

# TEDARİK ZİNCİRİNDE DAĞITIM AĞLARI TASARIMI ÜZERİNE BİR UYGULAMA

MURAT SEÇMEN<sup>(1)</sup>, TEMEL ÖNCAN<sup>(2)</sup>, OKAN TUNA<sup>(3)</sup>

## ÖZ

Tedarik zinciri; tedarikçiler, üreticiler, toptancılar, perakendeciler, müşteriler, tüketiciler ve bu aktörler arasında mal ve hizmet akışını sağlayan dağıtıcı elemanlar, çeşitli seviyeler ve türlerde hizmet veren ambar ve depolardan oluşan unsurlardan oluşmaktadır. Tedarik zinciri ağı, malzeme tedariki işlemleri ile ilgilenen, bunların yarı mamul ve mamullere dönüşümü sırasında dağıtım kanalları ile müşteri ve nihai tüketicilere ulaştıran hizmet ve dağıtım seçeneklerinden oluşan yapıdır. Bu ağ yapısında bulunan aktörlerin, sayılarının ve kuruluş yerlerinin tespiti, birbirleri arasındaki fiziksel akış miktarının belirlenmesi gibi konuları içeren ağ tasarımı konusu stratejik seviyede ele alınması gereken konulardan biridir. Şirketler, bütünlük yaklaşımını, stratejik seviyede kararlar alınarak yönetilmemiş tedarikçi seçimlerinin, üretim proseslerinin, dağıtım süreçlerinin yetersizlikleri gibi sebeplerden kaynaklı başarısızlıklarının farkına varmışlardır. Neticede tedarik zinciri yönetiminin bütünlük planlanıp, bütünlük yürütülmesinin farkına varılmıştır. Bu çalışmamızda amacımız yöneylem araştırması yöntemlerinden olan doğrusal programlama ile perakende sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin dağıtım ağının etkinleştirilmesi hakkında model sunmak ve uygulaması hakkında fikir vermek yönündedir.

**Anahtar Sözcükler:** Optimizasyon, doğrusal programlama, dağıtım kanalları, dağıtım ağları optimizasyonu.

**Jel Kodları:** C61, L14, M31

---

\*Gönderim Tarihi: 31.12.2014; Kabul Tarihi: 06.04.2015

1 Lojistik Mühendisi, NRDC-T Support Group Command, [secmenm@hrf.tr.nato.int](mailto:secmenm@hrf.tr.nato.int)

2 Doç. Dr., Galatasaray Üniversitesi, [ytoncan@gsu.edu.tr](mailto:ytoncan@gsu.edu.tr)

3 Prof. Dr., Beykoz Lojistik Meslek Yüksekokulu, [okantuna@beykoz.edu.tr](mailto:okantuna@beykoz.edu.tr)

## THE DISTRIBUTION NETWORKS DESIGN AND ITS APPLICATION IN A SUPPLY CHAIN

### ABSTRACT

Supply chain promotes the flow of goods and services between suppliers, manufacturers, wholesalers, retailers, customers, consumers and distributors. It integrates the coordination and collaboration at different levels of channel distribution, as well as supply and demand management within warehouses and stores. Supply chain network operations are dealing with the strategic coordination of sourcing and procurement of materials, semi-finished and finished products within and across different business entities. Actors in the structure of this network determine the planning of all activities involved with sourcing and procurement, as well as logistic management activities collaborating with all channel partners. Coordination of network and channel design are elements that need to be addressed at the same strategic level. Companies must consider how to leverage these integrated and strategic-level objectives for the purpose of improving supply and demand infrastructure with improved overall performance. Integrated planning and execution are necessary strategic functions for a successful, high-performing business model in supply chain operations.

**Keywords:** Optimization, linear programming, distribution channels, distribution network optimization.

**Jel Codes:** C61, L14, M31

## 1. Giriş

Rekabet koşullarının güçleşmesi, küreselleşme, teknolojinin hızlı bir şekilde gelişimi tedarik zincirindeki ağların karmaşıklığının giderek artması ve ürün yaşam ömrü sürelerinin kısılması gibi gelişmeler, işletmelerin tedarik zinciri stratejilerini gözden geçirmelerine neden olmuştur. Bu koşullarda rekabet edebilmek için işletmeler kendilerinin de içinde bulunduğu tedarik zincirini etkin bir şekilde yönetmek zorundadırlar. Bunu gerçekleştirmek için sadece şirket içi iş süreçlerini iyileştirmek yetmemekte, aynı zamanda tedarik zincirinin aktörlerinden olan satıcı, müşteri, dağıtıcı ve nakliyecilerle karşılıklı güvene dayalı bir işbirliği ve ortak işleme gidilmesi ile mümkündür.

Ulaştırma sistemleri ve dağıtım ağlarının ülke ekonomileri için ve pazarda bulunan sivil işletmeler için önemi çok fazladır. Bu konu ile ilgili çeşitli raporlar ve araştırmalar mevcuttur. Örneğin, A.T. Kearney A.Ş.'nin 1984 yılında National Council of Physical Management (NCPDM) isteği üzerine hazırladığı raporda 1983 yılı Amerika Birleşik Devletleri'nde yıllık dağıtım maliyetlerinin 650 milyon USD olduğunu, bunun da milli gelirin yaklaşık %21'i olduğunu ifade etmiştir. Yine aynı çalışmasında lojistik maliyetlerin üretim sürecindeki kontrol edilebilen maliyetlerin %22,5'ini oluşturduğunu ifade etmiştir (A.T. Kearney A.Ş., 1984). Keçeci'ye göre (2008) Ulaştırma Bürosu İstatistikleri (Bureau of Transportation Statistics) internet sitesi araştırma ve istatistiklerine göre ABD hükümeti tüm ulusal ulaştırma sistemlerinin inşası, bakımı, işletme ve yönetilmesi için 2001 yılında 183 milyar USD harcamıştır (Keçeci, 2008).

