

**T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**KAMYON TÜRÜ ÜRETİMİ İÇİN GEREKLİ
TAŞIMA ve LOJİSTİK FAALİYETLERİNİN
OPTİMİZASYONU**

Yüksek Lisans Tezi

Burak KOSİF

0960Y53201

Danışman:Prof.Dr.İsmail EKMEKÇİ

Haziran,2012

T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY SAYFASI

Yüksek lisans öğrencisi Burak Kosif.....'in "Kamyon tipi araç üretimin için gerekli taşıma ve lojistik faaliyetlerinin optimizasyonu....."konulu tez çalışması jürimiz tarafından Yüksek Lisans tezi olarak (oybirliği /oy çokluğu) ile başarılı bulunmuştur.

	Adı-Soyadı	İmza
Tez Danışmanı :
Jüri Üyesi :
Jüri Üyesi :

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup YÖK ve İTİCÜ Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamiyle uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup İstanbul Ticaret Üniversitesinin resmi görüşünü yansıtmamaktadır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

Tablolar Listesi.....	i
Şekiller Listesi.....	ii
Kısaltmalar.....	iii
Özet.....	iv
Summary.....	v
1.GİRİŞ	1
2.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	3
2.1 Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı.....	3
2.2 Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi.....	5
2.3 Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri.....	7
2.3.1 Müşteri İlişkileri Yönetimi.....	8
2.3.2 Müşteri Hizmet Yönetimi.....	8
2.3.3 Talep Yönetimi.....	8
2.3.4 Sipariş İşleme.....	9
2.3.5 İmalat Akış Yönetimi.....	9
2.3.6 Tedarikçi İlişkileri Yönetimi.....	9
2.3.7 Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme.....	10
2.3.8 İadeleri Yönetimi.....	10
2.4 Tedarik Zinciri Yönetiminin İşletmelere Sağladığı Yararlar.....	10
3.LOJİSTİK YÖNETİMİ.....	12
3.1 Lojistiğin Tanımı.....	12

3.2 Tedarik Zincirinde Lojistik	14
3.3 Lojistik Sisteminin Oluşturulması.....	15
3.4 Lojistik Faaliyetler.....	17
3.4.1 Talep ve Sipariş Yönetimi.....	17
3.4.2 Depolama.....	18
3.4.3 Stok Yönetimi.....	19
3.4.4 Malzeme Nakli.....	19
3.4.5 Sevkiyat ve Dağıtım.....	20
3.5 Taşımacılık ve Taşımacılık Türleri.....	21
3.5.1 Karayolu Taşımacılığı	22
3.5.2 Denizyolu Taşımacılığı.....	22
3.5.3 Havayolu Taşımacılığı.....	23
3.5.4 Demiryolu Taşımacılığı.....	25
3.5.5 Boru Hattı Taşımacılığı.....	25
4.DAĞITIM TÖNETİMİ.....	27
4.1 Dağıtım Yönetimine Giriş.....	27
4.2 Dağıtım Yönetiminin Önemi.....	29
4.3 Dağıtım Yönetiminin Amaçları.....	30
4.4 Fiziksel Dağıtım Faaliyetleri.....	31
4.4.1 Sipariş İşleme Süreci.....	32
4.4.2 Malzeme Taşıma.....	33
4.4.3 Depolama.....	33
4.5 Dağıtım Stratejileri.....	35
4.5.1 Çapraz Sevkiyat.....	35

4.5.2 Döngüsel Sefer	36
5.ARAÇ ROTALAMA ve ÇİZELGELEME.....	37
5.1 Araç Rotalama	37
5.1.1 Tek Araçlı Rotalama.....	38
5.1.2 Çok Araçlı Rotalama	39
5.2 Rotalama Prensipleri.....	39
5.3 Araç Rotalama Problemlerinin Temel Bileşenleri.....	40
5.4 Araç Rotalama Problemlerinin Yan Kısıtları.....	42
5.4.1 Araç Rotalama Probleminin Çözümünü Zorlaştıran Özellikler...	42
5.5 Rotalama Türleri.....	44
5.5.1 Rotalama Süresi Sınırsız Rotalama Problemleri.....	44
5.5.2 Rotalama Süresi Sınırlı Rotalama problemleri.....	45
5.5.3 Zaman Pencereleli Rotalama Problemleri.....	45
5.5.4 Eş Zamanlı Rotalama ve Çizelgeleme Problemleri.....	50
5.5.5 Kapasiteli Araç Rotalama.....	51
5.6 Araç Rotalama Yöntemleri.....	52
5.6.1 En kısa Yol Yöntemi.....	52
5.6.2 Sweep (süpürge) Yöntemi.....	55
5.6.3 Gezgin Satıcı Problemleri.....	57
5.6.4 Tasarruf Algoritması	59
5.6.5 Doğrusal Programlama Yardımıyla Araç Rotalama	64
6.UYGULAMA.....	69
6.1 Modelin Tasarlanması.....	69
6.2 Tasarruf Algoritmasının Uygulanması.....	75

SONUÇ.....	81
EKLER.....	83
KAYNAKÇA.....	86

TABLO LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 3.1 Üst Yönetimin Alacağı Lojistik Kararlar	15
Tablo 3.2 Taşımacılık Türlerinin Karşılaştırılması.....	26
Tablo 5.1 En Kısa Yol Yönetiminin Çözüm Tablosu.....	54
Tablo 5.2 Konum Koordinatları ve Talep Miktarları	61
Tablo 5.3 Uzaklık Matrisi.....	62
Tablo 5.4 Tasarruf Matrisi	62
Tablo 5.5 Tasarruf Metodu Çözüm Adımları	63
Tablo 5.6 Müşteri Noktalarının Depoya ve Birbirine Olan Uzaklıkları	67
Tablo 5.7 Dağıtım Noktaları Arasındaki Taşıma Maliyetleri	67
Tablo 6.1 Tedarikçi İsimleri ve Kodları.....	69
Tablo 6.2 Yükleme Planı.....	72
Tablo 6.3 Tedarikçi Koordinatları ve Talep Bilgisi.....	75
Tablo 6.4 Uzaklık Matrisi.....	76
Tablo 6.5 Tasarruf Matrisi.....	76
Tablo 6.6 Tasarruf Adımları.....	77
Tablo 6.7 Mesafe ve Maliyetler.....	80

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 2.1 Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi	4
Şekil 2.2 Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi	4
Şekil 3.1 Malzeme Yönetimi ve Fiziksel Dağıtım	13
Şekil 3.2 Lojistik Entegrasyon	14
Şekil 4.1 Depo Sayısı ile Maliyetlerin İlişkisi	34
Şekil 5.1 Tek Araçlı Rotalama	39
Şekil 5.2 Çok Araçlı Rotalama	39
Şekil 5.3 Gezgin Satıcı Çözüm Örneği	44
Şekil 5.4 Genel Zaman Pencereci Araç Rotaları	46
Şekil 5.5 Zaman Pencereci Bir Rotalama Problemi	48
Şekil 5.6 Bir Yol ağında (A-B) ve (B-C) Hatları Üzerindeki Seferler	50
Şekil 5.7 En Kısa Yol Algoritması için Şebeke Gösterimi	53
Şekil 5.8 Sweep Örneği	56
Şekil 5.9 Düğüm 1 Depo Olmak Üzere 5 Düğümlü Bir Sistem	59
Şekil 5.10 Depodan Müşteriye Seyahat İlk Durum	60
Şekil 5.11 Konumların Birbirine Bağlandığı İkinci Durum.....	60
Şekil 5.12 Koordinat Ekseninde Konumlar ve Talepler	61
Şekil 6.1 FOSN Görüntüsü.....	71
Şekil 6.2 Roadshow Root Görüntüsü.....	71
Şekil 6.3 Optimize Edilmiş (8,12,13,1) (6,9) (4,5) rotası Milk-run Planı.....	79
Şekil 6.4 Optimize Edilmiş (2,11,13) rotası Milk-run planı.....	80

KISALTMALAR

MRP Malzeme İhtiyaç Planlaması

QR Quick Recevie system

ERP Enterprise Resource Planning

EDI Elektronik Veri Değişimi

GPS Araç Takip Sistemi

LNG Liquified Natural Gas

SKU Stok Keeping Units

VMI Vendor Managed İnventory

LLP Lead Logistics Provider

ARP Araç Rotalama Problemi

KARP Kapasiteli Araç Rotalama Problemi

GSP Gezgin Satıcı Problem

FOSN Ford Otosan Supplier Network

ÖZET

Lojistik faaliyetleri tedarik zincirinin başlangıcından başlayarak ürünlerin müşteriye ulaşana kadar ki hareketini sağlamaktadır. Ürünler çok nadir olarak aynı yerde üretildikleri ve tüketildiklerinden dolayı lojistik faaliyetleri tedarik zinciri içerisinde anahtar bir rol oynamaktadır. Lojistik faaliyetleri tedarik zinciri içerisinde önemli bir maliyet unsurudur. Taşımacılığın işletmeler için giderek artan bir maliyet kalemi haline gelmesi ve zamanında teslimatın değer kazanmasından dolayı günümüz işletmeleri lojistik bilimine önem vermiştir. Lojistik yönetiminde en önemli kararlar dağıtım noktalarının rotalanması ve çizelgelenmesi faaliyetidir. Dağıtım yöneticileri her bir müşterinin istek ve ihtiyaçlarını karşılayacak olan uygun bir rotalama ve çizelgeleme planı sayesinde işletmenin toplam lojistik ve dağıtım maliyetlerini azaltacak ve daha yüksek seviyede müşteri servisi sağlamış olacaklardır. Araç rotalama ve çizelgeleme işletmelerin günümüzde araçlardan en etkin şekilde yararlanabilmesi ve pazarda rekabet avantajı kazanması için önemli bir değişkendir.

Bu çalışmanın amacı araç rotalama ve çizelgeleme yöntemlerinden biri olan “tasarruf algoritması” kullanarak DHL SCM ‘in (Supply Chain Management) Ford Otosan firmasının Brezilya Projesinde milkrun ve lojistik maliyetlerinin minimize edilmesidir.

Anahtar kelimeler: Araç rotalama ve çizelgeleme, Lojistik, Dağıtım, Tasarruf Algoritması

SUMMARY

Logistic activities provides the movement of products from the beginning of the supply chain to the customer. Because of the products seldom produced and consumed at the same place, logistic activities play a key role inside supply chain. Distribution is an important cost component in supply chain. Being an increasing cost component of transportation and gaining value of on time deliveries require today's firms to highlight logistics science. The most important decisions in logistics management are routing and scheduling of the distribution points. With a convenient routing and scheduling program that meets the needs and requirements of all customers, distribution managers will decrease the total cost of logistics and distribution costs and provide customer satisfaction at a higher level. Vehicle routing and scheduling is an important variable for firms to satisfy from the vehicles in an efficient way and gain a competition advantage. The purpose of this study is to decrease logistic activities cost of milkrun collection of Ford Otosan company for Brazil Project by using saving algorithm which is one of the vehicle routing and scheduling methods for DHL SCM.

Keywords: Vehicle routing and scheduling, Logistic, Distribution, Saving Algorithm

1.GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve rekabetin artması ile, çoğu üreticiler üretim maliyetlerini minimize etmek amacıyla, temel operasyonel strateji olarak çok az ürün ve süreç esnekliği ile, kitle üretim sistemleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. 1950'li yıllarda, yeni ürün geliştirme yavaş ve tamamen firma içi teknoloji ve kapasiteye bağlı idi. Darboğaz faaliyetleri, dengeli bir hat akışını devam ettirebilmek için stoklarla karşılanmakta ve bu da sonuçta yarı mamul stoklarına büyük yatırımlar yapılması sonucunu ortaya çıkarmaktaydı. Bu dönemde teknoloji ve uzmanlığın müşterilerle veya tedarikçilerle paylaşılması çok riskli ve kabul edilemez olarak görülüyordu. Aynı şekilde, işletmeler arası işbirliği ve alıcı-tedarikçi ortaklığı üzerine ilginin de çok az olduğu görülmekte idi (Tan, 2001).

1990'lardan sonra ise artık durum çok farklılaşmıştır. İşletme kararlarının tam merkezinde artık müşteri vardır ve firmalar müşterilerini tatmin edebilmek için yer aldıkları değer zinciri içindeki bütün üyelerle (tedarikçi, üretici, perakendeci vb.) işbirliği yollarını geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu işbirliği sürecinin adı **Tedarik Zinciri Yönetimi** (Houlihan, 1985) olarak konmuştur.

Tedarik Zinciri Yönetimi olarak adlandırılan, firmalar arası süreçlerin düzenli biçimde kontrolü ve koordinasyonu modeli, maliyetleri düşürmede, kaliteyi ve faaliyetlerin hızını artırmada kullanılan geleceğin modelidir. Bu noktadan sonra verimlilik savaşları yapılacaktır. Galip gelenler işlerine yeni yaklaşımlar getirebilen, geleneksel işletme sınırlarını aşarak iş ortaklarıyla iş süreçlerini tasarlama ve yönetmede yakın çalışan firmalar olacaktır. Onlar etkinlikten süper etkinliğe sıçrama yapabilen firmalardır (Hammer, 2001).

Günümüz rekabetçi küresel pazarlarında tedarik zincirlerini göz ardı ederek başarıya erişmek mümkün gözükmemektedir. Bu nedenle, başarıyı yakalayabilmek için tedarik ve satın almadan tasarıma, imalat ve stoktan dağıtımına kadar tüm sistemi bütünleşik şekilde yönetecek yeni bir takım yöntemlere başvurmak ve her şeyden önemlisi bu yeni

yöntemleri hayata geçirirken ileri teknolojilerle uyumlu hale getirmek zorunlu olmuştur. Çünkü, ileri imalat teknolojilerinin (advanced manufacturing technologies) kullanımı gibi faaliyetlerin, tüm tedarik zincirini kapsayacak şekilde olmadığı sürece ancak marjinal ilerlemeler sağlayabildikleri, yapılan çalışmalarda gösterilmiştir . Bu sorunları aşabilmek, yoğun küresel rekabetle mücadele edebilmek ve sürekli değişen müşteri taleplerini karşılayabilmek için Tedarik Zinciri Yönetimi yaklaşımı geliştirilmiştir. Tedarik zinciri yönetimi, son yıllarda büyük ilgi gören bir araştırma alanı haline gelmiştir. Ülkemizde de tedarik zinciri yönetimine olan akademik ve ticari ilgi her geçen gün artmaktadır.

Günümüzde düşük maliyetlerle daha çok ve daha iyi ulaştırma hizmetlerinin sağlanabilmesi, hem işletmecileri hem de bilim adamlarını yakından ilgilendirmektedir. Bu nedenle, taşıt rotalaması ve çizelgelemesi konusunun önemi artmaya devam edecek, şu ana kadar yapılan pek çok sayıdaki rotalama çizelgeleme problemlerine yenileri eklenecektir.

Taşıt rotalama problemleri literatürde en çok araştırma yapılan konulardan birisidir. Özellikle 1970’li yıllardan sonra dağıtım lojistiğinin öneminin artması ve yine 1980’li yıllarda inbound lojistiğine odaklanma ve taşımacılık maliyetlerinin toplam tedarik maliyetin yaklaşık %60’ını oluşturması, rotalama ve çizelgeleme konularına olan ilgiyi önemli ölçüde arttırmıştır.

Taşıt rotalama ve çizelgeleme alanına ilginin artması 1970’li yılları bulmuştur. Ancak, taşıt rotalaması ve çizelgeleme konusunun 1950’li yıllarda bilim adamlarının ilgi alanlarına girmeye başladığı gözlemlenmiştir. 1970’li yılların başında ortaya çıkan petrol krizine karşın, taşımacılıkta hızlı gelişmeler kaydedilmesi, bu konuda yapılan çalışmalara yoğunluk kazandırmıştır. 1980’li yıllarda, ekonomik soruların yanı sıra, ulaştırma türleri ve şirketleri arasında giderek artan ve kırıcı bir rekabet ortaya çıkmıştır.

Taşıt rotalaması ve çizelgelemesi, taşıt hareketlerinin mekansal ve zamansal olarak düzenlenmesidir. Bir taşıtın belirli bir periyot içerisinde gideceği yerlerin belirlenmesi, “taşıt rotalaması” olarak tanımlanmaktadır.

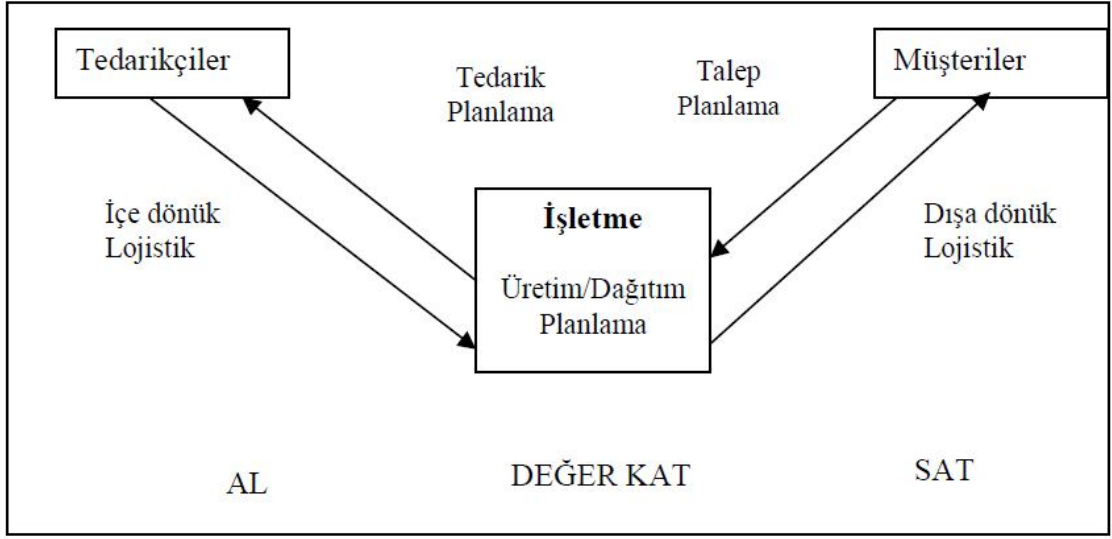
2.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

2.1 Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı

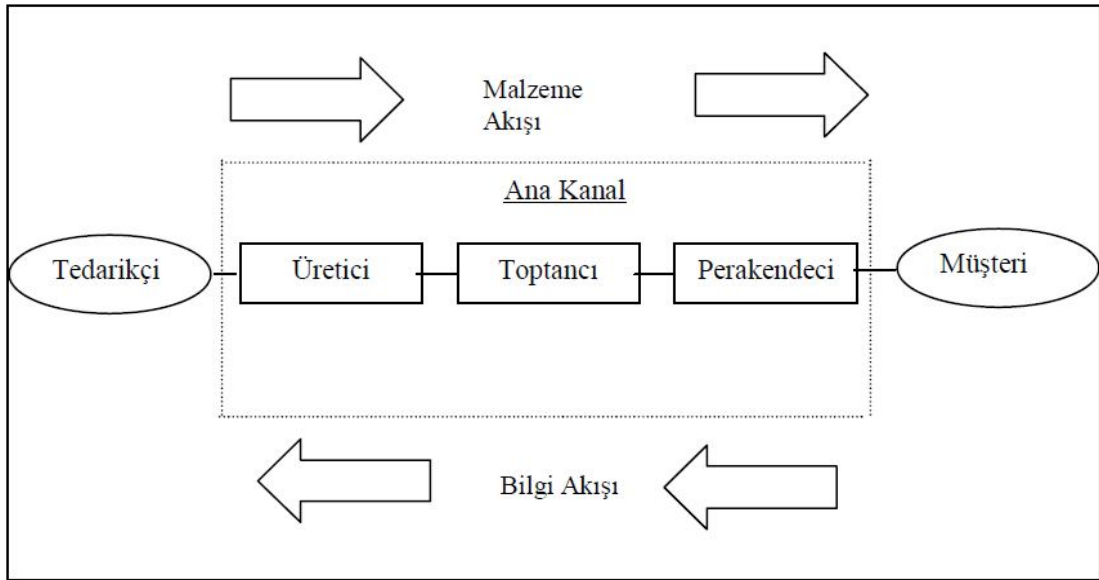
Tedarik zinciri yönetimini tanımlamadan önce, tedarik zincirinin ne ifade ettiğini tanımlamak yerinde olacaktır. Tedarik zinciri, hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren ve nihai ürünleri müşterilere dağıtan, üretici ve dağıtıcıların oluşturduğu bir ağıdır (Lee and Billington, 1992).

Başka bir tanım tedarik zincirini, tedarikçileri, lojistik hizmet sağlayıcılarını, üreticileri, dağıtıcıları ve perakendecileri içine alan ve bunlar arasında malzeme, ürün ve bilgi akışı olan bir elemanlar kümesi olarak tanımlamaktadır (Kopczak,1997).

Tedarik zincirinin yönetiminin literatürde değişik tanımlamaları mevcuttur.Bu tanımlar içinde en kapsamlısı sayılabilecek olanlardan Tan ve arkadaşların yapmış olduğu tanımlamaya göre tedarik zinciri yönetimi, malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından nihai ürün aşamasına kadar (olası geri dönüşüm ve yeniden kullanım dahil) yönetimini kapsayan; firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve geleneksel işletme içi faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak gayesi ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim felsefesidir,şeklinde tanımlamaktadır (Tan vd., 1998). Aşağıda Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de klasik bir tedarik zinciri yönetiminin şekli yer almaktadır.



Şekil 2.1:Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi (Tan,2001)



Şekil 2.2:Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi (Tan,2001)

Kısaca Tedarik Zinciri Yönetimi, hammadde temininden üretime ve dağıtımla son müşteriye kadar bir malın ulaşabilmesi için bir değer zincirinde yer alan tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci ve müşteriler arasında malzeme/ürün, para ve bilginin yönetimidir.

Tedarik Zinciri Yönetimi'nin temel amaçları şu şekilde ifade edilebilir:

- Müşteri tatminini artırmak,
- Çevrim zamanını azaltmak,

- Stok ve stokla ilgili maliyetlerin azaltılmasını sağlamak,
- Ürün hatalarını azaltmak,
- Faaliyet maliyetini azaltmak

Bu amaçları gerçekleştirebilmek için firmaların, tedarikçileri ve onların tedarikçileri ile müşterileri ve onların müşterileri arasında tedarik zincirinin bütününde haberleşme ve bilgi paylaşımını artırması gerekmektedir. Bilgi ve planların tedarikçiler ve müşterilerle paylaşılması zincir etkinliğini ve rekabetçiliğini artırabilir. Değişen dünyada artık firmaların tek başına kendi aralarında rekabetten söz edilmemektedir. Rekabet artık firmaların içinde yer aldığı tedarik zincirleri arasında yaşanacaktır (Kehoe and Boughton, 2001).

2.2 Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi

Tedarik zinciri yönetiminin kökleri 1960'lara kadar uzanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin ilk aşaması olarak kabul edilen fiziksel dağıtım aşaması ile ilgili ilk vurgu Bowersox tarafından yapılmıştır. Bowersox, fiziksel dağıtım düşüncesindeki ilgili akımları gözlemlemesine ek olarak, dağıtım fonksiyonunun firma dışında, kanal-içi entegrasyonla, rekabetçi bir avantaj sağlayacağını öne sürmüştür (Bowersox, 1969).

1970'lerde Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sisteminin tanıtılmasından sonra yöneticiler; süreç içi çalışmaların, üretim maliyeti, kalite, yeni ürün geliştirme ve teslimde tedarik zamanları üzerine olan önemli etkisini anlamışlardır. Bu dönemde, firmalar kendi içlerinde pazarlama, üretim ve finansman ile ilgili dağıtım faaliyetlerini yürütecek merkezi bir fiziksel dağıtım bölümü oluşturmuşlar ve her bir faaliyetin lojistiğini ayrı ayrı en iyilemek yerine bütün sistemin lojistik yönetimini birleştirmek gerekliliği anlaşılmıştır. Böylece, her bir operasyonun maliyetini azaltmak yerine, bütün sistemin maliyetini bir bütün olarak ele alan tüm lojistik hizmetleri maliyeti yaklaşımı geliştirilmiştir (Ross, 1998).

Bunun sonucunda, farklı depolar arası, depolama ve taşıma fonksiyonları ve müşteri hizmet seviyeleri bütünleştirilmiş ve tedarik zinciri yönetimi gelişiminin, ilk safhası olarak adlandırılan "fiziksel dağıtım yönetimi" (physical distribution management)

aşamasına geçilmiştir (Metz, 1998). Bu dönem, “malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım safhası” olarak da adlandırılmaktadır(Ross, 1998).

1980’lerde global rekabetin artması dünya klasmanındaki firmaları daha düşük maliyetle, yüksek kalitede ve daha çok tasarım esnekliği ile güvenilir ürünler sunmaya zorlamıştır. Bu dönemde artık tedarik zinciri yönetiminin ikinci aşaması olan “lojistik safhasına” geçilmiştir (Metz, 1998). Bu aşama Ross tarafından “lojistiğin entegrasyonu” olarak ifade edilmektedir (Ross, 1998).

Houlihan, firmanın stratejik kararları ile lojistik odaklılığı birleştirerek, tedarik zincirini tek bir olgu olarak ele alan güçlü bir durum geliştirmiştir (Houlihan,1985). Böylece, Houlihan literatürde ilk defa bu sistem için tedarik zinciri terimini kullanan kişi olmuştur (Ganeshan vd, 1999).

Bu dönemden sonra 1985’lerde, tedarik zincirinin ilk öncüsü sayılan Hızlı Cevap (Quick Response-QR) sistemi geliştirilmiştir. QR programı bir tedarik zinciri öncüsü olarak ilk defa tekstil endüstrisinde başlatılmış ve sonraları onu 1990’larda, perakendecilik sektöründeki uzantısı olan Etkin Müşteri Cevabı (Efficient Consumer Response -ECR) programları izlemiştir (Lummus and Vokurka, 1999). ECR’den bir sonraki gelişme, Sürekli İkmal Planlaması (Continous Replenishment Planning-CRP) olarak ortaya çıkmıştır.

1990’ların ortasından sonra yöneticiler, tedarikçilerden alınan mal ve hizmetlerin, firma müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılama yeteneği üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu fark etmişlerdir. Yöneticiler aynı zamanda kaliteli mal üretmeninde tek başına yeterli olmadığını anlamışlardır. Ürünleri müşteriye ne zaman, nerede, nasıl ve istenen miktarda, maliyet-etkin bir yöntemle ulaştırmak yeni başarı yöntemi olmuştur. Bütün bu gelişmeler sonucunda, firma yöneticileri yalnızca kendi firmalarını yönetmenin yeterli olmadığını farkına vardılar. Böylece, kendilerine girdi temin eden yukarı yöndeki (upstream) bütün firmaların yer aldığı ağın ve aynı zamanda son müşteriye ürünleri ulaştırın ve satış sonrası hizmetleri veren aşağı doğru (downstream) bütün firmaların yer aldığı ağın bütününün yönetiminde yer almaları gerektiğini anladılar (Handfield and Nicholas, 1999).

