

**TERSİNE LOJİSTİK  
VE  
DENİZLİ İLİNDE ÖMRÜNÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ  
KAZANIMI İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELİNİN TAMSAYILI  
PROGRAMLAMAYLA TASARIMI**

**Pamukkale Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
İşletme Ana Bilim Dalı  
Sayısal Yöntemler Bilim Dalı**

---

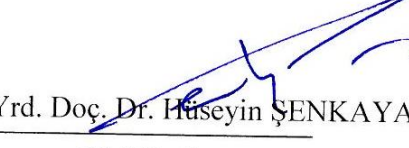
**Özlem FEDAI DENİŞ**

**Yrd. Doç. Arzu ORGAN**


**Haziran 2012  
DENİZLİ**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

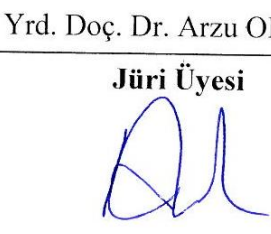
İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı öğrencisi Özlem FEDAI DENİŞ tarafından Yrd. Doç. Dr. Arzu ORGAN yönetiminde hazırlanan “ Tersine Lojistik ve Denizli İlinde Ömrünü Tamamlamış Lastik Geri Kazanımı İçin Tersine Lojistik Ağ Modelinin Tamsayılı Programlamayla Tasarımı” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 06.06.2012 tarihinde yapılan tez savunma sınavında başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ŞENKAYAS

**Jüri Başkanı**

  
Yrd. Doç. Dr. İrfan ERTUĞRUL

**Jüri Üyesi**

  
Yrd. Doç. Dr. Arzu ORGAN

**Jüri Üyesi**

Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ~~04/07/2012~~ tarih ve ~~12/14~~... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
Prof. Dr. Turhan KAÇAR  
Müdür

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet edildiğini, bu çalışmaların doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza:

Öğrenci Adı Soyadı/ Özlem FEDAI DENİŞ

## TEŐEKKÜR

Bu çalıŐmayı hazırlamada bana yol gösteren, katkılarını esirgemedен bana destek olan DanıŐman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Arzu ORGAN'a sonsuz teŐekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans derslerime girerek akademik eğitimime katkıda bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. İrfan ERTUĞRUL'a içten teŐekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Modelin çözümünde kullanılan bilgisayar programının kullanımında yardımcı olan AraÇ. Gör. Hasan AKŐİT'e ve Öğr. Gör. Yusuf KAYA'ya, tez yazım süresince, yaptığı yardım ve destek için değerli arkadaşım Öğr. Gör. Nuray KESKİN'e ve diğer tüm iş arkadaşlarıma içten teŐekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans çalıŐmalarım boyunca, her zaman desteklerini gördüğüm sevgili eŐim H. Aygün DENİŞ'e, oğlum Efe'ye ve bütün eğitim hayatım süresince bana her türlü katkıyı sağlayan annem Ayşe ve babam Hasan FEDAI 'ye teŐekkür ediyorum.

## ÖZET

### TERSİNE LOJİSTİK

### VE

### DENİZLİ İLİNDE ÖMRÜNÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ KAZANIMI İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELİNİN TAMSAYILI PROGRAMLAMAYLA TASARIMI

Fedai Deniz, Özlem  
Yüksek Lisans Tezi, İşletme ABD  
Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Arzu ORGAN

Haziran 2012, 197 Sayfa

Ekonomik, yasal ve ekolojik nedenlerle iade edilen ürünlerin tedarik zinciri içindeki yönetimi önemli konulardan biri haline gelmiştir. Ürünlerin kullanıcılardan üreticilere doğru olan akışına tersine lojistik denmektedir ve bu konu gittikçe artan öneminden dolayı işletme yöneticilerinin ve akademisyenlerin üzerinde durdukları konulardan biri olmuştur.

Bu çalışmada Denizli de ömrünü tamlamış lastiklerin geri kazanımı için tersine lojistik ağ tasarımı planlanmış ve karma tamsayılı doğrusal programlama kullanılarak modellenmiştir.

Çalışmada öncelikle tersine lojistik kavramı açıklanmış, tersine lojistiğin boyutları, nedenleri, ağ türleri ve bu kavramlarla ilişkili diğer konular incelenmiş, tersine lojistikle ilgili literatür çalışması yapılmıştır. Sonra da tamsayılı doğrusal programlama hakkında bilgi verilmiş ve modelleme de kullanılan karma tamsayılı programlama açıklanmıştır.

Son bölümde ise model altı farklı senaryo için oluşturulmuş ve LİNGO optimizasyon programıyla çözülmüştür. Her senaryo için toplama bölgelerinden toplanacak ömrünü tamamlamış atık lastik miktarı, taşıma maliyeti, geçici depo açma maliyeti ve elleçleme maliyetleri belirlenmiştir. Modeldeki amaç, ömrünü tamamlamış lastik geri kazanımı için tersine lojistik ağ modelini tasarlayarak, gideler ile gelir arasındaki farkı en küçükleyecek ürün akışını sağlamaktır. Her senaryo için en uygun depo ve geri kazanım tesisi, kapasite ve konumu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sonuçlar ve öneriler kısmında anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tersine Lojistik, Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, Ağ Tasarımı, Ömrünü Tamamlamış Lastik.

**ABSTRACT****REVERSE LOGISTICS  
AND****DESIGN OF A NETWORK MODEL BY INTEGER PROGRAMMING FOR THE  
RECYCLING OF USED TIRES IN DENİZLİ CITY**

Fedai Deniz, Özlem

Master Thesis, Department of Business Administration

Thesis Director: Assistant Professor Arzu ORGAN

June 2012, 197 Pages

**The management of the returned goods within the supply chain has become one of the significant issues due to economic, legal and ecologic reasons. Goods' strain from users to produces is called reverse logistics; and this subject has been focused by managers and academics because of its increasing importance. In this study, a reverse logistic network design was planned and modeled by mixed integer programming for the recycling of used tires in Denizli. The study first explained the reverse logistics terminology; then investigated dimensions, reasons of reverse logistics, network types and other subjects related to these subjects after the study of current references about reverse logistics. The method employed in the study, the mixed integer programming was explained; and basic information about the integer linear programming was presented.**

**Finally, the model was built for six different scenarios to be run by the LINGO optimization software. Amount of the collected used tires, costs of transportation, temporary warehouse and material handling are determined for six different scenarios. The purpose of the model is to design the reverse logistics network model for the recycling of the used tires in Denizli so that we obtain the strain of the goods which is minimizing the difference between incomes and expenses. For each scenario, an appropriate warehouse and recycling facility and their capacities and locations were determined. Obtained results were exhibited in the results and conclusionsection.**

**Keywords:** Reverse Logistics, Mixed Integer Linear Programming, Network Design, Used Tires.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ.....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### TERSİNE LOJİSTİK

1.1. LOJİSTİK VE TERSİNE LOJİSTİĞİN TANIMI .....	04
1.2. TERSİNE LOJİSTİK GELİŞİMİ.....	10
1.3. TERSİNE LOJİSTİĞİN NEDENLERİ.....	12
1.3.1. Ekonomik Faktörler.....	13
1.3.2. Kanunlar.....	15
1.3.3. Çevresel Endişeler.....	18
1.3.4. Kurumsal Vatandaşlık.....	20
1.4. TERSİNE LOJİSTİĞİN BOYUTLARI.....	21
1.4.1. Müşteri Boyutu.....	21
1.4.2. İçsel Süreç Boyutu.....	21
1.4.3. Yenilenme ve Öğrenme Boyutu.....	22
1.4.4. Finansal Boyutu.....	23
1.5. TERSİNE LOJİSTİKTE ÜRÜN GERİ DÖNÜŞ NEDENLERİ VE TİPLERİ .....	23
1.5.1. Tersine Lojistikte Ürün Geri Dönüş Nedenleri.....	24
1.5.2. Tersine Lojistikte Ürün Geri Dönüş Tipleri.....	26
1.5.2.1. Üreticilerden geri dönen ürünler.....	27
1.5.2.2. Dağıtıcılardan geri dönen ürünler.....	27
1.5.2.3. Müşteri/kullanıcılardan geri dönen ürünler.....	29
1.6. TERSİNE LOJİSTİĞİN ÖZELLİKLERİ.....	31
1.7. TERSİNE LOJİSTİĞİN ÖNEMİ.....	34
1.8. TERSİNE LOJİSTİK FAALİYETLERİ.....	37
1.9. TERSİNE LOJİSTİKTE ANAHTAR UNSURLAR.....	40
1.10. TERSİNE LOJİSTİĞİN FAYDALARI.....	43
1.11. TERSİNE LOJİSTİKTE KARAR ALMA.....	45
1.12. TERSİNE LOJİSTİK İLE İLERİ LOJİSTİK ARASINDAKİ FARKLAR.....	46
1.13. TERSİNE LOJİSTİK VE YEŞİL LOJİSTİK.....	51
1.14. TERSİNE LOJİSTİĞİN ÖNÜNDEKİ ENGELLER.....	53
1.15. TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI.....	57
1.15.1. Tersine Lojistik Ağ Türleri.....	58
1.15.2. Tersine Lojistik Ağına Girişte Zamanlamanın Etkisi.....	62
1.15.3. Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Problemler.....	63