İşletmelerde karşılaşılan karar verme problemlerini sayısal çözüm yöntemleri kullanarak çözen bilime sayısal yöntemler denir. Sayısal yöntemlerin diğer bir adı da Yöneylem Araştırması'dır (YA). YA, sınırlı kaynakların kullanımında karşılaşılan karar verme problemlerinde en iyi kararın verilmesini sağlar (Taha, 2000). Günümüzde işletme faaliyetlerinin karmaşık bir durum göstermesiyle birlikte işletme yönetiminde; doğru karar vermenin zorluğu, buna paralel olarak ta kullanılan matematiksel yöntemlerin önemi artmıştır. YA, işletmelerde karşılaşılan problemlerin çözümünde de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Harrison, 1983; Tekin, 2008).

Problemin özelliğine göre değişik YA teknikleri (doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, ulaştırma modelleri, benzetim vb.) kullanılarak çözülebilir. Doğrusal programlama (DP), sınırlı kaynakların kullanımını en uygun kılmak için tasarlanmış bir matematiksel modelleme yöntemidir. DP değişkenlere ve kısıtlayıcılara bağlı olarak amaç fonksiyonunu en uygun (maksimum veya minimum) kılmaya çalışır. Yirminci yüzyılın ortalarında görülen en önemli bilimsel gelişmeler içinde üst sırayı DP'deki gelişmeler almıştır (Öztürk, 2005). DP'nin amacı çok sayıda seçenek arasından en iyi seçeneği belirlemektir (Tekin, 2008). Mühendislik, askerlik, tarım, endüstri, ulaştırma, ekonomi,

sağlık sistemleri ve hatta davranış bilimleri ile ilişkili sosyal bilimler gibi alanlarda da başarılı DP uygulamaları vardır.

(Taha, 2000). DP'nin tedarik zincirinde uygulaması iki yönlüdür. Birincisi, ekonomi ile ilişkili olan maliyet, süre ve kapasite planlamasını; ikincisi ise ölçüm inceliğine ilişkin çalışmaları içerir.

Çalışmamızda ulaştırma maliyetlerinin minimizasyonu açısından olaya bakıldığı için daha çok ekonomi ile ilişkili olan modelleme ve karar verme çalışmaları incelenecektir. TZY tasarım problemleri, basit tek-ürün tipinden karmaşık çok-ürün tipine ve doğrusal deterministik modellerden karmaşık-doğrusal olmayan belirsiz modellere arasında geniş bir formülasyonu kapsar. Ağ tasarım problemi, tüm tedarik zincirinin uzun vadeli verimli çalışması için, optimize edilmesi gereken ihtiyaç duyan etraflı stratejik karar problemlerinin biridir (Xu vd., 2008). Tedarik zincirleri, imal edilen ürünlerin çeşitliliği, hitap ettiği pazar özelliği ve ürünün karmaşıklığına bağlı olarak farklı yapıdadır. Bu yüzden tedarik zincirinde üretim-dağıtım birçok formlarda ele alınabilir. Çalışmada doğrusal programlama yöntemi ile ağ optimizasyonu ve ulaştırma fiyatlarının minimizasyonu ile sonuçlanan sürece gidilecektir.

## **2. Optimizasyon ve Tedarik Zinciri İlişkisi; Doğrusal Programlama**

Optimizasyon bir sistemde yer alan kaynakların (işgücü, kapasite, donanım gibi) en verimli şekilde kullanarak belirli amaçlara (maliyet minimizasyonu, kâr maksimizasyonu gibi) ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak açıklanır (Gass, 2000). Sistemin mevcut durumunu iyileştirmekten ziyade faaliyetin en iyi yolunu belirlemektir (Öztürk, 2005).

Her tedarik zinciri doğasında belirsizlik bulundurur. Müşteri talebi hiçbir zaman kesin bilinemez, taşıma ve teslim zamanları kesin değildir. Tedarik zincirleri var olan belirsizlikleri azaltacak ve kalan belirsizliklerin etkisinin mümkün olan en az seviyeye indirecek şekilde tasarlanmalıdır (Türköz, 2007).

Optimizasyon teknolojisinde modelleme ve çözümlenme iki önemli bileşendir. Modelleme gerçek yaşamda karşılaşılan problemlerin matematiksel olarak ifade edilmesi; çözümlenme ise bu modeli sağlayan en iyi çözümün elde edilmesidir (Türkay, 2006). Optimizasyon teknolojisinin gelişiminde araştırmacılar önceleri modelleme ile uğraşıyorlardı. Bu anlamda ilk eserler Leontief tarafından Amerika Birleşik Devletleri dış ticaretini ve ekonomik yapısını modellemek amacıyla yapılan yayınlardır (Leontief, 1933; 1936). Optimizasyon modelleri üzerine çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Türkay'a göre (2006) bu çalışmaların büyük çoğunluğu ekonomik sistemlerin iyileştirilmesi; üretim dağıtım sistemlerinde karşılaşılan problemlerin araştırılması ve çözüm algoritmalarının

geliştirilmesi yönündedir. Optimizasyon problemlerinin çözümüne yönelik önemli çalışmaların ilki Dantzig tarafından yapılmış ve “Simpleks Algoritması” geliştirilmiştir. Simpleks Algoritması, bir doğrusal programlamanın optimum çözümünün bir en uç nokta ile ilişkili olduğu ve bu en uç noktaların da standart biçimdeki doğrusal programlama modelinin temel çözümleri ile tanımlandığı ana teoriyi esas alır (Taha, 2000). Türkay’a göre (2006) “optimizasyon, ekonomik açılardan getirdiği kazanımların yanında, müşteri, işveren ve çalışanların tercihlerinin de kısıtlar olarak karar sürecinde yer almasında ve sistemde yer alan kaynakların kalitesinin yükseltilmesinde de etkin bir şekilde başvuru alan bir yöntem bilimdir.”