Bu döneme literatürde, “tedarik zinciri yönetimi aşaması” denilmektedir (Ross, 1998). Aynı döneme Metz ise, “bütünleştirilmiş tedarik zinciri yönetim aşaması” ifadesini kullanmaktadır (Metz, 1998).

Bundan sonraki döneme Metz artık süper tedarik zinciri yönetimi aşaması adını vermektedir.

2.3 Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri

Literatürde tedarik zinciri yönetimini oluşturan süreçlerin geniş biçimde tanımına her yerde rastlamak mümkün olmasa da Global Tedarik Zinciri Forumu (The Global Supply Chain Forum) üyelerinin tanımladığı sekiz süreç genel kabul görmüştür (Croxtton vd., 2001). Bu süreçler aşağıdaki gibidir:

- 1) Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management)
- 2) Müşteri Hizmet Yönetimi (Customer Service Management)
- 3) Talep Yönetimi (Demand Management)
- 4) Sipariş İşleme (Order Fulfillment)
- 5) İmalat Akış Yönetimi (Manufacturing Flow Management)
- 6) Satın alma (Procurement)
- 7) Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme (Product Development and Commercialization)
- 8) İadeler (Returns)

Forumun yapmış olduğu bu sınıflamada satın alma süreci tedarikçilerle olan ilişkilerle ilgili olduğundan bu sürece Tedarikçi İlişki Yönetimi (Supplier Relationship

Management) adı verilmektedir (Croxtton vd., 2001). Ayrıca iadeler yerine iade yönetimi denilmesi de uygun görülmüştür.

2.3.1 Müşteri İlişkileri Yönetimi

Müşteri İlişkileri Yönetimi Süreci, müşterilerle ilişkilerin nasıl geliştirilebileceğini ve sürdürülebileceğini ele alan bir yapıdır. Yönetim, firma misyonunun bir parçası olarak hedef seçilecek müşterileri ve müşteri gruplarını belirler. Müşteri yönetimi hedef seçilen ve diğer müşterilerin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde “ürün ve hizmet anlaşmaları” hazırlar (Seybold, 2001). Müşteri yöneticileri süreçleri geliştirmek, talepteki değişkenliği ve katma değeri olmayan faaliyetleri azaltmak için belirlenen önemli müşterilerle birlikte çalışırlar. Ayrıca bu süreci yöneten bölüm tarafından tek tek müşterilerin karlılıklarını ve aynı zamanda firmanın bu müşteriler üzerindeki finansal etkilerini ölçmek üzere performans raporları hazırlanır.

2.3.2 Müşteri Hizmet Yönetimi

Müşteri Hizmet Yönetimi firmanın müşteri ile yüz yüze olduğu süreçtir. Bu süreç ürünün elde edilebilirliği, yükleme zamanı ve siparişin durumu gibi konularda müşterileri bilgilendirmede birincil bilgi kaynağı olma hizmetini sağlar. Müşteriye sağlanan tam zamanlı gerçek bilgiler, firmanın imalat ve lojistik gibi süreçleri ile ortak bağlantılarla oluşturulan ara yüzler sayesinde sağlanır. Aynı zamanda müşteri hizmet yönetimi müşterilerle yapılan ürün ve hizmet anlaşmasının yürütülmesinden sorumludur.

2.3.3 Talep Yönetimi

Talep Yönetimi Süreci, müşterilerin ihtiyaçları ile firmanın arz imkanlarını dengelemeye çalışır. Talep yönetimi süreci, talep tahmini ve bu tahminle üretim, satın alma ve dağıtım uyumlaştırmayı kapsamaktadır. Bu süreç aynı zamanda faaliyetlerin durduğu beklenmedik durumlara dönük alternatif planlar geliştirmek ve bu planları yönetmekle de ilgilenir.

2.3.4 Sipariş İşleme

Etkin bir tedarik zinciri yönetiminde kilit rol oynayan unsur, siparişleri yerine getirme bakımından müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. Etkin bir sipariş işleme süreci de firmanın imalat, lojistik ve pazarlama planlarını bütünleştirmesini gerektirir. Firma müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek ve müşteriye toplam teslim maliyetini azaltabilmek için, tedarik zincirindeki önemli üyelerle ortaklıklarını geliştirmelidir. Ancak bütün bunlar yapıldığında firmanın yer aldığı tedarik zinciri içinde etkin bir sipariş işleme sürecinden söz etmek mümkün olur.

2.3.5 İmalat Akış Yönetimi

İmalat Akış Yönetimi Süreci, ürünleri yapmak ve hedef pazara en iyi hizmet edecek şekilde gerekli olan imalat esnekliğini tesis etmekle ilgilenir. İmalat akış yönetimi süreci, imalat faaliyetleri ve ürünün elde edilmesi, esnekliğin uygulaması ve yönetilmesi ile ilgili ürün akış yönetimi için gerekli olan bütün faaliyetleri kapsar.

2.3.6 Tedarikçi İlişkileri Yönetimi

Tedarikçi İlişkileri Yönetimi, firmanın tedarikçileri ile nasıl ilişkiler geliştireceğini tanımlayan bir süreçtir. İsminden de anlaşılacağı üzere bu süreç müşteri ilişkileri yönetiminin bir yansımasıdır. Firmaların müşterileri ile olan ilişkilerini geliştirmeleri gibi tedarikçileri ile olan ilişkilerini de geliştirmesi gerekir. Bu süreçte firma, tedarikçilerinden önemli gördüğü bir alt grup ile ileri derecede yakın bir ilişki içine girmeli ve diğerleri ile daha sıradan bir ilişki sürdürmelidir. Her bir tedarikçi ile ilişkinin kurallarının tanımlandığı bir ürün ve hizmet anlaşması yapılmalıdır.

Tedarikçilerin yapılan bu anlaşmaya uymaları zorunlu olmalıdır. Bu süreci yöneten tedarikçi ilişkileri yönetimi bu ürün ve hizmet anlaşmasının tanımlanması ve yürütülmesinden sorumludur.

2.3.7 Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme

Ürün geliştirme süreci firmanın başarısını sürdürebilmesi için kritik öneme sahiptir. Yeni ürünleri hızla geliştirip etkin bir yolla onları pazara sunmak işletme başarısının en önemli bileşenidir. Bu sürecin kritik amacı pazara zamanında girmektir.

Tedarik zinciri yönetimi, pazara yeni ürünü sunma süresini azaltmak amacıyla ürün geliştirme sürecine müşterilerin ve tedarikçilerin de dahil edilmesini kapsamaktadır.

Ürün yaşam eğrilerinin kısa olması nedeni ile firmaların rekabetçi kalabilmeleri için doğru ürünleri geliştirmeleri ve kısa zaman dilimleri içinde başarıyla pazara sunmaları gerekmektedir.

2.3.8 İadelerin Yönetimi

Etkin bir iade yönetimi tedarik zinciri yönetiminin kritik bir kısmıdır. Bir çok firmanın iade sürecini, yöneticilerinin bu sürecin önemsizliğine inanması nedeni ile, ihmal etmesine rağmen bu süreç firmaya sürdürülebilir bir rekabetçi avantaj sağlamasında yardımcı olabilir. Etkin bir iade yönetimi süreci, firmalara verimliliklerini artırma yollarını bulamalarında ve projelerini gerçekleştirmelerinde yardımcı olabilir (Rogers vd., 2001).

2.4 Tedarik Zinciri Yönetiminin İşletmelere Sağladığı Yararlar

Tedarik Zinciri Yönetiminin işletmeler arası işbirliği sonucunda sağladığı bilgi paylaşımları yardımı ile kaynakların gereksiz kullanımı ve zaman israfından kaçınılması gibi yararları başta olmak üzere oldukça fazla yararından bahsetmek mümkündür. Bu yararlardan bazıları Tedarik Zinciri Konseyince şu şekilde ifade edilmiştir.

- 1) Teslimat performansının iyileşmesi
- 2) Stokların azalması

- 3) Çevrim süresinin kısalması
- 4) Tahmin doğruluğunun artması
- 5) Zincir boyunca verimliliğin artması
- 6) Zincir boyunca maliyetlerin düşmesi
- 7) Kapasite gerçekleştirme oranının artması

Bu yararlar ve daha fazlası aynı zincirde yer alan firmaların (tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci vb.) arasında iletişimin tam olarak kurulması, zincir boyunca faaliyetlerin birlikte koordinasyonu ve kontrolü sayesinde ortak amaç olarak belirlenen zincirin bütününde maliyetlerin azaltılması, verimliliğin artırılması, karlılık ve müşteri tatmini gibi amaçlara ulaşmak üzere elde edilebilir.

Tedarik zinciri içindeki firmalar arasında koordinasyon ve bilgi paylaşımı sayesinde talepteki belirsizlikler azalır, böylece zincirdeki firmaların stoklara fazla yatırım yapması gerekmez. Bu durum planlamalarda kolaylık ve maliyetlerde azalmayı beraberinde getirecektir. Ayrıca firmalar arasında tesis edilecek olan güven ve işbirliği sonucunda risklerin paylaşımı, firmalar arasındaki bariyerlerin azaltılması ve esnekliğin artırılması yoluyla yeni ürün geliştirme ve pazara sunma süreleri kısalarak rakiplere karşı büyük avantajlar sağlanabilir. Bu sayede müşteri ihtiyaçlarının karşılanabilmesi yolu ile müşterilerin tatmin düzeylerinde artışlar sağlanabilir. Bütün bunların parasal karşılığı olarak da zincir boyunca nakit akışları düzenli bir hal alır ve firmaların maliyetleri düşerek karlılıklarında artış olur.

3. LOJİSTİK YÖNETİMİ

3.1 Lojistiğin Tanımı

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals) Fiziksel Dağıtım Yönetimi kavramı ve açıklamasını, Lojistik Yönetimi kavramına uyarlayarak, aşağıdaki tanımı açıklamıştır:

“Lojistik, malların (hammadde, yarı mamul ve bitmiş ürün), hizmetlerin ve bunlarla ilgili bilgilerin ilk noktadan kullanım noktasına kadar verimli, etkili akışının ve depolanması gibi işlemlerin müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir sürecidir.”

Bu tanımda üzerinde durulan nokta malzemenin akışı ve depolanması yönetimi iken, daha önceki verilen Tedarik Zinciri Yönetimi tanımlarında ürün geliştirme ve tesis ağı (facility network) gibi ağ tasarım elemanları üzerinde durulmaktadır.

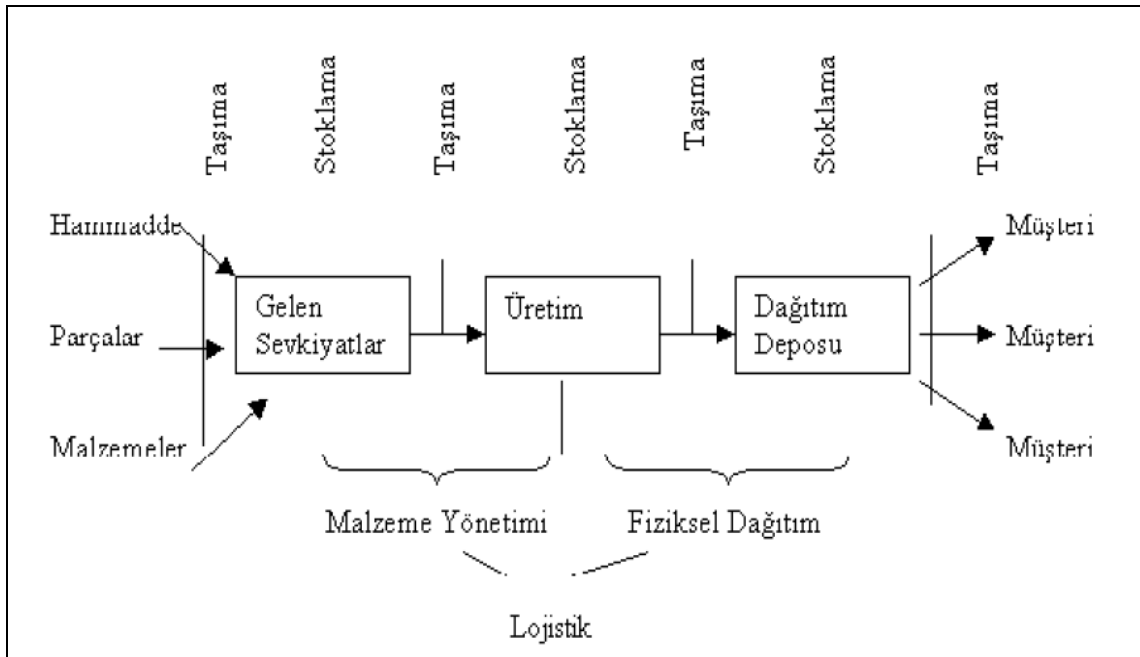
Lojistik yeni bir kavram olmaktan çok, zamanla gelişen ve içeriği değişen oldukça eski bir kavramdır. Tarih boyunca, lojistik yönetiminin tamamını veya bir bölümünü ifade eden benzer terimler kullanılmıştır. Bazılarını saymak gerekirse: İş Lojistiği, Fiziksel Dağıtım, Malzeme Lojistik Yönetimi, Malzeme Yönetimi, Fiziksel Tedarik, Dağıtım Lojistiği, Pazarlama Lojistiği, Toplam Dağıtım ve benzerleri.

Lojistik; bilgi, sevkiyat, envanter, malzeme taşıma, depolama ve paketlemenin entegrasyonunu içerir. Lojistiğin sorumluluğu, hammadde, yarı mamul ve bitmiş mamulün ihtiyaç duyulan yerde ve mümkün olan en düşük maliyetle, coğrafik olarak konumlanmasıdır.

Lojistik Yönetim, iş birimi stratejisini desteklemek amacıyla, malzeme, yarı mamul ve bitmiş envanter akışının kontrolü için tasarım ve yönetim sistemlerini içerir. Ana amacı, müşteri hizmetinin hedef düzeyini mümkün olan en düşük toplam maliyetle başarmaktır.

Lojistiğe duyulan ilginin nedeni, dünya çapında rekabet avantajı kazanmak ve zorlu rekabet koşullarında ayakta kalabilmektir. Bu nedenle firmalar yüksek lojistik performansına ulaşmaya çalışmakta ve dolayısıyla sürekli iyileştirme faaliyetlerine devam etmektedir. Lider firmalar, lojistik performansı gerçek-zamanlı izleyen bilgi sistemlerine sahiptir. Bu bilgi sistemleri, potansiyel operasyonel bozuklukları tanımlama ve müşteri hizmeti aksaklıklarını düzeltici önlemler alma olanakları tanırlar. Doğru zamanlı düzeltici faaliyet mümkün olmadığı takdirde, müşteriler bir an önce durumdan haberdar edilir ve alternatifler sunulabilir. Hız ve teslimatın tutarlılığı olduğu kadar, envanter bulunurluğunun da endüstri ortalamasından yüksek performans icra eden üst düzey lojistik firmalar elbette ki çekici tedarikçi ve ideal iş ortaklarıdır (Bowersox ve Closs, 1996).

Firmalar malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım pazarlama, satış ve üretimden ayırıp, bunları tek bir yönetim altında merkezi bir lojistik departmanında organize ettiler. Şekil 3.1’de malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım görünmektedir. Lojistik bir dizi ayırık faaliyetler yerine, envanter planlama ve alımından, firmanın dağıtım kanallarında devam eden ve müşteriye zamanında teslimat ile biten malzeme ve bilginin sürekli akışıdır.



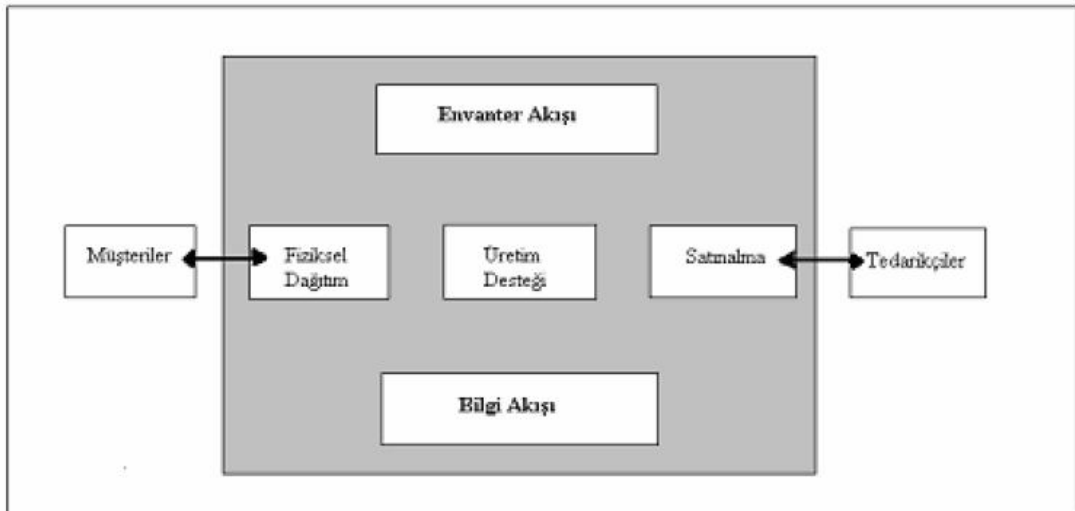
Şekil 3.1:Malzeme Yönetimi ve Fiziksel Dağıtım (Ross,1998)

3.2 Tedarik Zincirinde Lojistik

Lojistik Yönetimi ile Tedarik Zinciri birbirine oldukça yakın kavramlar olmakla birlikte aralarındaki fark da açıktır. Bir başka deyişle tedarik zinciri yönetimi, lojistik yönetim kavramının ya da “entegre edilmiş lojistik faaliyetler” in bir adım ötesidir.

Entegre edilmiş lojistik faaliyetler Şekil 3.2’de taralı alanda gösterilmiştir. Lojistik, bir işletmeyi müşterileri ve tedarikçilerine bağlayan bir sistemdir. işletme içindeki lojistik faaliyetleri; fiziksel dağıtım, üretim desteği ve satın alma olarak gruplandırılabilir. işletme içinde ve işletmenin müşterileri arasında ise yoğun bir bilgi ve envanter akışı bulunmaktadır.

Firmalar bugünün rekabet ortamında etkili olabilmek için lojistik içinde yer alan işlerin ve fonksiyonların entegrasyonunu içeren bir bütünleşik yaklaşımı, müşterinin müşterileri ve tedarikçinin-tedarikçilerini de kapsayacak şekilde genişletmektedir. Harici entegrasyon ise Tedarik Zinciri Yönetimi olarak adlandırılmaktadır. Bu şekilde ise, satın alma, üretim desteği ve fiziksel dağıtımın dahili koordinasyonu ile birlikte envanter ve bilgi akışı bakımından müşterinin-müşterisine ve tedarikçinin tedarikçisine uzanan entegrasyon gösterilmektedir.



Şekil 3.2 :Lojistik Entegrasyon (Bowersox ve Closs ,1999)

3.3 Lojistik Sisteminin Oluşturulması

Yöneticilerin temel görevlerinden biri de bütünlük bir lojistik sistemi kurmak ve bunun etkin olarak çalışmasını sağlamaktır. Tablo 3.1'de, lojistik sisteminin etkinlik düzeyini belirlemede yöneticinin alacağı kararlar yer almaktadır.

Tablo 3.1 :Üst Yönetimin Alacağı Lojistik Kararları (Shapiro ve Heskett,1990)

Ana bileşenler	Konular / Kararlar
<i>Satın alma</i>	<ul style="list-style-type: none">• Merkezileştirme düzeyi• Tedarikçi nitelikleri• Tek ya da birçok tedarikçiden alım• Geriye entegrasyon derecesi
<i>Sipariş işlemleri</i>	<ul style="list-style-type: none">• Sipariş çevrimi tasarımı• Bilgi akışları• Otomasyon düzeyi
<i>Stok politikası</i>	<ul style="list-style-type: none">• Karşılama düzeyi• Stok durumu/yerleşimi
<i>Taşıma politikası</i>	<ul style="list-style-type: none">• Taşıma modülü entegrasyon düzeyi• İleri entegrasyon düzeyi
<i>Müşteri hizmet politikası</i>	<ul style="list-style-type: none">• Sevkiyat sıklığı

'**Satın alma**' fonksiyonunun görevi; üretime gerekli hammadde ve parçaları sağlamak. Bu öncelikle tedarikçi ilişkilerinin belirlenmesini ve bir malzemenin yada parçanın satın alma-üretim kararının verilmesini gerektirir. Eğer parça dışarıdan temin edilecekse tedarikçinin seçimi diğer önemli bir karardır.

Bu aşamada farklı tedarikçiler kalite, sürekli tedarik, güvenilirlik vb. faktörler göz önünde bulundurularak, işletmenin hedeflerine ulaşabilmesi için gerekli olan özellikler doğrultusunda değerlendirilmelidir. Günümüzde büyük işletmelerin genel eğilimi tek tedarikçiyle çalışarak tedarikçilerini doğrudan sürecin içine katmak şeklindedir.

Büyük şirketlerde satın alma fonksiyonu ya merkezidir, ya da her işletme ayrı ayrı kendi satın alma işlevini yerine getirmektedir. Şirket organizasyon yapısıyla ilgili bu tür kararlar ise satın alma fonksiyonunun etkinliğini olduğu kadar, şirket tedarikçilerinin seçimini de etkileyecektir.

'Sipariş işlemleri' doğrudan müşteri hizmet düzeyini etkilediği için, yöneticilerin üzerinde durmaları gereken ikinci önemli konu niteliğini taşır. Sipariş işlemlerinin elle yapılmasından, müşteri ve tedarikçilerle entegre bilgi sistemleri oluşturulmasına ve sipariş işlemlerinin otomasyonuna kadar pek çok tasarım seçeneği bulunmaktadır.

Sipariş çevrim süresi ve yöntemlerinin, müşteri bilgi işlem sistemleriyle bağlantılarda; otomasyonun da lojistik sistemi ve müşteri hizmet düzeyi üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır.

'Stok politikasının' lojistik performansı üzerinde etkisi büyüktür. Sistemin etkinliğini, stokların taşıma zinciri içinde nerede olduğu, şekli (hammadde, yan-mamul, son ürün), stokların merkezilik ve karşılanma düzeyi belirleyici faktörlerdir.

'Taşıma politikası' tüm lojistik faaliyetlerini birbirine bağlar. Taşıma şeklinin seçimi, kısa sürede sevkiyat ya da daha yavaş ancak daha az maliyetli yöntemler arasında maliyet analizini gerektirir. Bir şirketin yüksek kullanma oranı için büyük miktarlarda sevk etmeye ya da daha düşük miktarlarda kendi filosu ile sevkiyat yapma kararı şirketin 'maliyet yapısını, stok düzeylerini ve müşterilerine sunabileceği hizmeti etkilemektedir.

'Müşteri hizmet politikaları' satışları doğrudan etkiler. Lojistiğin maliyet yaratıcı değil, gelir sağlayıcı özelliğini ön plana çıkarmaktadır. Satışlar ve karların artışı, siparişlerin iletiminden itibaren hızlı ve doğru biçimde karşılanmasıyla sağlanabilir. Bu da genellikle sıklık, sevkiyat yöntemi, sipariş karşılama prosedürleri ve stok yenileme ile stok karşılama düzeyine bağlıdır (Shapiro ve Heskett, 1990).

Yukarıda etkin bir lojistik sistemini kurmak için yöneticilerin üzerinde durmaları gereken konular ve verecekleri kararlardan bahsedilmiştir. Bu kararları alırken yöneticilere çeşitli araçlar ve analiz yöntemleri yardımcı olmaktadır.

3.4 Lojistik Faaliyetler

3.4.1 Talep ve Sipariş Yönetimi

Burada sayısal tekniklere detaylı girilmeden, başarılı yönetim için yapılması gerekenlerden bahsedilecektir. Talep ve siparişi iyi yönetebilmek için yapılması gereken bazı işler:

- Talebe ve siparişe ait tüm bilgiler ortak bir bilgi havuzunda toplanmalıdır.
- Siparişler ve üretim kapasitesi ile entegre geliştirilmiş planlama sistemleri kullanılmalıdır.
- Talebi, tedarik zincirinin üst halkalarına hızla ve otomatik olarak iletebilmek için gereken altyapı kurulmalıdır.
- Organizasyonda talep planlamasından sorumlu bir grup kurulmalıdır.
- Otomatik sipariş dağıtım fonksiyonu devreye alınmalıdır.
- Siparişler türlerine göre lokal veya merkezi olarak toplanıp, buna uygun olarak proses edilmelidir.
- Sistem üzerinde sipariş optimizasyonu yapılabilmelidir (miktar, kasa/koli vb. ayarlamalarını şirket standartlarına göre otomatik olarak oluşturmak).
- Elektronik veri değişimi (EDI), internet, extranet gibi teknolojiler aracılığı ile siparişler elektronik ortamda alınmalı ve takip edilmelidir (Andersen Danışmanlık,2001).

3.4.2 Depolama

Depolama işleminin, lojistik sistemi içinde temel olarak beş fonksiyonu vardır (Coyle ve diğ.,1996):

1. Depo, lojistik sistem içinde 'değer ekleme alanı' görevi görür. Nakliye konsolidasyonu, ürün karışımının hazırlanması vb. değer ekleyici aktiviteler depolarda gerçekleşir.

2. Müşteri siparişlerinin 'ürün karışımının hazırlanması' için, deponun birçok farklı alanından değişken sayıda ürünün alınması gereklidir. Çapraz-sevkiyat(crossdocking) sistemi ürün karışımının sağlanmasında kullanılan ve ölçek büyüdükçe kullanımı daha da gerekli hale gelen bir yöntemdir.

3. Deponun üçüncü fonksiyonu, 'hizmet' sağlamaktır. Müşteri siparişini geçtiğinde, müşteriye uygun uzaklıkta olan bir depoda ürünün var olması, müşteriye zamanında teslimat yapılması ve müşteri tatmini ile sonuçlanacaktır ve gelecekteki satışları olumlu etkileyecektir.

4. Depolamanın dördüncü fonksiyonu, olumsuz ihtimallere karşı 'koruma' sağlamasıdır. Nakliye gecikmeleri, satıcı stoksuzluğu, grevler gibi olumsuz durumlarda müşteriye depolardaki stoklardan mal verilmesi mümkün olur.

5- Depolamanın bir başka fonksiyonu ise, üretimin ara aşamalarındaki “yarı ürünlerin stoklanması” ile çeşitli durumlarda iş merkezlerinde meydana gelebilecek duruşlardaki kayıpların azaltılması ve üretimin tam kapasite çalışmadığı durumlarda yarı ürün stoğu yapılarak çok yoğun zamanlardaki mesailerin önlenmesidir. Buna düzeltme/pürüzleri giderme (smoothing) fonksiyonu adı verilir.