1.15.4. Geri Kazanım Ağını Oluşturan Basamaklar .....	66
1.16. TERSİNE LOJİSTİKLE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	67
1.16.1. Genel.....	67
1.16.2. Toplama, Kontrol, Sınıflandırma ve Birleştirme.....	69
1.16.3. Tamir, Yenileme, Yeniden Üretim ve Geri.....	71

## İKİNCİ BÖLÜM

### TAMSAYILI PROGRAMLAMA

2.1. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA.....	74
2.1.1. Doğrusal Programlama ile İlgili Tanımlar .....	74
2.1.2. Doğrusal Programlama Problemlerinin Temel Özellikleri.....	76
2.1.2.1. Doğrusal programlamanın unsurları.....	76
2.1.2.2. Doğrusal programlama ile ilgili varsayımlar.....	77
2.1.2.2.1. Doğrusalık varsayımı.....	77
2.1.2.2.2. Sınırlılık varsayımı.....	78
2.1.2.2.3. Toplanabilirlik-bölünebilirlik varsayımı.....	78
2.1.2.2.4. Negatif olmama varsayımı.....	79
2.1.2.2.5. Doğrusal programlama modelinin formülasyonu.....	79
2.2. TAMSAYILI PROGRAMLAMA.....	80
2.2.1. Tamsayı Programlama ile İlgili Tanımlamalar.....	81
2.2.1.1. Bütünüyle tamsayı doğrusal programlama .....	84
2.2.1.2 Karma tamsayı doğrusal programlama.....	85
2.2.1.3. 0-1Tamsayı doğrusal programlama.....	86
2.2.2. Tamsayı Programlama Problemlerinin Modellenmesi.....	87
2.2.2.1. Sırt çantası problemleri.....	87
2.2.2.2. Sermaye bütçeleme problemleri.....	88
2.2.2.3. Sabit yük problemleri.....	88
2.2.2.4. Tezgah yerleştirme problemleri.....	89
2.2.2.5. Küme örtme ve ayrıştırma problemleri.....	89
2.2.2.6. Ya-Veya kısıtlı problemler.....	90
2.2.2.7. İse-O zaman kısıtlı problemleri.....	90
2.2.2.8. Atama eşleştirme problemleri.....	90
2.2.2.9. Gezgin satıcı problemleri.....	91
2.2.3. Tamsayı Programlama Modellerinin Çözümlemesi.....	91
2.2.3.1. Tamsayı doğrusal programlama algoritması.....	92
2.2.3.2 Grafikselleştirme yöntemi.....	93
2.2.3.3. Yuvarlama yöntemi.....	94
2.2.3.4. Sayımlama yöntemleri.....	94
2.2.3.4.1. Bütünüyle tamsayı doğrusal programlamada dal-sınır yöntemi.....	95
2.2.3.4.2. Karma tamsayı doğrusal programlamada dal-sınır yöntemi.....	104
2.2.3.4.3. 0-1 Tamsayı doğrusal programlamada dal-sınır yöntemi.....	104
2.2.3.5. Kesme düzlemi teknikleri.....	107
2.2.3.5.1. Dantzig'in kesme düzlemi yöntemi.....	107



2.2.3.5.2. Gomory'nin kesme düzlemi yöntemi.....	110
--	-----

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### DENİZLİ İLİNDE ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ KAZANIMI İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELİNİN TAMSAYILI PROGRAMLAMAYLA TASARIMI

3.1. ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ KAZANIMI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	116
3.2. DENİZLİ İLİNDE ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ KAZANIMI İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....	118
3.2.1. Gerçek ve Tüzel Kişilerden ÖTL'nin Belediye Toplama Noktalarına Kadar Toplanması .....	120
3.2.2. Belediye Toplama Noktasından Geçici Depoya Sevkiyat.....	120
3.2.3. Geçici Depo noktasından Geri Kazanım Tesisine Sevkiyat .....	120
3.2.4. Geri Kazanım Tesisin den ikincil Pazara ya da Bertaraf Tesisine Sevkiyat .....	120
3.3. MODELİN OLUŞTURULMASI .....	122
3.3.1. Modelin Amacı.....	122
3.3.2. Model Parametrelerinin Belirlenmesi .....	122
3.3.2.1. Açığa çıkan ömrünü tamamlamış lastik ve geri kazanılması arzu edilen ömrünün tamamlamış lastik miktarının belirlenmesi .....	123
3.3.2.2. Taşıma maliyetlerinin belirlenmesi.....	126
3.3.2.3. Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan yaralı maddelerin ton gelirlerinin belirlenmesi.....	126
3.3.2.4. Yararlı ürün taşıma maliyetlerinin belirlenmesi.....	127
3.3.2.5. Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan ekonomik değeri olmayan maddelerin imha giderlerinin belirlenmesi.....	127
3.3.2.6. Geçici depoların özelliklerinin ve konum kümelerinin belirlenmesi.....	127
3.3.2.7. Geri kazanım tesislerinin özelliklerinin belirlenmesi .....	133
3.3.2.8. Modelin kurulması.....	135
3.3.2.9. Modelin sonuçları ve değerlendirmesi.....	140
SONUÇ.....	149
KAYNAKÇA .....	154
EKLER.....	
EK 1: Senaryo 1'in Lingo çözümü.....	164
EK 2: Senaryo 2'in Lingo çözümü.....	164
EK 3: Senaryo 3'in Lingo çözümü.....	175
EK 4: Senaryo 4'in Lingo çözümü.....	175
EK 5: Senaryo 5'in Lingo çözümü.....	186
EK 6: Senaryo 6'in Lingo çözümü.....	186
ÖZGEÇMİŞ.....	197

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil1.1. Servis, ürün, geri dönüşüm ve atık yönetiminin olduğu entegre bir tedarik zinciri .....	37
Şekil 2.1. Tamsayıli programlama modelleri ve çözüm yöntemleri .....	92
Şekil 2.2. Tüm tekrarlamaları gösteren problemin çözüm ağacı .....	103
Şekil 3.1. Toplanan ÖTL'nin belediye toplama noktalarından GD'lere ve GKT' ye olan akışı.....	119

## TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Tersine lojistiğin kapsamı .....	9
Tablo 1.2. Bazı sektörler için geri iade oranları .....	24
Tablo 1.3. Ticari malların iadesinin en yaygın nedenleri .....	30
Tablo 1.4. RL karar aşamaları.....	45
Tablo 1.5. İleri lojistikle tersine lojistik arasındaki maliyet farklar.....	50
Tablo 1.6. Tersine lojistik ağına giriş de zamanlamanın etkisi .....	62
Tablo 1.7. Yeterli kaynak tahsis edildiğinde RL' ye giriş de zamanlamasının etkisi .....	63
Tablo 2.1. Örnek problemin optimal çözüm tablosu .....	109
Tablo 2.2. Danztig'in kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen çözüm tablosu .....	110
Tablo 2.3. Problemin simpleks optimal çözüm tablosu .....	112
Tablo 2.4. Gomory kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen birinci çözüm tablosu.....	113
Tablo 2.5. Gomory kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen ikinci çözüm tablosu.....	114
Tablo 2.6. Gomory kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen optimal çözüm tablosu.....	115
Tablo 3.1. Türkiye genelinde 2007–2009 yıllarında toplanan ÖTL miktarı .....	124
Tablo 3.2. Türkiye genelinde 2010–2011 yıllarında toplanan ÖTL miktarı.....	124
Tablo 3.3. Denizli iline ait toplam ÖTL ağırlık hesaplamalarını.....	125
Tablo 3.4. Her bölgenin nüfus sayısı ve ortaya çıkan ÖTL miktarları.....	125
Tablo 3.5. Tüm senaryolara göre her bölgeden toplanması beklenen ÖTL miktarları.....	126
Tablo 3.6. Denizli iline ait ilçelerin nüfus sayısı.....	128
Tablo 3.7. Geçici depo hesaplamasında kullanılan birim maliyetler.....	129
Tablo 3.8. Ofis yapım maliyetleri.....	130
Tablo 3.9. Geçici depolarda kullanılan ekipmanlar.....	130

Tablo 3.10. Toplam geçici depo ekipman maliyetleri .....	130
Tablo 3.11. Toplam geçici depo ekipman amortisman tutarları.....	131
Tablo 3.12. Toplam geçici depo amortisman tutarları.....	131
Tablo 3.13. Arsa satın alma maliyetleri.....	131
Tablo 3.14. Sabit enerji gideri.....	132
Tablo 3.15. Sabit ofis gideri.....	132
Tablo 3.16. Yönetim giderleri.....	133
Tablo 3.17. Geçici depoların yıllık ve günlük sabit maliyetleri.....	133
Tablo 3.18. Geçici depolardaki işçi sayısı ve işçi maliyetleri.....	133
Tablo 3.19. Mevcut geri kazanım tesis kapasiteleri.....	134
Tablo 3.20. GKT ' lerin konum kümeleri, kapasiteleri ve Denizli'ye olan uzaklıkları.....	135
Tablo 3.21. Toplama noktalarından senaryo1 için toplanan ÖTL miktarları.....	141
Tablo 3.22. Senaryo 1'e göre belediye toplama noktalarından depolara giden ÖTL miktarları.....	141
Tablo 3.23. Senaryo 1'e göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları.....	141
Tablo 3.24. Senaryo 2 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları.....	142
Tablo 3.25. Senaryo 2 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları.....	142
Tablo 3.26. Senaryo 2'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları.....	142
Tablo 3.27. Senaryo 3 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları.....	143
Tablo 3.28. Senaryo 3 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları.....	143
Tablo 3.29. Senaryo 3'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları.....	144
Tablo 3.30. Senaryo 4 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları.....	144