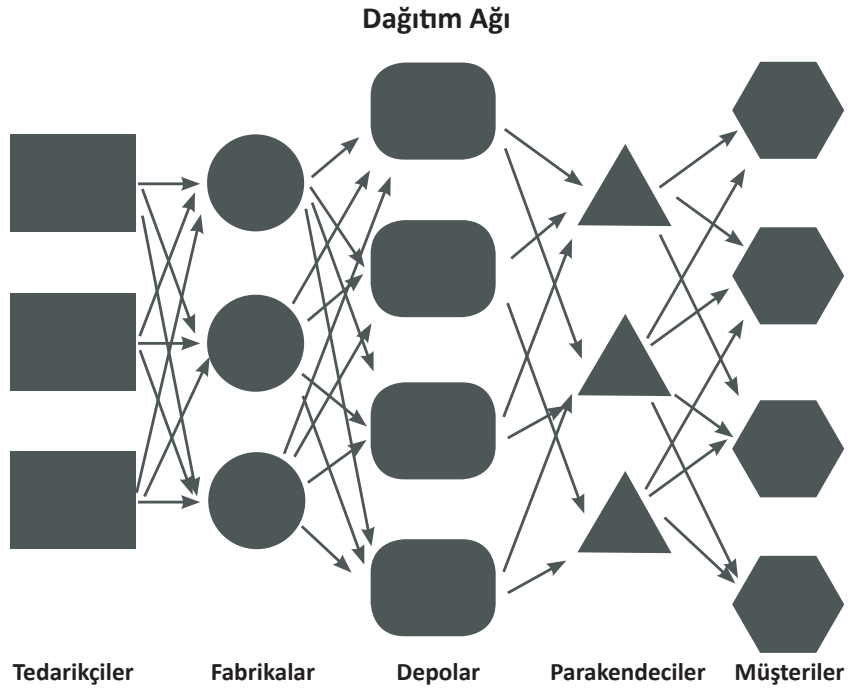
Optimizasyon modellerinin çözümüne yönelik yöntemlerin araştırılması II. Dünya Savaşı yıllarına dayanmaktadır (Dantzig, 2002). J. L. Lagrange, “Lagrange çarpanları yöntemi”ni geliştirmiştir. II. Dünya savaşının başlaması, 1942 İngiltere ve ABD’nin yöneylem araştırması gruplarını oluşturması başarılı bir dönüm noktası olmuştur. Optimizasyon modelleme, çoğunlukla matematiksel programlama olarak anılır ve adlandırılır. Başka bir deyişle, matematiksel programlama optimum modelin kurulması ve çözümün elde edilmesi işlemine verilen genel isimdir. Uzun yıllardır en yaygın olarak kullanılan doğrusal programlama matematiksel programlamadır ve doğrusal programlama problemlerinin çözümünde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Dantzig (1949) II. Dünya Savaşı sırasında ve daha sonra yaptığı çalışmaları sonucu doğrusal programlamanın çözümü için simpleks yöntemini geliştirmiştir. Simpleks yöntemi doğrusal programlama probleminin ifade olunduğu çok boyutlu uzayda problemde, var olan kısıt sayısı kadar karar değişkenin aktif bir çözümden başlayarak amaç fonksiyonunun değerini en iyiye doğru taşıyan aktif olmayan bir değişkenin aktif olan bir değişken ile yer değiştirmesi esasına dayanır. Bu işlemler iteratif bir şekilde tekrarlanır ve amaç fonksiyonu değerinde herhangi bir iyileşme elde edilemeyeceği bir durumda simpleks yöntemi problemin en iyi çözümünü bulduğu için çözüm bulunmuş olur.

### **3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Kanalları Kavramı**

#### **a. Dağıtım ve dağıtım kanalı ilişkisi**

Rushton, Oxley ve diğerleri (2000: 35) “dağıtım ve dağıtım kanalları” hakkında aşağıda verilen tanımları yapmaktadır:

- Lojistik= Tedarik + Malzeme Yönetimi + Dağıtım
- Dağıtım nihai üretim noktasından son kullanıcıya akan süreci ifade eder.
- Dağıtım Kanalı= Fiziksel Kanal + Ticari Kanal
- Nihai müşteri tüm dağıtım ağının son noktasıdır.



**Şekil 1:**  
**Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı'nın Yapısı (Selim ve Özkarahan, 2008)**

### **b. Dağıtım kanalları tasarımı**

Yaklaşımların çeşitliliği genellikle dağıtım kanalları üzerine olmakla beraber dağıtım ağı yapısı ve ağ içerisinde taşınacak ürünlerin miktarlarının yoğunluğu ile ilgili akademik araştırmalarda boşluklar ve eksiklikler vardır (Rangan vd., 1992). Pazarlama araştırmacıları güç, taraflar arası anlaşmazlık, memnuniyet ve performans gibi daha çok yönetimsel sorunlar ile ilgilidir (Gaski 1996).

Bunların ötesinde işletmenin, organizasyonun içinde bulunduğu sektör ve bu iki sorunun cevabı temel alınarak, ürünlerin tesislerden müşterilere taşınmasında, birkaç tür dağıtım ağı tasarımı kullanılmaktadır. Bu dağıtım ağları modelleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Chopra ve Mendil, 2007):

*i) Üretici Depolaması ile Doğrudan Dağıtım:* Üretici Depolaması ile Doğrudan Dağıtım seçeneğinde ürün perakendeciye uğramadan, direkt olarak üreticiden tüketiciye gönderilmektedir. Perakendeci üreticiden bağımsız olarak çalışıyorsa hiç stok tutmaz, müşteriden gelen bilgi üreticiye aktarılır ve ürün doğrudan üreticiden tüketiciye gönderilmektedir. E-Bags, Nordstrom.com ve WW Grainger gibi çevrimiçi perakendeciler

ürünleri tüketicilere göndermek için bu tip taşımayı kullanmaktadırlar.

Olumlu Yanları:

- Düşük stok seviyeleri ile yüksek karşılama seviyelerini sağlayabilmektedir.
- Etkin stok dönüşüm oranı sağlamaktadır.
- Tesislerin sabit maliyetlerinden ve elleçleme maliyetlerinden tasarruf yapılması imkân sağlamaktadır.

Olumsuz Yanları:

- Ulaştırma maliyetleri yüksektir.
- Gidilen ulaştırma mesafeleri genellikle uzundur ve az miktarlardaki ürünler paket taşıyıcıları ile gönderilmektedir.
- Yanıt süresi fazladır.

ii) Üretici Depolaması ile Dağıtım Esnasında Birleştirme: Doğrudan dağıtımda ürünler, üreticilerden doğrudan müşterilere gönderilmesine karşın, üretici depolaması ile dağıtım sırasında birleştirme (in-transit merge; bundan sonra ITM olarak anılacaktır) seçeneğinde ise siparişi oluşturan, farklı yerlerden gönderilen çeşitli ürünler, ulaşım esnasında bir araya getirilmektedir. Bu model, doğrudan müşteriye dağıtım yapan firmalar tarafından sıklıkla uygulanmaktadır. Örneğin bir müşteri Dell şirketinde bir bilgisayar ile birlikte Sony şirketinden bir monitör sipariş ettiğinde taşıyıcı, bilgisayarı Dell şirketinin bir fabrikasından monitörü ise Sony şirketinin bir fabrikasından alıp bir dağıtım noktasında birleştirmekte ve daha sonra müşteriye sevk etmektedir.