3.4.3 Stok Yönetimi

Yüksek stok düzeyleri, kurum kaynaklarının doğru kullanılmasını engeller ve aktif karlılığı azaltır. Stokların verimli yönetilebilmesi için yapılması gerekenlerden bazıları şunlardır:

- Stok takibi entegre bir sistem üzerinde yapılmalıdır.
- Tüm stok hareketleri sistem üzerinde tanımlanmalı ve kayıt edilmelidir.
- Gerçekçi talep planlaması aracılığıyla stok seviyeleri en aza indirilmelidir.
- Stok seviyeleri tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı olarak takip edilmelidir.
- Fiili stok sayımları sisteme kaydedilmeli ve fiili ile kaydi stok karşılaştırması sistem üzerinde yapılmalıdır.
- Envanter yönetimi otomatik olarak maliyetlendirme fonksiyonuna bağlanmalıdır (Andersen Danışmanlık, 2001).

3.4.4 Malzeme Nakli

Bir üretim sürecinde mamul veya hizmet üretme amacı ile yapılan faaliyetlerde yer alan tüm taşımalar, malzeme nakli konusunun kapsamı içindedir. Bu tanıma göre; bir fabrika içindeki hammadde, yarı mamul ve mamullerin taşınmaları, depolardaki yükleme boşaltma faaliyetleri, hatta buralardaki haber veya formların hareketleri de bir malzeme naklidir. Bu çerçevede malzeme naklini lojistik sistemin bir 'alt sistemi' olarak düşünmek mümkündür.

Tasima maliyetlerinin, yerleştirme planlamasında göz önüne alınan değerlendirme faktörleri arasında önemli bir yeri vardır. Malzeme naklinin ilginç bir özelliği de, toplam maliyeti görünmeyen bir maliyet unsuru olarak etkilemesidir. Gerçekten, birçok fabrikada dikkatli bir analiz yapılabilirse, malzeme ve parçaların mamul hale gelinceye kadar umulmadık sayıda tasima işlemi gördüğü ortaya çıkar.

Taşımaların üretim tipine göre toplam maliyetin %5-20' sini oluşturması doğal sayılır. Ağır endüstrilerde, örneğin demir-çelik fabrikalarında bu oran daha yüksek değerlere tırmanır.

Malzeme nakli planlamasında tasıma maliyetini minimum yapan sistemin saptanmasına çalışılır. Tasıma maliyeti iki grupta toplanabilen masraflardan oluşur:

- 1- Taşımada kullanılan makine ve teçhizatın yatırım masrafları.
- 2- Sistemin çalıştırılması ve bakımı için yapılan masraflar.

Malzeme nakli planlamasının ana amacı, bu masrafların toplamının minimum olduğu araç ve yöntemleri bulmaktır. Eğer malzeme nakli planlaması çalışır durumda bir fabrika için yapılıyorsa, kurulu düzen bir veri olarak kabul edilir. Mevcut yerleştirmede malzeme nakli prensiplerine aykırı düşen durumlar varsa bunlar önceden düzeltilir. Bundan sonra sistem içinde yapılması istenen taşıma işlerini görececek makinelerin seçimi ve çalıştırma planlarının hazırlanması gelir (Kobu, 1999).

3.4.5 Sevkiyat ve Dağıtım

Zamanında sevkiyat, en az ürün kalitesi kadar önem taşıyan bir kriterdir. Sevkiyat ve dağıtım konusunda dikkat edilmesi gereken konular şunlardır:

- Dağıtım kanalları, kurumun iş yapma şekillerine uygun olarak ve fayda/maliyet analizlerine dayandırılarak tasarlanmalı ve uygulamaya alınmalıdır.
- Sevkiyat planlamasının entegre sistemler üzerinde otomatik olarak yapılmasını sağlayacak altyapılara yatırım yapılmalıdır.
- Sevkiyatlar, siparişler üzerinden, filolara en optimum şekilde dağıtılmalıdır.
- Rota tanımlamaları doğru yapılmalı ve rota takip sistemlerinden faydalanılmalıdır.

- Sistem destekli filo yönetimi altyapıları kurulmalıdır.
- Sevkiyat ve dağıtım işlemlerinin performansı düzenli olarak ölçülmeli ve iyileştirici yönde alternatif uygulamalar incelenmelidir.
- Şirketlerin başlıca faaliyet alanı (müşteriye katma değer sağlayan rekabet gücü) nakliye değilse, nakliye operasyonlarının yürütülmesinde şirket stratejileri de gözeticilerle, dış kaynak kullanımını yoluna gidilmelidir (Andersen Danışmanlık,2001).

3.5 Taşımacılık ve Taşımacılık Türleri

Taşıma hareketlerinin başlangıcını üretim bölgeleri, bitimini de tüketim bölgeleri oluşturmaktadır. İhtiyaç maddeleri daima daha az faydalı oldukları yerlerden, daha çok faydalı olabilecekleri yerlere doğru hareket ederler.

Süratli taşıt araçlarının geliştirilmesi pazar alanlarının genişletilmesini mümkün kılmış ve imalatçıların mallarını bir toptancı kullanmadan, doğrudan perakendeciye satmaları mümkün olmuştur.

Mal ve hizmetlerin bir yerden diğer bir yere taşınmasında kullanılan taşıtların seçimi:

- Taşınacak malın türüne,
- Hukuki kaidelere,
- Tasıma ücretine,

bağlı olarak değişir. Ayrıca taşıma aracının seçimi; taşıma giderinin taşınan malın satış fiyatına olan etkisine, taşıma araçları arasındaki rekabetin derecesine, endüstrideki pazarlama ve üretim şekillerine ve taşınacak malın toplam tonajına bağlıdır (Aksoy, 1990).

Belli başlı taşıma türleri: demiryolu, karayolu (motorlu araçlar), denizyolu ve hava yolu olarak dörde ayrılır (Wood ve dig., 1995).

3.5.1 Karayolu Taşımacılığı

Günümüzde karayolu taşımacılığı ağırlıklı olarak tırlar aracılığı ile yapılmaktadır. Tırlara duruma göre palet ve konteynırlar yüklenir. Karayolu taşımacılığı iklim ve coğrafi etkenler yanında sosyo-politik durumlardan da etkilenmektedir. Örneğin İsrail'den geçen bir tırın, Arap ülkelerinden geçiş izni alması imkansızca çok yakın bir durumdur. Savaş, anarşik olaylar, doğal afetler vb. yine kara taşımacılığını etkiler. Ayrıca, herhangi bir sınırdan geçiş için hazırlanacak dokümanlar, yaşanan gecikme ve maliyet artışını pekiştirici etki yapar.

Son yıllarda GPS araç takip sistemi özellikle taşımacılık ve lojistik firmaları için büyük önem kazanmıştır. Çok sayıda aracı olan bu şirketler gün içinde araçlarının nerede olduğunu bilmek ve buldukları konuma göre iş emri verebilmek için bu sisteme ihtiyaç duymaktadırlar. GPS araç takip sisteminin araç basma aylık ortalama maliyeti bazı firmaların kiralama yöntemini geliştirmesiyle 1500-2000 dolardan 100-150 dolara kadar düşürülmüştür. Böylece dünyada benzerleri yaygın olarak kullanılan bu sistemlerin ülkemizde de yaygınlaşması kolaylaşacaktır.

3.5.2 Denizyolu Taşımacılığı

Günümüzde gemiler dünya ticaretinden pay almak isteyen her ülkenin vazgeçemeyeceği taşıma araçlarından biridir. Deniz taşımacılığına bu kadar önem verilmesinin sebebi, bu taşıma türünün büyük miktarlarda malı en ekonomik şekilde ülkeler ve kıtalar arası taşıyabilmesidir.

Nitekim tahmini hesaplara göre deniz taşımacılığının birim maliyeti (bir yükün 1 km taşınması için gerekli giderler) demiryollarına göre 2.5 kez , karayollarına göre ise 6.86 kez daha ucuzdur.

Gemiler büyüklüklerine veya taşıdıkları yük cinsine göre sınıflandırılabilirler. Kitlesele kargolar sıvı veya kuru olabilir. Sıvı kargolar tankerlerle taşınırken, kuru kargolar kuru yük gemileri (dry bulk carriers) ile taşınırlar.

Tankerle dünya çapında taşınan yük tonajına bakıldığında, en önemli gemilerdir. Tank adı verilen bölümlerden oluşurlar ve her bir tank içinde kargoyu sabitleyen destekler vardır.

LNG (Liquified natural gas) taşıyıcılar, endüstride büyük önemi olan sıvılaştırılmış doğal gazı taşıyan gemilerdir. Doğal gaz hacminin 1/630'una sıkılaştırılarak sıvı hale gelir ve 260 F da muhafaza edilir. Bu gemiler taşıdıkları 4 adet küresel tank sayesinde kolayca ayırt edilebilir. Kuru yük gemileri, ağırlıklı olarak mineral, tahıl veya kömür taşırlar. Gemi bölümlerden oluşmasına rağmen, genelde tüm gemiye aynı tür yük yüklenir (Wood ve dig., 1995).

Paketlemenin gelişmiş bir şekli olan konteyner kullanımı yaygınlaştıkça, yükleme boşaltma süresi de kısalmıştır. Konteyner gemileri sadece konteyner taşır ve çeşitli hücresele bölümlerden oluşur. Buna rağmen Roll-on-Roll-off yani Ro/Ro tipi gemiler hücre boyutları ile sınırlı değildir. Tır ve kamyonlar güverteye çıkıp park ederler. Özel tekerlekli ekipmanlar ve raflar, hemen her tip kargonun kolayca yüklenmesi ve boşaltılmasını sağlar.

Kombine yük/yolcu gemileri de, yüz kadar yolcuyu yüküyle birlikte taşıyan ve çok sayıda noktada durduğu için özellikle turistlerden rağbet gören gemilerdir.

3.5.3 Havayolu Taşımacılığı

Havayolu ile yük taşıyan uçakların çoğunluğu, aynı zamanda yolcu da taşımaktadır. Böylece yolcu ve yük taşımacılığı iç içe girmiş kavramlar olarak algılamak gerekir. Günümüzde hava kargolarının hemen hemen tamamı konteynerler halindedir. En büyük hava konteyneri 8x8x20 ft yani 2,44x2,44x6,1 metredir ve demiryolu veya kara/deniz yolu ile taşımacılıkta kullanılanlara benzer. Buna rağmen boş ağırlığı çok daha düşüktür ve yüksek mühendislik standartlarında üretilmiştir. Hava konteynerleri uçağın

bütünleşik bir parçası gibi hareket edeceği düşünülerek bu şekilde tasarlanmak zorundadır (Wood ve diğ., 1995).

Farklı uçak tiplerinin yükleme kapılarının boyutları, yükleme hacmi ve taşıyabileceği maksimum ağırlık sınırları da birbirinden farklıdır.

Uluslar arası hava kargosu endüstrisinin en hızlı büyüyen bölümü, küçük koli taşımacılığıdır. Bu ekspres servisler, geleneksel taşımacılardan farklı olarak çeşitli avantajları da beraberinde getirir. Dokümantasyonları basittir. Genelde kapıdan kapıya hizmet verirler. Bir telefonla ofisinizden veya deponuzdan alınan koli, müşteriye ulaştırılır. Numune veya yedek parça gibi ürünlerde gümrükten çekim işleri yapılır. Yıllar geçtikçe ağırlık sınırlaması da değişmiş ve 45-70 kg'a kadar yükselmiştir.

Ekspres hava hizmetleri her bir ithalatçı/ihracatçının kendi şirketi için tasarladığı genel taşımacılık sisteminin bir parçası sayılmalıdır.

Günümüzde Federal Express, UPS, DHL, TNT gibi bazı taşımacılar yüksek kaliteli küçük ambalaj taşıma hizmetlerini birçok Avrupa ve Asya pazarlarına kadar genişletmektedir (Wood ve diğ., 1995).

Hava kargosu dokümantasyon ve sigortası, hava taşımacılığının hızından dolayı kara ve deniz taşımacılığı dokümantasyonundan çok daha hızlıdır. Fatura, sekil listesi gibi dokümanlar tipik olarak alıcıya gönderilen hava taşımacılığı makbuzuna eklenir.

Özet olarak, hava kargosu düşünüleceği zaman, deniz ve karayolu ile taşımacılık alternatifleri maliyet ve süre açısından karşılaştırılmalıdır. Hava kargosu çok daha kısa sürede, daha az doküman trafiği ile taşıma sağlayacak fakat maliyeti üzerinde düşünmek gerekecektir. Havayolu ile taşıma yapılacağı zaman fayda-maliyet analizinin iyi yapılması gerekmektedir.

3.5.4 Demiryolu Taşımacılığı

Şehirler ve ülkeler arası uzun mesafelerde çok miktarda kitlesel, ağır, yığma (dökme), hacimli malların (kömür, kum, mineral, orman ürünleri vb.) taşınmasına olanak verir. Demiryolu ulaştırmasının fiziksel tesisleri hatlar, raylar, tüneller, köprüler, elektrik ve sinyalizasyon sistemleri, çeken ve çekilen araçlardan ibarettir.

Sabit maliyetlerin toplam maliyetler içindeki payı yüksek olduğundan kitlesel taşımacılığa elverişlidir. Genellikle birim değeri az olan bu tür malların taşınmasında en ekonomik ve etkin taşıma seklidir. Yol ve zaman bakımından fazla dayanıklı olmayan mallar için uygun değildir. Birim başına enerji tüketimi düşüktür. Kötü hava şartlarından etkilenme olasılığı daha azdır. Bir vagonu dolduramayacak kadar az miktarda yükler ve kısa mesafeler için ekonomik değildir. Katar kuracak kadar yük tamamlamadan yükleme yapılmaz. Yükleme faaliyetleri kısıtlıdır. Demiryolu yatırımları için sermaye yoğun ve pahalıdır. İki tür yöntem vardır (Tek , 1997):

- Tam dolu vagon : Vagonun tümünün bir kişi veya işletmenin mallarıyla doldurulması.
- Perakende taşıma : Çeşitli kişi ve işletmelerin az miktardaki mallarının aynı vagona ayrı ayrı koyulup taşınması.

Ayrıca doğru vagon (package car- aynı yönde giden malların tek vagona yüklenmesi), doldurmaca vagon (pool car- değişik istasyonlardaki müşterilere sevk etmek için belirli bir yere kadar tam vagon kiralanması, daha sonra perakende taşıma ücreti Ödenmesi); katılcı vagon (consolidated car- belirli bir yere mal taşımak isteyenlerin bir araya gelip tam vagon kiralamaları), olmak üzere üç değişik sistem uygulanır. Son zamanlarda batıdaki birçok demiryolu işletmesi müşteri yönlü hizmetlerini arttırmaya başlatmıştır.

3.5.5 Boru Hattı Taşımacılığı

Boru hattı, özellikle ham petrol, benzin, fuel oil, gaz yağı, doğal gaz gibi sıvı maddelerin (pazara kesintisiz) taşınmasında önemli rol oynamaktadır. Son zamanlarda

hacimli katı maddeler (boraks, fosfat vb.) ile küçük hacimli katı maddelerin (pnömatik) taşınması konusunda uygulamaları gelişmeye başlamıştır.

Boruyolundaki sabit tesisler, borular, pompalama istasyonları, depolama tankları ve arazilerdir. Boru hattıyla taşımacılık. ABD ile gelişmiş bazı ülkeler ile bazı eski sosyalist ülkeler dışında, yakın zamanlara kadar üzerinde yeterince durulmayan konulardan biridir. Bu taşımacılık türü, makro lojistik ya da fiziksel dağıtım sistemi içinde önemli bir taşımacılık modu olarak yer alır. Dağıtım planlaması en iyi yapılabilecek, uzmanlık gerektiren bir lojistik taşıma yöntemi olan boru hattı taşımacılığının tek sakıncası, boru hatlarının hırsızlık ve sabotaja karşı korunmasındaki güçlüktür ki bu da alınabilecek bazı önlemler ile çözülebilir.

Boru hatlarıyla taşımacılık özellikle son yıllarda Türkiye'nin gündeminde olan ayrıcalıklı bir konudur. Türkiye'nin dünya doğal gaz ve petrol rezervlerini olduğu bölgelere çok yakın oluşu ve stratejik önemi olan boru hatlarıyla taşımacılıkta önemli bir geçiş merkezi haline gelmiştir.

Boru hatlarıyla taşımacılık her ne kadar doğrudan doğruya diğer taşımacılık modlarıyla karşılaştırılmasa da, kara, hava ve deniz taşımacılığına göre pek çok avantajı bulunur. Bunlardan en önemlileri düşük maliyet, güvenilirlik ve ürünlerin zarar görmeden taşınmasının sağlanmasıdır.

Tablo 3.2 : Taşımacılık Türlerinin Karşılaştırılması (Ballou,1999)

Taşımacılık türü	Maliyet	Taşıma süresi	Güvenilirlik	Ulaşılabilirlik	Hasarlanma ve kayıp
<i>Karayolu</i>	4	2	4	5 (En yük.)	4
<i>Havayolu</i>	5(En yük.)	1(En kısa)	2	2	3
<i>Denizyolu</i>	1	5	1	3	2
<i>Demiryolu</i>	3	3	3	4	5
<i>Boru hattı</i>	2	4	5(En yük.)	1	1 (En az)

Taşımacılık türlerinin özelliklerinin ve bu tekniklerin daha iyi anlaşılması ve aralarında bir karşılaştırmanın yapılması için Tablo 3.2'i inceleyebiliriz. Tablo 3.2'de sözü edilen taşımacılık türlerini özetlemek için dört performans karakteristiğine göre sıralanması gösterilmektedir. Bu sıralamalar bir genellemedir. Ürün tipi, taşıma mesafesi, araç yönetimi, hava koşulları ve araç kullanıcısına bağlı olarak bu sıralamalar değişebilir (Ballou, 1999).

4. DAĞITIM YÖNETİMİ

4.1 Dağıtım Yönetimine Giriş

Dağıtım yönetimi kavramı, kısa bir zaman zarfında firmaların stratejik planlarının merkezi bir parçası olarak gelişmiştir. Bu değişim uluslararası sınırlarda yada endüstrinin dar alanlarında sınırlandırılmamış 1960'lardan beri fiziksel dağıtım gibi yeni bir yönetim anlayışı ticari baskıların, hükümetlerin ve akademik çevrelerin çeşitli yollardan etkilenecek desteklemesiyle ortaya çıkmıştır.

1960'lardan önce üst yönetim firmanın dağıtım faaliyetlerinin izlemez ve ilgilenmezdi. Bunun yerine dağıtım, bilginin ve malzemenin koordine olmayan hareketlerinin içerisinde yapılırdı. Örneğin müşteri sipariş prosesi muhasebe fonksiyonunun sorumluluğundaydı: transportasyon yönetimi pazarlamanın sorumluluğundaydı: hammadde ve yarı mamullerin depolanması ise imalat departmanının sorumluluğundaydı.

Bütün dağıtım faaliyetlerindeki çeşitli işlemleri entegre etmek gerçekte imkansız gibi görünmekteydi. Bu zayıf koordinasyondan dolayı gerçekleşen alt optimizasyon sadece zayıf dağıtım performansı oluşturmakla kalmıyor aynı zamanda verimsizliğe, israfa ve fazla maliyete yol açıyordu. Dağıtım yöneticileri en ekonomik taşıma yüküyle geniş miktarda taşıma yapmayı hedefliyordu. Satıcılar güvenilir ve hızlı müşteri sipariş seviyesini amaçlıyorlardı. Fakat bunu yaparken sağlanan hizmetin maliyetini göz önüne

almıyorlardı. İmalat yöneticileri tipik olarak hazırlık ve değişen maliyetleri azaltmak için üretimin uzunluğunu maksimize etmek istiyorlardı.

Bugünkü firmaların çoğu dağıtım faaliyetlerinin önemini fark etmeye başlamışlardır. Özellikle 1970'li yıllarda bu daha da hızlandı. Dağıtım fonksiyonunun önemi bütün firmalar tarafından organizasyonel amaç olarak benimsenmeye başlandı (La Londe ve diğ., 1995).

Firmalar ürettikleri ürün ve hizmetleri müşterilerine ulaştırmak için iyi bir dağıtım sistemi kurmalıdır. Firma ister kendi araçlarıyla faaliyet gösterebilir, ister dağıtım işini dışarıdan satın alsın, hem faaliyet hem de sunulan hizmet açısından en iyi dağıtımı sağlamalıdır. Firmalar bunu yaparken pek çok yol izleyebilirler. Bu yolları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Dağıtım bölümleri özel şahıslarla ortaklık kurarak, sürekli ölçüm ve raporlama yoluyla verimliliği arttırıcı çalışmalarda bulunabilir.
2. Dağıtım stratejisi dahilinde de olsa dağıtıcı firmalarla pazarlık yapmak her zaman mümkündür. Bu hizmete yönelik geliştirmeler, daha büyük hacimler ve/veya performansa dayalı ödemelerle sağlanabilir.
3. Dağıtım faaliyetleri belirli özel sevkiyatlar için malın en kısa yoldan ve uygun olan en düşük maliyetle ulaştırılmasını sağlamak amacıyla daha etkin yürütülebilir.
4. Düşük maliyetler için biriktirme ve konsolidasyon gibi imkanlar uygulanabilir.
5. Dağıtım merkezi yerleşimleri ile dağıtım ihtiyaçlarının uyumlu olması sağlanmalıdır. Verimi olmayan yada uygun yükleme ve boşaltma imkanlarına sahip olmayan dağıtım noktaları hem işletme tarafından yürütülen hem de dışarıdan alınan dağıtım hizmetlerinin verimliliğini olumsuz olarak etkiler.
6. Hizmet ihtiyaçlarını karşılayabilecek en düşük maliyetli dağıtım faaliyeti her zaman takip edilmeli ve değerlendirmeye alınmalıdır.

Yukarıda ifade edilen bu faaliyetleri yerine getirmenin yolu ise anlamlı bir planlama ve kontrol sistemidir. Böyle bir sistem yerine getirilmediği sürece iyi bir yönetim yapılması mümkün olmayacaktır.

Etkin bir dağıtım stratejisi oluştururken firmanın sahip olduğu imkanların yanında firmanın dışındaki olanaklar ve kısıtlarda göz önüne alınmak zorundadır. Ülke ve bölge ile ilgili bu tür kısıtlar, çoğu zaman dağıtım alternatiflerinin değerlendirilmesi ve seçiminde belirleyici olmaktadır (Ballou, 1999).

4.2 Dağıtımın Yönetiminin Önemi

Bu günün rekabet ortamı işletmeleri geleneksel iş yapma tekniklerini değiştirmeye zorlamaktadır. Firmalar ayakta kalabilmek ve rekabeti sürdürebilmek için kendi operasyon anlayışlarında değişiklikleri yapmak zorundadırlar. Bunu başaramayan firmalar ya yok olurlar yada rakiplerinin altında kalırlar. Bu güçler dağıtım fonksiyonu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bütünleşik dağıtım yönetimi üzerinde etkili olan önemli güçler ve bunların etkileri şu şekilde ifade edilebilir.

Daha kısa yaşam süresi ve ürün çoğalması: Ürün yaşam süresinin kısalması (yıl yerine aylık olarak ölçülür) ve yeni ürün ile ürün ailelerinin çoğalması tedarik zincirinde envanter yönetimini ve gelişimini etkilemektedir. SKU (Stock Keeping Units)'ların çoğalması envanter yönetimine yeni bir boyut katmaktadır. Örneğin kişisel bilgisayarların yaşam süresi giderek daralmış ve bu süre artık aylık olarak hesap edilmeye başlanmıştır. Ürünlerin kullanılmama ve işe yaramama maliyetleri (doğru yerde, doğru zamanda, doğru ürüne sahip olmama) çok yüksek olabilmektedir. Buna ek olarak değersiz ürünlerin rekabet ve risk maliyetleri ve tedarik zincirinde yetersiz planlama ve yönetim giderek önemini arttırmaktadır. Bu durum firmaları müşteri ihtiyaçlarının zamanında karşılanması ve sistem içerisinde hızlı olmaya dayalı bir dağıtımını yönetmek için bütünleşik dağıtıma zorlamaktadır.

Arttırılmış müşteri servis seviyesi ve ürün beklentisi: Bugün müşteriler, endüstri içerisindeki en iyi firmalarla kendi beklentileriyle birlikte daha yüksek kalitede ürünler, daha düşük maliyet ve daha kısa teslim sürelerini talep etmektedirler.

Tedarikçiler sadece işlem yeteneklerine ve kaliteye dayalı olarak değil, tam zamanında küçük kayıplarla ölçülmekte, değerlendirilmekte ve tercih edilmektedir. Tedarik kararları giderek daha da önem kazanmaktadır. Halbuki geleneksel tedarik kriteri ürün ve ürün özellikleri etrafında toplanmaktadır. Bu günün müşterileri kaliteli ürünün yanında hızlı ve güvenilir bir teslim talep etmektedirler.

Teknolojideki ilerlemeler: Bilgi ve proses teknolojisindeki ilerlemeler, firmaları kendi müşterileri ile daha yakın bir ilişkide olmasını sağlamaktadır. Bilgi teknolojisi ile dağıtım operasyonları değiştirilebilir, hızlı teslim süreleri sağlanabilir, dağıtım hızı arttırılabilir ve maliyetler azaltılabilir. Elektronik veri transferi temel prosesleri değiştirirken, uzman sistemler rotalama, stoklama ve dağıtım faaliyetlerinin mümkün olan optimum çizelgelemesini yapar. Çeşitli bilgi teknolojileri çapraz depolama (cross-docking) kullanımını, depoda noktalar arasındaki iletişimi ve işlem hızlarının gelişimini sağlamaktadır. Hızlı sistemler ile ileri gelişim araçları ve metotları, teknolojideki ve pazardaki değişimlere yanıt verme yeteneğine ve esnekliğine imkan sağlamaktadır.

Pazarın küreselleşmesi: Firmalar ürünlerini global olarak üretmekte ve satmaktadırlar. Global tedarik zinciri çeşitli ülkeleri, müşteri servis beklentilerini ve dağıtım operasyon koşullarını kapsamaktadır. Tedarik zincirinin eksiksiz bir parçası olarak dağıtımın önemi lojistik faaliyetlerin tüm maliyet içerisinde önemli bir paya sahip olduğu anlaşıldığı zaman belirtilmiştir (Karahana, 2003).

4.3 Dağıtım Yönetiminin Amaçları

Dağıtım yönetimi yada lojistik kavramı çok karmaşık işlem operasyonlarıdır. Bu nedenle de bu operasyonların üst yönetim tarafından çok iyi bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

İşletmede dağıtım faaliyetlerini iyi bir şekilde yönetmenin temel amaçları şu şekilde sıralanabilir:

1. Toplam maliyetlerin azaltılması
2. Servis seviyesinin arttırılması
3. İşletme karının arttırılması
4. Yatırımların geri dönüş oranlarının arttırılması

Geçmiş yıllarda fiziksel dağıtım yöneticilerinin öncelikli amacı maliyetlerin azaltılması idi. Dağıtımla ilgili tüm maliyetlerin minimizasyonu ise çağdaş fiziksel dağıtım yöneticilerinin ilk amaçlarından biri olarak görülmektedir.

Bazı dağıtım yöneticileri müşterilere sağlanan servis seviyesine karşı çok hassas davranmaktadırlar. Onlara göre müşteri memnuniyeti yapılacak olan maliyet minimizasyonundan daha önemlidir. Tabi bu pazarın sıkı olduğu durumlarda daha uygun olmaktadır. Aksi taktirde işletmenin geleceğinde problemlerle karşılaşılabilir.

