $z$ 'nin farklı değerleri için defalarca çözdürülmüştür. Böylece farklı hizmet düzeyleri ( $z$ ) ile senaryolar oluşturulmuş ve firma için optimum hizmet düzeyi belirlenmiştir.  $N$

değişik üründen oluşan ürün grubu  $k$  içinde bir ürün olan  $l$  için  $i$  deposundaki günlük talebinin standart sapmasının  $\sigma_{il}$  ve grubu oluşturan tüm ürünlerin standart sapmasının aynı olması kabulü ile her bir ürün için belli bir  $z$  güvenlik faktörünü sağlamak üzere ürün grubu  $k$  için  $i$  deposunda tutulması gereken toplam güvenlik stoku miktarı  $SS_{ik} = (z \sigma_{il}) N$  şeklinde ifade edilir. Ancak geliştirilen matematiksel modelde ürün grubu  $k$  için standart sapma değeri kullanıldığında, grup  $k$  için standart sapma  $\sigma_{ik} = \sigma_{il} \sqrt{N} = \beta 1_k + \beta 2_k DT_{ik}$  olup  $k$  ürün grubu için güvenlik stoku miktarı  $SS_{ik} = z \sqrt{N} \sigma_{ik}$  olarak hesaplanır. Örnek olarak her ürün için ayrı ayrı  $z=2$  güvenlik faktörü kullanıldığı ve bir ürün grubunun ortalama olarak 16 üründen oluştuğu durumda  $k$  ürün grubu için toplam güvenlik stoku  $SS_{ik} = 2 \times 4 \times \sigma_{ik} = 8 \sigma_{ik}$  olur ve bu ürün

grubundaki her bir ürün için  $z = 2$  güvenlik faktörüne karşılık gelen  $P1$  hizmet düzeyi %97.72 olur.

Ayrıca modelde kullanılan şehirlerarası uzaklıklar,  $1 \text{ m}^3$  ürünün saklanması için gerekli depo hacmi, kamyon ve büyük kamyon hacimleri ile depolarda kamyonların yükleme ve boşaltma yapabilmesi için gerekli park alanları belirlenmiştir. Ayrıca kilometre başına kamyon ve büyük kamyon (TIR) taşıma maliyetleri, yeni bir depo açılması için gerekli olan bina, arazi ve ekipman, depo işletme giderleri ve envanter tutma maliyeti gibi sabit giderler belirlenmiştir [1].

### ÇÖZÜM SONUÇLARININ İNCELENMESİ

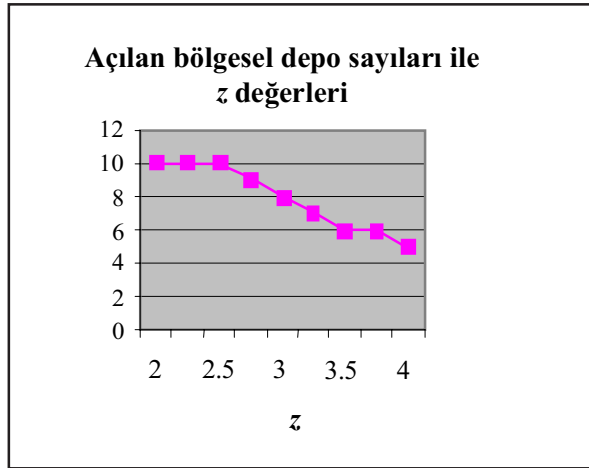
Matematiksel model, her bir ürün için  $\theta$  değerinin '1' olarak sabit tutulması ve güvenlik faktörü  $z$  değerinin 2 ile 4 arasında 0.25 ile artırılmasıyla elde edilen 9 farklı senaryo için çözülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Farklı Güvenlik Faktörü ( $z$ ) Düzeylerinde Açılan Depolar

Trafik Kodu	Depo Açılan Şehir	$z$ güvenlik faktörü								
		2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00
26	Eskişehir	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık
01	Adana	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık
06	Ankara									
07	Antalya	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık
10	Balıkesir									
16	Bursa									
20	Denizli									
21	Diyarbakır	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	
25	Erzurum	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık
34	İstanbul	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık				
35	İzmir	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık			
38	Kayseri	Açık	Açık	Açık						
41	Kocaeli									
42	Konya									
44	Malatya	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık
52	Ordu	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık
54	Sakarya									
55	Samsun	Açık	Açık	Açık	Açık					
59	Tekirdağ									
65	Van									
67	Zonguldak									