Olumlu Yanları:

- Stokların birleştirilmesi ve ürün farklılaştırılmasının geciktirilmesine imkân sağlamaktadır.
- Ulaştırma maliyetleri düşüktür.

Olumsuz Yanları:

- Ulaşım esnasında birleştirmeyi gerçekleştiren nakliyecinin tesis maliyetleri ise doğrudan dağıtıma oranla daha yüksektir.
- Tüm tedarik zincirinin tesis ve taşıma maliyetleri ise doğrudan taşımaya oranla biraz daha yüksek olmaktadır.
- Bilgi altyapısı yatırım maliyetleri yüksek olmaktadır.

Bu modelin en iyi uygulandığı durumlar dört ya da beş üreticinin olduğu ağlardır. Örneğin Dell fabrikasından bir bilgisayar ile Sony fabrikasından bir monitörün dağıtım sırasında birleştirilmesi uygundur. Çünkü hem ürün çeşitliği fazladır hem az sayıda üretici vardır hem de her iki noktadaki talep oldukça yüksektir.

*iii) Dağıtıcı Depolaması ile Paket Taşıyıcı Teslimatı:* Dağıtıcı depolaması ile paket taşıyıcı teslimatı modelinde ise stoklar üreticilerde depolanmaz, perakendecilerin/dağıtıcıların depolarında tutulmaktadır. Stoklar üreticiler tarafından fabrikalarda tutulmaz, dağıtıcılar tarafından ara depolarda tutulur ve teslimatlar paket taşıyıcı firmalar tarafından yapılır. Amazon.com, bu seçeneği DS modeli ile birleştirerek kullanmaktadır.

Olumlu Yanları:

- Stokları tutan dağıtıcının stokları bütünleştirdiği düzey, stokları tüm dağıtıcı/perakendeci düzeyinde bütünleştiren doğrudan dağıtıma göre daha düşüktür.
- Ürün takibi yüksek ise mantıklıdır.
- Ulaştırma maliyetleri düşüktür.

Olumsuz Yanları:

- Tesis maliyetleri yüksektir.
- Yanıt süresi kısadır, çünkü genel olarak dağıtıcılar müşteriye üreticiden daha yakındır.

*iv) Dağıtıcı Depolaması ile Son Müşteriye Teslimat:* Dağıtıcı Depolaması ile Son Müşteriye Teslimat seçeneğinde, dağıtıcı/perakendeci, bir paket taşıyıcı kullanmaksızın ürünü müşterinin evine kendisi teslim eder. Örneğin Migros, web sayfası aracılığı ile yapılan alışverişleri, müşterilerinin evlerine teslim etmektedir. Ancak bu uygulamanın olduğu iller sınırlıdır. (Bu örnekte teslimatı dağıtıcı değil perakendeci gerçekleştirmektedir.) Paket taşıyıcı aracılığı ile teslimattan farklı olarak, teslimatta dağıtıcı müşteriye çok yakın olmak zorundadır. Dolayısı ile daha fazla sayıda depoya ihtiyaç vardır.

Olumlu Yanları:

- Ürünleri geri iadesi oldukça kolaydır. Çünkü siparişleri teslim eden araçlar geri almaları da yapabilir.
- Müşterinin evine kendisi teslim edilmektedir.



#### Olumsuz Yanları:

- Tesis ve elleçleme maliyetleri yüksektir.
- Sipariş işleme maliyetleri yüksektir.
- Son müşteri teslimatında, teslimatların çizelgelenmesini gerektirmektedir.
- Talebi yüksek olan ve stokların birleştirilmesinin stok düzeylerini arttırmadığı ürünler için uygundur.

v) *Dağıtıcı Depolaması ile Son Müşteri Teslimatı*: Üretici/Dağıtıcı depolaması ile müşterinin gelip alması modeli tasarımı ile birlikte şirket envanterini, üretici ya da dağıtıcının depolarında saklamaktadır. Müşteriler siparişlerini çevrimiçi ya da telefon ile verilmekte ve ürünlerini belirlenmiş olan teslim noktalarından teslim almaktadırlar. Bu uygulamada siparişler, depo noktalarından teslim noktalarına aktarılmaktadır.

Bu tür ağ tasarımına örnek Japonya 7-Eleven'dir. Japonya 7-Eleven müşterilerin verdikleri siparişleri istedikleri mağazadan almalarına imkân tanımaktadır. Örneğin bazı işletmeler talebin yüksek olduğu ürünleri stoklarını perakendecilerde, talebi daha düşük olan ürünleri ise merkezi bir depoda veya üreticilerde tutmaktadırlar.

#### Olumlu Yanları:

- Çevrimiçi siparişlerin mağazalardan karşılanması ile mevcut lojistik varlıklarının yararlarının arttırılması sağlamaktadır.
- Ulaşım maliyetleri daha düşüktür.
- Teslimat maliyetlerini azaltması, satılan ürün gamını ve müşteri kitlesini genişletmektedir.

#### Olumsuz Yanları:

- Teslimat noktasındaki işleme maliyetleri, siparişler müşterilere göre ayrılacağından daha yüksek olmaktadır.
- Kurulması, entegrasyonu zor olduğundan dolayı kolay değildir.

vi) *Perakendeci Depolaması ile Müşterinin Gelip Alması*: Perakendeci depolaması ile müşteri gelip alması tasarım modelinde genellikle tedarik zincirinin en geleneksel hali olarak görülmektedir. Envanter yerel olarak perakendeci mağazalarında depolanmaktadır. Müşteriler perakende mağazasına giderler ya da, telefon veya internet üzerinden sipariş verirler ve perakende mağazasından ürünlerini gelip alırlar. Bu modelde yerel depolama envanter maliyetlerini arttırmaktadır. Hızlı hareket eden ürünler de bile yerel depolama, envanterde sıra dışı bir artış gerçekleştirmektedir. Hızlı hareket eden ürünler sürekli

satıldığından alış noktalarında bulundurulur, yavaş hareket eden ürünler ise merkez depolarda bulundurulmaktadır.