Kar denklemi, tüm dağıtım maliyetlerinin kabul edilebilir, ekonomik ve rekabete uygun koşullarda minimize edildiğinde optimize edilmiş olur. Dağıtım yöneticileri ayrıca yatırımın geri dönüş oranını arttırmayı amaçlamaktadırlar. Bazı işlerde envanter temel varlıkların %50'sini temsil etmektedir. Böyle bir durumda envanterin azaltılması yönetimin önemli amaçlarından biri olmaktadır. Hızlı nakit akışı, işletmeler zorunlu bir amaç olmalıdır(La Londe ve diğ., 1995).

4.4 Fiziksel Dağıtım Faaliyetleri

Fiziksel dağıtım sistemi beş temel faaliyeti içermektedir. Bu faaliyetler, fiziksel dağıtım sistemi yöneticisine, bir çok anahtar kararın verilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu faaliyetleri şu şekilde belirtebiliriz. Sipariş alma süreci, malzeme taşıma, depolama, envanter yönetimi ve taşıma. Bu faaliyetlerin verimli çalışabilmesinde iletişimin ve veri akışının önemi büyüktür.

4.4.1 Sipariş işleme süreci

Sipariş işleme, Aksoy (1990)'a göre, işletmeye alma siparişi olarak gelen bilginin işletme içinde ve dışında akışının rasyonelleştirilmesi; bu bilgi akışına göre gerekli işlemlerin yapılması; bu arada malların alıcı talebine uygun şekilde paket ve ambalajlanması ile malların yüklenmesidir.

Genellikle sipariş işleme sürecinde üç temel görev vardır (Pride ve Ferrell, 1991): Sipariş girişi, sipariş taşıma, sipariş dağıtımı Sipariş girişi müşterilerden siparişin posta, telefon veya bilgisayarla gelmesiyle başlar. İkinci görev sipariş taşıma, birçok faaliyeti içermektedir. Öncelikle sipariş girişi yapıldıktan sonra, sipariş depoya gönderilir Burada ürünün elde bulunduğu doğrulanır; müşterinin kredi oranı, ürünün fiyatı vb... bilgiler kontrol edilir. Eğer kredi departmanı satın almayı onaylarsa, depo siparişi doldurmaya baslar. Eğer stokta yeterli ürün yoksa üretim emri, üretim departmanına gönderilir. Üçüncü aşamada sipariş müşteriye gönderilmek üzere ambalajlanır. Müşteri malın bedelini öder, fatura kesilir. Envanter kontrol rakamları düzenler ve siparişin dağıtımı, teslimatı yapılır.

Sipariş süreci elle veya elektronik olarak, maliyet limitine bağlı olarak; istenen hız ve doğruluğa ulaşmak için kullanılabilir. Elle süreci yönetme, küçük hacimli siparişlerde ve daha esnek olunması gereken durumlarda kullanılması yeterlidir.

Elektronik olarak sipariş sürecini yürütme ise geniş hacimli siparişlerde, üretim planlamada, envanter kontrolde, muhasebede taşımacılık planlamasında daha kullanışlı olmaktadır.

Sisteme siparişin girdiğinde, iki tür akışın yönetilmesi gerekmektedir : Malların akışı, bilgi akışı. Satış yöneticisi, ofis personeli, depo ve gemi personeli arasındaki iyi iletişim, doğru sipariş süreci için gereklidir. Gemiye veya araca yanlış yükleme veya yanlış sipariş alımı, stoklarda düzensizliğe veya yavaş dağıtıma yol açabilir. Malların akışı ve bilgi akışı sürekli olarak gözlemlenmeli, hatalar fatura hazırlanmadan ve yükleme yapılmadan giderilmelidir.

4.4.2 Malzeme Taşıma

Ticari taşıma, Assael'e (1993) göre; envanteri yerleştirme, düzenleme, gemiye yüklemeden önce paketleme için ürünleri montaj alanına taşıma, yükleme alanına taşıma ve müşteriye ulaştırmak için taşıma aracına yükleme faaliyetlerini kapsar.

Malzeme taşıma veya ürünlerin fiziksel taşınması ise ticari taşıma ifadesine göre daha yaygın kullanılan bir ifadedir. Genellikle işletme içi faaliyetlerin tanımlanmasında kullanılır; depo faaliyetlerinin verimliliğinde ve üretim noktasından tüketiciye ulaştırmada önemli bir yere sahiptir. Ürünün özellikleri, taşımanın nasıl yapılacağına karar vermede önemlidir (Pride ve Ferrell, 1985).

Malzeme taşıma prosedürleri ve teknikleri, depoların kullanılabilir kapasitesini yükseltir, taşıma sayılarını azaltır, müşteri hizmetlerini ve tatminini geliştirir.

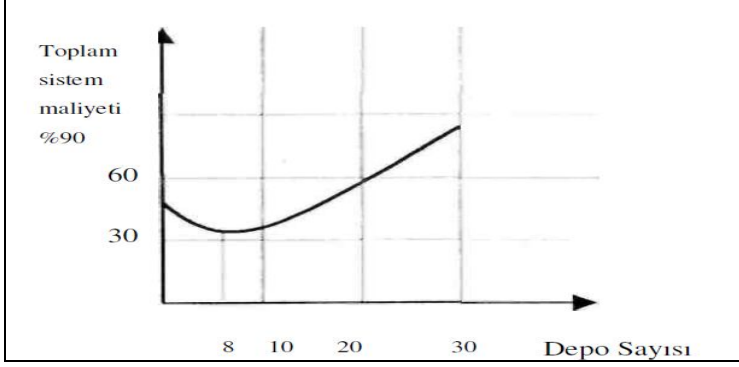
Paketleme, yükleme ve hareket sistemlerini, maliyetin azaltılması ve müşteri tatmini kavramları ile ilişkilendirilmelidir.

Malzeme taşıma ekipmanlarına örnek olarak; bir veya daha fazla kutu veya kasayı taşıyabilen paletleri, verimli yüklemeyi ve hareketi sağlayan forkliftleri, el arabalarını ve konveyör sistemlerini verebiliriz.

4.4.3 Depolama

Depolar, müşterinin siparişlerini zamanında karşılayabilmek için fabrikaların elde tuttukları stoklardır. Birçok firma için depoların yerine ve sayısına karar verme, dağıtım sisteminin verimliliği için önemlidir. Bu kararların, taşıma, envanter, sipariş işleme, malzeme taşıma gibi fiziksel dağıtımın alt sistemlerine etkisi büyüktür.

Depolama, uzun dönemli finansal planların oluşturulmasında önemli bir yere sahiptir. Fakat, optimal sistemin tasarımı sırasında depolamanın diğer alt sistemlerle olan ilişkisini göz ardı etmek lazımdır (Czinkota ve diğ.,1999). Sekil 4.1'de depo sayısı ve maliyet arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Depo Sayısı ile Maliyetin İlişkisi (Lekashman ve Stolle ,1965)

Şekil 4.1’de toplam sistem maliyetini oluşturan kalemler, sigorta, taşıma maliyetleri, envanter taşıma maliyetleri, amortisman, veri süreci ve iletişim maliyetleri, dağıtım kanalı maliyetleri ve müşteri hizmeti maliyetleridir. Şekilde görüldüğü üzere sekizden az depoya sahip olduğumuzda toplam sistem maliyetimiz yüksek ve müşterinin istediğinden daha az hizmeti vermekteyiz. Sekizden fazla depomuz olduğunda ise müşteriye hizmet artmakta fakat maliyet yükselmektedir.

Mallar depolanmada da talep noktalarına gönderilebilir. Ancak bunun etkisi üretim programında değişiklik, alıcıya sağlanan hizmet düzeyinde düşme ve taşıma araçlarının verimsiz kullanılması olur. Sonuç maliyetlerinin yükselmesi veya gelirin düşmesidir. Bu sebeple depolamayı gerektiren nedenleri şu şekilde sıralayabiliriz :

- Üretilen malların üretim noktalarının uzak yerlerdeki talep noktalarına daha kolay ulaştırabilmesi için,
- Malların mevsimlik dalgalanmalarından doğan arz talep dengesizliklerinin önlenmesi için,
- Fiyat ve mal arzındaki dalgalanmaların önlenmesi için,
- Tüketim noktalarının arzuladıkları zamanda bu malları bulabilmeleri için yani mallara zaman faydası yaratmak için.

4.5 Dağıtım Stratejileri

Firmalar ürünlerini müşterilerine ulaştırmak değişik dağıtım stratejileri kullanmaktadırlar. Dağıtım yöneticileri müşteri ihtiyaçları doğrultusunda ürettikleri ürünün özelliklerine ve pazara olan mesafeyi göz önüne alarak en kısa zamanda, en düşük maliyetli ve en yüksek servis seviyesini verecek olan dağıtım stratejisini belirleyerek firmanın izleyeceği dağıtım politikasını oluşturmalıdırlar.

4.5.1 Çapraz Sevkiyat (Cross-docking)

Bu strateji Wal-Mart'ı ünlü yapan bir stratejidir. Bu sistemde depo fonksiyonları envanter stoklama noktaları olarak kabul edilir. Tipik cross-docking sisteminde imalatçılardan depolara gelen parçalar uygun bir hızda ve uygun şartlarda perakendecilere dağıtılır. Malzemeler depoda çok az bir zaman kalır, bu zaman genelde 12 saatten az olur.

Bu sistem envanter maliyetlerini sınırlar ve stoklama zamanını arttırarak temin süresini arttırır. Ayrıca bu sistem önemli bir başlangıç yatırımına ihtiyaç duymaktadır ve bu sistemi yönetmek zordur. Çünkü ;

1. Dağıtım merkezlerini, perakendecileri ve tedarikçileri en iyi şekilde çalışmalarını sağlamak amacıyla ileri bilgi sistemleri ile bağlamak gereklidir.
2. Hızlı bir transportasyon sistemi bu sistem için gereklidir.
3. Tahminler kritiktir ve bilgi paylaşımı zorunludur
4. Bu sistem büyük dağıtım sistemleri için etkilidir.

Çok az sayıda firma bu stratejiyi kullanmaktadır. Tipik olarak farklı ürünler için farklı yaklaşımlar kullanılır (Levi ve Kaminsky, 2000).

4.5.2 Döngüsel Sefer (Milk-Run)

Milk-Run adını verilen sistemde ise VMI'in tersi yapılmaktadır. Araçlar ayarlanıp tedarikçilerin ayağına gidilmektedir. Amaç sık ve karma sevkiyat almaktır. Bu sistemde fabrika içi stok alanı ihtiyacı da oldukça azalmaktadır.

Son dönemde Milk-run yaygınlaşmaya başlamıştır. Bir lojistik firması aracılığıyla, aynı bölgede bulunan tedarikçilerden sık sık ve az az mal alımı şeklinde özetlenebilir. Lojistik hizmeti veren firmaya, lider lojistik sağlayıcı (LLP-Lead Logistics Provider) denmektedir. Tamamen alıcının 'yap bekle' dediği sistemlerdir.

Alıcı stokları azalmaktadır ancak, toplamda çok da fark yoktur. Çünkü alıcı hanesinden silinen her kalem, misli ile tedarikçi hanesine yazılmaktadır. Özellikle alıcının bizzat gelip de aldığı veya aldırıldığı durumlarda, iş daha vahim boyutlara ulaşabilir. Çünkü, tedarikçinin parçaları gönderdiği durumda, asıl olan daha önceden ilan edilen alım programlarıdır. Oysa ikinci durumda (milk-run,vs) şayet o an ihtiyaç olmadığına karar verilirse, daha önceden ilan edilmiş ve tedarikçiye ürettirilmiş olsa dahi, parçaların alınmama durumu söz konusu olur. Tedarikçinin de yükleyip gönderme şansı yoktur. Yani ihtiyaç, kağıt üzerinde ya da ekran üzerinde yazılı durur, alıcı gelip de parçaları almaz, ama tedarikçi parça alınmıyor diye bir sonraki programı dikkate almama sansına sahip değildir. Bu döngü böyle sürüp gitmektedir.

(http://sistem.ie.metu.edu.tr/lojistik_ve_EM.htm)

5. ARAÇ ROTALAMA ve ÇİZELGELEME

5.1 Araç Rotalama

Lojistik genel olarak ürünün yada hizmetin bir tedarik noktasından çeşitli talep noktalarına taşınması olarak tanımlanmaktadır. Tam bir lojistik sistemi hammaddelerin satıcılardan yada tedarikçilerden alınarak taşınması, bu hammaddelerin üretim için imalat fabrikalarına dağıtılması, üretilen bu ürünlerin depolara yada dağıtım merkezlerine aktarılması ve son olarak müşterilere dağıtılmasını kapsamaktadır. Hem dağıtım hem de tedarik prosedürleri etkili bir taşıma yönetimine ihtiyaç duymaktadır. İyi bir dağıtım yönetimi işletmenin toplam dağıtım maliyetlerinde önemli ölçüde bir azalma sağlayabilmektedir (Tan, 2000).

İşletmelerin toplam lojistik maliyetlerinin 1/3 - 2/3'ü dağıtım maliyetlerinden kaynaklandığından dağıtım ekipmanının ve personelinin etkili ve verimli bir şekilde kullanılması işletme yöneticileri açısından önemli bir ilgi alanı haline gelmiştir. Dağıtım maliyetlerini azaltmak ve müşterilere sunulan servisin kalitesini arttırmak için en kısa zamanı yada mesafeyi verecek olan, bir aracın şebeke içerisinde izleyeceği en uygun rotayı bulmak günümüzde en çok tartışılan bir konu haline gelmiştir (Ballou, 1999).

Standart bir araç rotalama probleminde depolardan araçlar vasıtasıyla değişik noktalarda bulunan müşteri noktalarının talepleri karşılanmaya çalışılmaktadır. Bunu gerçekleştirirken amaç etkili ve verimli bir şekilde müşteri ihtiyaçlarını mümkün olan en kısa zamanda, en kısa yoldan ve en az maliyetle karşılayan rotayı belirlemektir. Araç rotalama yapılırken şu unsurlar dikkate alınmalıdır:

- Şebeke içerisinde bulunan müşterilerin talepleri tamamıyla karşılanmalıdır.

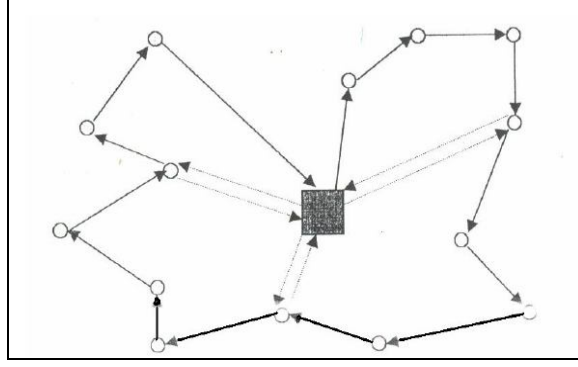
- Şebekede bulunan her varış noktası tek bir araç tarafından sadece bir defa ziyaret edilmelidir.
- Rota depodan başlamalı ve tekrar depoda sonlanmalıdır.
- Rota üzerinde bulunan müşterilerin toplam talep miktarı aracın toplam kapasitesinden fazla olmamalıdır.
- Her bir araç sadece bir rota üzerinde faaliyet göstermelidir.
- Araç rotalamanın temel amacı araçların kat edecekleri toplam mesafenin minimize edilmesi olmalıdır (Tan, 2000).

Literatürde çok sayıda araç rotalama problemi yer almaktadır. Fakat biz burada sadece bir orijin noktasının ve çok sayıda da dağıtım noktasının bulunduğu şebeke içerisindeki araç rotalama probleminden bahsedeceğiz.

Tek orijin noktası ve çok sayıda varış noktası olan bir şebeke içerisinde araç rotalama iki şekilde yapılabilmektedir. Bunlar tek araçlı araç rotalama ve çok araçlı araç rotalama yöntemleridir.

5.1.1 Tek Araçlı Rotalama

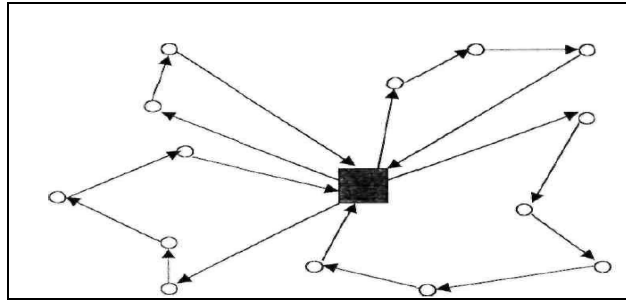
Tek araçlı araç rotalama yönteminde şebekede bulunan tüm müşterilerin ihtiyaçları sadece bir araç kullanarak karşılanmaya çalışılmaktadır. Araç kendi kapasitesini dolduracak kadar yüklendikten sonra birinci rota baslar ve belirlenen rota üzerindeki tüm müşterilere uğradıktan sonra tekrar depoya döner. Şebekede talebi karşılanmayan diğer müşterilerin talepleri aynı yöntemle aracın kapasitesine uygun bir şekilde tekrar araca yüklenir ve araç ikinci rotasına çıkar. Bu şekilde şebeke içerisindeki müşterilerin ihtiyaçları karşılanıncaya kadar araç rotalamaya devam edilir. Tek araçlı araç rotalama örneği Şekil 5.1'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1: Tek Araçlı Rotalama (Tan,2000)

5.1.2 Çok Araçlı Rotalama

Bu yöntemde şebekede bulunan müşterilerin ihtiyaçları çok sayıda araç kullanılarak karşılanmaya çalışılır. Şebekede müşterilerin talepleri araç kapasitelerine uygun olarak yüklendikten sonra araçlar aynı anda belirlenen rota üzerindeki noktalara uğrayarak talepleri karşılarlar ve tekrar depoya geri dönerler. Araçlar ikinci bir rota için yüklenmezler. Çok araçlı araç rotalamanın tek araçlı araç rotalamadan farkı, şebeke içerisindeki rota sayısı kadar araca gereksinim duyulmasıdır Bu yöntem diğer yöntemlere göre talepleri daha çabuk karşılamaktadır. Çok araçlı rotalama örneği Şekil 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.2 :Çok Araçlı Rotalama (Tan,2000)

5.2 Rotalama Prensipleri

Araştırmacılar ve uygulayıcılar daha başarılı rotaların oluşturulması için, çalışmalarda aşağıdaki sekiz prensibin göz önünde bulundurulmasını önermişlerdir (Kocaoğlu, 2003).

- 1) Noktalar arasında en yakın olanlar seçilmelidir. Bu sayede toplam gidilen yolun kısalması sağlanır.
- 2) Farklı günlerdeki dağıtımlar birleştirilmelidir. Bu şekilde benzer noktalardaki dağıtımlar birleştirilerek, aynı rotaların yakın tarihlerde tekrar gidilmesi engellenir.
- 3) Rotalara, mümkün olan en uzak noktaya uğrayarak başlanmalıdır.
- 4) Yapılacak olan rotalamaların şekli, gözyaşı şeklinde olmalıdır. Bu sayede uzak noktalara ulaşımında kazanç elde edilebilecektir.
- 5) Mümkün olan en yüksek kapasiteli araçlar seçilmelidir. Bu sayede toplam maliyetler azalacak ve avantaj elde edilecektir.
- 6) Eğer yapılabiliyorsa dağıtım ve tedarik aynı araçlarla yapılmalıdır. Bu sayede toplam maliyet ve gereken zaman azalacaktır.
- 7) Rota dışındaki noktalara ulaşılmasında küçük araçlar kullanılmalıdır.
- 8) Gerekirse dağıtımların ve tedariklerin zamanları tekrar değerlendirilerek zaman tasarrufu sağlanmalıdır.

5.3 Araç Rotalama Probleminin Temel Bileşenleri

Araç rotalama problemlerinin temel bileşenlerini; talep yapısı, taşınacak malzemenin tipi, dağıtım/ toplama noktaları ve araç filosu oluşturur.

Talep Yapısı: Araç rotalama problemlerinde talep statik veya dinamik olabilir. Statik talep durumunda talep önceden bilinir. Dinamik durumda ise bazı düğümlerdeki talep bilinmekte bazıları ise araç rotasında devam ederken belirli olmaktadır.

Malzeme Tipi: Araçlarla çok çeşitli malzemeler taşınır. Tehlikeli maddeler, gıda maddeleri, gazete dağıtımı, çöp toplama bütün bunlar basit paketler olarak adlandırılır ve probleme ilave bir karmaşıklık getirmezler. Diğer taraftan öğrenci servisleri; güvenlik, etkinlik gibi ilave bazı amaçlardan ötürü daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Tehlikeli maddeleri taşıyan araçların rotalarının belirlenmesinde ise coğrafi özellikler büyük önem kazanır (Eryavuz, 2001).

Dağıtım / Toplama noktaları: Birçok araç rotalama probleminde, dağıtım noktaları müşterilerin bulunduğu yer, toplama noktaları ise depodur. Tüketim mallarının fabrikalardan toptancılara dağıtımına buna iyi bir örnektir. Depo genellikle aracın rotasına başladığı ve geri döndüğü noktadır. Depo sayısına göre problem, tek depolu ve çok depolu diye adlandırılabilir. Çok depolu problemlerde, depoların her biri kendi araçlarıyla işlerini yürütebilir, bu durumda problem birkaç bağımsız tek depolu araç rotalama problemine dönüşür. Araç bir depodan çıkıp, başka bir depoda yükleme/boşaltma yapabilir. Bu durumda problem bir bütün olarak ele alınmalıdır.

Dağıtım noktaları sabit ve önceden biliniyorsa hangi noktalara, hangi araçların hizmet vereceği belirlenmelidir. Diğer durumda dağıtım noktaları potansiyel yerler arasından seçileceği için ilave bir yerleştirme kararı gerekir.

Bazı araç rotalama problemlerinde dağıtım ve toplama noktaları aynıdır. Örneğin öğrenci servislerinde okul, gidişte dağıtım noktası, duraklar toplama noktası; öğrenciler evlerine dönerken ise okul depo, duraklar ise dağıtım noktalarıdır (Eryavuz, 2001).

Filo: Bütün araç rotalama problemlerinde araçların kapasitesinin bilindiği ve çoğunlukla araçların homojen (aynı kapasitede) olduğu varsayılır. Filo heterojen ise filodaki araçların taşıma kapasiteleri farklıdır. Bu durum hangi araç tipinin, hangi rotaya hizmet vereceğinin belirlenmesini, yani ilave bir kararı gerektirir. Araçların diğer özellikleri arasında hız, yakıt tüketimi, taşınacak malzemeye uygunluğu sayabiliriz. Bu özelliklerin rotalama kararlarına doğrudan etkisi yoktur.

5.4 Araç Rotalama Probleminin Yan Kısıtları

Araç rotalama problemleri, çok sayıda yan kısıda sahip olabilirler. Burada bunlardan en önemli olan ve en fazla karşılaşılan beş yan kısıttan söz edilmektedir. Aşağıda özetlenen yan kısıtlardan bir veya bir kaçının varlığı problemin çözüm yöntemini etkilemekte, hatta bazen tamamen değiştirebilmektedir. Yan kısıtlar (Kaya, 2005);

- 1) Kapasite kısıtları: Her bir müşteriye dair bir pozitif ağırlık (veya talep) vardır. Herhangi bir aracın rotası üzerindeki ağırlıkların toplamı aracın kapasitesini aşamaz.
- 2) Herhangi bir rota üzerindeki müşteri sayısı bir q sayısını aşamaz. (Bunun özel bir durumu, $i > 1$ için i 'nin talebi $d_i = 1$ olmak üzere, araç kapasitesi $D = q$ olması halidir).
- 3) Toplam zaman kısıdı: Herhangi bir rotanın uzunluğu, belirli bir L sınırını aşamaz. Bir rotanın uzunluğu, rota üzerindeki müşteriler arasındaki seyahat süreleri (P_{ij}) ve her bir müşterideki duraklama süreleri (t_i) toplamından oluşmaktadır.
- 4) Zaman pencereleri: Müşteri i , $[a_i, b_i]$ zaman aralığı içerisinde ziyaret edilmelidir.
- 5) Şehirler arasındaki öncelik ilişkileri: Müşteri i , müşteri j 'den önce ziyaret edilmelidir.

5.4.1 Araç Rotalama Probleminin Çözümünü Zorlaştıran Özellikler

Araç rotalama problemi basit bir problem gibi görünmesine karşın, gerçek yaşamda karşımıza çıkan pek çok rotalama problemi, sanıldığından çok daha karmaşıktır.

Aşağıda araç rotalama problemlerinin çözümünü zorlaştıran etmenlerden bazıları verilmiştir.

- 1) İsteklerin frekansı: Müşterilerin hizmet talepleri belirli bir frekans ile ortaya çıkabileceği gibi, bu frekans müşteriden müşteriye değişebilir. Örneğin, ekme sipariş eden müşterilere teslimatlar günlük olarak yapılmaktadır. Yani ekme talebinin frekansı belirlidir ve 1 gündür. Bunun aksine evsel kullanım için yakıt veya tüp gaz teslimatında

ise talep frekansı kullanım oranına bağlıdır ve müşteriden müşteriye çok değişebilmektedir.

2) Zaman Pencereleeri: Zaman pencerelerinin varlığı, müşteri yerleşimlerinin spesifik zamanlarda ziyaret edilmeleri zorunluluğunu ifade etmektedir. Öğrenciler için okul servis taşıtlarının rotalanması buna iyi bir örnektir.

3) Günün hangi zamanında bulunulduğuna bağlı olarak değişen seyahat süresi: Ziyaret edilecek müşterilerin şehir merkezlerinde bulunmaları durumunda trafik sıkışıklığı önemli bir faktör olabilmektedir. Ayrıca işe başlama ve işten çıkış saatlerinde seyahat süresi değişebilmektedir. Bu gibi durumlarda, seyahat süresi gün içindeki zamanlara göre değişmekte ve bunun sonucu olarak bir müşteriler şebekesindeki her bir hatta ait maliyet de gün içindeki zamana bağlı olmaktadır.

4)Çok boyutlu kapasite kısıtları: Aynı anda hem hacim hem de ağırlık üzerinde kısıtlar olabilmektedir. Bu durum, özellikle farklı ürünleri taşımak için aynı araçlar kullanıldığı zaman bir sıkıntı yaratabilmektedir.

5)Farklı tipte araçların varlığı: Büyük firmalar, pek çok alternatif tipte araçlara sahip olabilirler. Taşıtların tipleri, kapasite, işletim maliyeti ve aracın kapalı turlarla kısıtlanmış (yani aracın işini bitirdikten sonra depoya geri dönmek zorunda) olup olmamasına göre farklılık gösterebilirler. Birçok farklı tipte aracın varlığı uygun seçeneklerin sayısını büyük ölçüde artırmaktadır.