Tablo 3.31. Senaryo 4 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları.....	145
Tablo 3.32. Senaryo 4'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları.....	144
Tablo 3.33. Senaryo 5 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları.....	145
Tablo 3.34. Senaryo 5 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları.....	145
Tablo 3.35. Senaryo 5'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları.....	146
Tablo 3.36. Senaryo 6 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları.....	146
Tablo 3.37. Senaryo 6 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları.....	146
Tablo 3.38. Senaryo 6'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları.....	147

## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

APAK	Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BTN	Belediyenin Toplama Noktaları
CRC	Centralized Returns Center (Merkezi İade Birimleri)
G	Gerçek Kişiler
GD	Geçici Depolama Tesisleri
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
GKT	Geri Kazanım Lisanslı Tesisleri
IT	Information Technologies (Bilgi Teknolojileri)
LASDER	Lastik Üreticileri Derneği
LINGO	Linear, Interactive and General Optimizer (Doğrusal Etkileşimli Genel Eniyileyici)
MILP	Karma Tamsayı Programlama (Mixed Integer Linear Programming)
OEM	Orijinal Ekipman Üreticileri
RL	Reverse Logistics (Tersine Lojistik)
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
T	Tüzel Kişiler
YTZY	Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi

## GİRİŞ

Günümüzde birçok firma üretim süreciyle ilgilenmekte ve birbirinin benzeri işlemleri yerine getirmektedir. Gittikçe artan rekabet ortamı bu işlemlerin daha iyi tanımlanmasını ve yönetilmesini gerektirir. Lojistik yönetimi ve özelden de tersine lojistik yönetimi, iyi anlaşılması ve tanımlanması gereken işlem süreçlerinden biridir.

Sanayileşmenin de etkisiyle artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için kitlesel üretim yapılmaya başlanmış, bu durum da ürün çeşitlerinde ve miktarlarında artışa neden olmuştur. Teknolojik gelişmelerle birlikte tüketici davranışları değişmiş ve kullanılmayan çok miktarda atık ortaya çıkmıştır. 1900'lü yılların başlarında tüketiciler, atık miktarının artmasını önemli bir sorun olarak görmemiş ve ürünlerin daha sonra ne olduğuyla ilgilenmemiştir. Üretici açısından da geri dönen ürünler sorun olarak algılanmış, çözümüne yönelik etkin bir atık yönetimi programı uygulanmamıştır.

1980'li yılların başlarında, yaşanan çevresel felaketlerinde etkisiyle müşteriler, üreticiden hem üretim aşamasında hem de ürettikten sonra ürünlerinden sorumlu olmalarını beklemiştir. Aynı dönemde gelişen çevre bilinciyle de birçok ülkede çevre koruma politikaları öncelikli politikalardan biri haline gelmiştir.

Kullanılmış ürünlerin toplanması, sınıflandırılması ve bunun sonucunda ürünlerin yeniden kazanım faaliyetlerinin yerine getirilmesi, geri kazanılan ürünlerin yeni müşterilere ulaştırılması ya da uygun bir şekilde imha edilmesi geri kazanım işlem süreçleridir. Geri gelen ürünlerin geri kazanımının altında yatan neden sadece müşteri baskıları değil, bunun yanında üreticilerin rekabet avantajı elde etmek için daha ucuz kaynak aramalarıdır. Bu

nedenle geri gelen ürünler işletmeler tarafından ucuz hammadde kaynağı olarak değerlendirilir. Birçok ülkenin yasal yaptırımları da bunlara eklenince, işletmelerin geri gelen ürünlere daha fazla kayıtsız kalmaları mümkün olmamıştır. İşletme yöneticileri lojistik yönetimi içinde tersine lojistiğin önemini fark etmiş ve bu konuda çalışmaya başlamışlardır.

Tersine lojistiğin öneminin anlaşılması ile birlikte hem akademisyenler hem de işletme yöneticileri, bu tersine akışları daha etkin yönetebilmek için yapılabileceklerini araştırmaya başlamışlardır. Ürünlerin üretim noktasından son kullanıcıya ulaştırılması için yapılan lojistik faaliyetlere, tersine akışları içeren faaliyetler de dahil edilmiştir. Bu sayede sadece ürünlerin müşteriye ulaştırılması için gerçekleştirilen akışlar değil aynı zamanda, müşteriler tarafından kullanıldıktan sonra her ne nedenle olursa olsun ürünlerin geri gelişini sağlayan akışların da izlenmesi sağlanmıştır.

Tersine akışların lojistik sistemlerine dahil edilmesiyle birlikte ürünlerin son kullanıcılardan nasıl geri toplanacağı önemli bir konu haline gelmiştir. Ürünlerin nereden, nasıl, kim tarafından ve ne zaman toplanacağı, toplanan ürünlerin nereye gönderileceği, toplama merkezlerinin olup olmayacağı ve tüm bu faaliyetleri gerçekleştiren optimum ağ tasarımı önemli problemler olarak işletme yöneticilerinin karşısına çıkmıştır.

Bu tezde, Denizli’de ortaya çıkan ömrünü tamamlamış lastik atıklarının toplanması, taşınması, depolanması, sınıflandırılması ve geri dönüşüm tesislerine gönderilmesi için gerekli olan tersine lojistik ağ tasarımı gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen ağın minimum maliyetle optimizasyonunun sağlanması için karma tamsayılı doğrusal programlama metodu kullanılarak bir model geliştirilmiştir.

Birinci bölüm’de, tersine lojistiğin tanımı yapıp, gelişimi, nedenleri, boyutları ve ürün geri dönüşü hakkında bilgi verilmiştir. Tersine lojistiğin özellikleri, faaliyetleri, anahtar unsurları, tersine lojistik de karar alma, tersine lojistik ile ileri lojistik arasındaki farklar, tersine lojistiğin faydaları, önemi, yeşil lojistik ve tersine lojistiğin önündeki engeller açıklanmıştır. Daha sonra da tersine lojistik ağı türleri, tersine lojistik ağına giriş



de zamanlamanın etkisi, tersine lojistik ağ tasarımımda problemler ve geri kazanım ağını oluşturan basamaklar hakkında bilgi verilmiştir. Tersine lojistik literatür çalışması yapılmıştır. Bu konuda yapılan genel çalışmalar hakkında, toplama, kontrol, sınıflandırma ve birleştirme ile ilgili olan çalışmalar hakkında ve tamir, yenileme, yeniden üretim ve geri dönüşüm ile ilgili olan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde, doğrusal programlama ve tamsayılı programlama hakkında bilgi verildikten sonra tamsayılı programlama modellerinden karma tamsayılı programlama modeli anlatılmış, karma tamsayılı programlamada uygulamalar ve çözümler yöntemleri incelenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde, Denizli'deki ömrünü tamamlamış lastiklerin geri dönüşümünün sağlanması amacıyla, tersine lojistik ağ modelinin kurulması için gerekli veriler toplanmış ve bu veriler kullanılarak bir Karma Tamsayılı Programlama Modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model LINGO 11.0 paket programıyla çözülmüştür.

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **TERSİNE LOJİSTİK**

#### **1.1.LOJİSTİK VE TERSİNE LOJİSTİĞİN TANIMI**

İşletmelerin bir ürünü ya da hizmeti üretilip müşterilerine teslim etmeleri için hammaddeyi temin edip üretimle ilgili işlemleri yerine getirmeleri gerekir. Benzer işleri yapan çok sayıda işletme vardır. Gittikçe artan rekabet ortamı bu işlemlerin daha iyi tanımlanmasını ve yönetilmesini gerektirmektedir.

Yoğun küresel rekabetle mücadele edebilmek ve sürekli değişen müşteri taleplerini karşılayabilmek için Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) yaklaşımı geliştirilmiştir (Paksoy ve Altıparmak, 2003: 1). TZY, bir ürün ya da hizmetin üretilip teslim edilinceye kadar ki iş akışını kapsar. Bu iş akışı hammaddenin temin edilmesiyle başlayıp müşteriye teslim edilinceye kadarki tüm işlemleri içerir. Burada kullanılan tesisler; depolar, fabrikalar, işlem merkezleri, dağıtım merkezleri, perakendecilerin satış yerleri ve ofislerden oluşur. Fonksiyon ve işlemler; öngörü, satın alma, kalite güvencesi, planlama, üretim, dağıtım, teslim, bilgi yönetimi, envanter yönetimi ve müşteri servislerinden oluşur. Bu sistemler arasında ki fiziksel akış, zincirin sonundan başına doğru akan para akışı ile her iki yöne doğru akan bilgi akışı şeklinde ki üç türlü akıştan oluşur (Stevenson, 2007: 503).

Lojistik yönetimi, tesislerle diğer tesisler ve müşteriler arasında fiziksel olarak ürünlerin taşınmasını, lojistik faaliyetleri yönetme işlemlerini içerir. Aynı zamanda ürün teslimi karşılığında ürün bedellerinin mal sahiplerine ulaşmasını, üreticilerle müşteriler ve arada bulunan tesisler arasındaki bilgi akışını gerçekleştirir.