Olumlu Yanları:

- Ulaştırma maliyeti, diğer seçeneklere göre çok daha düşük olmaktadır.
- Yanıt süresi iyidir.
- Dağıtım maliyetlerini düşürmesi ve diğer ağlara göre daha hızlı bir yanıt süresi sağlamaktadır.

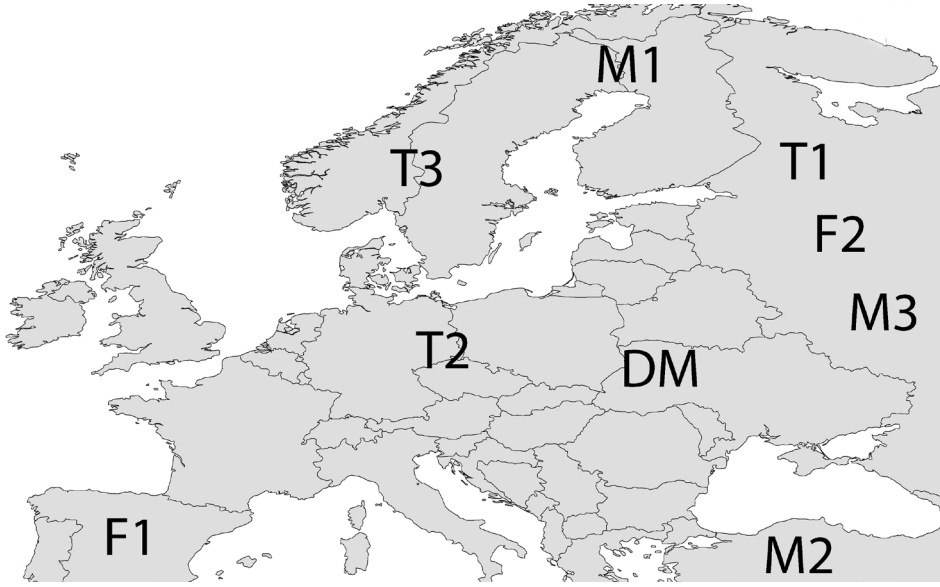
Olumsuz Yanları:

- Tesis maliyetleri yüksek olmaktadır.
- Etkin bir bilişim altyapısı gerektirmektedir. (Ekstra maliyet)
- Ürünün pazara olan süresi bu seçenekte en yüksektir.
- Yüksek envanter ve stok maliyetleri söz konusudur.

#### **4. Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Kanalları Optimizasyonu Ve Uygulama**

##### **a. Model kurma**

X şehrinde faaliyet gösteren şirketin içinde bulunduğu bir zincir ele alınmış olup; tedarikçileri, fabrikaları, müşterileri arasındaki dağıtım ağının en uygun çözümünün bulunması hedeflenmiştir. Tedarikçileri, fabrikaları, müşterileri arasındaki dağıtım ağının taşınan ürün miktarları ve taşıma maliyetleri, tedarikçi, fabrika, toplama merkezi kapasite kısıtları ve müşteri talepleri ile ele alınarak modellenmiştir. Modelin çözümü sonucu en uygun taşıma modu ile hangi fabrikadan hangi müşteriye dağıtım yapılacağına en uygun miktarına karar verilecektir.



**Şekil 2:**  
**Tedarik zinciri dağıtım ağının yapısı (Selim ve Özkarahan, 2008)**

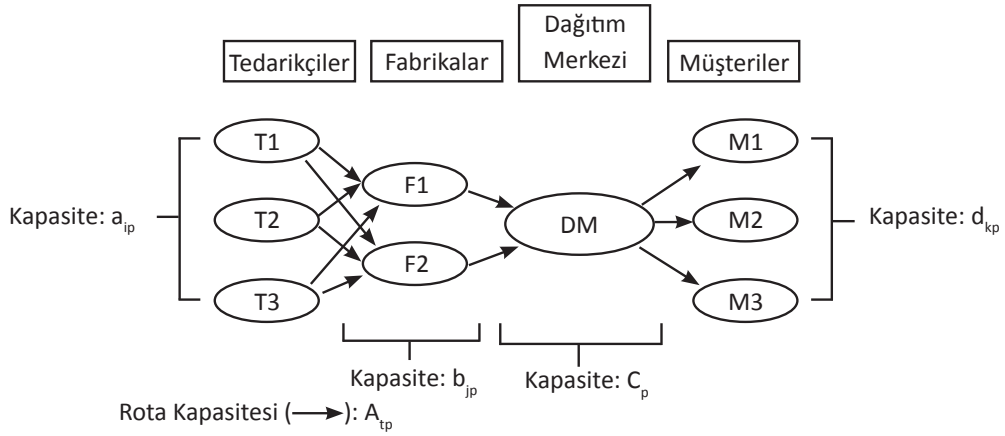
İlgili firma üç farklı ülkeden ithalat yolu ile tedarikçi ihtiyacını karşılamaktadır. Yurt dışından sağlanan bu ürünler farklı taşıma şekilleri ile firmanın iki ayrı fabrikasına ulaştırılmaktadır. Tedarikçilerden fabrikalara olan akışta bir yandan taşıma maliyetleri minimize edilmeye çalışılırken, bir yandan tercih edilen taşıma seçeneği karşısında en kısa sürede taşıma yapabilecek alternatifin seçilmemesinin oluşturduğu fırsat maliyeti arasında bir yüzleşmeye gidilmek durumundadır. Bunun sebebi taşıma seçenekleri arasında süre ve maliyet açısından ters orantı bulunmasıdır. Tren yolu, uzun süren ve maliyeti az iken, hava yolu kısa süreli fakat yüksek maliyetli bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Fabrikalardan dağıtım merkezine ve dağıtım merkezinden müşterilere ise taşıma seçeneklerinin tek tip olduğu varsayılmıştır. Firma tüm tedarik ağını altı aylık bir dönem aralığında gerçekleştirmektedir. Dönem başına müşteri taleplerindeki değişimler olduğundan, fabrikalardan dağıtım merkezine gelen ürünlerden bazıları elde kalmakta bazıları ise müşteri talebini karşılayamamaktadır. Eğer fabrikalardan dağıtım merkezine gelen ürünler o dönemde oluşan müşteri talebinden fazla ise, oluşan bu fazlalık bir sonraki aya stok olarak kalmakta ve firma stokta tutma maliyetini karşılamak zorunda kalmaktadır. Fabrikalardan dağıtım merkezine gelen ürün grubu o dönemki müşteri talebini karşılamakta yeterli kalırsa, yok satma maliyetine katlanılmakta ve yok satılan miktar bir sonraki döneme devredilmek durumunda kalmaktadır. Firmanın, maliyetlerini minimize etmek ön şartı ile dönem başına olan müşteri taleplerini karşılaması için gerekli