Farklı senaryolar için bulunan çözümler incelendiğinde şu çıkarımlarda bulunulur:

✓ *Modelin çözümü hizmet düzeyindeki değişimlere oldukça duyarlıdır.* Güvenlik faktörünün ( $z$ ) her bir ürün için 2 ile 2.50 arasında değiştirilmesi açılan depo sayısını veya açılan depoların yerlerini değiştirmemektedir (Şekil 1 ve Tablo 3). Öte yandan, güvenlik faktörünün 2.50'den itibaren her 0.25 artırıışında bir önceki çözümde açık olan depolardan birinin kapanması istenir. Oysa, güvenlik faktörünün 2.50'den sonra her bir artırıışının hizmet düzeyine katkısı giderek azalır. Örneğin,  $z$ 'nin 3.75'den 4.00'a çıkarılması Diyarbakır'ın optimal çözümden çıkarılmasına sebep olmakta, hizmet düzeyinin ancak %0.001 artmasını sağlamaktadır.



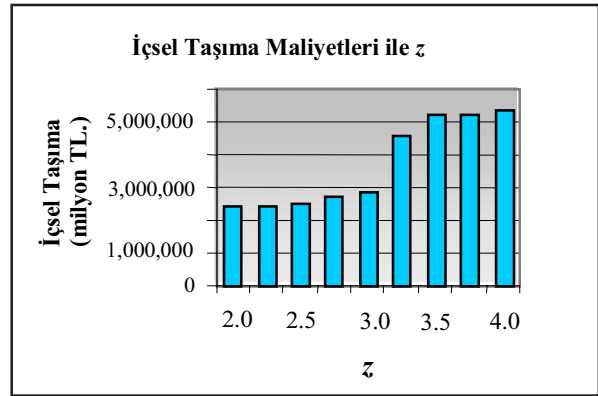
Şekil 1. Açılan Bölgesel Depo Sayıları ile z Değerleri

✓ *Farklı hizmet düzeyleri için elde edilen optimal çözümlerin amaç fonksiyonu değerlerindeki (yıllık toplam maliyet değerindeki) değişim çok fazla değildir* (Tablo 4).  $z$  değerinin her 0.25 artırıış toplam maliyete ortalama 258 milyar TL'lik bir artış getirmektedir; yani toplam maliyetler % 2.52 oranında artmaktadır.

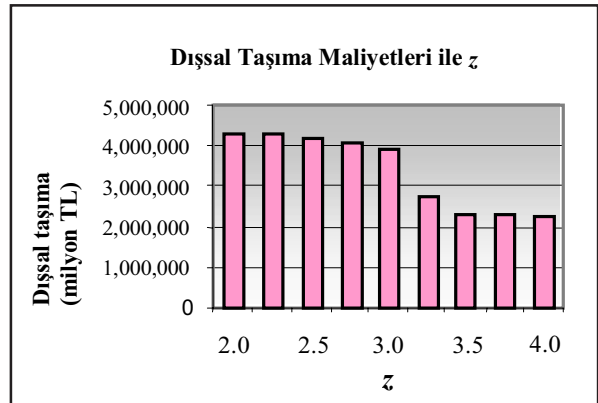
✓ *Toplam taşıma maliyetleri, hizmet düzeyindeki değişimden neredeyse hiç etkilenmemektedir.* İçsel (merkez depodan bölgesel depoya) ve dışsal (bölgesel depodan distribütöre) taşıma maliyetlerinin toplamının farklı  $z$  düzeyleri için neredeyse aynı kaldığı gözlemlenebilir. Şekil 2a ile 2b'de görüldüğü gibi  $z$ 'nin

Tablo 4. Farklı Hizmet Düzeylerinde Yıllık Toplam Maliyetler

Ürün tipi için z değeri	Toplam maliyette artış (* Milyon TL)	Toplam maliyette % artış
2.00	---	---
2.25	278,945.449	2.97
2.50	278,250.439	2.88
2.75	273,909.279	2.76
3.00	272,790.101	2.67
3.25	261,019.253	2.49
3.50	240,559.822	2.24
3.75	230,728.538	2.10
4.00	229,042.925	2.04
Ortalama artış	258 155.7258	2.52