Lojistik Yönetimi Derneği (Council of Logistics Management) tarafından lojistik, tedarik zincirinin bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Hammadde, yarı mamul, mamul ve ilgili bilgilerin üretim noktasının başından tüketim noktasına kadar, müşteri gereksinimlerini karşılamak amacıyla, etkin ve düşük maliyetli bir şekilde akış ve depolanması süreçlerinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 271) . Günümüz rekabetçi küresel pazarlarında tedarik zincirlerinin problem ve olanaklarını göz ardı ederek başarıya erişmek mümkün gözükmemektedir. Gelecek odaklı yöneticiler bu konuda başarılı olabilmek için tüm sistemi bütünlük şeklinde yönetecek yeni bir takım teknik ve kantitatif yöntemleri, tedarik ve satın almadan tasarıma, imalat ve stoktan dağıtıma kadar tüm sistemi bütünlük şeklinde ele almalıdırlar (Lee vd, 2002: 2). İşletme yöneticileri diğer alanlarda olduğu gibi lojistik alanında da etkin bir yönetimi sağlamalıdır. Müşteri memnuniyetinin anahtar kavramlardan biri haline gelmesi, lojistiğe olan ilgiyi artırmıştır. Bu nedenle son yıllarda lojistik tüm boyutlarıyla ele alınmaya başlanmıştır.

Son yapılan çalışmalar, lojistik hizmetlerinin GSMH içindeki payının Kuzey Amerika ülkelerinde % 10,8 ve Avrupa Birliği ülkelerinde ise % 11,8 olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin 1980 sonrası ihracata dayalı büyüme stratejisini benimsemesi lojistik hizmetler çerçevesindeki talebi de etkilemiştir. Bunun sonucu olarak Türk lojistik pazarının da önemli gelişmeler kaydettiği gözlenmektedir (Tuna, 2001: 2) .

Lojistik, tedarik zincirinin bir parçasıdır. Ürünlerin, hizmetlerin, paranın ve bilginin ileri ve geri akışıdır. Lojistik yönetimi ülke içi ve ülke dışı nakliye, malzeme taşıma, depolama, stoklama, siparişleri yerine getirme, dağıtım, üçüncü parti lojistiği ve tersine lojistiği ( Reverse Logistics: RL) kapsar (Stevenson, 2007: 505) .

Karışık endüstriyel ilişkiler üretim, dağıtım ve tüketim aşamalarında ürünlerin ters yönlü akışa girmelerine neden olmaktadır. Bu ürün akışlarının yönetimi oldukça yeni bir alan olan Tersine Lojistik olarak tanımlanmaktadır (Cruz-Rivera ve Ertel, 2009: 930) .

Son yıllarda çeşitli nedenlerden dolayı ürün iadelerinin artması, geri dönen ürünlerin etkin bir şekilde yönetilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Genel olarak ürünlerin

müşteriye doğru olan akışına ileri lojistik, müşterilerden geriye doğru olan akışına da RL denir. İleri lojistik, tüm orijinal ürün ve malzemelerle ilgili lojistik işlemleri kapsarken RL geri gelen ürünlerin geri kazanımı ile ilgili işlemleri içerir.

İleri lojistik ve tersine lojistiğin farklarını, iç içe girmiş oldukları için ortaya koymak zordur. Örneğin bir gözlük, eski bir gözlüğün bir parçası kullanılarak yapılmış olabilir ( De Brito ve Dekker, 2002: 3 ). Günümüzde birçok işletme, özellikle ekonomik olarak yüksek değere sahip olan ürünleri daha ucuza üretebilmek için kullanılmış ürünlerin parçalarından yararlanır. Bu da tersine lojistiğin tanımlanmasını güçleştirir.

RL'nin ilk tanımını Lambert ve Stock (1981) yapmış ve RL' yi tek yöndeki ürün gönderiminin (üreticiden tüketiciye doğru, ileri lojistik) önemi nedeni ile “tek yönlü bir yolda yanlış yönde gitmek” olarak tanımlamışlardır. 1980'ler boyunca da tersine lojistik kavramı, birincil akışın tersi yönde olan, müşteriden üreticiye doğru olan ürün hareketi olarak görülmüştür (Rogers ve Tibben-Lembke, 2001: 131).

RL, ürünlerin en son varış noktalarından, tedarik zincirine geri dönüş akışlarını ifade eder. Ürünler arızalı olduğu, satılmadığı veya müşteriler fikirlerini değiştirdiği için geri dönebilir. RL geri dönen ürünlerin geri kazanım işlemlerini kapsar. Bu genellikle ayrıştırma, denetleme/test etme, iyi durumdaki ürünlerin yeniden depolanması, hatalı ürünlerin tamiri, ürünlerin yenilenmesi, materyallerin geri dönüşümü, modası geçmiş ya da tehlikeli ürünlerin imhası şeklindedir. Tersine lojistik yönetiminin amacı, geri dönen ürünlerin geri alımı ya da yeniden satılmayan ürünlerin imha edilmesidir (Stevenson, 2007: 513 ). RL, müşteriler tarafından istenmeyen kullanılmış ürünlerin bazı piyasalarda yeniden üretilmesi için tüm lojistik faaliyetleri içerir. Orijinal üreticiler, toplama, yenileme, yeniden üretim gibi birçok faaliyetten sorumlu olur ( Kim vd, 2006: 279 ).

Müşteriler kullanılmış ürünlerin çevreye olan zararları konusunda daha fazla bilinçlenmiş ve işletmelere, hem üretim aşamasında hem de kullanılmış ürünlerin çevresel zararlarını azaltma konusunda baskı yapmaktadır. Birçok durumda üreticilerin sorumluluğu, ürettikleri ürünleri müşterilere teslim etmekle bitmez. Çıkarılan yasalarla,

çevreci müşteri baskılarıyla işletmeler, ürünlerin yeniden kazanımından ya da uygun bir şekilde imhasından sorumlu tutulmaktadırlar.

Daher vd, (2006) RL'nin ürünlerin ve materyallerin yeniden kullanımı için yapılan tüm işlemleri kapsadığını belirtmiştir ( Daher vd, 2006: 59 ). Bu işlemler kullanılmış ürün, materyal ve parçaların kabul edilebilir bir geri dönüşüm için, toplama ve parçalama süreçleriyle ilgili tüm işlemlerdir. RL, ekipmanların, ürünlerin, bileşenlerin, materyallerin ve hatta teknik sistemlerin yeniden değerlendirilmesi için işlenmesi ve yönetimiyle ilgilenir. Yeniden değerlendirme ürünlerin sadece satışı olabilir. Ya da yeniden üretim ve geri dönüşüm gibi işlemleri yapmak için bir seri toplama, kontrol etme, ayırma gibi işlemlerle de ilişkilidir. (De Brito ve Dekker, 2002: 1).

RL, işletmelerin sadece bir defa yaptığı bir işlem değil, bir süreçtir. Kullanılmış ürünlerin toplanması, sınıflandırılması ve bunun sonucunda ürünlerin yeniden kazanım faaliyetlerinin yerine getirilmesi, geri kazanılan ürünlerin yeni müşterilere ulaştırılması ya da uygun bir şekilde imha edilmesi süreçlerini kapsar.

Rogers ve Tibben-Lembke'ye göre (1998) RL, hammadde, süreç içindeki stokların, bitmiş ürünlerin ve ilişkili bilgilerin tüketim noktasından merkeze akış maliyetlerinin etkinliğinin gerçekleştirilmesi ya da uygun bir şekilde imhasıdır. Ürünlerin en son varış noktalarında değerlerini korumak ya da iyi bir şekilde imha etmek için taşınması işlemlerini içerir. Bu sayede RL faaliyetleri ile ilgili süreçlerin planlaması, uygulaması ve kontrolü sağlanır (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 2). RL faaliyetleriyle sezgisel olarak ilişkili olan kavram, kullanılmış ürünün en son kullanıcıdan üreticiye fiziksel olarak taşınması, tersine dağıtım faaliyetleri de kusurlu ve çevreye zararlı ürünlerin müşterilerden alınıp taşınmasıdır. Aynı zamanda ömürlerinin sonuna gelmiş ürünlerin geri kazanımı da RL faaliyetleri içerisinde tanımlanır. Şirketler, tersine lojistik süreçleri sayesinde iade edilen ürünlerin yeniden kullanımı sağlayarak, kullanılan ürünlerin miktarını azaltmada daha çevreci ve etkin olurlar (Jayaraman vd, 2003: 128).