olan en uygun ağ tasarımı aşağıda kurulan model ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sadeleştirilmesi amacı ile proje kapsamına müşteriler tarafından en fazla talep edilen yalnızca tek bir ürün alınmıştır.

### b. Problemin ve kısıtların tanımlanması

Rusya (T1), Almanya (T2) ve Norveç'te (T3) bulunan tedarikçiler ile başlayan; İspanya (F1) ve Rusya'da (F2) bulunan fabrikalardaki üretimden sonra Ukrayna'daki dağıtım merkezinden Avrupa'nın üç farklı ülkesindeki pazarlara (Finlandiya (M1), Türkiye (M2) ve Rusya (M3)); bu müşterilerin talepleri karşılanmak üzere üretilecek ve dağıtılacaktır. Müşteri taleplerini karşılayarak toplam maliyeti minimum kılmak şartı ile zincir içerisindeki her bir aktörün üretmesi ve taşınması gereken miktarların hesaplanması için model kurulacaktır.



**Şekil 3:**

**Tedarik zinciri dağıtım ağının yapısı. (Selim ve Özkarahan, 2008)**

- $X_{ijtp}$ :  $i$ 'nci tedarikçiden  $j$ 'nci fabrikaya  $t$ 'nci taşıma seçeneği ile  $p$ 'nci dönemde taşınan ürün miktarı.
- $W_{jp}$ :  $j$ 'nci fabrikadandağıtım merkezine  $p$ 'nci dönemde taşınan miktarı.
- $Y_{kp}$ : Dağıtım merkezinden  $k$ 'nci müşteriye  $p$ 'nci dönemde taşınan ürün miktarı.
- $C_{ijtp}$ :  $i$ 'nci tedarikçiden  $j$ 'nci fabrikaya  $t$ 'nci taşıma seçeneği ile  $p$ 'nci dönemde taşıma birim maliyeti.
- $C_{jp}$ :  $j$ 'nci fabrikadan dağıtım merkezine  $p$ 'nci dönemde taşıma birim maliyeti.
- $C_{kp}$ : Dağıtım merkezinden  $k$ 'nci müşteriye  $p$ 'nci dönemde taşıma birim maliyeti.
- $\alpha_{ip}$ :  $i$ 'nci tedarikçinin  $p$ 'nci dönemdeki kapasitesi.
- $b_{jp}$ :  $j$ 'nci fabrikanın  $p$ 'nci dönemde ki kapasitesi.
- $c_p$ : Dağıtım merkezinin  $p$ 'nci dönemde ki toplam stok kapasitesi.
- $d_{kp}$ :  $k$ 'nci müşterinin  $p$ 'nci dönemdeki talebi.

- $A_{tp}$ : t'nci taşıma seçeneğinin p'nci dönemde ki taşıma kapasitesi.
- $N_{ijtp}$ : p'nci dönemde i'nci tedarikçiden j'nci fabrikaya t'nci taşıma seçeneği ile mal gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi).
- $\pi$ : Tedarikçilerden fabrikaya mal gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para birimi/zaman birimi).
- $\beta_{ijtp}$ : i'nci tedarikçiden j'nci fabrikaya t'nci taşıma seçeneğiyle p'nci dönemde ulaştırma süresi.
- R: Dağıtım merkezinde bulunan stoğun birim elde tutma maliyeti.
- T: Müşteri talebi karşılanmaması durumunda oluşan birim yok satma maliyeti.
- $F_j$ : j'nci fabrikadan dağıtım merkezine ürünü ulaştırma süresi.
- $G_k$ : Dağıtım merkezinden k'nci müşteriye ürünü ulaştırma süresi.
- $B_{kp}$ : k'nci müşterinin p'nci dönemde karşılanamayan talep miktarı.
- $Q_p$ : Ürünün p'nci dönemde dağıtım merkezinde bulunan stok miktarı.
- $S_m$ : Dağıtım merkezinde bulunan başlangıç stok miktarı.

Olmak üzere çözüm fonksiyonu aşağıdaki şekilde olmaktadır.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min. } Z = [\sum \sum \sum \sum X_{ijtp} \times C_{ijtp} + \sum \sum W_{jp} \times C_{jp} + \sum \sum Y_{jp} \times C_{kp}] + [\sum \sum \sum \sum X_{ijtp} \times N_{ijtp} \times \pi] + [\sum R (\sum W_{j(p-Fj)} - \sum Y_{k(p+Gk)} - \sum B_{k(p+Gk-1)} + Q_{(p-1)})] + [\sum T (\sum Y_{k(p+Fj)} + \sum B_{k(p+Gk-1)} - \sum W_{j(p-Fj)} - Q_{(p-1)})] \quad (1)$$

Kısıtlar:

Tedarikçi kapasite kısıtları Tablo 1'de gösterildiği gibidir. Her dönemde taşınacak olan ürün miktarı tedarikçi kapasitesine eşit ya da küçük olmak durumundadır (Denklem 2.1). Fabrikalardan dağıtım merkezine taşınacak olan ürün miktarı fabrika kapasitesine eşit ya da küçük olmak durumundadır (Denklem 2.2). Dağıtım merkezinden müşterilere taşınacak olan ürün miktarı dağıtım merkezinin kapasitesine eşit ya da küçük olmak durumundadır (Denklem 2.3). Müşteri talebi ise o dönemde taşınan miktar, bir dönem öncesine kadar olan karşılanmamış talebi ve o dönemdeki karşılanamayan talebi, o müşterinin o dönemdeki talep miktarına eşit ya da büyük olmak durumundadır (Denklem 2.4).