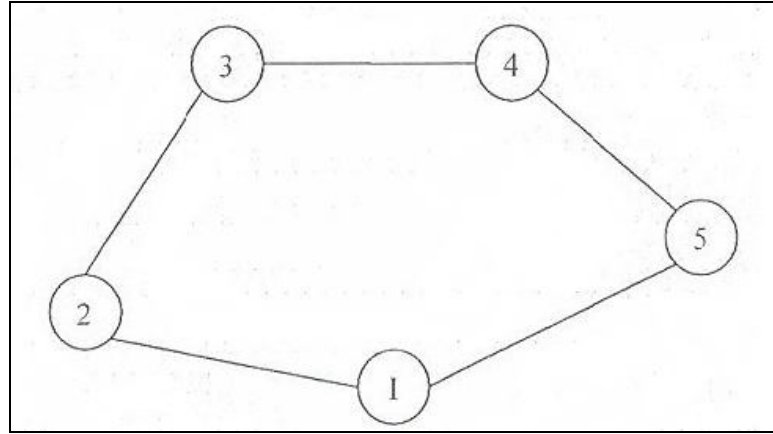
6)Bölünebilir taleplerin varlığı: Eğer bir müşteri özel bir talebe sahip ise, bu müşteriye birden fazla aracın tahsis edilmesi akılcı olabilir.

7)Belirsizlik: Taşıtların rotalama algoritmaları hemen hemen her zaman gerekli bilgilerin önceden bilindiğini varsaymaktadırlar. Aslında bir müşteriler şebekesinin belirli kısımlarını kat etmek için gerekli olan süre, trafik ve hava koşulları ve araç arızaları gibi faktörlere bağlı olarak büyük ölçüde değişebilmektedir (Kaya, 2005).

5.5 Rotalama Türleri

5.5.1 Rota Süresi Sınırsız Rotalama Problemleri

Rota süresi, depodan ayrılan bir aracın depoya dönmesi için gereken süre olarak tanımlanabilir. Rota süresi sınırsız rotalama problemlerinin belki de en iyi örneği, tek araçlı gezgin satıcı problemleridir. Bu problem, tek bir araç ile bir "Hamiltonion tur" oluşturulması esasına dayanmaktadır. Bir Hamiltonion tur, bir $G = [F, A]$ ağında, her bir düğümden kesinlikle bir kez geçen turu göstermektedir. Bu ağda, (F),düğümler kümesidir; (A) kollar (adresleri birbirine bağlayan yollar) kümesini göstermektedir. Problemin amacı, toplam tur uzunluğunu ya da maliyetini en küçükmektir. Bu problemde, adreslere uğranılacak zamanlar ve rota süresi ile ilgili girdiler ve kısıtlar yoktur. Gezgin satıcı probleminin optimum çözümü, Şekil 5.3'te verilen (1-2-3-4-5-1) rotası olduğu kabul edilirse, eğer posta uzunluğu ya da maliyeti, seyahatin yönünden etkilenmiyorsa; bir gezgin satıcı probleminde adres-zaman ilişkisi olmadığı için araç (1-5-4-3-2-1) sıralamasını da izleyebilir.



Şekil 5.3 : Gezgin Satıcı için Çözüm Örneği (Erel,1995)

Bu tür adresler düğümler ile karakterize edildiğinden, bu tür problemler "düğüm rotalaması problemleri" olarak da adlandırılmaktadır. Bunun yanı sıra Çinli Postacı Problemi'nde olduğu gibi, adreslerin kollar ile karakterize edildiği problemlerde de "kol rotalaması problemleri" adı verilmektedir (Erel, 1995).

5.5.2 Rota Süresi Sınırlı Rotalama Problemleri

Bu problemde, araçların kat ettikleri toplam uzunluk en küçüklenmektedir. Depodan ayrılan araçlar belirli adreslere (düğümlere uğradıktan sonra aynı depoya dönmek zorundadırlar. Bir aracın depodan depoya olan rota süresi, en büyük rota süresini asmamalıdır. Bu kısıt, adresler kümesine hizmet verecek olan araç sayısının belirlenmesinde önemli bir rol oynar.

Rota süresi ile birlikte araç sayısının da sınırlı olduğu bir problemin çözümünde, bazı adreslere uğranılamaması durumu ile karşılaşılabilir. Eğer bütün adreslere mutlaka uğranılması gerekiyorsa ve araç sayısını arttırmak olanaksızsa, en büyük rota süresi asılmak zorunda kalınabilir. Bu durumda asılan her birim süre için bir ceza maliyeti verilerek, toplam ceza maliyeti en küçüklenir. Böyle bir yaklaşım araç sayısının sınırlı olmasını bir "katı kısıt", rota süresinin sınırlı olmasını bir "gevsek kısıt" yapar. Bir "katı kısıt" kesinlikle uyulması gereken, bir "gevsek kısıt" ise uyulması istenilen kısıtlardır. Görüldüğü üzere problemin yapısı, rota süresinin sınırlandırılmasından önemli ölçüde etkilenmektedir (Erel, 1995).

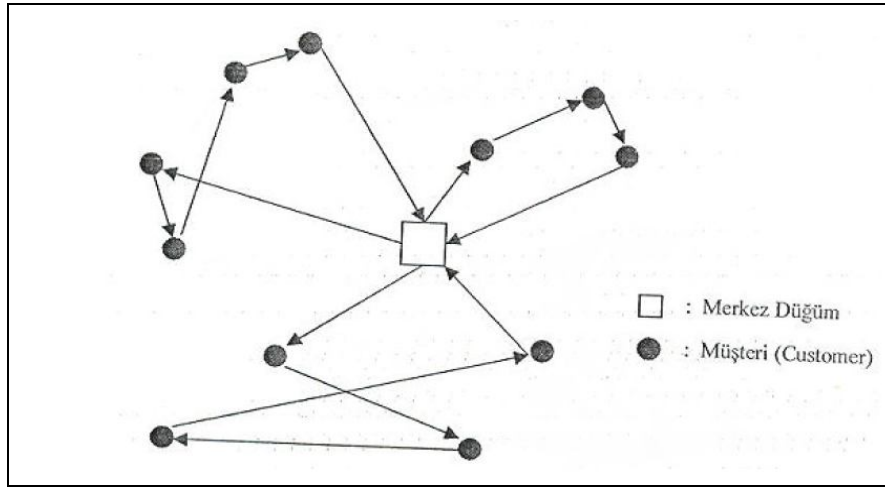
5.5.3 Zaman Pencereleli Rotalama Problemleri

Zaman pencereleli araç rotalama problemleri, en küçük maliyetli rota kümelerinin tasarımı, merkez bir depo yaratmayı ve bilinen belirli bir talebe bağlı filo rotalamayı kapsamaktadır. İlk etapta, yolcular, kapasiteler göz önünde bulundurulmadan araçlara görevlendirilmektedir.

Zaman penceresi, sert veya yumuşak olabilmektedir. Sert bazlı vakalarda, eğer bir araç müşteriye erken bir zamanda ulaşırsa, araç müşteri gelinceye kadar beklemelidir. Ancak, aracın bir düğüme, hizmete başlaması için gereken en geç zamandan (latest time) sonra varılmasına izin verilmez. Tersine, yumuşak vaka bazlı çalışmalarda, zaman bazları bir maliyetle bozulabilmektedir (Desrosiers ve dig.,1993).

Zaman pencereli araç rotalama problemleri, araç rotalama problemlerini de içeren ve zaman kısıdının da göz önünde bulundurulduğu bir yapıdır. Araç rotalama problemleri konusunda literatürde pek çok deneysel çalışma mevcuttur. Şekil 5.4 Zaman pencereli araç rotalama problemlerini resimlemektedir.

Zaman bazı, genellikle doğal olarak esnek zaman çizelgeleriyle çalışan organizasyonlarda karşılaşılan bir durumdur. Sert zaman bazlı spesifik örnekler; banka sevkiyatları, posta iletileri, okul servisleri rotalama ve çizelgeleme. (Desrosiers ve diğ., 1993).



Şekil 5.4: Genel Zaman Pencereli Araç Rotaları (Desrosiers ve diğ., 1993)

Araç rotalama problemleri, NP-zor sınıfta yer almaktadır. Aynı şekilde zaman pencereli araç rotalama problemleri de NP-zor sınıfta yer almaktadır. Genellikle kullanılan çoğu metot merkezi bir düğüm ve türdeş filoların varlığını kabul ederken, bu metotlar, kolay büyümeleri kabul ederler. Filodaki her bir araç için spesifik öncelikler ve kısıtlar, bir sonraki bölümde verilen formülasyonlarda izah edilmiştir. Bu genellenmiş model ve çözüm yaklaşımı, bu nedenle planlanabilirlik açısından uygun bir yaklaşımdır.

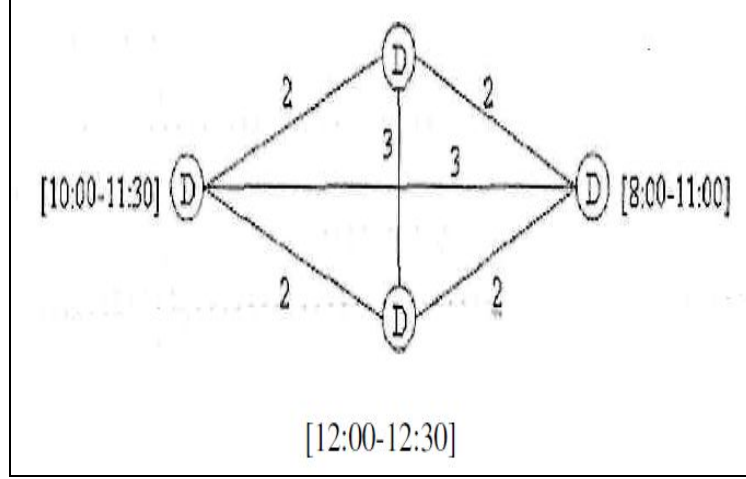
Yük taşımacılığına baktığımızda bu problemlerin genellikle, malların dağıtılması veya toplatılması ile ilgili olduğu görülmektedir. Bir mal grubu, bir adresten alınıp çeşitli adreslere ya da adreslerden alınıp tek bir adrese götürülebilir. İlki, "tek toplama adresinden çok dağıtım adresine", ikincisi "çok toplama adresinden tek dağıtım adresine" tarzlarında olan problemleri ortaya koyar, "birkaç toplama adresinden çok

dağıtım adresine", "çok toplama adresinden birkaç dağıtım adresine "ve "çok toplama adresinden çok dağıtım adresine" tarzlarındaki problemler de olabilmektedir. Bu tür problemlerde genellikle, malların alınacağı ya da dağıtılacağı adreslere, belirli bir zaman aralığında hizmet verilmesi istenmektedir. Bu aralıklar, "zaman pencereleri" olarak adlandırılırlar. Zaman pencereleri iki sınıfta incelenebilir (Erel, 1995):

- Çift sınırlı zaman pencereleri,
- Tek sınırlı zaman pencereleri

Çift sınırlı bir zaman penceresinde, adrese uğranabilecek en erken zaman ve en geç zaman belirlidir. Dolayısı ile, bir araç bir adrese zaman sınırları içinde uğramalıdır. Zamanından önce adrese erişen bir aracın, bu zamana kadar bekleyeceği kabul edilir. Aracın, sınırından sonra adrese uğramasına asla izin verilmez. Tek sınırlı zaman pencereleri, uğranılabilecek "ilk zamanı belirli olanlar" ve "son zamanı belirli olanlar" şeklinde ikiye ayrılabilirler.

Zaman pencereli rotalama problemleri genellikle, "önce müşteriye istediği zaman aralığında hizmet verilmesi ve sonra rotanın optimize edilmesi (önce müşteri, sonra rota), ise "yalnızca rotanın optimize edilmesi (yalnız rota)" stratejilerine dayanan problemlerdir. Şekil 5.5'te verilen örnek, bir depodan, (1), (2), (3) nolu adreslere dağıtım yapılmasıyla ilgilidir. (1), (2) ve (3) nolu adreslere, verildikleri sıraya göre (8:00-11:00), (12:00-12:30) ve (10:00-11:30) zaman pencerelerinde hizmet verilmesi gerekmektedir. İki adres arasında seyir süresi, şekilde adresleri bağlayan kollar üzerinde verilmiştir. Bu problem bir gezgin satıcı problemi olsaydı, optimal tur (D-1-2-3-D) olurdu ve bir araç yeterliydi. Zaman pencereleri dikkate alındığında, depodan ayrılarak önce 8:00'da (1) nolu adrese ve sonra (1) nolu adreste hiç zaman kaybetmediği varsayımı ile 11:00'da (3) nolu adrese erişen bir araç, (2) nolu adrese belirlenen zaman penceresi içinde erişemeyeceği için, depoya dönmek zorundadır. (2) nolu adrese başka bir araç hizmet vereceğinden, problemin çözümünde toplam iki araç gerekecektir. [12:00-12:30].



Şekil 5.5: Zaman Pencereleli Bir Rotalama Problemi (Erel, 1995)

Yukarıda verilen örnekte, (3) nolu adrese, kesinlikle (2) nolu adresten önce hizmet verilmesi gerektiği açıkça görülmektedir. Hangi adreslere, hangi adreslerden daha önce uğranılması gerektiği, "görev önceliği kısıtı" olarak adlandırılmaktadır. Bu kısıt, zaman pencerelerinin ortaya koyduğu bir kısıt olabileceği gibi, bir işlemin başka bir işlemden önce yapılması gerektiğini gösteren bir kısıt da olabilmektedir. Örneğin, toplama işlemlerinin, dağıtma işlemlerinden önce yapılması gibi.

Zaman pencereleli rotalama problemleriyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan Desrosiers ve arkadaşlarının (1987) rotalama problemlerinde, bir araç deposu vardır, her bir aracın kapasitesi sınırlıdır ve her bir müşteriye bir zaman penceresinde hizmet verilebilir. Solomon ve arkadaşları (1993) ise, rotalama problemleri için kullanılan ve kol değiştirme prosedürü olarak tanımlanan sezgisel yaklaşımı, zaman pencereleli bir rotalama problemi çözümünde kullanmışlardır.

Aşağıda; hem araçların kapasite kısıtlarını hem de araçların depoya en geç dönüş zamanlarından etkilenen zaman kısıtlarını ölçen bir formülasyon yer almaktadır.

$U = \{1, \dots, m\}$ hizmet eden araç sayısının kümesi olsun. $V^c =$ müşteri noktalarının kümesi olsun (depo hariç)

$R_i = \min_{j,j \neq i} t_{ij}$, $i,j \in V$ düğüm i den en yakın komsuya seyahat süresi olarak tanımlanmıştır. Bu nicelik düğüm i 'den her hangi bir düğüme seyahat zamanının alt sınırı olarak kullanılmaktadır.

$w = l_i + s_i + t_{i0}$, $i \in V^c$, son müşteri olan düğüm i 'ye en geç servis zamanında hizmet ettikten sonra depoya dönüş zamanı olarak tanımlanmıştır. Tüm w_{i0} lerin deponun kapanma zamanını geçirmediğini varsayılmıştır. $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ m müşterinin V 'deki listesi olsun. Araçlar eşit olduğundan, G nin m elemanı ,her m aracı için depoya en geç dönüş zamanını temsil eder.

Karar değişkenleri :

$X_{ij} \in \{0,1\}, i \in V^c, j \in U$;

Sadece ve sadece i düğümündeki müşteri araç j ile hizmet verildiğinde, $x_{ij} = 1$ 'dir.

$$\max \sum_{i \in V^c} \sum_{j \in U} x_{ij} \quad (5.1)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j \in U} x_{ij} \leq 1, \quad \forall i \in V^c \quad (5.2)$$

$$\sum_{i \in V^c} x_{ij} d_i \leq Q, \quad \forall j \in U \quad (5.3)$$

$$\sum_{i \in V^c} x_{ij} (s_i + r_i) + r_0 \leq w_{j0}, \quad \forall j \in U \quad (5.4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i \in V^c, j \in U \quad (5.5)$$

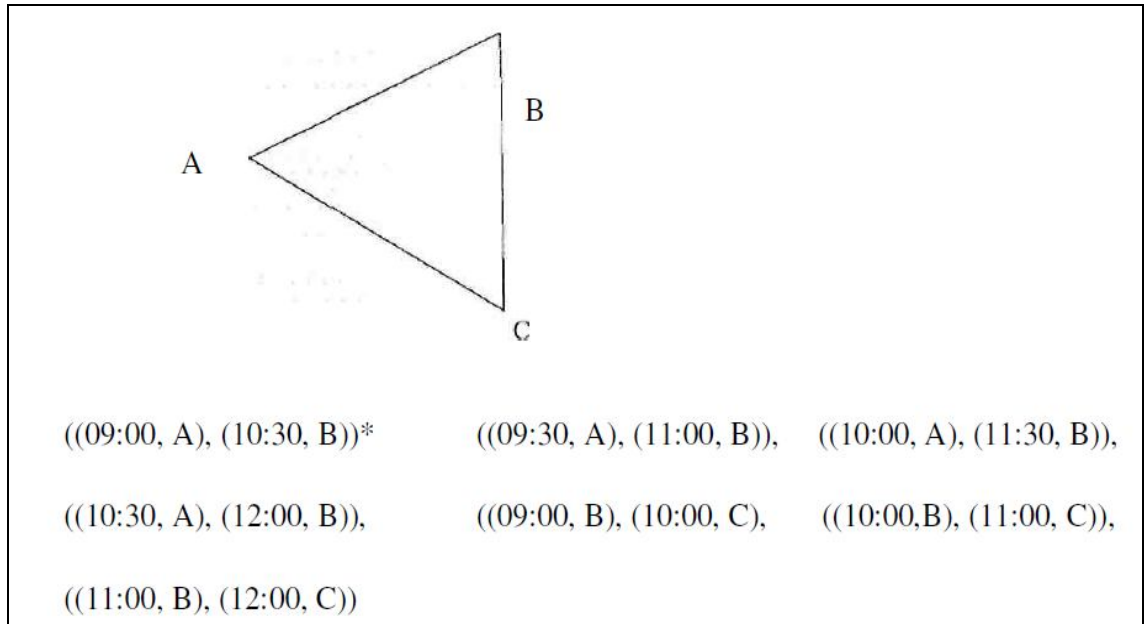
Kısıt (5.2) her müşterinin tek bir araç tarafından ziyaret edilmesi gerektiğini göstermektedir. Kısıt (5.3) araç kapasite kısıdının ihlal edilememesi gerektiğini göstermektedir. Kısıt (5.4) bazı lineer zaman kısıtlarını göstermektedir: Her araç için, depoya en erken dönüş zamanı, mümkün olan en geç dönüş zamanını aşamaz. Bu

formülasyon da iki düğüm arasındaki gerçek seyahat süresi ihmal edilmiştir.(Lau ve dig., 2003).

5.5.4 Eş zamanlı Rotalama ve Çizelgeleme Problemleri

Bir toplu taşıma sisteminde yolcu taşımacılığı, bir adreste başlayan ve başka bir adreste biten hatların üzerinde yapılmaktadır. Düzenli taşımacılık yapan işletmelerde, her bir seferin kalkış ve varış zamanları önceden belirlenmektedir. Böylece bir sefer başlangıç (kalkış) zamanı /yeri ve bitiş (varış) zamanı/yeri ile tanımlanabilir. Bu şekilde karakterize edilen her bir seferin, filodaki hangi araç ile yapılacağını belirlemek işleme, "eşzamanlı rotalama ve çizelgeleme" adı verilmektedir. (Erel, 1995).

Eşzamanlı rotalama ve çizelgeleme, Şekil 5.6 yardımı ile daha kolay açıklanmaktadır.



Şekil 5.6: Bir Yol Ağında (A-B) ve (B-C) Hatları Üzerindeki Seferler (Erel, 1995)

*Her bir sefer (görev), ((kalkış zamanı, kalkış yeri), (varış zamanı, varış yeri)) ile gösterilmektedir.

Bu şekilde, (A), (B) ve (C) duraklarını birbirine bağlayan basit bir yol ağı gösterilmekte ve (A-B) ile (B-C) hatları üzerindeki görevler (seferler) kümesi verilmektedir. Eğer, araçlar ile ilgili maliyetler ihmal edilecek kadar küçük olsaydı, söz konusu görevlerin,

her birine başka bir araç atayarak, eşzamanlı rotalama ve çizelgeleme yapılabilirdi. Araçların yatırım ve işletme maliyetlerinin büyük olması nedeniyle, böyle bir uygulamanın yapılamayacağı açıktır. Bu nedenle, eşzamanlı araç rotalama ve çizelgeleme, "her bir aracın gerçekleştireceği görevlerin" sıralamasını" veren bir optimizasyon problemi olarak ele alınmaktadır (Erel, 1995).

Bir eşzamanlı rotalama ve çizelgeleme probleminde, en yaygın olarak dikkate alınan kısıtlar şunlardır:

- Her bir görev, belirli bir zaman periyodunda, yalnız bir araç tarafından ve yalnız bir kez gerçekleştirilmelidir.
- Bir depodan ayrılan her bir araç, görevlerini gerçekleştirdikten sonra ait olduğu depoya geri dönmelidir.
- Depodaki veya depolardaki araçlar ile görevlerin tümü yerine getirilmelidir.
- Görevlere, kendileriyle özelleştirilen araç tipleri ile hizmet verilmelidir.
- Her bir araç, belirli bir süre sonunda depoya dönmelidir.

Problemler, burada verilen kısıtların tümünü ya da bazılarını içerebilir. Ayrıca, problemin yapısı değişik kısıtların dikkate alınmasını gerektirebilir. Bu kısıtların bazıları katı, bazıları ise gevsek kısıtlar olabilir (Erel, 1995).

5.5.5 Kapasiteli Araç Rotalama

ARP'nin en genel versiyonu Kapasiteli Araç Rotalama Problemidir (KARP). Biçimsel olarak bu problem; merkezi bir depoda teslimat işini gerçekleştiren k tane K kapasiteli V hızına sahip araçların o coğrafi alanda düzgün bir şekilde farklı noktalara dağılmış n tane müşterinin taleplerini en az M maliyetle karşılaması için kullanması gereken en uygun R rotalarının bulunması olarak tanımlanır. Müşteriler arasındaki mesafeler

karşılıklı gidiş-geliş şeklinde simetrik olarak varsayılmaktadır. Tüm araçların talepleri karşılamak için kullanılması durumunda k tane rota bulunur.

Yolların açık ya da kapalı olması durumu göz önünde bulundurulmak istenirse kapalı olan yolları ifade eden kenarlar pasif duruma getirilerek o anki duruma göre rotalar belirlenebilir. Ayrıca yollar her ne kadar çift yönlü olduğu kabul edilse de tek yönlü olarak da ayarlanabilir (Bayzan ve diğ., 2002).

5.6 Araç Rotalama Yöntemleri

Araç rotalama problemlerinde uygun çözümler bulmak gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bunun nedeni artan rekabet şartları ve değişen çevre koşulları nedeniyle rotalama problemlerine giderek daha fazla sayıda kısıtların eklenmesidir. Zaman aralıkları (varış zamanı, servis zamanı, bekleme zamanı ve kalkış zamanı), farklı kapasitelere sahip çok sayıda araç, rota üzerinde müsaade edilebilen seyahat zamanı, farklı noktalar arasında farklı hızların olması, araç sürücüleri için dinlenme zamanları araç rotalamada göz önüne alınması gereken kısıtlar olarak karsımıza çıkmaktadır. Rotalamada kullanılan kısıtların fazlaşması, araç rotalama problemin giderek daha da karmaşık bir hale getirmektedir. Bir şebeke içerisinde bir aracın rotalanması problemi kendisi için özel olarak tasarlanmış metot yada yöntem tarafından çözülebilir. Bu yöntemlerden en çok bilineni ve en basit olanı en kısa yol yöntemidir. Ayrıca literatürde sıkça kullanılan diğer yöntemler de sweep metodu, gezgin satıcı yöntemi ve kazanç metodudur. Bu yöntemlerin dışında bunlardan türetilmiş olan çok sayıda araç rotalama yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin her biri kendine özgü amaçlar ve kısıtlar taşımaktadır. Karmaşık yapıda olan şebekeler içerisinde, çok orijinli-çok varış noktalı şebekelerde, araç rotalama işlemleri doğrusal programlama yardımıyla optimuma yakın bir şekilde çözülmektedir.

5.6.1 En Kısa Yol Yöntemi

En kısa yol yöntemi sadece bir dağılım noktasının ve bir varış noktasının olduğu şebekelerde rotalama işlemi yapmak için kullanılmaktadır. Bu yöntemde linkler ve düğümlerle temsil edilen bir şebeke bulunmaktadır. Şebeke içerisinde bulunan

düğümlemler linkler vasıtasıyla bir birine birleştirilir. Bu linkler maliyet, zaman, mesafe yada bunların bir karışımı olarak ifade edilebilir. En kısa yol yönteminin çözümü orijin noktasından başlar ve şu şekilde devam eder:

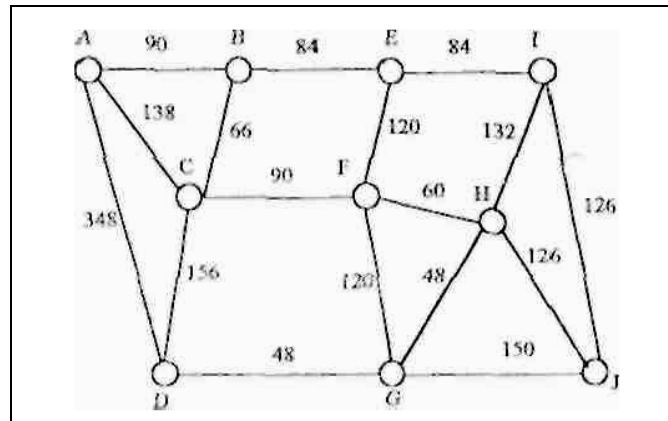
n. iterasyonun amacı ; Orijiine en yakın olan düğüm belirlenir. Belirlenen bu düğüm gidilecek yer oluncaya kadar $n = 1, 2, 3 \dots$ için tekrarlanır.

n. iterasyonun girişi ; Orijiine en yakın $(n-1)$ düğümleri bir önceki iterasyonda çözülür. Orijiine eklenen bu düğümler çözülmüş düğümler, eklenmemiş olanlarda çözülmemiş düğümler olarak adlandırılır.

n. en yakın düğüm için aday ; Çözüme katılmamış her noktanın yolu her iterasyon için bir adaydır.

n. en yakın noktanın hesaplanması ; Her çözülmüş düğüm ve onun adayları için orijin noktasından bu çözülmüş düğümlere en kısa yol mesafesi hesaplanır.

En kısa yol yöntemini Şekil 5.7’de bir örnek üzerinde inceleyelim.



Şekil 5.7: En Kısa Yol Algoritması için Bir Şebeke Gösterimi (Erel,2000)

Yukarıdaki şebekede A noktası orijin, J noktası da varış noktası olsun. Linklerin üzerindeki değerler iki nokta arasındaki mesafeyi temsil etsin. A noktasından J noktasına giden en kısa yolu bulmaya çalışalım.

Tablo 5.1'de de gösterildiği gibi bir tablo oluşturulur. İlk olarak orijin noktası (*A*), bir çözüm düğümü olarak belirlenir. Bu *A* düğümüne direkt olarak bağlanan ve çözülmemiş olan düğümler *B*, *C* ve *D* düğümleridir. Bu düğümler arasından *A* 'ya en yakın olan *B* düğümüdür. *B* düğümü çözülmüş düğümler arasına katılır.