(2b)



(2b)

Şekil 2a, 2b. Farklı z Değerleri İçin İçsel ve Dışsal Taşıma Maliyetleri



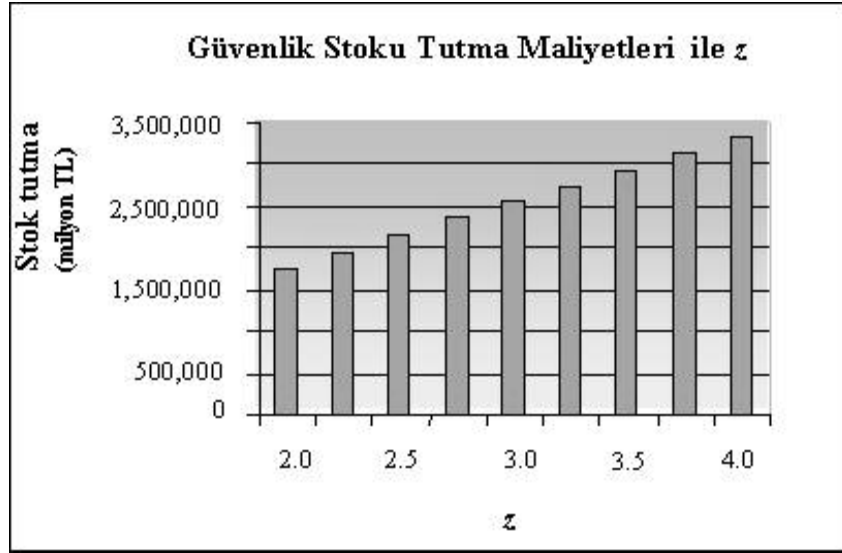
3.00'dan 3.25'e çıkarıldığı durumda ani bir artış gösteren içsel taşıma maliyetlerinin toplam taşıma maliyetlerine etkisi, dışsal taşıma maliyetlerindeki ani düşüşle nötrlenmektedir.

✓ *Güvenlik stoku tutma maliyetleri ile  $z$  hizmet düzeyleri arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenmektedir (Şekil 3).*

Bu doğrusal ilişkinin esas nedeni güvenlik stokunun Tip-1 hizmet düzeyine göre hesaplanmasıdır. Diğer sebep ise depo taleplerinin standart sapmalarının regresyon kullanılarak tahmin edilmesidir.

### Maliyet-Yarar Analizi

Farklı hizmet düzeyleri arasından firma için en uygun hizmet düzeyini belirlemek ve buna bağlı olarak da en uygun tedarik zinciri ağını belirlemek amacıyla eldeki 9 değişik çözüm üzerinde bir maliyet-yarar analizi yapılmıştır. Hizmet düzeyindeki artışın en temel yararı perakendeci düzeyinde kayıp satışların azalması olur. Stoktan zamanında karşılanamayan distribütör siparişlerinin firma için kayıp satışlara sebep olma olasılığı çok yüksektir. Bu nedenle, hizmet düzeyindeki artış, kayıp satışları azaltarak firmanın karını



Şekil 3. Farklı  $z$  Değerleri İçin Güvenlik Stoku Tutma Maliyetleri

Tablo 5. Hizmet Düzeyindeki Artışlardan Beklenen Maliyet ve Kar Artışları

Ürün tipi için $z$ değerleri	Toplam maliyette marjinal artış (milyon TL)	Karda marjinal artış (milyon TL)	Toplam maliyette toplam artış (milyon TL)	Karda toplam artış (milyon TL)
2.00	--	--	--	--
2.25	278,945	370,000	278,945	370,000
2.50	278,250	210,000	557,195	580,000
2.75	273,910	112,000	831,105	692,000
3.00	272,790			
3.25	261,020			
3.50	240,560			
3.75	230,730			
4.00	229,045			

artırabilecektir. Tablo 5'de görüldüğü gibi, firma için en karlı hizmet düzeyi, bir ürün için güvenlik faktörünün 2.25 olduğu durumdur. Ancak daha yüksek hizmet düzeyinde uzun vadede sağlanabilecek müşteri memnuniyetinin etkisi ile birlikte sektördeki şiddetli rekabet de dikkate alındığında, hizmet düzeyinin %99.38, yani güvenlik faktörünün 2.5 olduğu çözümün uzun vadede firma için en olumlu etkiyi yapacağı düşünülebilir.