Ayrıca tedarikçiler ve fabrika arasındaki taşıma seçeneklerinin dönem başına kapasite kısıtları da mevcuttur. Buna göre taşınan miktar ilgili taşıma modunun kapasitesine eşit ya da küçük olmak durumundadır (denklem 2.5).

$$\sum \sum X_{ijtp} \leq \alpha_{ip} \quad V_{i,p} \quad (2.1)$$

$$W_{jp} \leq b_{jp} \quad V_{j,p} \quad (2.2)$$

$$\sum Y_{kp} \leq c_p V_k \quad V_k \quad (2.3)$$

$$Y_{kp} + B_{k(p-1)} + B_{kp} \geq d_{kp} \quad V_k \quad (2.4)$$

$$\sum \sum X_{ijtp} \leq A_{tp} \quad V_{i,p} \quad (2.5)$$

### c. Problemin çözümü

Problemin çözümünde kullanılan CPLEX optimizasyon yazılım programı ile elde edilen sonuçlar karar vericilere sayısal örneğe ilişkin detaylı sayısal veriler sunmaktadır.

**Tablo 1:**  
**Optimum değerler tablosu**

Değişken	Sonuç	Değişken	Sonuç	Değişken	Sonuç	Değişken	Sonuç
X1111	5000	W11	40000	Y12	10000	Q0	40000
X1112	5000	W12	20000	Y13	15000	B10	10000
X1113	5000	W13	34000	Y14	10000	B20	15000
X1121	5000	W22	20000	Y15	10000	B30	15000
X1123	15000	W23	6000	Y16	10000		
X2121	5000			Y22	10000		
X2222	20000			Y23	10000		
X3121	25000			Y24	15000		
X3122	15000			Y25	15000		
X3123	14000			Y26	15000		
X3223	6000			Y32	20000		
				Y33	15000		
				Y34	15000		
				Y35	15000		
				Y36	15000		

Buna göre Rusya'dan (T1) İspanya'ya (F1) tren yolu ile ilk üç aylık dönemde toplam 15000 adet ürün taşınmıştır. Aynı güzergâhta kara yolu ile birinci ve üçüncü aylarda olmak üzere toplamda 20000 adet ürün taşınmıştır. Almanya'dan (T2) İspanya'ya (F1) kara yolu ile birinci ayda 5000 ürün taşınırken, aynı tedarikçiden Rusya'ya (F2) ikinci ayda 20000 ürün taşınmıştır. Norveç'ten (T3) İspanya'ya (F1) tamamı kara yolu ile olmak üzere ilk üç ayda toplam 54000 ürün taşınmıştır. Aynı tedarikçiden Rusya'ya (F2) ise kara yolu ile üçüncü

ayda 6000 ürün taşınmıştır.

Fabrikalara gelen 120000 adet ürün, ilk üç ayda 40000'er adet olmak üzere Ukrayna'ya (DM) gönderilmiştir. Ukrayna'dan (DM) çıkan ürünlerin müşteri pazarlara ulaşma süresi iki ay olarak verildiğinden, ilk aydaki toplam 40000 adetlik müşteri talebi karşılanamayan talep olarak alınmış (B10, B20, B30) ve yok satma maliyetlerine katlanılmıştır. İkinci aydaki 40000 olan müşteri talebi ise başlangıç stokundan karşılanmıştır. Diğer 120000 adetlik müşteri talebine ise Ukrayna'dan (DM) çıkan 120000 adetlik ürün ile karşılık verilmiştir. Amaç fonksiyonu değeri şu şekilde bulunmuştur: Min. Z= 922396,5.

#### **d. Problemin çözümünün yorumlanması**

Yapılan modelleme neticesinde elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, güncel taşıma maliyetleri dikkate alındığında taşınan ürünün öncelikli olarak Norveç ve Rusya ağırlıklı olarak taşınmaya başlanması ve bunun İspanya'daki üretim ile desteklenmesi gerektiği ve nihayet pazara ulaştırılması sonuç ortaya çıkmıştır.

Bu model perakendeci pazarların ihtiyaçlarına yakın ve mümkün olduğunca her birimin kapasite kısıtını dikkate alarak en uygun bir taşıma planı sunmaktadır. Böylece üretim, dağıtım maliyetleri düşürülürken, erken ya da geç tedarikten kaynaklanan maliyetler de en aza indirilmiş olmaktadır.

### **5. Sonuçlar ve Öneriler**

Yirminci yüzyılın son çeyreğinde gelişmiş ülkeler pazarında yaşanan köklü değişiklikler, firmaların maliyet kalemlerinin tekrar gözden geçirmelerini zorunlu hale getirmiştir. Günümüze kadar satış fiyatının içerisinde müşteriye kolayca yansıtılabileceği için dikkat çekmeyen uluslararası önemde nakliye, depolama, ambalajlama, yeniden paketleme, etiketleme, sigortalama, gümrükleme ve iç pazarlarda cereyan eden faaliyetlerin maliyetleri önemi birkaç kat daha artmıştır. Bu ihtiyaçtan yola çıkılarak müşterilerin farklı gereksinimlerine en uygun süreler içerisinde ulaşım, yanı sıra rekabet edilebilir fiyatlarla çözüm üretmenin kaçınılmaz olan yolunun tedarik zincirinin efektif bir şekilde yönetilmesi ile saplanabileceği anlaşılmıştır.

Bu çalışmada yönetimsel açıdan ortaya çıkan zayıf yönlere optimizasyon bakış açısı ile yaklaşmış ve maliyetleri minimize etme ve müşteri memnuniyeti yukarı çekmek için sayısal çözümler önerilmiş ve uygulanmıştır. Devamında tedarikçiler, üretim yerleri, toplama merkezi, müşterileri kapsayan dağıtım kanallarının modellenmesi uygulamalardaki yaygınlığı ve görece başarısından dolayı doğrusal programlama kullanılarak uygun çözüm geliştirilmiştir.