Sonra çözülmemiş olan düğümler arasından *A* ve *B* düğümlerine en yakın olan düğüm belirlenir. Bu düğüm *C* düğümüdür Yani *A - C* ve *B - C* bağlantılarıdır. Bunlar tabloda ikinci adımda gösterilmektedir. Bu düğümler arasından en kısa mesafeyi veren düğüm çözülmüş düğümler arasına yazılır. Bu düğümde *C* düğümüdür.

Bu çözüm diğer düğümler içinde aynı şekilde devam eder. Çözüm varış noktasına geldiği an durur. Varış noktasına geldiğimizde alınan toplam mesafenin 384 km olduğu görülmektedir. En kısa yol ise varış noktasından geriye doğru gidilerek bulunur. (*) işareti konulmuş bağlantılar en kısa yolun rotasını vermektedir. Bu rota *A-B-E-I-J* rotasıdır.

Tablo 5.1: En kısa yol yönteminin çözüm tablosu (Erel,2000)

Adı <i>m</i>	Çözül müş düğ. <i>m</i>	Çözülmemiş düğ. <i>m</i>	Top. Mesafe <i>m</i>	<i>n</i> .en yakın düğüm <i>m</i>	<i>M</i> in mesafe <i>m</i>	Link <i>m</i>
1.	A	B	90	B	90	AB*
2.	A B	C	138 90+66=156	C	138	AC
3.	A B C	D E F	348 90+84=174 138+90=228	E	174	BE*
4.	A C E	D F I	348 138+90=228 174+84=258	F	228	CF
5.	A C E F	D I H	348 138+156=294 174+84=258 228+60=288	I	258	EI*

Yukarıda örneğiyle birlikte açıklanmaya çalışılan en kısa yol yöntemi bir şebeke içerisinde bir orijin noktasından bir varış noktasına giden en kısa mesafeyi bulmayı amaçlamaktadır. Yöntem basit olmasının yanında sağlıklı ve güvenilir sonuç vermektedir. Ancak bir orijin noktasından çok sayıda varış noktasına ya da çok sayıda orijin noktasından çok sayıda varış noktasına en kısa mesafenin bulunması durumu söz konusu olduğu zaman yapılan işlemler daha da karmaşık hale gelmektedir. Bu gibi durumlarda doğrusal programlama yardımıyla çözüm yolu bulunmaktadır. (Ballou, 1999).

5.6.2 Sweep (Süpürme) Yöntemi

Sweep yöntemi ilk önce şebeke içerisindeki müşterileri araçlara atayan ve daha sonra gezgin satıcı yöntemiyle araçları rotalayan iki aşamalı bir metottur. Sweep yöntemi depoyu orijin noktası olarak kabul eder ve depodan başlayarak müşteri noktalarına rassal olarak ulaşmaya çalışır. Öncelikli olarak bir i noktasına yada müşterisine gidilir. Daha sonra aracın kapasitesi doluncaya kadar $i+1, i+2, \dots$ noktalarına gidilir ve aracın kapasitesi dolduğunda tekrar depoya geri dönlür. Bu işlem tüm müşteriler bir rotaya atanıncaya kadar yada tüm araçlar kullanılıncaya kadar devam eder. Son olarak gezgin satıcı yöntemiyle rotalar optimize edilir (Khan ve Siddiqui, 1998).

Araç rotalarında kullanılan sweep yöntemi çok basit bir şekilde yapılabilmektedir. Sweep yöntemi bilgisayar yazılımı içerisinde programlandığı zaman çok fazla bilgisayar hafızasına gerek duymadan hızlı bir şekilde, problemi çözebilmektedir. Yapılan araştırmalarda bu yöntemin ortalama %10'luk bir hata ile optimuma yakın sonuç verdiği gözlenmiştir. Bu hata düzeyi küçük miktarlarda siparişlerin olduğu durumlarda kabul edilebilir (Ballou 1999).

Sweep yöntemini çalışması şu şekilde yapılır:

1- Bir harita üzerinde depo (orijin noktası) ile müşteri noktalarının (varış noktaları) yeri doğru bir şekilde tespit edilir.

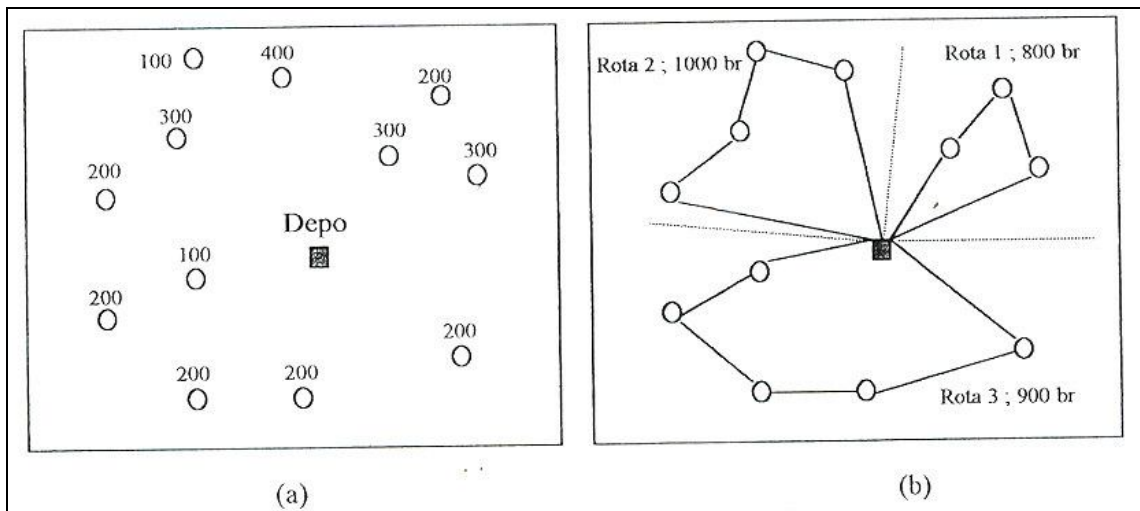
2- Herhangi bir araç belirlenir.

3- Bu araç göz önüne alınarak araç kapasitesine uygun yükleme yapılır. Öncelikle depodan herhangi bir noktaya gidilir. Eğer gidilen noktadaki talep miktarı aracın kapasitesini aşmıyorsa saat yönünde yada ters yönde ikinci bir noktaya gidilir. Bu ikinci noktanın talep miktarı toplam miktara eklenir. Bu toplam miktar eğer aracın kapasitesini aşmıyorsa üçüncü bir noktaya gidilir, aksi halde araç depoya geri döndürülür.

4- Birinci araç depoya geri döndükten sonra ikinci araç için rota hazırlanır. İkinci aracın rotası birinci aracın en son uğradığı noktadan başlar ve 3. adımdaki gibi devam eder. Bu işlem şebeke içerisindeki tüm noktalar rotaya katılıncaya kadar sürer.

5- Tüm noktalar rotalandıktan sonra belirlenen rotalar uygun bir şekilde optimize edilir (Laporte ve diğ., 2000).

Aşağıda Sweep yöntemi kullanılarak yapılmış bir araç rotalama örneği yer almaktadır. Şekil 5.8 (a)'da şebeke içerisinde yer alan deponun ve müşterilerin bir harita üzerindeki yerleşimi ve müşterilerin talepleri yer almaktadır. 1000 birimlik kapasiteye sahip araçlar kullanılarak bir rotalama yapılacaktır. Şekil 5.8 (b)'de sweep yöntemi ile yapılmış rotalama yer almaktadır. Şekilden de anlaşılacağı gibi tüm noktaların taleplerinin karşılanması için üç adet rotaya yada üç adet araca gereksinim olduğu açıkça görülmektedir (Ballou 1999).



Şekil 5.8: Sweep Örneği (Ballou, 1999)

5.6.3 Gezgin Satıcı Problemleri

Bir satıcının n sayıda şehrin tamamını en kısa zamanda dolaşmasını sağlayacak şekilde şehirleri (müşterileri) ziyaret etme sırasını bulma problemine gezgin satıcı problemi denir. Gezgin satıcı probleminde her bir şehir yalnız bir defa ziyaret edilip sonunda başlangıç noktasına dönülür ve ziyaret en kısa yoldan yapılır (Taha, 1998).

Gezgin satıcı bütünlük optimizasyonun klasik problemlerinden biridir. Problem ilk defa 1759 yılında Euler tarafından ortaya konmuştur. 1831 yılında Voight adında yaşlı bir gezgin satıcı tecrübelerini aktarıcı mahiyette bir kitap yazmıştır. Gezgin satıcı terimi ilk defa 1931-32 yıllarında kullanılmış ve 1948 yılında popüler olmuştur (Eryavuz, 2001).

Gezgin satıcı problemi için çok sayıda sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Araç rotalama ve çizelgeleme için geliştirilen sezgisellerin çoğu gezgin satıcı probleminin sezgisellerinin modifiye edilmiş halleridir. Seyyar satıcı sezgiselleri; tur kurucu algoritmalar, tur geliştirici algoritmalar ve karışık algoritmalar olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir. Tur kurucu algoritmalar, mesafe matrisinden optima yakın turlar oluştururlar. Tur geliştirici algoritmalar mevcut bir mümkün çözümü geliştirirler. Karışık algoritmalar ise tur kurucu algoritmalarından birisi ile bir başlangıç çözümü bulup, tur geliştirici algoritmaların bir veya birkaçı ile mevcut çözümü geliştirirler.

GSP'nin formülasyonu aşağıdaki gibidir;

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \quad (5.6)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = \{1, \dots, n\} \quad (5.7)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = \{1, \dots, n\} \quad (5.8)$$

$$x = (x_{ij}) \in S \quad (5.9)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad j = \{1, \dots, n\} \quad (5.10)$$

$$i = \{1, \dots, n\}$$

n : Dağıtım ağı içerisindeki düğüm sayısı

d_{ij} : (i, j) yayının uzunluğu

S : Alt tur eliminasyon kısıtı

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{eğer } (i, j) \text{ turun içinde ise} \\ 0, \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

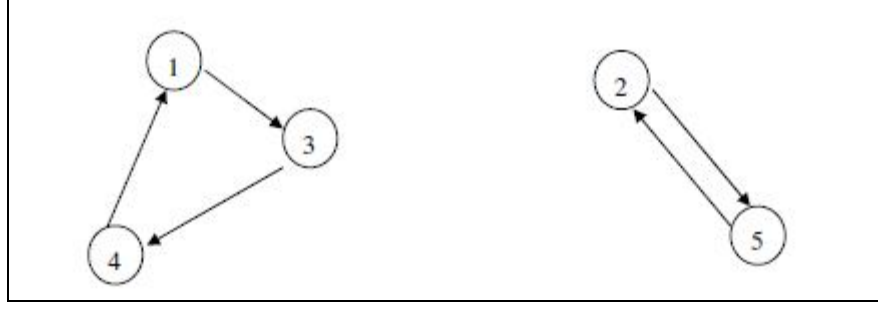
Eğer sadece ilk iki küme kısıt hesaba katılırsa problem bilinen atama problemine dönüşmektedir. Burada esas zorluk çıkarıcı üçüncü kısıttır. Bu kısıt, atama kısıtlarını yeterli kılan çözümlerini engellemek için kullanılan alt tur eliminasyon kısıtından meydana gelmektedir.

$$S = (x_{ij}) : \sum_{i \in T} \sum_{j \in T} x_{ij} \geq 1 \quad (V \text{'nin boş olmayan her bir } T \text{ alt kümesi için}) \quad (5.11)$$

V :Düğüm seti

Alt tur eliminasyon kısıtlarının ilk seti, düğümlerin her bir uygun alt kümesinin, aynı alt kümenin tamamlayıcısı ile ilişkili olduğunu garanti etmektedir. Bu da, sistemin diğer düğümleri ise ilişkili olmayan herhangi bir uygun alt kümenin, diğer düğümlerden bağımsız olarak bir alt tur oluşturmasını engeller (Özalp,1995).

Örneğin, düğüm 1'in depo olduğunu ve 5 düğüme sahip bir sistemi ele alırsak GSP'nin formülasyonunda sadece atama kısıtları göz önüne alınırsa alt tur şekil 5.9'daki gibi sonuçlanacaktır.



Şekil 5.9 : Döğüm 1 Depo Olmak Üzere Beş Döğümlü Bir Sistem(Kocaoğlu,2003)

Bu sonuç atama problemi için olabilir bir çözüml olmakla birlikte GSP için aynı şey söylenemez. Bu nedenle de alt tur eliminasyon kısıdına bazı alt turları elimine etmek için ihtiyaç duyulmaktadır.

$$T=\{2,5\}$$

$$T'=\{1,3,4\}$$

$$x_{21}+x_{23}+x_{24}+x_{51}+x_{53}+x_{54} \geq 1 \quad (5.12)$$

5.6.4 Tasarruf Algoritması

Clark ve Wright (1964) tarafından geliştirilmiş olan tasarruf algoritması her bir adımda turlar setinin daha iyi bir set elde etmek üzere değiştirilmesine dayanmaktadır. Bu nedenle Clark ve Wright algoritması bir değişim yöntemidir (Toth ve Vigo, 2002).

Yöntemde başlangıç olarak her bir- araç için ayrı bir rota oluşturulmakta yani her bir talep noktasına ayrı bir araç ile hizmet verilmektedir. Sonra oluşabilecek en büyük tasarrufa ve uygunluk şartlarına göre iki rota birleştirilmektedir. Burada ifade edilen tasarruflar i ve j döğümlerine iki ayrı araç yerine bir tek araç ile hizmet verilmesi durumunda elde edilecek maliyet azalmasıdır.

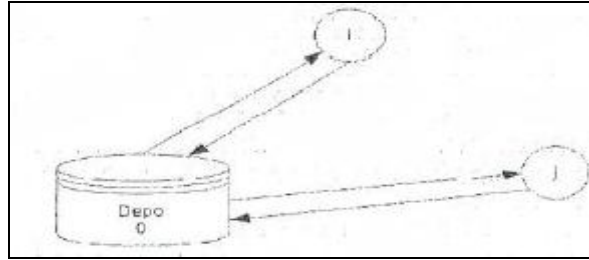
Bütün araçların yola çıkıp geri döneceği basit bir depo bulunmaktadır. Müşteri talepleri ve konumlan bilinmektedir. Deponun konumu 0 ve müşteri konumları $1,2,3,...n$ olarak tanımlanmaktadır. Depodan, her müşteri konumuna gitmenin maliyetlerini şu şekilde kabul edilir.

C_{0j} = depodan j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti.

Metodu tamamlamak için aynı zamanda müşteriler arası yolculuk masraflarının bilinmesi gerekmektedir. Bu durumda aşağıdaki bilinen sabitler kabul edilecektir.

C_{ij} = i konumundaki müşteriden j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti

Amaca ulaşmak için, her $1 < i, j < n$ için $c_{ij} - c_{ji}$ olduğu durum düşünülecektir. Bu durumun her koşulda geçerli olmadığı unutulmamalıdır, örneğin tek yönlü caddeler varsa, i 'den j 'ye olan mesafe, j 'den i olan mesafeden farklı olabilir. Metot şu şekilde devam etmektedir: başlangıçta her müşteri konumuna ayrı bir aracın atandığını farz edilir. Bu durumda başlangıç çözümü, depodan her müşteri konumuna ve geri dönüşen ayrı rota içerecektir. Şekil 5.10'da durum gözükmektedir (Kocaoğlu, 2003).

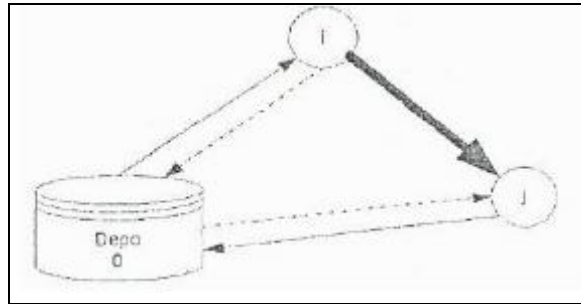


Şekil 5.10: Depodan Müşteriye Seyahatte İlk Durum (Kocaoğlu,2003)

Başlangıç çözümü için, bütün başlangıç noktasına dönen yolculukların maliyeti aşağıdaki gibi olacaktır:

$$2 \sum_{j=1}^n c_{0j}$$

Müşteri i ile j 'yi birbirine bağlandığı düşünülürse, bu durum, depodan i 'ye, i 'den j 'ye ve j 'den depoya dönüş yapılacak demektir. Son durum şekil 5.11'de gözükmektedir.



Şekil 5.11: Konumların Birbirine Bağlandığı İkinci Durum (Kocaoğlu, 2003)

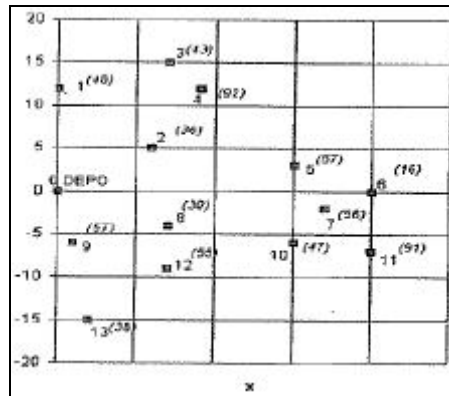
Bu metodu bir örnek üzerinde incelemek faydalı olacaktır.

Bir merkez depodan 13 müşteriye dağıtım yapılacaktır. Konumların koordinatları ve talep miktarları Tablo 5.2’te verilmiştir. Depo, tüm talepleri karşılayacak kapasitededir. Depoda çok sayıda araç bulunmakta olup, her birinin kapasitesi 200 birimdir.

Tablo 5.2: Konum Koordinatları ve Talep Miktarları (Chopra ve Meindl, 2001)

	X	Y	TALEP
DEPO	0	0	0
1	0	12	48
2	6	5	36
3	7	15	43
4	9	32	92
5	15	3	57
6	20	0	16
7	17	-2	56
8	7	-4	30
9	1	-6	57
10	15	-6	47
11	20	-7	91
12	7	-9	55
13	2	-15	38

Şekil 5.12’de verilen konumlar ve talepler koordinat ekseninde görülmektedir.



Şekil 5.12: Koordinat Ekseninde Konumlar ve Talepler(Chopra ve Meindl, 2001)

Konumlar arası en kısa kuş bakışı öklit(euciedian) bağıntısına göre uzaklıklar Tablo 5.3’te verilmiştir. Problemin çözümünde amaç, araç kapasite kısıdını aşmayacak şekilde, müşteri taleplerini karşılarken, yolculuk maliyetini en az yapacak dağıtım güzergahını belirlemektir.

Tablo 5.3: Uzaklık Matrisi (Chopra ve Meindl, 2001)

	Depo 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Depo 0	0													
1	12	0												
2	8	9	0											
3	17	8	10	0										
4	15	9	8	4	0									
5	15	17	9	14	11	0								
6	20	23	15	20	16	6	0							
7	17	22	13	10	16	5	4	0						
8	8	17	9	19	16	11	14	10	0					
9	6	38	12	22	20	17	20	16	6	0				
10	16	23	14	22	19	9	8	4	11	14	0			
11	21	28	18	26	22	11	7	6	13	19	5	0		
12	11	22	14	24	21	14	16	12	5	7	9	13	0	
13	15	27	20	30	28	22	23	20	12	9	16	20	8	0

İlk olarak $1 \leq i \leq j < 14$ durumu için, tüm (i, j) çiftleri için tasarruflar hesaplanır.

Örneğin; $s(1, 2) = c_{01} + c_{02} - c_{12} = 12 + 8 - 9 = 11$ olarak hesaplanır. Diğer tasarruflar da hesaplandıktan sonra, toplu sonuçlardan oluşan tasarruf matrisini Tablo 5.4'te görmek mümkündür. Daha sonra bu değerler çoktan aza doğru sıralanarak, rotalar oluşturulmaya başlanacaktır.

Tablo 5.4: Tasarruf Matrisi (Chopra ve Meindl, 2001)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0												
2	11	0											
3	23	15	0										
4	18	15	28	0									
5	10	14	18	19	0								
6	9	13	17	19	29	0							
7	7	12	14	16	27	33	0						
8	3	7	6	7	12	14	15	0					
9	0	2	1	1	4	6	7	8	0				
10	5	10	11	12	22	28	29	16	8	0			
11	5	11	12	14	25	34	32	16	8	32	0		
12	1	5	4	5	12	15	16	14	10	38	19	0	
13	0	3	2	2	8	32	32	11	12	15	16	18	0

Müşterileri araçlara veya rotalara atarken, tasarruflar maksimize edilmeye çalışılmalıdır. Bu tür bir atama için iterasyon prosedürü uygulanır. Başlangıçta her müşteri, tek başına ayrı birer rotaya atanmıştır. İki rota, konumların toplam talebi araç kapasitesini aşmadığı sürece fizibil bir rotaya birleştirilebilir. Her iterasyon aşımında rotalar, en yüksek tasarruf ile yeni bir fizibil rotaya birleştirilmeye çalışılacaktır. Daha fazla kombinasyon mümkün olmayıncaya kadar prosedüre devam edilir.

İlk adımda, en yüksek tasarruf olan 34' ü sağlayan, 6. ve 11. müşteri rotaları birleştirilir. Birleştirilen rota fizibil olur; çünkü müşterilerin talepleri $16+91=107$, araç kapasitesi olan 200'ü asmamaktadır. Böylece iki müşteri bir rotada birleştirilir ve 34 tasarrufu sonraki işlemlerde dikkate alınmaz.

Sonraki en yüksek tasarruf olan 33, 7 no'lu müşterinin 6 no'lu müşterinin bulunduğu rotaya eklenmesiyle elde edilmiştir. Bu da fizibildir çünkü toplam yük miktarı $107+56=163$, 200'den küçüktür. Böylece 7. müşteri de 6,11 no'lu müşterilerin bulunduğu rotaya Tablo 5.5'deki gibi ilave edilir.

Tablo 5.5:Tasarruf metodu çözüm adımları (Chopra ve Meindl, 2001)

Tasarruf Değeri s(i,j)	Konum i	Konum j	Toplara Talep	Hareket
34	6	11	$16+91=107$	<i>6,11' i birleştir</i>
33	6	7	$107+56=163$	<i>6,11,7'yi birleştir</i>
32	11	10	$163+47=210$	Araç kapasitesini aşar
32	7	11		Aynı rotadalar
29	6	5	$163+57=220$	Araç kapasitesini aşar
29	7	10	$163+47=210$	Araç kapasitesini aşar
28	3	4	$43+92=135$	<i>3,4'ü birleştir</i>
28	6	10	$163+47=210$	Araç kapasitesini aşar
27	7	5	$163+57=220$	Araç kapasitesini aşar
25	11	5	$163+57=220$	Araç kapasitesini aşar
22	5	10	$57+47=104$	<i>5,10'u birleştir</i>
21	3	1	$135+48=183$	<i>3,4,1' i birleştir</i>
19	11	12	$163+55=218$	Araç kapasitesini aşar
19	4	5	$183+104=287$	Araç kapasitesini aşar
19	6	4	$163+183=346$	Araç kapasitesini aşar
18	4	1		Aynı rotadalar
18	3	5	$183+57=240$	Araç kapasitesini aşar
18	10	12	$104+55=159$	<i>5,10,12'yi birleştir</i>
18	12	13	$159+38=197$	<i>5,10,12,13'ü birleştir</i>
17	6	3	$163+43=206$	Araç kapasitesini aşar
16	7	4	$163+183=346$	Araç kapasitesini aşar
16	10	8	$197+30=227$	Araç kapasitesini aşar
16	11	8	$163+30=193$	<i>6,11,7,8'i birleştir</i>

Sonraki en yüksek tasarruf olan 32, 10.müşterinin 11 .müşterinin üzerinde bulunduğu, rotaya eklenmesi ile oluşmuştur (7. müşterinin 6. rotaya katılmasıyla oluşan 52'lik tasarrufun göz önüne alınmasına gerek yoktur; çünkü her ikisi de zaten aynı rota üzerindedir). Ama bu ekleme gerçekleşemez çünkü 10. müşterinin talebi olan 47, 163'e eklenince($163+47=210$) 200'lük araç kapasitesi asılacaktır Sonraki en yüksek tasarruf 29, 5.müşterinin 10. müşterinin bulunduğu rotaya eklenmesiyle oluşmuştur. Fizibil değildir çünkü, kapasite sınırları aşılmaktadır. Diğer 29 tasarruf değeri için de aynı durum geçerlidir. Aynı değerli tasarrufların sıralanması keyfi yapılmaktadır. Sonraki en yüksek tasarruf 28, 3. ve 4. müşterilerin rotaların birleşmesiyle oluşmuştur. $43+92=135$ 'li kapasite fizibildir ve yeni bir rotada birleşeceklerdir.

İterasyona bu şekilde devam edilirse, müşteriler 4 rotada gruplandırılabilir: [3,4,1], [6,11,7,8], [5,10,12,13], [2,9]. Böylece her gruba bir araç atanmaktadır.

5.6.5 Doğrusal Programlama Yardımıyla Araç Rotalama

Karışık yapılı şebekelerde araç rotalama işlemi için yukarıda belirtilen rotalama yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle de araç rotalamanın temel prensibi olan toplam seyahat mesafesinin minimize edilmesi mümkün olmamakta ve dolayısıyla yüksek seviyede maliyetler oluşmak, servis seviyesi düşmektedir. Bu gibi durumlarda araç rotalamada optimal bir sonuca ulaşmak için doğrusal programlama kullanılmaktadır.