### **Duyarlık Analizi**

Matematiksel modelde gerekli depo hacimleri bulunurken, depolarda en fazla 7 günlük dönemsel envanter tutulacağı varsayılmıştır. Diğer bir deyişle, Eskişehir merkez depodan bölgesel depolara 7 günde bir kez sevkiyat yapılacağı düşünülmüştür. Çözümün sevkiyat sıklığına duyarlı olup olmadığını görmek amacıyla, modelde sabit kabul edilen sevkiyat sıklığı ( $n$ ) kontrollü olarak artırılıp, azaltılarak model yeniden çözdürülmüştür. Sonuçta görülmüştür ki sevkiyatların sıklaştırılması ( $n$  değerinin düşürülmesi) çözümü değiştirmemektedir. Öte yandan, sevkiyatların daha seyrek yapılması Kayseri deposunun optimal çözümde yer almamasına sebep olmaktadır.

### **Ankara'nın Çözüme Katılması**

Firma yetkililerinin isteği üzerine, optimal çözümde bulunmamasına karşın modelin çözümünde Ankara'da bir bölgesel depo açılması zorlanmıştır. Ankara'da bir depo açılmasının, açılan diğer depoların yerlerini etkilemediği, ancak yıllık lojistik maliyetlerini yaklaşık 50 milyar TL. kadar artırdığı ve sadece Ankara'da bulunan distribütörlerin siparişlerini karşıladığı görülmüştür.

### **Modele Kapsama Alanı Kısıtının Getirilmesi**

Bir tedarik zinciri ağı tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken önemli performans ölçütlerinden biri de siparişin karşılanma hızıdır. Bir distribütör siparişinin mümkün olan en kısa zamanda karşılanabilmesi için siparişin karşılandığı depo ile distribütör arasındaki mesafenin kısaltılması gerekir. Firmayla yapılan görüşmelerde anlaşılmıştır ki, bir distribütör siparişinin en çok 24 saatte ve mesai saatleri

içinde karşılanması gerekmektedir. Bu nedenle modele 500 kilometrelik bir kapsama alanı kısıtı getirilir ve  $z = 2.50$  güvenlik faktörü ile tekrar çözdürülür. Yeni optimal çözümde Van'da da bir bölgesel depo açılır ve amaç fonksiyonunun değerinde yaklaşık 22 milyar TL'lik bir artış görülür. Çözümdeki bu değişikliğin sebebi; kapsama alanı kısıtı bulunmayan modelin çözümünde, talebi 551 km. uzağındaki Diyarbakır deposundan karşılanan Hakkari ilidir. Hakkari ilinin talep bakımından iller arasındaki sıralamada 70. sırada olduğu göz önünde bulundurulursa, 51 km'lik bir mesafe azalmasına karşılık 22 milyar TL'lik ek maliyet fazla bulunabilir. Bu nedenle de Van'da bir bölgesel depo açılmasına gerek olmadığı sonucuna varılabilir.

### **BENZETİM MODELİ**

Yerleştirme-atama kararı için geliştirilen matematiksel modelde talepler deterministik kabul edilirken, hizmet düzeyinin temsilini kolaylaştırmak için talepteki standart sapmalar ile ortalama talep arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayılmıştır. Diğer bir varsayım ise gerçekte Weibull ve benzeri dağılıma sahip olan talep verilerinin normal dağılıma sahip olduğu yönündeydi. Bu varsayım ve kabullerin belirsiz olan mevcut koşullar altında ne kadar gerçekçi olduğunu gözlemek ve belirlenen güvenlik stoku miktarlarının geçerliğini değerlendirmek amacıyla bir benzetim modeli oluşturulur. Ayrıca benzetim modeli, matematiksel model yardımıyla belirlenemeyen müşteri memnuniyeti, distribütör siparişlerini karşılama oranı (Tip-1 hizmet düzeyi) gibi başarımlı ölçütlerinin değerlendirilebilmesini sağlar.