Çalışmanın uygulama bölümünde günümüz piyasa koşullarında ayakta kalabilmek için üretimini bir tedarikçisinden başlatarak, bir tesisinden başka bir yere taşıyan ve birden fazla üretim yeri olan firmanın; maliyet avantajı ve müşteri memnuniyeti sağlamak amacıyla aldığı bu karar sonucunda artan taşıma maliyetlerini en uygun sonuca ulaştırabilmek ve etkin tedarik ağı kurmak için model doğrusal programlama modeli ile kurulmuştur. Bu modelin CPLEX optimizasyon programı kullanılarak çözülmesi sayesinde minimum tedarik zinciri maliyeti ve maksimum müşteri memnuniyeti ile ilgili müşterinin talebinin karşılandığı ve hangi tedarikçiden hangi tesisin hangi ürünü hangi müşteriye göndereceğine karar veren küresel bazda bir sonuç ortaya çıkarılmıştır.

Tedarik zinciri performansı üreticilerin performansının yanı sıra süreçlerin de iyi tasarlanması ve koordinasyonuna önemli ölçüde bağlıdır. Firmalar açısından doğru ağın oluşturulması firmanın etkinliğini artırdığı gibi, kaynakların etkin kullanılması ile ekonomiye de olumlu yönde katkı yapmaktadır. Firmalar başarılı olabilmek için tedarik kanallarını en iyi biçimde planlamalı ve kontrol etmelidir.

Modelde belirli kısıtlar ve varsayımlar eşliğinde bir takım sonuçlara ulaşılmış ve kullanılan doğrusal programlama yaklaşımıyla amaç fonksiyonu minimize edilmiştir. Kısıtlar daha da geliştirilerek sonuç kusursuza daha yakın hale getirilebilir. Statik olan model yapımız farklı dönemleri de içerecek şekilde geliştirilerek, dinamik bir model haline getirilebilir. Çalışmamızda tek bir ürün için yürütülen çalışma birden fazla ürün gerçek yaşamdaki modellerin daha iyi temsil edilebilmesi için “Bulanık Küme Teorisi” ya da “Olasılık Teorisi” gibi belirsizlik yaklaşımlarını da içerecek şekilde yeniden kurulabilir.

Modelde dağıtım merkezi bakış açısıyla çözümü gidilmiş olup; acenteler, toptancılar ve fabrikalar bakış açısı ile de model kurma ve çözüm yoluna gidilebilir. Diğer bir ilgiyi, hak eden nokta ise günümüzde yenilikçi dağıtım kanallarının internet kullanımıyla beraber devreye sokulması gündeme alınabilir. Geleneksel dağıtım kanalları uluslararası pazarlarda değil ülke içi pazarlarda ele alınıp bu iki durumun analizi yoluna gidilebilir. Veri setinin sağlıklı olup olmadığını gözlemlemek amacı ile aynı pazarda var olan diğer işletmelerden de veriler toplanıp benzer çalışmalar yapılabilir.

Müşteri talepleri talep tahmini yöntemi ile ortaya konularak kurulan model de ürünlerin ortalama stok devirlerini ve stokta bekleme maliyetlerini de içerecek şekilde genişletilebilir. Ayrıca doğrusal programlama modelleri her ne kadar kanıtlayıcı ve uygun, iyi sonuçlar verse de sezgisel yöntemler kullanılarak, sezgisel yöntemlerin tamamlayıcı rol oynaması sağlanabilir.



## KAYNAKÇA

**A.T. Kearney A.Ş. (1984)** *Measuring and Improving Productivity in Physical Distribution*, Oakbrook, Illinois: Council of Logistics Management.

**Chopra, Sunil ve Peter Meindl (2010)** *Supply Chain Management, Strategy, Planning, and Operation* (4. baskı), ABD: Pearson Education.

**Dantzig, George Bernard (1949)** "Programming in a Linear Structure", *Econometrica*, 17(1), s.73-74.

**Dantzig, George Bernard (2002)** "Linear Programming", *Operations Research*, 50(1), s.42-47.

**Gaski, John F. (1996)** "Distribution Channels: A Validation Study", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 18(5), s.16-33.

**Gass, Saul I. (2000)** "Making Decisions with Precision", *Business Week*, 1(1), s.45.

**Harrison, P. (1983)** *Operational Research Quantitative Decision Analysis*, Core Business Studies.

**Keçeci, Barış (2008)** Önce Dağıtım Sonra Toplama Araç Rotalama Problemi için Tamsayı Karar Modelleri, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**Leontief, Wassily Wassilyevich (1933)** "The Use of Indifference Curves in the Analysis of Foreign Trade", *The Quarterly Journal of Economics*, 47(1), s.493-503.

**Leontief, Wassily Wassilyevich (1936)** "Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States", *The Review of Economic Statistics*, 18(3), s.105-125.

**Öztürk, Ahmet (2005)** *Yöneylem Araştırması*, Ankara: Başak.

**Rangan, V. Kasturi, Melvyn A. J. Menezes, ve E.P. Maier (1992)** "Channel Selection for New Industrial Products: A Framework, Method and Application", *Journal of Marketing*, 1(56), s.69-82.

**Rushton, Alan, John Oxley ve Phil Corucher (2000)** *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (2. Baskı), Londra: Kogan Page.

**Selim Hasan ve İrem Özkarahan (2008)** "A Supply Chain Distribution Network Design Model: An Interactive Fuzzy Goal Programming-based Solution Approach". *International Journal Advance Manufacture and Technology*, 3 (36), s.401-418.

**Taha, Hamdy Abdelaziz (2000)** *Yöneylem Araştırması* (Çev. Baray Ş. A. ve Esnaf Ş.), İstanbul: Literatür.

**Tekin, Mahmut (2008)** *Sayısal Yöntemler*, Konya: Selçuk Üniversitesi İİBF.

**Türkay, Metin (2006)** "Optimizasyon Moderelleri ve Çözüm Algoritmaları", *Toplam Kalite ve Stratejik Yönetimde Yeni Yaklaşımlar* içinde (der. S. Kingir), s.309-328, Ankara: Gazi.

**Türköz, Özge (2007)** *Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Gereksinim Planlaması*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

**Xu, Ningxiong ve Linda Nozick (2009)** "Modeling Supplier Selection and The Use of Option Contracts for Global Supply Chain Design", *Computers & Operations Research*, 36(1), s.2786-2800.