RL sadece kullanılmış ürünleri değil aynı zamanda hiç kullanılmamış ama ihtiyaç duyulmayan hammaddeleri de kapsar. Tehlikeli maddelerin imhası da tersine lojistiğin yerine getirdiği önemli faaliyetlerdendir ve ürünlerin sahipleriyle yeniden kullanıcıları arasındaki tersine akışlarla ilişkilidir. Kullanıcıları tarafından istenmeyen kullanılmış ürünlerin, başka bir piyasada yeniden kullanılabilir hale getirilmesiyle ilgili tüm lojistik aktiviteleri içerir. Tersine kavramı, tersine lojistikteki fiziksel akışı ifade eder. Bu akış geleneksel ileri tedarik zincirinin tam tersidir (Zhao vd, 2008: 349). Geleneksel ileri tedarik zincirinde akışlar, bir dağıtım kanalı içinde ki ürünlerin üreticiden müşteriye doğru taşınması şeklindedir. RL ise bir dağıtım kanalı içinde ürünlerin müşterilerden üreticiye taşınmasıdır (Murphy, 1986: 12). RL, lojistiğin içinde ve dışında birçok işlemi kapsar. Daha çok lojistiğin içindeki ürün iadesi, kaynak azaltışı, geri dönüşüm, materyal ikamesi, materyallerin yeniden kullanımı, atıkların imhası, yenileme, tamir ve yeniden üretim işlemlerini ifade eder (Stock, 2001: 6).

Fleischmann vd, (1997) müşteri tarafından istenmeyen ürünlerin, piyasada yeniden kullanılabilmesi için üretilmesini sağlayan lojistik işlemleri “RL faaliyetleri” olarak tanımlamıştır. Bu işlemlerin ilk basamağı kullanılmış ürünlerin son kullanıcıdan üreticiye doğru fiziksel olarak taşınmasıdır. İlk aşama dağıtımın planlama yönüdür. Bir sonraki basamak geri gelen ürünlerin üreticiler tarafından yeniden kullanılabilir ürünler haline getirilmesidir. (Fleischmann vd, 1997: 2). Bu aşama da uygulama aşamasını oluşturur. İade edilen ürünlerin miktar, zamanlama ve kalite açısından belirsiz olması nedeniyle, işletmelerde tersine lojistik faaliyetlerinin planlanması ve gerçekleştirilmesi bir hayli zor olmaktadır.

Autry vd, göre (2001) ürünlerin satışı, işletmeler için son işlem aşaması olmayabilir. Firmalar artan miktarlarda geri dönen/satılmayan/hasar görmüş ürünle uğraşmak zorunda kalabilir. Artan oranlardaki geri dönüş miktarları nedeniyle firmalar gelen itirazların karşılanmaması RL’de yeni ilgi alanlarının yaratılmasında teşvik nedenidir (Autry vd, 2001: 26). RL kavramı, ürünün tasarlanması aşamasından üretilmesi ve nihai tüketiciye gönderilmesi aşamasına kadar, ürün yaşam döngüsü içinde uygun bir seçenek olarak araştırılmalı ve entegre edilmelidir (Dowlatsahi, 2005: 3456).

RL, sürdürülebilir üretim, sosyal sorumluluk ve doğa dostu yeşil fabrikalar; yaşanılabilir dünya yaratmak adına ticari faaliyetlerin ötesine geçebilmiş şirketlerin rağbet ettikleri yeni iş yöntemleri arasında yer alır. Çevreye zarar vermeyen, kıt doğal kaynakları büyük bir dikkatle kullanan ve eko-verimli çalışan firmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Şirketlerin sürdürülebilir uygulamaları, ilk bakışta sosyal sorumluluk projelerinden ibaret sanılabilir. Aslında bu süreçleri uygulayan şirketler bir yandan çok ciddi karlar elde ederken, diğer yandan çevreyi de korumuş olurlar. (<http://www.subconturkey.com> /22.07.2011).

Ürün akışı, atık azaltışı gibi farklı açılardan ele alındığında farklı tanımlar ortaya çıkmaktadır. Perakendeciler ve üreticiler de RL'yi farklı algılamaktadırlar. Perakendeciler RL'yi, kullanılmış ürünlerin tüketicilerden kendilerine geri dönüşü olarak, üreticiler ise hatalı ürünlerin kullanıcılardan geri dönüşü olarak algırlar ve yapılan tüm bu tanımlar Tablo 1.1.'de özetlenmiştir.

**Tablo 1.1.** Tersine lojistiğin kapsamı (Zuluaga, 2005: 20)

Nedir?	Girdiler	Prosesler	Çıktılar	Nereden?	Nereye?
— Süreçtir, — Görevdir, — Yetenek ve aktivitedir.	— Iskarta ürünler, — Kullanılmış ürünler, — Önceden gönderilmiş ürün ya da parçalar, — Tehlikeli olan ya da olmayan ürünler ve ambalajları.	— Planlama, uygulama, etkili ve yeterli maliyet akışının kontrolü, — Toplama, — Nakliye, — Depolama, — İşleme, — Kabul, — Tekrar elde etme, — Paketleme, — Gönderme, — Düzenleme, — Demonte etme, — Stok ve — Üretimdir.	— Tekrar kullanılan ürünler, — Geri kazanma, — Düzenleme, — Yeniden üretim, — Yönetim, — Yeniden kazanılan değerlerdir.	— Tüketim noktasından.	— Üreticiye, — Merkezi depolama noktasına, — Ana noktaya doğru.

## 1.2. TERSİNE LOJİSTİĞİN GELİŞİMİ

Günümüzdeki ucuz materyallerin ortaya çıkması ve gelişmiş teknolojiler, batı toplumlarında kütleli tüketime ve rutin atışlara yol açmıştır. Çevresel meseleler toplumun endişelendiği konulardan biri olmamıştır (De Brito ve Dekker, 2002: 11). Bu dönemde firmaların geri gelen ürünleri yenileme istekleri yoktu ve geri dönen ürünleri en ucuz şekilde imha ederlerdi. Bu da genellikle geri gelen ürünlerin arazi dolgusu olarak kullanılmasıydı (Rogers vd, 2001: 130). Sonsuz olmayan kaynaklar için, yaklaşık altı milyar insan rekabet etmektedir (Birdoğan, 2004: 103).

Dünya genelinde 1970'lere kadar, çevresel olaylarla ve sürdürülebilir kalkınmayla ilgilenilmemiştir. Yasal yaptırımların olmayışı da buna eklendiğinde bu dönemde tersine lojistik sadece geri dönen ürünlerin imhası şeklinde algılanmıştır.

Takip eden on yılda çevresel kirlenme endişe verici durumlara ulaşıncaya, bu durum akademisyenler, politikacılar, medya ve konuyla ilgilenen diğer toplum kesimlerinin dikkatini çekmiştir (Baki, 2004: 23). Optimizasyon teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanmaya başlamasından dolayı 1970'lerden beri dağıtım sistemlerinin planlanması yapılmaya başlanmıştır. Müşteri hizmetlerinin oluşturulması ya da geliştirilmesiyle birlikte dağıtım maliyetleri de %5-%15 oranında düşmüştür. Firmaların geniş kapsamlı bir model oluşturmaları, firmaların karlılığını etkilemekle birlikte bu örgütlerin lojistiklerinin boyutlarını daha iyi anlamalarını sağlamıştır (Geoffrion, 1995: 106).

1980'li yıllarda çevresel felaketler akademisyenlerin, politikacıların, medyanın ve toplumun aklında yer edinmeye başlamıştır. Geri dönüşüm, yeniden kullanım, kaynak azaltışı, çevresel üretim sorumluluğu ve yeşil ürünler hepimize yakın kavramlardır. 1990'ların ortalarına gelindiğinde özellikle Avrupa'da RL'de ürün ve materyalin yeniden değerlendirilmesi ya da iyi bir şekilde imhası için yasal yaptırımlar getirilmiştir. Aynı zamanda Amerika'da arazi doldurma araçları çok pahalı hale gelmiş ve atıkların devletlerarası çapraz taşımacılığında ki kısıtlamaları da önemli derecede artmıştır (De Brito ve Dekker, 2002: 19).



Tersine kanallar (reverse channels) ya da tersine akımlar (reverse flow) bilimsel literatürde 1970’li yıllarda gözükmesine rağmen çoğunlukla geri dönüşüm sürecini ifade eder şekilde kullanılmıştır. 1980’ler boyunca RL kavramı; “birincil akışa karşıt olarak, müşteriden üreticiye doğru ürünün hareketi ile sınırlı olmuştur (Şengül, 2010: 31).

Ürünün geri kazanımına son yıllarda daha fazla önem verilmiştir. Artan çevresel endişeler ve birçok ülkedeki yasal yaptırımlar aynı zamanda ekonomik teşviklerde bu gelişmenin arkasındaki itici güçlerdir ( Francasa ve Minner, 2009: 757). Bu dönemde daha fazla firma tersine lojistikle uğraşmaya başlamıştır. Hatta geçmişte tersine lojistiği görmezden gelenler de standart bir tersine lojistik süreci oluşturmaya çalışmıştır (Autry vd, 2001: 35). Geri kazanımın karlılığı ve yarattığı katma değer çevresel etkisinden daha önemli hale gelmiştir. Buna ek olarak rekabet, pazarlama ya da stratejik argümanlar şirketleri iade politikalarında daha esnek olmaya itmiştir. Sonuç olarak katalog ve e-ticaret şirketlerinde olduğu gibi “yenisi gibi iyi” olan iade ürünler aynı pazarlarda yeniden dağıtılabilmektedir. Bundan dolayı çok daha fazla ticari ve kamu organizasyonu ürün ve materyal değerlendirme işlemlerine katılmaya başlamıştır (De Brito ve Dekker, 2002: 1). Ürün geri kazanımına, sürdürülebilir bir gelişme için önem verilmiş ve ürün geri dönüşüm sistemleri önemli bir işletme stratejisi olarak popülerlik kazanmıştır (Aras ve Aksen, 2008: 316).