Doğrusal programlama yardımıyla araç rotalamada kısıtlar müşterilerden, araçlardan, depodan ve müşteriler ile depo arasındaki şebeke bağlantılarından oluşur. $N+1$ adet müşteri noktası ve K adet araç bulunmaktadır. Depo 0. müşteri olarak ifade edilir. Araçlar rotaya depodan baslar, müşteri noktalarını ziyaret eder ve tekrar depoya geri dönerler. Şebeke içerisindeki rotaların sayısı kullanılan araçların sayısına eşittir. Bir araç sadece bir rota üzerinde faaliyet gösterebilir. Rotalama yaparken şebeke içerisindeki her bir müşteri araçlardan sadece biri tarafından ziyaret edilebilir. Tüm araçlar aynı kapasiteye sahiptir ve müşteri talepleri değişebilmektedir. Aracın kapasitesi rota üzerinde bulunan tüm müşterilerin taleplerinin toplamından küçük yada eşit

olmalıdır. Bunun anlamı araçların kapasitelerinin üzerinde yüklenememesidir. Doğrusal programlama yardımıyla bir araç rotalama problemi şu şekilde formüle edilebilir:

Parametreler:

K : Toplam araç sayısı

N : Toplam müşteri sayısı

C_{ij} : i noktasından j noktasına taşıma maliyeti

M_i : i müşteri noktasındaki talep

q_k : k aracının kapasitesi

Değişkenler:

X_{ij} : eğer k aracı i noktasından j noktasına giderse 1, aksi halde 0

$$\min \sum_{i=0}^N \sum_{j=0, j \neq 0}^N \sum_{k=1}^K c_{ij} X_{ijk} \quad (5.13)$$

Şu kısıtlara göre;

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K X_{ijk} \leq K \quad i=0 \text{ için} \quad (5.14)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ijk} = \sum_{j=1}^N X_{jik} \leq 1 \quad i=0 \text{ ve } k \in \{1, \dots, K\} \quad (5.15)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0, j \neq i}^K X_{ijk} = 1 \quad i \in \{1, \dots, N\} \quad (5.16)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0, j \neq i}^K X_{ijk} = 1 \quad j \in \{1, \dots, N\} \quad (5.17)$$

$$\sum_{i=1}^N M_i \sum_{j=0, j \neq i}^N x_{ijk} \leq q_k \quad k \in \{1, \dots, K\} \quad (5.18)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad (5.19)$$

Yukarıdaki doğrusal programlama modelinde (5.13) modelin amacını yani toplam seyahat mesafesinin ve dolayısıyla toplam rotalama maliyetinin minimize edilmesini ifade etmektedir. (5.14) oluşabilecek maksimum K rota sayısını ifade etmektedir.(5.15) her bir rotanın depodan başlayıp yine depoda bittiğini göstermektedir. (5.16) ve (5.17) müşteri noktalarının her birinin sadece bir araç tarafından yalnızca bir defa ziyaret edildiğini göstermektedir. (5.18) üzerinde bulunan müşterilerin toplam talep miktarının rotaya çıkacak olan aracın toplam kapasitesinden fazla olmayacağını ifade etmektedir. (5.19) x_{ijk} değişkeninin 0 yada 1 değerini alabileceğini göstermektedir(Khan ve Siddiqui ,1998).

Dağıtım sistemlerinde karşılaşılan en önemli problemlerden biri dağıtım faaliyeti için belli sayıda noktaya uğraması gereken araçların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Araç rotalama olarak bilinen bu tür problemlerde araç kapasitesi kısıtı altında toplam seyahat mesafesini ve dolayısıyla da toplam maliyeti minimize edecek uygun rotayı belirlemek gerekmektedir. Araç rotalama problemi uzun yıllar boyunca nem araştırmacıların nem de uygulamacıların ilgisini çekmiştir. Bunun nedeni problemin zor ve aynı zamanda uygulama alanının geniş olmasıdır (Tan,2000).

Aşağıda bu yöntemle ilgili olarak bir örnek verilmiştir.

Bir lojistik firmasının Ayazağa deposundan 3 farklı noktaya dağıtım yapacaktır. Bu noktalar; Beşiktaş, Ulus ve Maslak'tır. Tablo 5.6'da müşteri noktalarının depoya ve birbirlerine olan uzaklıkları verilmiştir.

Tablo 5.6: Müşteri Noktalarının Depoya ve Birbirlerine Olan Uzaklıkları (km)

0.DEPO	DEPO	BEŞİKTAŞ	ULUS	MASLAK
BEŞİKTAŞ		15	11	7
ULUS			7	10
MASLAK				

Bu dağıtım faaliyetleri için 3,5 paletlik kapasiteye sahip tek araç kullanılacaktır. Sitemde yer alan müşteriler taleplerini günlük olarak yapmaktadırlar ve bu talepler günden güne değişebilmektedir. Müşterilerden gelen talep miktarları planlamada yer alan yöneticiler tarafından değerlendirilerek palet cinsinden ifade edilmektedir. Tablo 5.7’de bu müşterilerin her hangi bir gündeki talep miktarları palet cinsinden yer almaktadır.

Tablo 5.7: Dağıtım Noktaları Arasındaki Taşıma Maliyetleri(TL)

	Beşiktaş	Ulus	Maslak
Ayazağa	C_{01} 31.100	C_{02} 30.460	C_{03} 29.820
Beşiktaş	C_{11}	C_{12} 29.820	C_{13} 30.300
Ulus	C_{21}	C_{22}	C_{23} 29.340
Maslak	C_{31}	C_{32}	C_{33}

Ayazağa deposundan müşterilere gönderilecek ürünlerin depoda tutulmasının işletmeye yüklediği günlük maliyet(C_0) bir palet başına ortalama 1,3 TL’dir.

Amaç denklemi:

$$\min Z = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0, i \neq j}^3 c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^3 M_i C_0 \quad (5.20)$$

$$C_{01}x_{01} + C_{02}x_{02} + C_{03}x_{03} + C_{10}x_{10} + C_{12}x_{12} + C_{13}x_{13} + C_{20}x_{20} + C_{21}x_{21} + C_{23}x_{23} + C_{30}x_{30} + C_{31}x_{31} + C_{32}x_{32} + C_0 (M_1 + M_2 + M_3)$$

Kısıtlar:

Rotanın depodan başlayıp tekrar depoda sonlanması kısıdı:

$$\sum_{j=0, j \neq i}^3 x_{ij} = 1 \quad i \in \{1,2,3\}$$

i=1 için ;

$$x_{10} + x_{12} + x_{13} = 1$$

i=2 için ;

$$x_{20} + x_{21} + x_{23} = 1$$

i=3 için;

$$x_{30} + x_{31} + x_{32} = 1$$

Her bir noktanın sadece bir kez ziyaret edilebileceği kısıt:

$$\sum_{j=0, j \neq i}^3 x_{ij} = 1$$

j=1 için ;

$$x_{01} + x_{21} + x_{31} = 1$$

j=2 için ;

$$x_{02} + x_{12} + x_{32} = 1$$

j=3 için ;

$$x_{03} + x_{13} + x_{23} = 1$$

Araç Kapasite Kısıtı:

$$\sum_{i=1}^3 M_i \sum_{j=0, j \neq i}^3 x_{ij} \leq 3$$

$$M_1(x_{10} + x_{12} + x_{13}) + M_2(x_{20} + x_{21} + x_{23}) + M_3(x_{30} + x_{31} + x_{32}) \leq 3$$

Dağıtım faaliyetlerinin optimize edilmesi için oluşturulan bu lineer model çözüldüğü takdirde, dağıtım faaliyetleri için gerekli olan en düşük maliyetli araç rotaları belirlenmiş ve optimal dağıtım planı oluşturulmuş olacaktır. Bu modeli çözmek için Microsoft Excel'de yer alan Solver programı kullanılabilir.

6. UYGULAMA

6.1 Modelin Tasarlanması

Modelin amacı; DHL Lojistiğın, Ford Otosan'ın Brezilya projesi için yan sanayi firmalarından toplanacak parçaların milk-run toplamasını optimize etmektir. Model kurulmasında tasarruf algoritması kullanılarak DHL Lojistiğın 1 günlük milk-run toplaması için minimum yol haritası, tasarruf algoritması kullanılarak çıkarılmaya çalışılacaktır ve mevcut maliyetler ile karşılaştırılacaktır. Araç rotalaması DHL'in Güzeller Organize Sanayi bölgesindeki Gebze-7 deposundan 13 farklı tedarikçiye yapılacaktır. Tedarikçi noktaları Bursa, Eskişehir, İstanbul, İzmir, Gebze bölgeleridir. İstanbul'un büyüklüğü göz önüne alınarak İstanbul-Anadolu yakası, İstanbul Avrupa yakası olarak ayrılmıştır.

Modelleme yapıldıktan sonra elde edilecek sonuçlar, mevcut sistem ile karşılaştırılacaktır. DHL lojistik söz konusu projede milk-run toplamasını optimize etmek için "Roadshow Enterprise 8.1.2" paket programını kullanmaktadır. Milk-run toplamasının yapılacağı tedarikçi firmaların isimlerinin kodları Tablo 6.1'de verilmiştir.

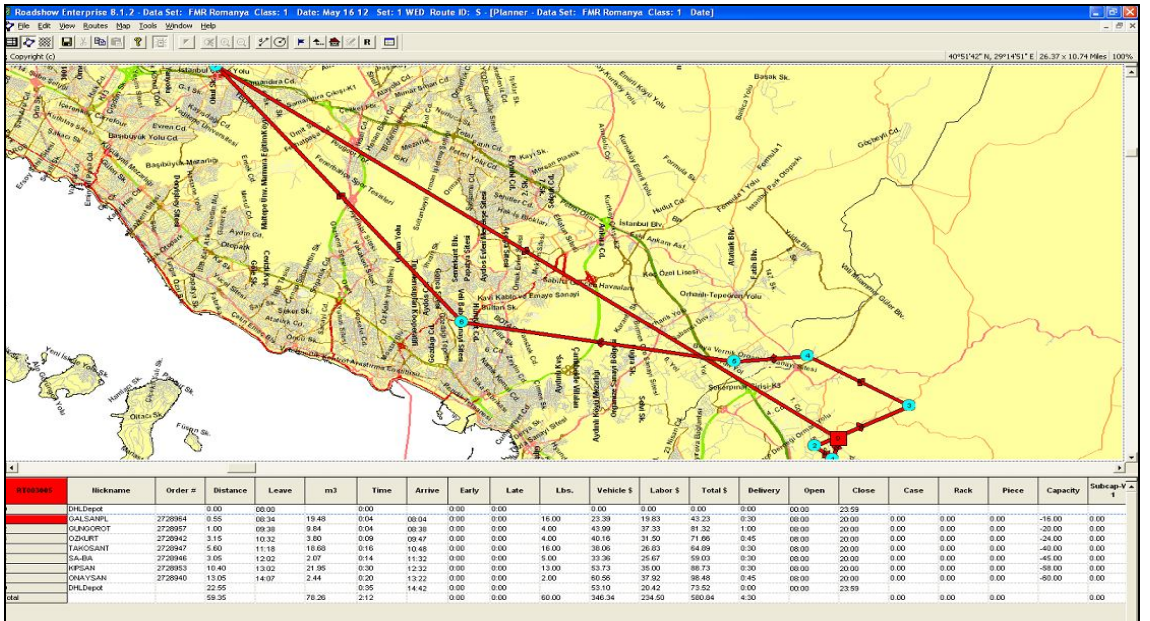
Tablo 6.1:Tedarikçi İsimleri ve Kodları

	Kod
Depo	0
Altan plastik	1
Arıkan	2
Coşkunöz	3
Galsan	4
Güngör oto	5
Kipsan	6
Onaysan	7
Özkurt	8
Pressan	9
Sa ba	10
Sarıgözoğlu	11
Şahince	12
Takosan	13

Brezilya projesi için çalışan bütün tedarikçiler Ford Otosan'a ait olan network ağı ile FOSN sistemine bağlanarak, kendilerine ait parça programlarını görebilmektedirler. Tedarikçi firma n. Günde n+1. günün programını sistemde görür ve 1 gün önceden ,bir gün sonrası için ,sistemde gözüken parçalarına onay verir. Şekil 6.1'de FOSN görüntüsü verilmiştir. FOSN onay ekranı 14:00 'da kapanır ve DHL tarafından milk-run planlamasına geçilir. FOSN ekranından alınan veriler tablo 6.2 'deki gibi Excel formatına çevrilir. Bu data "yükleme planı" olarak adlandırılır. "Yükleme planı" datasında ,tedarikçi firmanın ismi, lokasyonu, söz konusu gün için hangi parçaya programı olduğu ve ne kadar miktarda sevk etmesi gerektiği bilgileri mevcuttur. Aynı zaman da söz konusu parçaların hangi tip ambalaj malzemesiyle paketleneyeceği ve bu malzemelerin ebatları bilgisine de ulaşmak mümkündür. Ambalaj malzemelerinin ebat bilgileri sistem tarafından otomatik olarak hacim bilgisine dönüştürülebilmektedir. Tedarikçi firmanın o gün için sevk etmesi gereken miktar ve firmanın ne kadar miktar için onay verdiği bilgisine de bu plandan ulaşılır. Tablo 6.2 'de "yükleme planı" detayları açıkça görülmektedir. "Yükleme planın" datası Roadshow 8.2.1 programına aktarılarak milk-run optimizasyonu yapılır. Roadshow programı "yükleme planı" datasındaki hacim bilgilerine göre daha önceden kaydedilmiş araç hacim bilgileri doğrultusunda milk-run rotalarını belirler.Şekil6.2 'de Roadshow programındaki root planlaması bulunmaktadır .Mevcut sistemde kullanılan program rotalamanın sırasını belirlememektedir. Sistemde kontrol edilemeyen ya da matematiksel olarak optimum çözüm bulanabilse bile uygulamada aynı sonucun alınmadığı durumlar olabilir.

Milk-run planı oluşturulduktan sonra ,tura çıkacak araçlar belirlenir ve bu araçların sefer bilgileri tedarikçilerle paylaşılır. Tedarikçilerin, programı olan parçaları plan yapılan tarihe yetiştirmede problemleri olması veya yükleme alanlarının müsait olma zamanlarının gün içerisinde değişiklik göstermesi ,araçların tedarikçilere ulaşma zamanlarının önceden planlanamamasına neden olabilir. İşte buna benzer belirsiz ve gün içerisinde değişiklik gösteren durumlardan dolayı araçların rotalarında izleyeceği sırayı belirlemede zorluklar yaşanmaktadır. Bu durumlarda rota grubu değişmemekte fakat kendi içindeki sıralama değiştirilmektedir.

Şekil 6.1: FOSN Görüntüsü



Şekil 6.2: Roadshow Görüntüsü

Roadshow programı ile yapılan planlama sonucunda Tablo 6.3'deki "Milk-run Plan" oluşturulur.

Tablo 6.2:Yükleme Planı

Supplier Name	Location	Part Number	Planned Program	Rack type	Qty of planned rack	Confirmation	Length	Width	Height	Qty	Container
ALTAN PLS	İSTANBUL- AVR	W706635SSYRC9	32000	IMC040	16	32000	28	24	24	1	0,016128
ALTAN PLS	İSTANBUL- AVR	W706635SS36DE	15575	IMC040	16	32000	28	24	24	1	0,016128
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	3C46305110AA	1120	IMC030	16	1120	28	24	12	1	0,008064
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	3C4633696AA	1200	IMC030	48	1200	28	24	12	1	0,008064
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	3C465C392AA	512	IMC050	64	512	28	48	12	1	0,016128
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	3C46E10370BA	560	IMC030	16	560	28	24	12	1	0,008064
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	3C46E513C16AC	400	IMC450	4	400	168	112	48	2	0,903168
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	3C46E513C17AC	600	IMC450	6	600	168	112	48	3	0,903168
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	AC46E00284CA	560	IMC193	10	560	112	96	48	5	0,516096
ARIKAN KRIKO	ESKİSEHİR	AC46E00284DA	392	IMC193	8	448	112	96	48	4	0,516096
COŞKUNÖZ	BURSA	3C46E513A30AE	104	IMC430	4	208	145	112	48	1	0,77952
COŞKUNÖZ	BURSA	3C46E60094AB	400	IMC100	16	400	56	48	24	1	0,064512
COŞKUNÖZ	BURSA	3C46E60094BB	400	IMC100	16	400	56	48	24	1	0,064512
GALSAN PLASTIK	GEBZE	AC46E23942AAD6AP	400	IMC200	40	400	112	96	96	40	1,032192
GALSAN PLASTIK	GEBZE	AC46E23943AAD6AP	400	IMC200	40	400	112	96	96	40	1,032192
GUNGOR OTO	GEBZE	3C46E02012AB	1200	IMC470	4	400	196	112	48	6	1,053696
GUNGOR OTO	GEBZE	3C46E03418AB	1200	IMC470	4	400	196	112	48	6	1,053696
KIPAN	İSTANBUL - AND	3C46E10130AG	500	IMC430	6	600	145	112	48	3	0,77952
KIPAN	İSTANBUL - AND	3C46E10131AG	500	IMC430	4	600	149	104	48	2	0,743808
KIPAN	İSTANBUL - AND	3C46E312A62AC	150	IMC470	1	150	196	112	48	1	1,053696
KIPAN	İSTANBUL - AND	3C46E40260AB	400	IMC170	8	400	112	48	48	2	0,258048
KIPAN	İSTANBUL - AND	3C46E51506AC	600	IMC430	4	600	145	112	48	2	0,77952

KIPSAN	İSTANBUL - AND	3C46E51506BB	600	IMC430	6	600	145	112	48	3	0,77952
ONAYSAN	İSTANBUL - AND	3C46E50844AB	600	IMC170	4	200	112	48	48	3	0,258048
ONAYSAN	İSTANBUL - AND	4C4617485CD	800	IMC100	16	400	56	48	24	2	0,064512
OZKURT	GEBZE	3C46E223A18AB	704	IMC070	32	704	56	24	12	1	0,016128
OZKURT	GEBZE	3C46E223A19AB	704	IMC070	32	704	56	24	12	1	0,016128
OZKURT	GEBZE	3C46E51275AB	224	IMC060	32	224	48	28	24	1	0,032256
OZKURT	GEBZE	3C46E51275BB	224	IMC060	32	224	48	28	24	1	0,032256
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	3C46E22400AD	480	IMC100	16	480	56	48	24	1	0,064512
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	3C46E22401AD	480	IMC100	16	480	56	48	24	1	0,064512
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	3C46E224A36AB	480	IMC050	16	480	28	48	12	1	0,016128
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	3C46E224A37AB	480	IMC050	16	480	28	48	12	1	0,016128
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	3C46E23200BE	416	IMC180	52	416	112	96	24	13	0,258048
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	3C46E23201BE	384	IMC180	48	384	112	96	24	12	0,258048
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	AC46E219A64ACQ7A I	192	IMC080	32	192	56	24	24	1	0,032256
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	AC46E219A65ACQ7A I	192	IMC080	32	192	56	24	24	1	0,032256
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	BC46E219A64ABQ7AI	192	IMC080	32	192	56	24	24	1	0,032256
PRESSAN	İSTANBUL- AVR	BC46E219A65ABQ7AI	240	IMC080	64	384	56	24	24	2	0,032256
SA BA	İSTANBUL - AND	4C4613368BA	576	IMC050	24	576	48	28	12	1	0,016128
SA BA	İSTANBUL - AND	4C4613368CA	192	IMC050	8	192	48	28	12	1	0,016128
SA BA	İSTANBUL - AND	7C4615K490BA	144	IMC050	11	192	28	48	12	1	0,016128
SA BA	İSTANBUL - AND	7C4615K491BA	288	IMC050	22	384	28	48	12	1	0,016128
SA BA	İSTANBUL - AND	98CT13774AA	480	IMC050	8	480	28	48	12	1	0,016128
SARIGOZOGLU AS	İZMİR	3C46E28130AC	208	IMC430	4	208	145	112	48	2	0,77952
SARIGOZOGLU AS	İZMİR	3C46E28131AC	104	IMC430	2	104	145	112	48	1	0,77952

SARIGOZOGLU AS	İZMİR	3C46E51269AC	96	IMC100	16	96	56	48	24	1	0,064512
SARIGOZOGLU AS	İZMİR	3C46E51269CC	96	IMC100	16	96	56	48	24	1	0,064512
ŞAHİNCE	BURSA	3C46E10780AB	180	IMC490	4	180	221	196	48	2	2,079168
ŞAHİNCE	BURSA	3C46E10780CC	420	IMC490	17	420	221	196	48	9	2,079168
ŞAHİNCE	BURSA	3C46E10780BD	180	IMC490	2	180	221	196	48	1	2,079168
TAKOSAN- TEPEÖREN	İSTANBUL - AND	3C46E13208AE	432	IMC170	12	432	112	48	48	3	0,258048
TAKOSAN- TEPEÖREN	İSTANBUL - AND	3C46E13208BD	448	IMC170	8	448	112	48	48	2	0,258048
TAKOSAN- TEPEÖREN	İSTANBUL - AND	3C46E13209AE	432	IMC170	12	432	112	48	48	3	0,258048
TAKOSAN- TEPEÖREN	İSTANBUL - AND	3C46E13209BD	448	IMC170	8	448	112	48	48	2	0,258048
TAKOSAN- TEPEÖREN	İSTANBUL - AND	AC46E06011AAYRDM	200	IMC170	17	200	112	48	48	5	0,258048
TAKOSAN- TEPEÖREN	İSTANBUL - AND	AC46E23862AAD6BA	768	IMC100	12	144	56	48	24	4	0,064512

6.2 Tasarruf Algoritmasının Uygulanması

Tasarruf algoritmasını uygulamak için birinci aşama olarak tedarikçi firmaların koordinatları belirlenmiştir. Ayrıca her bir tedarikçiden alınacak yükün hacim bilgileri de listelenmiştir. Tablo 6.3’de tedarikçilerin koordinat ve toplanacak yüklerin hacim bilgileri bulunmaktadır.

Tablo 6.3 :Tedarikçi Koordinatları ve Hacim Bilgileri

	Kod	X	Y	Talep(m3)
Depo	0	40,88	29,35	-
Altan	1	41,07	28,62	22
Arıkan	2	39,78	30,58	30
Coşkunöz	3	40,24	28,96	20
Galsan	4	40,86	29,43	35
Güngör oto	5	40,82	29,47	42
Kipsan	6	40,91	29,26	29
Önaysan	7	41,01	28,97	39
Özkurt	8	41	28	17
Pressan	9	41,08	28,8	55
Sa ba	10	41,01	28,96	51
Sarıgözoğlu	11	41,04	28,85	40
Şahince	12	40	28	32
Takosan	13	41,03	28,87	15

Koordinatları belirlenen noktaların birbirleri arasındaki uzaklık ilişkisi en kısa öklit bağlantısına göre Tablo 6.4’de verilmiştir. Problemin çözümünde amaç, kapasitesini aşmayacak şekilde en kısa Milk-Run toplama rotasını belirlemektir. Tedarikçilerin koordinat bilgileri “Google Earth” programı kullanılarak belirlenmiştir. Birbirleri arasındaki uzaklık değerleri, iki nokta arasındaki doğrunun uzunluğunu bulmak için kullanılan formül, yardımıyla belirlenmiştir.

Tablo 6.4:Uzaklık Matrisi

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0														
1	0,75													
2	1,65	2,11												
3	0,75	1,08	1,68											
4	0,08	0,21	1,58	0,78										
5	0,13	0,26	1,52	0,77	0,06									
6	0,09	0,16	1,74	0,73	0,18	0,23								
7	0,40	0,06	2,03	0,77	0,48	0,53	0,31							
8	1,36	0,07	2,85	1,22	1,44	1,48	1,26	0,97						
9	0,59	0,01	2,20	0,86	0,67	0,72	0,49	0,18	0,80					
10	0,41	0,06	2,03	0,77	0,49	0,54	0,32	0,01	0,96	0,17				
11	0,52	0,03	2,14	0,81	0,61	0,66	0,43	0,12	0,85	0,06	0,11			
12	1,61	1,57	2,59	0,99	1,67	1,68	1,55	1,40	1,00	1,34	1,39	1,34		
13	0,50	0,04	2,12	0,80	0,59	0,64	0,41	0,10	0,87	0,09	0,09	0,02	1,35	

İlk olarak $1 \leq i \leq j < 14$ durumu için tüm (i,j) çiftleri için tasarruflar hesaplanır.Tablo6.5’de oluşturulan tasarruf matrisi görülmektedir.

Tablo 6.5 Tasarruf Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	0,30												
3	0,43	0,72											
4	0,62	0,15	0,05										
5	0,63	0,26	0,11	0,16									
6	0,69	0,01	0,11	0,00	0,00								
7	1,10	0,03	0,38	0,00	0,00	0,19							
8	2,04	0,15	0,88	0,00	0,01	0,19	0,79						
9	1,33	0,03	0,48	0,00	0,00	0,19	0,80	1,14					
10	1,11	0,03	0,39	0,00	0,00	0,19	0,80	0,81	0,82				
11	1,25	0,03	0,47	0,00	0,00	0,19	0,80	1,03	1,05	0,82			
12	0,80	0,67	1,37	0,03	0,06	0,15	0,61	1,97	0,85	0,63	0,79		
13	1,22	0,03	0,46	0,00	0,00	0,19	0,80	0,99	1,00	0,82	1,01	0,76	

Tasarruf değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve tasarruf matrisi oluşturulduktan sonra,ilk olarak en büyük tasarruf olan değerden hesaplamaya başlanır .Tablo 6.6 ‘da tasarruf adımları gözükmemektedir.İki rota talepleri karşılandığı sürece rota birleştirmesine devam edilir.Kapasite aşıldığında ,bir sonraki en yüksek tasarruf değerine geçilerek iterasyona devam edilir.

İlk adımda en yüksek tasarruf değeri 2,04 'ü sağlayan 1 ve 8 nolu tedarikçilerin rotaları birleştirilir.1 nolu tedarikçinin talep miktarı 22 m³ 8 nolu tedarikçinin talep miktarı 17 m³ toplandığında 39 m³ ,araç kapasitesi olan 90 'm³ 'ü geçmemektedir.Bunun anlamı 1 ve 8 nolu tedarikçilerin rotalarının birleştirilmesi olurlu bir çözüm demektir.İterasyona devam edildiğinde 1,97 tasarruf değerini sağlayan 8 ve 12 nolu tedarikçilerin talep miktarına bakıldığında,bir önceki iterasyonda 8 nolu tedarikçinin talebi ile 1 nolu tedarikçinin talebi birleştirildiğinden, 1.97 tasarruf değerinin iterasyonunu hesaplarken 8 nolu tedarikçi talebinin 39 olarak alınması gerekmektedir.39+31=71 m³ talep araç kapasitesini geçmediğinden 12 no'lu tedarikçide 1 ve 8 nolu rotaya eklenir.İterasyona bu şekilde devam edilerek Tablo 6.6 'ya açıklamalar eklenerek sevkiyatın rootları belirlenir.

Tablo 6.6 Tasarruf Adımları

Tasarruf değeri	Konum i	Konum J	Talep	Hareket
2,04	1	8	39	1 ve 8 i birleştir
1,97	8	12	71	1,8 ve 12 yi birleştir
1,37	3	12	91	Araç kapasitesini aşar
1,33	1	9	126	Araç kapasitesini aşar
1,25	1	11	111	Araç kapasitesini aşar
1,22	1	13	86	1,8,12 ve 13 ü birleştir
1,14	8	9	141	Araç kapasitesini aşar
1,11	1	10	137	Araç kapasitesini aşar
1,10	1	7	125	Araç kapasitesini aşar
1,05	9	11	95	Araç kapasitesini aşar
1,03	8	11	126	Araç kapasitesini aşar
1,01	11	13	126	Araç kapasitesini aşar
1,00	9	13	141	Araç kapasitesini aşar
0,99	8	13		Aynı rotadalar.
0,88	3	8	106	Araç kapasitesini aşar
0,85	9	12	227	Araç kapasitesini aşar
0,82	9	10	192	Araç kapasitesini aşar
0,82	10	11	91	Araç kapasitesini aşar
0,82	10	13	192	Araç kapasitesini aşar
0,81	8	10	137	Araç kapasitesini aşar
0,80	1	12		Aynı rotadalar.
0,80	7	9	180	Araç kapasitesini aşar
0,80	7	10	90	7 ile 10 u birleştir
0,80	7	11	130	Araç kapasitesini aşar
0,80	7	13	176	Araç kapasitesini aşar
0,79	7	8	176	Araç kapasitesini aşar
0,79	11	12	126	Araç kapasitesini aşar
0,76	12	13		Aynı rotadalar.