9 bölgesel deponun kurulduğu çözüm için benzetim modeli geliştirilirken şimdiki uygulamadan bir ölçüde farklılık gösteren iki ana varsayımda bulunulur. (1) Açılan bölgesel depolarda stok yönetimi ( $Q, R$ ) politikası ile yapılır; sipariş miktarı  $Q$ , açılan deponun bir haftalık ortalama talebi olarak alınırken, yeniden sipariş verme düzeyi olan  $R$  ise güvenlik stoku miktarı ile tedarik süresi bir gün olduğu için bir günlük ortalama talebin toplamına eşit kabul edilir. Açılan bölgesel depo  $i$ 'nin, ürün grubu  $k$  için  $Q_{ik}$  değeri ve Tip-1 hizmet düzeyine bağlı olarak da  $R_{ik}$  düzeyi hesaplanır:

$$Q_{ik} = 7 DT_{ik}$$

$$R_{ik} = DT_{ik} + SS_{ik}$$
 burada

$DT_{ik}$   $i$  şehrindeki bölgesel deponun  $k$  ürün grubu için günlük toplam talebi,

$SS_{ik}$   $i$  şehrindeki bölgesel depoda  $k$  ürün grubu için tutulan güvenlik stoku miktarıdır.

(2) Mevcut uygulamada firmanın üretim tesislerinde üretim planlaması matematiksel programlama modeli yardımıyla yapılmaktadır. Ancak benzetim modelinde üretim planlaması, MA(2) -2 haftalık kayan ortalama-yöntemiyle belirlenen talep tahminlerine göre yapılır.

Benzetim modeli Arena 5.0 programı kullanılarak tasarlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda %95 güvenlik aralığı ve 0.1'lik göreceli kesinlik düzeyine 820 günlük 17 yinelemeyle erişilebilmiş ve çıktı analizleri bu koşullar uyarınca yapılmıştır. Yapılan benzetim koşullarının sonucunda birinci ürün grubu için bölgesel depolarda günlük ortalama 78.6m<sup>3</sup> kadar yok/kayıp satış görülürken, diğer ürün gruplarında beklendiği biçimde hemen hemen hiç yok/kayıp satış yaşanmamaktadır.

## STRATEJİK SEVİYE ANALİZ SONUÇLARI

Bu analiz sonucunda yapılan varsayımların (özellikle de ortalama talep-standart sapma doğrusallığı ile ilgili

varsayımının) birinci ürün grubu için pek de doğru olmadığı sonucuna varılmış ve bu nedenle matematiksel model sadece birinci ürün grubu için  $z$  değerinin 2.5'den büyük olduğu durumlar için yeniden çözdürülmüştür.  $z$  düzeyinin 2.75'den 4.00'a kadar değiştirildiği tüm seçeneklerde mevcut duruma göre gözlemlenen tek değişikliğin Kayseri'deki bölgesel deponun kapanması olmuştur; dolayısıyla önerilen tedarik zinciri ağında Kayseri'de bir deponun açılmaması uygun görülmüştür. Tüm bu analizler sonucunda bölgesel depoların açılması uygun görülen şehirler Şekil 4'teki haritada işaretlenen şehirler olarak belirlenmiştir.

Haritada görüldüğü gibi, optimal çözümde Samsun-Ordu ve Malatya-Diyarbakır gibi komşu illerde küçük hacimli bölgesel depolar açılmaktadır. Yönetim açısından ele alındığında tedarik zinciri ağında çok sayıda küçük hacimli depoların yer alması uygun görülmemiş ve hizmet kalitesinde önemli bir düşüşe neden olmayacağı da düşünülerek her bir komşu ikilinin (Samsun-Ordu ve Malatya-Diyarbakır) illerden birinde konuşlandırılmış bir depoda toplanmış duruma getirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu amaçla matematiksel modelin de yardımıyla 4 farklı durum incelenmiş ve 4 çözüm içerisinden Diyarbakır ve Samsun'daki depoların kapatılmasını öngören seçenek en az maliyetli çözüm



Şekil 4. Optimal Çözümde Bölgesel Depo Kurulan Şehirler

olarak bulunmuştur. Bu değişikliğin firmaya yükleyeceği ek maliyet ise yıllık 71 Milyar TL. olarak öngörülmüştür. Dolayısıyla son çözümdeki bölgesel depo gereklilikleri Tablo 6'da gösterildiği gibi önerilmiştir.