Son yıllarda, çevreyle ilgili farkındalıklarla birlikte kullanılmış ürünlerin ya da ambalajların geri kazanımı artmıştır. Atık yönetimini ulusallaştırmak çabalarının bir parçası olarak, devletler tüketim sonrası geri dönüşümü ve yeniden kazanımı düzenlemek için farklı türlerde tedbir mekanizmalarını yürürlüğe koymaktadır.

Düzenleyici teşvikler ya da ürün geri dönüşümü için yaptırımlar bu tedbir kapsamındadır. Bu sayede ürünlerden bir kısmı bazı süreçlerden sonra yeniden kullanılmakta ya da yeni bir ürünün hammaddesi olarak tümüyle yeniden işlem görmektedir. Bu tip tedbir mekanizmaları ülkelerin kültürlerinden, spesifik sektörlerin özelliklerinden, geri dönüşüm alışkanlıklarına kadar geniş bir aralıkta yer almaktadır (De Figueiredo ve Mayerle, 2008: 731).

Tersine akış yönetimi, geleneksel tedarik zincirinin kullanılmış ürün ve materyallerinin yeniden kazanım ya da imhasıyla oldukça genişlemiştir. Son yıllarda tersine akış yönetiminin önemi artmaktadır. Bu artışın nedenleri şöyle sıralanabilir ( Prahinska ve Kocabasoglu, 2006: 519):

- İade edilen ürünlerin miktarının yüksek olması,
- Kullanılmış ürünlerin ikincil ve küresel marketlere satış fırsatlarından elde edilen gelirin artması,
- Ürünlerin kullanım ömürlerinin sonuna geldiğinde, geri alma zorunlulukları nedeniyle, ticaretle uğraşan firmaların ürünün tüm yaşamını etkin bir şekilde yönetmeleri,
- Tüketicilerin tehlikeli atık içeren ürünlerin imhası için ürünleri geri alma sorumluluğu konusunda üreticilere başarılı bir şekilde baskı yaratmaları,
- Arazi doldurmanın sınırlı ve pahalı olmasıdır.

### **1.3. TERSİNE LOJİSTİĞİN NEDENLERİ**

RL süreci ürünlerin tedarik zincirinin sonuna gitmesiyle, geri dönüşüm için istenmesiyle ya da ürünün geri çağırılmasıyla başlar. Prensip olarak geri dönüşten sorumlu olan bir grup vardır, bunlar ürünü alır ve geri dönüşümünü gerçekleştirir. Diğer bir grup da bunları alıp yeniden satmaya veya yeniden dağıtmaya çalışır. Böylece iade edilen ürünlerden geri dönüşüm değeri yaratılır (De Brito ve Dekker, 2002: 6). Ürün geri dönüşüm yönetimi, üretim yapan şirketin sorumluluğu altındaki tüm kullanılmış ve atılmış ürün, tamamlayıcı parça ve materyali kapsar. Ürün geri dönüşüm yönetiminin amacı olabildiğince çok geri dönüşüm yaparak ekonomik (ve ekolojik) değeri arttırmak böylece de atık miktarını azaltmaktır (Thierry ve Salomon, 1995: 114).

Son yıllarda çok fazla sayıda kişi işletmelerin çevreye karşı sorumluluklarının artması gerektiğini, üretim yöntemlerinde çevreci olmalarını ve müşterilerinin kullandıkları ancak ömrünün sonuna gelmiş ürünlerden sorumlu olmalarını beklemektedir.

Üreticiler, dünya genelinde ömrünün sonuna gelmiş ürünlerin sorumluluğuyla daha fazla yüz yüze kalmakta, ürünlerin toplanması, geri dönüşümü ya da uygun bir şekilde imhasını sağlamak zorundadır. Ürünlerin geri toplanması, genişletilmiş üretici sorumluluğunun bir şeklidir ve üretici firmaların ürünlerinden yaşam süreleri boyunca sorumluluğunu sağlayan bir politikadır (Klausner ve Hendrickson, 2000: 156). Yasaların uygulanması, sosyal sorumluluklar, şirketin imajı, çevreci endişeler, ekonomik çıkarlar ve müşterilerin çevreyle ilgili endişeleri üreticilerin sadece çevre dostu ürünler temin etmelerini değil ömrünün sonunda olan ürünleri de geri almalarına zorlamaktadır ( Mutha ve Pokharel, 2009: 334).

RL kullanılmış ürünlerin yeniden değerlendirme potansiyellerine dikkat çekmek için ortaya çıkmıştır. Bunun yanında yasal sınırlamalar ve yönetmelikler, müşterilerin çevreyle ilgili endişeleri ve çevreye karşı sosyal sorumlulukları RL'nin itici güçleridir. Bu itici güçlerin farkına varan birçok firma tersine lojistik kavramıyla daha fazla ilgilenmeye başlamıştır.

İşletmelerin geri gelen ürünlerin sorumluluğunu kabul etmelerinin birçok nedeni vardır. Bu nedenler dört başlık altında verilebilir (Ravia vd, 2005: 331);

- Ekonomik (direk ve dolaylı) nedenler
- Yasal nedenler
- Kurumsal vatandaşlık
- Çevresel endişeler

### **1.3.1.Ekonomik Faktörler**

RL programı, kaynak azaltmaya vurgu yaparak, ürünleri yeniden kullanılıp katma değer sağlayarak ve imha maliyetlerini azaltarak şirketlere mali yararlar sağlayabilir. Böylece RL ekonomik olarak, girdi materyallerinin maliyetlerinin düşürülmesinde, yeniden kullanılıp katma değer yaratmada direkt kazançlar sağlar. Bunun yanında yasaları uygulama, şirketlerin pazarlarını korumada, yeşil imaj oluşturmada ve müşteri/tedarikçi ilişkilerinin gelişmesinde de dolaylı ekonomik yararlar sağlar (Ravia vd, 2005: 331). Çeşitli nedenlerden dolayı çok sayıda ürün iadesi olmaktadır. Bu iadelerin iyi bir şekilde

değerlendirilmesi işletmeleri ekonomik olarak diğer işletmelerden daha avantajlı bir duruma getirmektedir.

İade edilen ürünlerin geri kazanımı ekonomik açıdan çekici olabilmektedir. Firmalar kullanılmış ürünlerden, geri dönüştürülmüş materyaller ve katma değer eklenmiş ürünlerden ucuz kaynak sağlanmaktadır (Fleischmann vd, 2001: 156). Bunu yapmak için bulunan çözümlerden bir tanesi ürün ve materyallerin toplanması, geri dönüşümü ve yeniden kullanımınıdır. Bu gelişme sadece çevresel ve devletin yaptırımlarına karşı olan sorumlulukların artmasından değil, çok daha fazla şirketin toplama, geri dönüşüm ve ürünlerin ve materyallerin yeniden kullanımının ticari fırsatlarını görmelerinden kaynaklanmaktadır ( Kroon ve Vrijens, 1995: 56). Bu ticari fırsatlar işletmelere rekabet avantajları sağlar ve bunun farkına varan işletmeler tersine lojistiğin ekonomik yönüne daha fazla önem verir.

RL kullanılarak sürdürülebilir gelişme hedeflerine ulaşılabilir. RL hem çevresel hem de ekonomik hedeflere odaklanır. Yeniden üretim yapan bazı şirketler yeni bir ürün üretme maliyetinin % 40-60'nı tasarruf etmekte ve bunu yaparken % 20'lik bir çaba gösterir (Dowlatshahi, 2000: 145). RL, yeni bir ürün üretilmesinin maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Benzer ürünlerin benzer fiyatlarla satıldığı piyasalarda bu durum işletmelere önemli avantajlar sağlayabilir.

Ekonomik itici güç işletmeye geri kazanımla direkt ya da dolaylı kar sağlayan tüm geri kazanımla ilgilidir. Geri kazanımdan elde edilen direkt karlara maliyetlerin azalması, materyal kullanımının azalması ya da ayrılan parçaların değerlendirilmesi örnek gösterilebilir (De Brito ve Dekker, 2002: 6). Bunun gibi hammadde kullanımının azalması, yeniden kazanımdan elde edilen katma değer ve firmaların imha maliyetlerinin düşmesi tersine lojistik programlarından direkt yararlar sağlayacaktır (De Brito, 2004: 49).

Dolaylı yararlırsa işletmenin tersine lojistiğe dahil olmasıyla pazarlama, rekabet ve / veya stratejik itici güçlerden elde ettiği karlardır. İşletmeler RL'ye stratejik bir adım atarak, ilerdeki yasalara hazırlanmak için dahil olabilirler. Rekabet açısından bakıldığında işletmeler diğer firmaların kendi teknolojilerini almalarına engel olmak ya da pazar

girişlerine engel olmak için geri dönüşümcü olabilirler (De Brito ve Dekker, 2002: 6). Örneğin diğer ürünlere oranla yeşil ürünlere daha fazla ödemeye razı olan çok sayıda kişi vardır. Yeşil ürün üreten işletmeler bu sayede daha kolay pazarlama yapabilir ve karlarını artırabilirler.