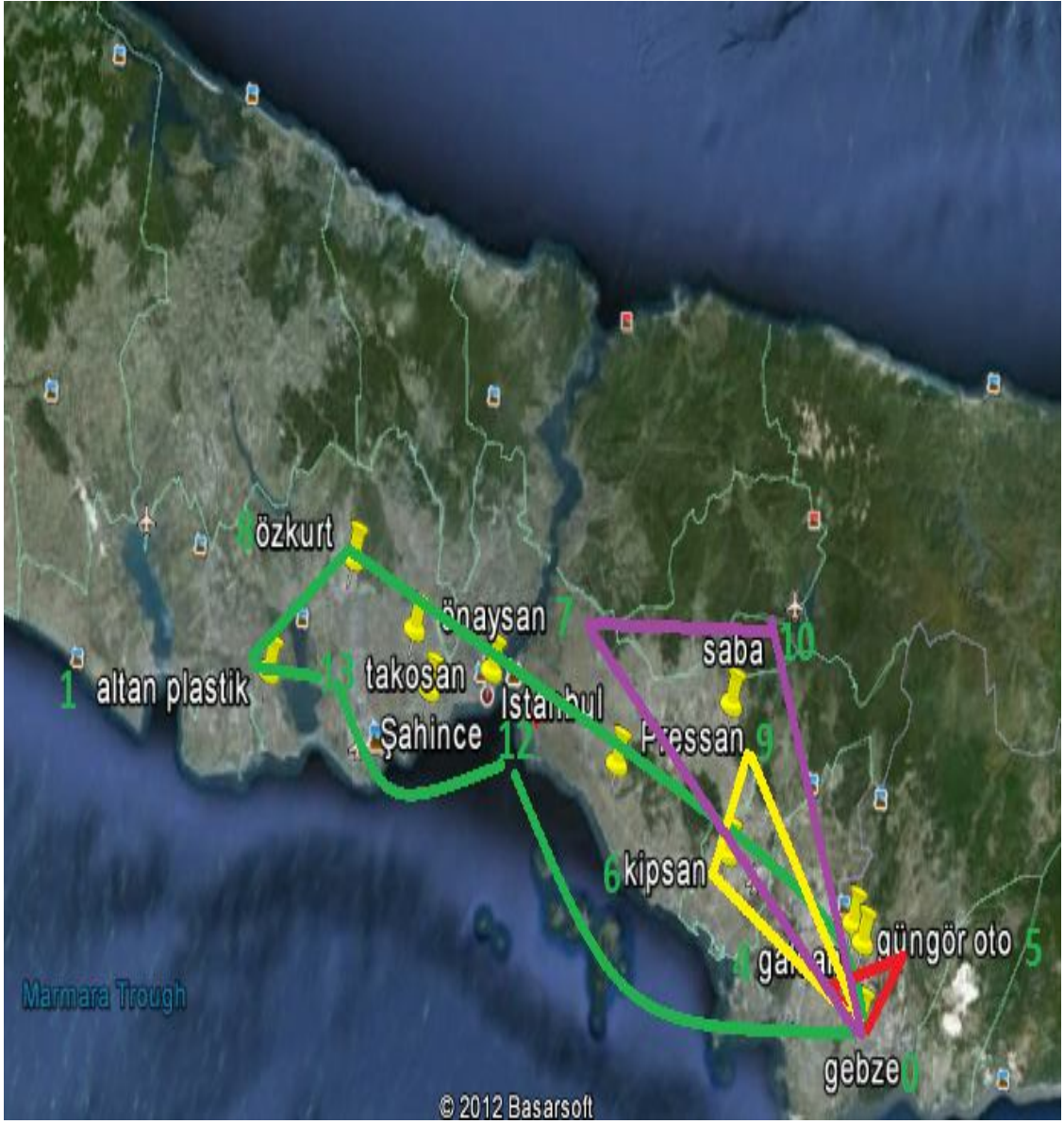
0,72	2	3	50	2 ile 3 ü birleştir.
0,69	1	6	115	Araç kapasitesini aşar
0,67	2	12	136	Araç kapasitesini aşar
0,63	1	5	128	Araç kapasitesini aşar
0,63	10	12	176	Araç kapasitesini aşar
0,62	1	4	121	Araç kapasitesini aşar
0,61	7	12	176	Araç kapasitesini aşar
0,48	3	9	105	Araç kapasitesini aşar
0,47	3	11	90	2,3 ve 11 i birleştir
0,46	3	13	136	Araç kapasitesini aşar
0,43	1	3	136	Araç kapasitesini aşar
0,39	3	10	140	Araç kapasitesini aşar
0,38	3	7	140	Araç kapasitesini aşar
0,30	1	2	136	Araç kapasitesini aşar
0,26	2	5	92	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	7	119	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	8	115	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	9	84	6 ile 9 u birleştir
0,19	6	10	174	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	11	124	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	13	170	Araç kapasitesini aşar
0,16	4	5	77	4 ile 5 i birleştir
0,15	2	4	167	Araç kapasitesini aşar
0,15	6	12	170	Araç kapasitesini aşar
0,15	2	8	176	Araç kapasitesini aşar
0,11	3	5	167	Araç kapasitesini aşar
0,11	3	6	174	Araç kapasitesini aşar
0,06	5	12	163	Araç kapasitesini aşar

Aynı değerli tasarrufların sıralaması keyfi olarak yapılmakta olup ,hesaplama herhangi bir değişikliğe sebep vermemektedir.

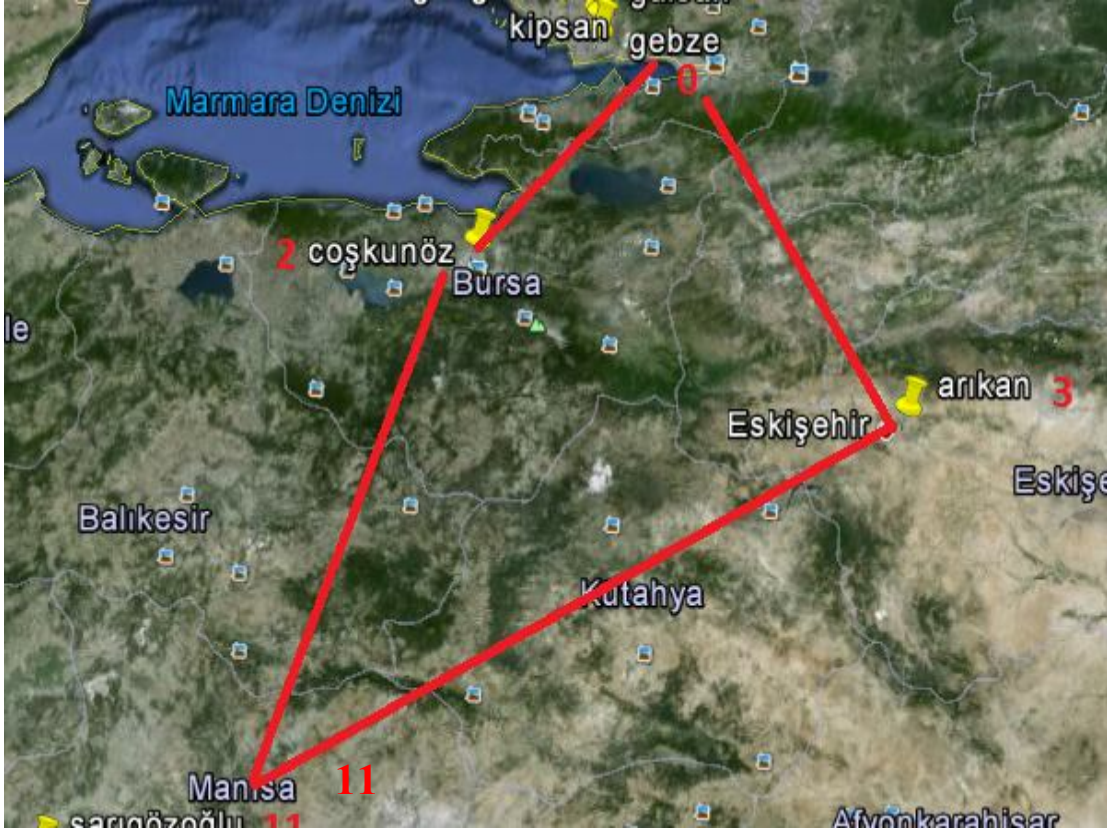
Aynı rotada olan konumlar değerlendirmeye katılmaz ve iterasyona devam edilir.İterasyon bütün talepler karşılanana kadar devam edilir.İterasyonda kapasitenin aşıldığı durumlar olurlu çözüm olmadığı durumlardır .Bu durumlarda rota birleştirilmesine katılmaz ve Tablo6.6 ‘da “Araç kapasitesini aşar”şeklinde belirtilir.

İterasyon sonucunda,tedarikçilerin talepleri 5 rotada karşılanmıştır: (1-8-12-13),(2-3-11),(4-5) ,(6-9) ve (7-10). Her rota için 90 m³ ‘lük 1 araç kullanılarak ,toplamda 5 araç ile bütün talepler karşılanmıştır.

Tasarruf algoritması ile optimize edilen rotalamanın görüntüsü Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3:Optimize Edilmiş (8,12,13,1) - (6,9) – (4,5) rotası Milk-run Planı.



Şekil 6.4: Optimize edilmiş (2,11,3) rotası milk run planı

Yapılan optimizasyon sonucu toplam mesafe ve maliyetlendirilmesi Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7 :Mesafe ve Maliyetler

Rota	Rota mesafesi(km)	35/100 (100 km’de yakılan litre)	Mazot fiyatı/litre	Maliyet
1,8,12,13	209	0,35	3,4	248,71 TL
2,3,11	985	0,35	3,4	1.172,15 TL
4,5	15	0,35	3,4	17,85 TL
6,9	219	0,35	3,4	260,61 TL
7,10.	59	0,35	3,4	70,21 TL
Toplam	1487			1.769,53 TL

SONUÇ

Tedarik Zinciri Yönetimi doğru ürünün doğru zamanda tedarik edilmesine, doğru miktarda üretimine ve doğru lokasyona ulaştırılmasına odaklanır; zincirin tüm halkalarında, rekabet avantajı sağlayacak ve katma değer yaratacak süreçleri geliştirmeyi hedefler.

Gelişen teknoloji ve artan tüketim anlayışı, firmalar arasındaki rekabeti gün geçtikçe artırmaktadır. Üretilen ve halka sunulan ürünlerin, "Ürün yaşam eğrileri" gün geçtikçe kısalmaktadır. Bu durumda firmaların ürünlerini hızlı bir şekilde yenilemelerini ve aynı hızda piyasaya sunmaları gerekmektedir. Firmaların, pazarın nabzını tutan ve ihtiyaçlar karşısında hemen manevra yapabilecek çeviklikte olması gerekir. Çeviklik firmaların tüm süreçlerini kapsayan esnek ve hızlı iş yapma yeteneğidir. İnsanların ihtiyaçlarını hızlı şekilde karşılayacak ürünü tasarlamak ve üretmek tek başına başarı getirmeyecektir, aynı zamanda üretilen ürünün de aynı hız da tüketiciye ulaştırılması gerekmektedir. İşte bu yüzden tedarik zinciri yönetimi bir bütün olarak ele alınmak zorundadır ve sürecin tamamında hızlı olunmalıdır.

DHL SCM (Supply Chain Management) yakın zamanda kurulmasına karşın tedarik zinciri yönetiminde, neyin üstünlük sağlayacağını bilmesinden dolayı hep bir adım önde faaliyetlerine devam etmesinden ötürü, Ford Otosan gibi Türkiye'nin en önemli otomotiv devi olan bir firmanın 3 yıldır çözüm ortaklığını yapmaktadır.

Ford Otosan'ın Brezilya projesi; Türkiye'nin çeşitli illerindeki otomotiv sektörü için faaliyet gösteren yan sanayi firmalarında üretilen yedek parçaların Brezilya'da montaj edilerek, Brezilya'da kamyon üretilmesini kapsar.

Bu çalışma da, Brezilya'ya sevk için tedarikçilerden toplanacak malzemelerin Milk-run toplaması "Tasarruf algoritması" kullanılarak optimize edilmiştir. Çalışma da İstanbul, İzmir, Bursa, Eskişehir gibi illerde bulunan 13 farklı tedarikçiden malzemeler toplanarak DHL'in Gebze deposuna getirilmesinde izlenecek rotalar optimize edilmiştir. Çalışma da her rota için 90 m³ taşıma kapasitesi olan tırlar kullanılmıştır.

Tasarruf algoritması ile optimize edilen planlama sonucunda 5 tır ile 5 rota üzerinden gidilerek toplam da 427 m³ talep karşılanmıştır. Toplam mesafe 5 rota için 1487 km

olarak hesaplanmıştır. Milk-run toplamasının toplam yakıt maliyeti 1.769,53 TL olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışma optimize edilmeden önceki planlama ile karşılaştırıldığında 650 TL'lik bir kar kazanıldığı hesaplanmıştır. Planlama yapılmadan önceki durum incelendiğinde birbirine yakın fakat talepleri 50-55 m³'ü bulan firmalar için ayrı iki 60m³ kapasiteli ufak araçların organize edildiği görülmüştür. Bu durum hem araç sayısını hem de sürücü sayısını artırmaktadır. Dolayısıyla yakıt ve sürücü maliyetleri de artış göstermektedir.

Yapılan bu çalışma bir aylık bir zaman dilimi içerisindeki bütün sevkiyatlara uygulanarak, toplam tasarruf miktarının hesaplanarak çalışma daha da geliştirilebilir. Ayrıca model üzerine sezgisel algoritmaların eklenmesi ile rotalar arasındaki sıralamayı da hesaplayarak, gerçek uygulamadaki manuel planlama ortadan kaldırılabilir. Bütün bu hesaplamalar, herhangi bir bilgisayar programlama diliyle kodlanarak otomatik bir sistem kurulabilir ve planların daha hızlı aynı zaman da hatasız yapılması sağlanabilir.

EK 1. Tasarruf Matrisinin Hesaplanması

$$S(1,2) = C_{01}+C_{02}-C_{12}=0,75+1,65-2,11=0,30$$

$$S(2,3) = C_{02}+C_{03}-C_{23}=1,65+0,75-1,68=0,72$$

$$S(3,4) = C_{03}+C_{04}-C_{34}=0,75+0,08-0,78=0,05$$

$$S(4,5) = C_{04}+C_{05}-C_{45}=0,08+0,13-0,06=0,15$$

$$S(5,6) = C_{05}+C_{06}-C_{56}=0,13+0,09-0,23=-0,01$$

$$S(6,7) = C_{06}+C_{07}-C_{67}=0,09+0,40-0,31=0,18$$

$$S(7,8) = C_{07}+C_{08}-C_{78}=0,40+1,36-0,97=0,79$$

$$S(8,9) = C_{08}+C_{09}-C_{89}=1,36+0,59-0,80=1,15$$

$$S(9,10)=C_{09}+C_{10}-C_{910}=0,59+0,41-0,17=0,83$$

$$S(10,11)=C_{10}+C_{11}-C_{1011}=0,41+0,52-0,11=0,82$$

$$S(11,12)=C_{11}+C_{12}-C_{1112}=0,52+1,61-1,34=0,79$$

$$S(12,13)=C_{12}+C_{13}-C_{1213}=1,61+0,50-1,35=0,76$$

$$S(1,3) =C_{01}+C_{03}-C_{13} =0,75+0,75-1,08=0,43$$

$$S(2,4)=C_{02}+C_{04}-C_{24}=1,65+0,08-1,58=0,15$$

$$S(3,5)=C_{03}+C_{05}-C_{35}=0,75+0,13-0,77=0,11$$

$$S(4,6)=C_{04}+C_{06}-C_{46}=0,08+0,09-0,18=-0,01$$

$$S(5,7)=C_{05}+C_{07}-C_{57}=0,13+0,40-0,53=0$$

$$S(6,8)=C_{06}+C_{08}-C_{68}=0,09+1,36-1,26=0,19$$

$$S(7,9)=C_{07}+C_{09}-C_{79}=0,40+0,59-0,18=0,81$$

$$S(8,10)=C_{08}+C_{10}-C_{810}=1,36+0,41-0,96=0,81$$

$$S(9,11)=C_{09}+C_{11}-C_{911}=0,59+0,52-0,06=1,05$$

$$S(10,12)=C_{10}+C_{12}-C_{1012}=0,41+1,61-1,39=0,63$$

$$S(11,13)=C_{11}+C_{13}-C_{1113}=0,52+0,50-0,02=1$$

$$S(1,4) =C_{01}+C_{04}-C_{14}=0,75+0,08-0,21=0,62$$

$$\begin{aligned}
S(2,5) &= C_{02} + C_{05} - C_{25} = 1,65 + 0,13 - 1,52 = 0,26 \\
S(3,6) &= C_{03} + C_{06} - C_{36} = 0,75 + 0,09 - 0,73 = 0,11 \\
S(4,7) &= C_{04} + C_{07} - C_{47} = 0,08 + 0,40 - 0,48 = 0 \\
S(5,8) &= C_{05} + C_{08} - C_{58} = 0,13 + 1,36 - 1,48 = 0,01 \\
S(6,9) &= C_{06} + C_{09} - C_{69} = 0,09 + 0,59 - 0,49 = 0,19 \\
S(7,10) &= C_{07} + C_{10} - C_{710} = 0,40 + 0,41 - 0,01 = 0,80 \\
S(8,11) &= C_{08} + C_{11} - C_{811} = 1,36 + 0,52 - 0,85 = 1,03 \\
S(9,12) &= C_{09} + C_{12} - C_{912} = 0,59 + 1,61 - 1,34 = 0,86 \\
S(10,13) &= C_{10} + C_{13} - C_{1013} = 0,41 + 0,50 - 0,09 = 0,82 \\
S(1,5) &= C_{01} + C_{05} - C_{15} = 0,75 + 0,13 - 0,26 = 0,62 \\
S(2,6) &= C_{02} + C_{06} - C_{26} = 1,65 + 0,09 - 1,74 = 0 \\
S(3,7) &= C_{03} + C_{07} - C_{37} = 0,75 + 0,40 - 0,77 = 0,38 \\
S(4,8) &= C_{04} + C_{08} - C_{48} = 0,08 + 1,36 - 1,44 = 0 \\
S(5,9) &= C_{05} + C_{09} - C_{59} = 0,13 + 0,59 - 0,72 = 0 \\
S(6,10) &= C_{06} + C_{10} - C_{610} = 0,09 + 0,41 - 0,32 = 0,18 \\
S(7,11) &= C_{07} + C_{11} - C_{711} = 0,40 + 0,52 - 0,12 = 0,80 \\
S(8,12) &= C_{08} + C_{12} - C_{812} = 1,36 + 1,61 - 1,00 = 1,97 \\
S(9,13) &= C_{09} + C_{13} - C_{913} = 0,59 + 0,50 - 0,09 = 1 \\
S(1,6) &= C_{01} + C_{06} - C_{16} = 0,75 + 0,09 - 0,16 = 0,68 \\
S(2,7) &= C_{02} + C_{07} - C_{27} = 1,65 + 0,40 - 2,03 = 0,02 \\
S(3,8) &= C_{03} + C_{08} - C_{38} = 0,75 + 1,36 - 1,22 = 0,89 \\
S(4,9) &= C_{04} + C_{09} - C_{49} = 0,08 + 0,59 - 0,67 = 0 \\
S(5,10) &= C_{05} + C_{10} - C_{510} = 0,13 + 0,41 - 0,54 = 0 \\
S(6,11) &= C_{06} + C_{11} - C_{611} = 0,09 + 0,52 - 0,43 = 0,18 \\
S(7,12) &= C_{07} + C_{12} - C_{712} = 0,40 + 1,61 - 1,40 = 0,61 \\
S(8,13) &= C_{08} + C_{13} - C_{813} = 1,36 + 0,50 - 0,87 = 0,99 \\
S(1,7) &= C_{01} + C_{07} - C_{17} = 0,75 + 0,40 - 0,06 = 1,09 \\
S(1,8) &= C_{01} + C_{08} - C_{18} = 0,75 + 1,36 - 0,07 = 2,04 \\
S(1,9) &= C_{01} + C_{09} - C_{19} = 0,75 + 0,59 - 0,01 = 1,33 \\
S(1,10) &= C_{01} + C_{10} - C_{110} = 0,75 + 0,41 - 0,06 = 1,10 \\
S(1,11) &= C_{01} + C_{11} - C_{111} = 0,75 + 0,52 - 0,03 = 1,24 \\
S(1,12) &= C_{01} + C_{12} - C_{112} = 0,75 + 1,61 - 1,57 = 0,79 \\
S(1,13) &= C_{01} + C_{13} - C_{113} = 0,75 + 0,50 - 0,04 = 1,21
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S(2,8) &= C_{02} + C_{08} - C_{28} = 1,65 + 1,36 - 2,85 = 0,16 \\
S(2,9) &= C_{02} + C_{09} - C_{29} = 1,65 + 0,09 - 2,20 = -0,46 \\
S(2,10) &= C_{02} + C_{010} - C_{210} = 1,65 + 0,41 - 2,03 = 0,03 \\
S(2,11) &= C_{02} + C_{011} - C_{211} = 1,65 + 0,52 - 2,14 = 0,03 \\
S(2,12) &= C_{02} + C_{012} - C_{212} = 1,65 + 1,61 - 2,59 = 0,67 \\
S(2,13) &= C_{02} + C_{013} - C_{213} = 1,65 + 0,50 - 2,12 = 0,03 \\
S(3,9) &= C_{03} + C_{09} - C_{39} = 0,75 + 0,59 - 0,86 = 0,48 \\
S(3,10) &= C_{03} + C_{010} - C_{310} = 0,75 + 0,41 - 0,77 = 0,39 \\
S(3,11) &= C_{03} + C_{011} - C_{311} = 0,75 + 0,52 - 0,81 = 0,46 \\
S(3,12) &= C_{03} + C_{012} - C_{312} = 0,75 + 1,61 - 0,99 = 1,37 \\
S(3,13) &= C_{03} + C_{013} - C_{313} = 0,75 + 0,50 - 0,80 = 0,45 \\
S(4,10) &= C_{04} + C_{010} - C_{410} = 0,08 + 0,41 - 0,49 = 0 \\
S(4,11) &= C_{04} + C_{011} - C_{411} = 0,08 + 0,52 - 0,61 = -0,01 \\
S(4,12) &= C_{04} + C_{012} - C_{412} = 0,08 + 1,61 - 1,67 = 0,02 \\
S(4,13) &= C_{04} + C_{013} - C_{413} = 0,08 + 0,50 - 0,59 = -0,01 \\
S(5,11) &= C_{05} + C_{011} - C_{511} = 0,13 + 0,52 - 0,66 = -0,01 \\
S(5,12) &= C_{05} + C_{012} - C_{512} = 0,13 + 1,61 - 1,68 = 0,06 \\
S(5,13) &= C_{05} + C_{013} - C_{513} = 0,13 + 0,50 - 0,64 = -0,01 \\
S(6,12) &= C_{06} + C_{012} - C_{612} = 0,09 + 1,61 - 1,55 = 0,15 \\
S(6,13) &= C_{06} + C_{013} - C_{613} = 0,09 + 0,50 - 0,41 = 0,18 \\
S(7,13) &= C_{07} + C_{013} - C_{713} = 0,40 + 0,50 - 0,10 = 0,80
\end{aligned}$$

KAYNAKÇA

- Aksoy, H.**,1990, Dağıtım Kanalları ve Fiziksel Dağıtım,Yeni Asya Yayınları, İstanbul.
- Andersen Danışmanlık**, 2001, Entegre Tedarik Zinciri Yönetimi, 3D Lojistik Dergisi.
- Ballou, R.H.**,1999, Business Logistics Management:Planning, Organizing and Controlling The Supply Chain, McGraw-Hill.
- Bayzan, S.,Çetin, M., Ugur, A.**, 2002, Araç Rotalama Probleminde Araç Rotalarının Tespitinde En Kısa Yol Yaklaşımı: Denizli Örneği, *Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi Pamukkale Üniversitesi*, Kınıklı, Denizli.
- Bowersox, D.J., Closs D.J.**,1996, Logistical Management-The Integrated Supply Chain Process, McGraw-Hill Companies,Inc., New York.
- Chopra, S., ve Meindl, P.**,2001, Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation, Prentice-Hall.
- Coyle, J.J., Bardi E.J. ve Langley C.J.**, 1996, The Management of Business Logistics, West Publishing Company, MN.
- Czinkota, M.R., Ronkainen, I.A. ve Moffett, M.H.**,1999, International Business,

The Dryden Pres, USA.

Desrosiers, J., Dumas, Y., Solomon, M.M., Soumis, F., 1993, Time Constrained Routing and Scheduling, *Forthcoming in Handbooks in Operations Research and Management Science*, Volume on Networks, North-Holland, Amsterdam.

Erel, R., 1995, Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi: Otobüsle Kentler arası Yolcu Taşımacılığı için Bir Model, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnaaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Eryavuz, M., 2001, Araç Rotalama Problemi ve Örnek Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.

Ganeshan, R. ve Harrison, T. P., 1995, Supply Chain Management, *Department of Management Science and Information Systems*, Penn State University.

Karahan, A., 2003, Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Faaliyetlerinin Optimize Edilmesine Yönelik bir Model Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Kaya, T., 2005, Denizyolu Taşımacılığında Yolcu Talebine Bağlı Taşıt Rotalama ve Çizelgeleme, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Khan, M.S. ve Siddiqui, A.S., 1998, The Radius Method: A Modified Heuristic For The Vehicle Routing Problem, *Department of Industrial Engineering and Operations Research University of California Berkeley*.

Kobu, B., 1999, Üretim Yönetimi, Onuncu Baskı, Avcıol Basımevi, İstanbul.

Kocaoğlu, B., 2003, Üçüncü Parti Lojistik Yönetim Sistemlerinde Dağıtım Planlaması Faaliyetleri ve Türkiye'deki Firmaların Uygulamada Karşılaştığı Sorunların Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

La Londe, B., Grabner, J.R., ve Robeson, J.F., 1995 Integrated Distribution Management: A management Perspective, *International Journal of Physical Distribution*.

Menemencioğlu, T., 1999, Lojistik yönetiminde dağıtım kanalları yoluyla sağlanacak müşteri memnuniyetinin, işletmenin pazar payına etkisi ve ısıtma sektöründeki bir uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Özalp, V.M., 1995, Gezgin Satıcı Problemi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Ross, D.F., 1996, Distribution: Planning and Control, Chapman and Hall, USA.

Ross, D.F., 1998, Competing Through Supply Chain Management, Creating Market Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA et al.

Shapiro, R.D. ve Heskett, J.L., 1990, Logistics Strategy, Cases and Concepts, Graduate School of Admission, Harvard University, West Publishing Co.

Taha, H., 1998, Yöneylem Araştırması, 6. Basımdan Çeviri, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Tan, K.C., 2000, A Framework of Supply Chain Management Literature ,*European Journal of Purchasing Supply Management*.