**Tablo 6.** Açılması Önerilen Bölgesel Depolar

Şehir	Minimum Depo Hacmi (m <sup>3</sup> )	Toplam Talep %si
Eskişehir	34,100	39.33
Adana	7,200	8.30
Antalya	3,900	4.50
İstanbul	23,500	27.10
İzmir	7,200	8.30
Ordu	3,200	3.69
Erzurum	2,900	3.34
Malatya	4.700	5.42

## ARAÇ ROTALAMA

Firmanın şu anki dağıtım sisteminde distribütörlerden gelen günlük siparişler için sistematik bir araç rotalama yöntemi kullanılmamaktadır. Gelen siparişler belli bir büyüklüğe ulaştığı zaman sevkiyat bölümündeki personel, deneyimlerine ve daha önce yapılmış sevkiyatlara bağlı kalarak hangi distribütörlerin siparişlerinin birleştirilerek aynı kamyonla gideceğine ve aracın rotasına karar verir. Kamyonla 1 km. taşımının maliyeti 591,000 TL.dir ve rotalamada yapılacak günlük 1 km.lik bir iyileştirme bile yıllık 21.5 milyar TL. kazanç sağlayacaktır. Sistematik bir yöntemin kullanılması sadece gidilen mesafeden kazandırmayacak, aynı zamanda rotaları ve kamyon yüklerini belirleyen paket program (*Router*) yardımıyla personelin iş yükünü de azaltacaktır. Geliştirilen Visual Basic kodu her gün birkaç kez çalıştırılacağı için sonuç verme süresinin çok uzun olmaması önemlidir.

Günlük siparişlerin rotalamasını yapmak için iki ayrı sezgisel yöntem kullanılır: 'en yakın komşu' ve 'obur' iki-opt' ('greedy two-opt'). Kodlanmasının daha

kolay olması ve daha az bellek kullanarak daha kısa sürede sonuç vermesinden dolayı 'en yakın komşu' yönteminin sağladığı ilk çözüm 'obur iki-opt' yöntemi kullanılarak geliştirilir.

### 'En yakın komşu' yöntemi:

1. Yeni bir tur başlat.
2. Tura eklenebilecek ve depoya en yakın olan şehre git.
3. Eğer şehrin talebi kamyonla kalan kapasiteden büyük değil ise o şehri tura ekle ve kamyon kapasitesini şehrin talebi kadar azalt. Şehri tura eklenebilecek şehirler listesinden çıkart. Eğer kamyon dolu ise 1. basamağa git.
4. Bu şehre en yakın şehri bul. 3. basamağa git.

### 'Obur iki-opt' yöntemi:

Her tur için:

Bu turdaki her şehir için

1. Bu şehri diğer turların şehirleriyle karşılaştır. Kamyon kapasitesi kısıtından dolayı bu şehrin deneme turuna kaydırılıp kaydırılmayacağını kontrol et. Eğer kaydırılabilirse, şunları hesapla:
  - a) Eğer bu şehir deneme şehrin önüne kaydırılmışsa, toplam mesafedeki azalma
  - b) Eğer bu şehir deneme şehrin arkasına kaydırılmışsa, toplam mesafedeki azalmaBu şehir ile deneme şehir yer değiştirebilir mi? Evet ise, toplam mesafedeki azalmayı hesapla.
2. Eğer değiştirilebiliyorsa toplam mesafede en büyük azalmayı sağlayan değişikliği yap. Olmazsa bir sonraki deneme şehre git. Eğer bu şehir diğer şehirlerle karşılaştırıldıysa bir sonraki şehre git. Eğer bu turdaki bütün şehirler tamamlandıysa bir sonraki tura git.