Sonuç olarak, tersine lojistiğin direk yararları girdi materyalleri, maliyet azaltışı, geri dönüşümden kazanımlardır. Dolaylı kazanımlar ise mevzuatı tahmin etme/sezme, pazarı koruma, yeşil imaj, geliştirilmiş müşteri/ tedarikçi ilişkileridir (De Brito, 2004: 50). Genellikle ekonomik ve ekolojik konular iç içedir. Örneğin artan imha maliyetleri atık azaltışını daha ekonomik yapar ve müşterilerin ortaya koyduğu çevre bilinci yeni pazarlama fırsatları ortaya çıkarır. İşletmelerin ekonomik ve ekolojik avantajları birleştirip hem dolaylı hem de direkt yararlarından olabildiğince yararlanmaları gerekir.

### **1.3.2.Kanunlar**

Sektörler arasında geri dönüşümle ilgili farklı uygulamalar gözlenmektedir. Bazı firmalar geri dönüşüme karlı olduğu için daha olumlu bakmaktadır. Bu firmalara kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi, metal sanayisinde yeni ürünler üretmek için hurda kullanımı örnek verilebilir. Geri dönüşümün yeterince karlı olmadığı sektörlerde geri dönüşümün etkin yapılmadığı gözlenmektedir. Bu nedenle bu sektörlerde, iade edilen ürünlerin tüketici pazarlarından toplanması ve iyi bir şekilde imha edilmesi kanunlar yoluyla yaptırılmaktadır ( Schultmann vd, 2006: 1035 ).

Geri dönüşümün karlı olmadığı sektörlerde, işletmeler geri dönüşüm işlemlerinin maliyetine katlanmak istemezler ve geri gelen ürünleri genellikle arazi dolgusu olarak imha etmeyi seçerler. Ancak arazi dolgusunun sınırlı olması ve çevreye verdiği zararlar nedeniyle ülkeler bu konuda yasal düzenlemeler yapmaya başlamıştır.

Son yıllarda, kaynakların tükenmesi ve çevresel problemlere bağlı olarak ortaya sosyal ve küresel problemler çıkmıştır. Bu nedenle çevreyle ilgili ticari düzenlemeler, ulusal ve uluslararası çevre koruma yasalarıyla artmıştır (Lee vd, 2009: 951). Bu yasalar şirketlerin ürünlerini yeniden değerlendirmeleri için zorunlu olan yaptırımları ve

yaşamlarının sonundaki ürünleri geri almalarını kapsar (Ravia vd, 2005: 331). Bu yasal yaptırımlar bir şirketin ürünlerini geri dönüştürme ya da geri almayla ilgili uymak zorunda olduğu yasalardır. Avrupa da uygulanan ambalajlarda ki geri dönüşüm kotaları buna örnek verilebilir (De Brito ve Dekker, 2002: 6 ).

Özellikle Avrupa'da çevreyle ilgili yasalarda artış olmuştur. Buna örnek olarak üreticiler için geri dönüşüm kotaları, ambalajlama mevzuatı ve geri alım sorumluluğu verilebilir (De Britto, 2004: 50). Bunun gibi alanlarda çevreyle ilgili düzenlemelerin son yıllarda arttığı görülmektedir. Birçok Avrupa ülkesinde arazi dolgusunun fiziksel olarak sınırlı olması bu ülkelerde atıkların imhasını ciddi bir problem haline getirmiştir.

Gelişmiş ülkeler tarafından yasal teşviklerin uygulanması, tüm dünyada geri dönüşümle ilgili reaksiyonlara yol açmıştır. Bu ülkelerdeki geri dönüşüm endüstrileri büyümektedir ve pazarlardaki rekabet güçlerini koruyabilmek için diğer sektörlerle entegre olmakta ve bu etki gelişmekte olan ülkelere de ulaşmaktadır ( Cruz-River ve Ertel, 2009: 930). Arazi dolgusu ve yakma kapasitelerinin azalması, endüstriyel ülkelerde atık azaltışının önemini arttırmıştır. Bazı ülkeler de zorlayıcı çevresel yasaları vardır ve bunlar ürünlerin tüm yaşam döngülerinde üreticileri sorumlu tutmaktadır. Kullanımdan sonra geri alım zorunlulukları alınan tipik örneklerdir. Örneğin Hollanda'da otomobil endüstrisi kullanılmış ürünlerin geri dönüşümünden sorumludur (Fleischmann ve Bloemhof-Ruwaard, 1997: 2).

Arazi doldurma kapasitesinin tükenmesiyle gelişmiş ülkelerde atıkların imhası en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Sonuç olarak yasal düzenlemeler oldukça artmaktadır. Bunun yanında arazi doldurma yasakları ve imha ücretlerinin artması üreticilerin sorumluluğunu arttırmaktadır. Bazı ülkelerde geri alım zorunlulukları -örneğin arabalarda (Hollanda), materyallerin paketlerinde(Almanya) ve elektronik ekipmanlarda (Japonya)- yasallaşmıştır. Avrupa da ki bu tip çevresel yasaların günümüzün global pazarlarını etkilemesi kesindir (Fleischmann vd, 2001: 156).

Üretici, Avrupa Birliğine üye ülkelerin pazarlarına girerken farklı zorluklarla karşılaşacaktır. Çünkü Avrupa Topluluğu üreticiyi çevreyle ilgili mevzuatlara uymaya,

sorumluluklarını yerine getirmesi için ürün geri alım ve geri dönüşüm garantisini vermeye ve finansmanını karşılamaya ( Schultmann vd, 2006: 1033), bayilere paletler, oluklu mukavva kutuları ve küçük paketler gibi taşıma ambalajlarını geri almaya zorlamaktadır. Yine birçok Avrupa ülkesinde, bayiler aynı zamanda asıl ürün ambalajlarının geri dönüşümünden de sorumludur (diş macunu kutuları gibi). Almanya’da satılan ambalajlara ödenen depozitolar ulusal toplama ve geri dönüşüm fonu kurmak için kullanılmaktadır (Tibben-Lembke, 2002: 226). Avrupa Birliğine aday olan ülkemiz de bu konuyla ilgili düzenlemelere uymak durumundadır. Örneğin; ambalajlarda kullanılan yeşil nokta uygulaması dış ticaret yapan şirketler tarafından bu pazarlara girmek için uygulanmaktadır.

Teknolojik gelişmeler ve insanların yaşam şekillerindeki değişiklikler nedeniyle bazı alanlarda daha özel düzenlemelere gerek duyulmaktadır. Bunlardan bir tanesi bilgisayar ve elektronik eşya kullanımının artmasıdır. Bu durum birçok ülkede bu tip ürünlerin atık sayısının artmasına yol açmış ve bu tip ürünlerin yeniden kazanımı ya da imhası ülkelerin çözüm aradığı sorunlardan biri haline gelmiştir. Aşağıda bu konu ile ilgili örneklere yer verilmiştir:

Avrupa Parlamentosu tarafından 2002’de elektrik ve elektronik ekipman atıklarının da kota %70–90 olarak belirlemiştir (De Brito, 2004: 51). Amerika, Avrupa ve Japonya da ki yasalar firmaların atıklarının geri dönüşüm yönetimine daha fazla odaklanmalarını sağlamıştır. Elektronik atıkların çevreye verdiği zararlar, arazi doldurma kapasitesinin azalması gibi konular önemli hale gelmiştir. Elektronik atık geri dönüşüm yönetimiyle evsel atıkların geri dönüşümleri arasında iki fark vardır. Bunlardan birincisi elektronik atıklar evsel atıkların aksine bir kısım materyallerin birleşimidir ki bunlarında bir kısmı tehlikelidir. İkincisi bu atıklar değerli materyalleri içerir ve bunlar da yeniden kullanılabilir. Böylece elektronik atıkları yayıldıkları alanlarda ki kaynaklardan toplamak ve işlemek uygun ve karlı olabilir. Bunun da ötesinde elektronik atıkların geri dönüştürülmesinde hükümet yaptırımları, karar vericileri bu konuda bir daha düşünmeye zorlamaktadır (Nagurney ve Toyasaki, 2005: 2). Yine Tayvan halkının, ömürlerinin sonunda olan bilgisayar ve elektrikli ev aletlerinin yeniden değerlendirilmesi konusunda büyük bir baskısı vardır, çünkü arazi doldurma alanları azalmış ve bu ürünler tehlikeli materyaller

içermektedir. 1998 de çıkartılan bir yönetmelikle üretici ve ihracatçıların bu tip ürünleri geri almaları konusunda zorlayıcı tedbirler alınmıştır (Shih, 2001: 56). Bu tip ve benzer alanlarda RL faaliyetlerinin planlanması ve alt yapı tasarımı geri alım oranları arttıkça daha da önemli hale gelecektir.

Ülkemizde geri dönüşüm; Çevre Kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenmektedir. Bu yönetmelikler ise (Şengül, 2010: 79);

- Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği (APAK)
- Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği
- Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik
- Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği,
- Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği,
- Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği,
- Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik ve
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği şeklindedir.

### 1.3.3.Çevresel endişeler

Modern dünyada, ekonomik miktarlarda üretim için sermaye, emek, enerji ve hammadde konusunda büyük yatırımlar yapılması gerekir. Ne yazık ki bütün ürünlerin sınırlı bir yaşam süreleri vardır. Bu ürünler ömürlerinin sonuna geldiğinde sahipleri tarafından atılır ya da imha edilir. Çok sayıda ürünün atık olarak ortaya çıkması firmaları çevre konusunda daha bilinçli olmaya itmiştir.