## SONUÇLAR VE GELECEĞE YÖNELİK ÖNERİLER

Bu çalışmada öncelikli olarak firmanın mevcut tedarik zinciri ağı incelenerek bulunan semptomlar ışığında problem "son ürünler için verimsiz ve etkin

olmayan dağıtım sistemi" olarak tanımlanmıştır. Problemin ana kaynağının firmanın envanter yönetim sistemi ve dağıtım sistemindeki aksaklıklar olduğuna karar verildikten sonra, bu problemin çözülmesi için firmanın tedarik zincirinin üretim tesisleri ile distribütörler arasındaki kısmının yeniden tasarlanması gerektiği sonucuna varılmıştır; ve sorunun çözümüne yönelik olarak fabrikalar ile distribütörler arasında bölgesel depoların yer aldığı çeşitli tasarım seçenekleri geliştirilmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda önerilen tasarım seçeneğinin firmanın hizmet düzeyini yükseltirken lojistik maliyetlerini azaltması beklenir. Bu çalışma ile firmanın araç rotalama ve sevkiyatla ilgili sorunlarına çözümler aranmışsa da, operasyonel konuların büyük bir kısmı çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu operasyonel konuların başında ise Eskişehir'deki merkez deponun yeniden yapılandırılarak daha verimli ve etkin bir şekilde faaliyet gösterir duruma getirilmesi gelir. Çalışmanın çözüm önerisinde de görüldüğü gibi bölgesel depoların açılmasına karşın Eskişehir merkez deponun toplam talebin en az %40'ını karşılamaya devam edeceği öngörülmüştür. Merkez deponun maliyetlerinin düşürülmesi ve modernize edilmesi sisteme büyük katkılar sağlayabilir. Diğer bir operasyonel konu ise kamyon yükleme-boşaltma işlemleri ile sipariş sevkiyatlarıdır. Sipariş alımı ve işlenmesinde yapılacak yeni düzenlemelerle hem gidilen mesafeden tasarruf edilebilir, hem de tam-dolu kamyon yüküyle sevkiyat yapılması sağlanabilir. Böylece taşıma maliyetleri daha da düşürülebilir.

Ayrıca tedarik zincirinin distribütörlerle perakende satış noktaları arasında kalan kısmına ilişkin, özellikle distribütör yönetimi ve distribütör özendirme sistemi üzerinde çalışmalar yapılması gerekliliği vardır; çünkü distribütörlerin şu anki sipariş verme eğilimleri, firma açısından talebin varyansını arttırmakta ve tahmin edilebilirliğini azaltmaktadır. Distribütör özendirme

sisteminin yeniden yapılandırılması ve distribütör eğitim çalışmaları ile talebin daha tahmin edilebilir olması sağlanabilir. Bu sayede de envanter tutma maliyetleri azaltılırken, hem bölgesel depo hem de distribütör düzeyinde istenilen hizmet düzeyine ve siparişi karşılama hızına ulaşılabilir.

## KAYNAKÇA

1. Chousein, A., Güler, Ç., Solmaz, E., Sitti, K., Başak O., Haziran 2004. 'Supply Chain Management for A Company in the Food Sector', Sistem Tasarımı Proje Raporu, ODTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü.
2. Eppen, G., 1979. 'Effects of Centralization on Expected Costs in a Multi-Location Newsboy Problem', Management Science, Cilt 25, sayfa: 498-501.
3. Nozick, L.K. ve Turnquist, M. A., 2001. 'Inventory, Transportation, Service Quality and The Location of Distribution Centers', European Journal of Operational Research, Cilt 129, Sayı 2, sayfa: 362-371.
4. Mercer, A. Ve Xiaoyong, T., 1996. 'Alternative Inventory and Distribution Policies of a Food Manufacturer', Journal of the Operational Research Society, Cilt 47, Sayı 6, sayfa: 755-765.
5. Faulin, J. 2003. 'Applying MIXALG Procedure in a Routing Problem to Optimize Food Product Delivery', Omega, Cilt 31, Sayı 5, sayfa: 387-395.
6. Tarantilis, C.D. ve Kiranoudis, C.T., 2002. 'Using a Spatial Decision Support System for Solving the Vehicle Routing Problem', Information and Management, Cilt 39, Sayı 5, sayfa: 359-375.

## TEŞEKKÜR

Firmanın Şirketler Grubu Grup Başkan Yardımcısı Sayın Etkin Binbaşıoğlu'na bize gruplarında Sistem Tasarımı Dersimizin proje çalışmasını yapma imkanı tanıdığı için, Teknik Analist Sayın Hakan Bulur'a projenin her aşamasında bize her türlü desteği verdiği için teşekkür ederiz.