Çevre kanunları yürürlüğe girdikçe firmalar bozulan ya da ömrünün sonuna gelen ürünleri geri çağırma ve yeniden kullanmaya başlamıştır. Örneğin Hewlett-Packard firması, boş lazer yazıcı kartuşlarını müşterilerinden geri alıp, yeniden doldurarak müşterilerine iade eder (Jayaraman vd, 2003: 129). Geri alım mecburiyeti çevre ile ilgili yasalardan ve müşterilerin yeşil ürün talebinden kaynaklanır (Fleischmann vd, 2000: 658). Müşterilerinin çevreye karşı olan duyarlılığının farkına varan işletmeler, bu durumu yeşil pazarlama tekniklerini kullanarak lehlerine çevirmeye çalışmaktadır.



Atık yönetimine olan ilgi giderek artmaktadır. Bu ilginin artmasının asıl sebebi üretilen atık miktarının artması, imha alanlarının azalması ve çevreyle ilgili endişelerdir. Atıkları imha etmenin çevreye olan zararlı etkilerine bağlı olarak bu ilgi geri dönüşüm üzerine kaymaktadır (Barros vd, 1998: 199). Atık yönetimi için entegre edilmiş tersine lojistiğin etkinliğine olan ilgi, gittikçe artan çevresel endişelerle birlikte artmıştır (Sheu, 2007: 1442). İlginin artması son yıllarda çevreci endişelerin artmasının sonucudur. Endüstrileşmiş devletlerin en önemli ilgi alanlarından biri atıkların azaltılmasıdır (Fleischmann vd. 2000: 653). Birçok ülkede sıkılaştıran çevre yasalarından dolayı, firmaların kullanılmış ürünler için ürün süreçlerini geri dönüşümü mümkün olacak şekilde tasarlamalarını gerektirmektedir. Devletlerin, geri dönüşüm hedef oranlarını açıklamaları da çok yaygındır. Örneğin Avrupa Parlamentosunun Elektrik ve Elektronik Ekipman Atık Yönetmeliği, geri dönüşüm hedef oranlarını buzdolabı, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi gibi ev eşyalarının ağırlığının % 75'i olarak belirlemiştir. Dizüstü bilgisayar ve aynı zamanda yazıcılar için ise hedef oran, ağırlığının % 65'i olarak belirlenmiştir (Aras ve Aksent, 2008: 317).

Çevreci endişelerin artmasıyla ve çevreci kanunların sıkılaştırılmasıyla bu konu son on yılda artan bir ilgi görmektedir (Mutha ve Pokharel, 2009: 279). Sıkılaştıran çevre ve ambalaj yasaları, şirketleri ürün satışı yapıldıktan sonrada nihai ve atık ürünler için daha sorumlu olmaya zorlamaktadır. Bu nedenle daha az ürün imha edilmektedir. Firmalar bunların kullanılabilirliklerini, yeniden üretilebilirliklerini ve geri dönüştürülebilirliğini araştırmaktadır. (Dowlatsahı, 2000: 144 ).

Son yıllarda ki çevreyle ilgili felaketler, birçok kişinin çevresel konularda daha duyarlı olmalarını sağlamıştır. Kullanılan bazı ürünlerin çevreye verdiği zarara bizzat şahit olunması, her geçen gün çevre konusunda duyarlı olan kişilerin sayısını arttırmaktadır. Birçok kişi çevreye zarar vermeyen ürünlerin üretilmesini talep etmektedir.

Günümüzde hem tüketiciler hem de otorite kaynakları, üreticilerin kendi ürünlerinin ortaya çıkardığı atıkları azaltmalarını istemektedir. Müşteri baskılarını genelde çevre endişeleri ve özelde de imha maliyetlerinin artması tetiklemektedir. Son yıllarda arazi doldurmanın ve çöp yakma kapasitesinin dolmasıyla, ürün geri dönüşüm maliyeti önemli

derecede artmıştır (Thierry, 1995: 114). Dolayısı ile toplam kalite çevresel yönetimi, yaşam döngüsü analizleri, yeşil tedarik zinciri yönetimi ve ISO 14000 standartları daha büyük çapta uygulanmaya başlanmıştır (González-Torre ve Adenso-Díaz, 2006: 528).

RL faaliyeti yapan firmalar, çevre sorunlarına, mevcut ve gelecekteki olası düzenlemelere ve ekonomik gereksinimlere dikkat etmek ve çevre yasalarına uymak zorundadır. Bazı tüketiciler toplum ve çevre yararına ürünler için daha fazla ödemeye isteklidir. Bu isteklilik, RL sisteminin (ekonomik kazançlar dahil) faydaları ve avantajları, olumsuz çevresel etkilerin yönetimi için firmalara bir teşvik olmaktadır. (Dowlatshahi, 2005: 3474).

#### **1.3.4.Kurumsal Vatandaşlık**

Sürdürülebilir bir gelişme için üç temel gereksinim vardır Bunlar kaynakların korunması, çevrenin korunması ve ekonomik gelişme kadar sosyal gelişmedir. Tedarik zincirindeki RL konsepti, yeniden kullanım ve hammadde azaltışı için en iyi stratejidir (Pati vd, 2008: 405). Kurumsal vatandaşlık bir şirketin ya da işletmenin tersine lojistik faaliyetlerine dahil olarak, (De Brito ve Dekker, 2002: 6) bir dizi değer ya da ilkenin bir şirketin ya da organizasyonun RL işlemleriyle sorumlu tutulması anlamına gelir (Ravia vd, 2005: 331). Bu kavram şirketlerin topluma saygılarını ifade etmek için de kullanılmaktadır (De Brito, 2004: 51).

Bazı bireylerin çevre konusunda gösterdikleri duyarlılık bazı şirketler tarafından da benimsenmekte ve firmalar aynı duyarlılığı göstermekte, çevreye ve insanlara zarar vermemek için tersine lojistik işlemlerinde de sorumlu davranmaktadır. Örneğin Nike eskimiş ayakkabıları geri alıp koşu yolu olarak değerlendirmektedir. Şirketler müşterilerinin gözünde iyi bir imaj yaratmak ya da müşterileriyle iyi ilişkiler kurmak içinde geri dönüşümcü olabilmektedir. Özellikle çevreci endişelerin artması nedeniyle yeşil ürünlere sahip olmak, müşterilerle iyi ilişkiler kurma stratejisinin bir parçasıdır (De Brito ve Dekker, 2002: 6). Tersine lojistik ile devam kararı alan işletmeler ekonomik, çevresel ve yasal gerekliliklerin birleşimine ve kaynakların ve teknolojilerin fırsatlarına

odaklanmalıdır. Böyle bir bütünsel yaklaşım, bu birbiriyle ilişkili gereksinimleri tersine lojistik kararı olarak yaratabilir (Dowlatshahi, 2005: 3474 ).

#### **1.4.TERSİNE LOJİSTİĞİN BOYUTLARI**

Tersine lojistik ağı tasarımlarında göz önünde bulundurulması gereken dört önemli bakış açısı mevcuttur. Bunlar müşteri, içsel süreç, yenilenme-öğrenme ve finansman boyutudur (Ravia vd, 2005: 333).

##### **1.4.1.Müşteri Boyutu**

Ürün geri dönüşümünün itici güçlerinden biri müşterilerin çevreyle ilgili artan kaygılarından kaynaklanmaktadır. Müşteriler şirketlerin eylem ve işlemlerinde çevresel atıklarını azaltmalarını beklemektedir. Böylece yeşil pazarlama önemli bir pazarlama elemanı haline gelmiştir ( Fleischmann vd, 2001: 157). İşletmeler tersine lojistik ağlarının tasarımını yaparken müşterilerin ne istediklerini bilmeli ve bu istekleri tatmin eden bir tersine lojistik ağ tasarımı yapmalıdır. Bu tasarımın uygun bir şekilde yapılması işletmelerin diğer işletmeler karşısında rekabet avantajı yakalamalarını sağlayacaktır.

Günümüzde müşteriler üreticilerden ürünlerin ortaya çıkardığı atık miktarının azaltılmasını, tedarikçilerinden temiz ve enerji tasarrufu yapan üretim süreçlerini artırmalarını talep eder (Ravia vd, 2005: 333). Müşteriler firmaların çevreye zarar vermemelerini ister. Firmaların başarılı olmasında müşteri memnuniyetinin anahtar kavramlardan birisi olması, tersine lojistik operasyonlarının müşteri merkezli ve müşteri taleplerini karşılayan bir tasarım ağını gerektirir.

##### **1.4.2.İçsel Süreç Boyutu**

İçsel süreç boyutu ticari başarı elde etmek için tersine lojistik işlemlerinin hangi alanlarında mükemmelleştirilmesi gerektiğini ifade eder (Ravia vd, 2005: 333). Firmaların RL sistemlerinin başarılı bir şekilde planlanması, paydaşların dikkatini çekebilmesine, firmanın kaynaklarının varlığına ve yöneticilerin stratejik ileri görüşlülüğüne dayanır. Müşterilerin, devletin ve çalışanların RL işlemlerine dikkat çekmeleri, RL programlarıyla

ilgili konularda karar alınmasında önemli bir rol oynar (Álvarez-Gi vd, 2007: 470). Bu üç paydaşın bir arada değerlendirilmesi gerekir. Tersine lojistiğin içsel işlemleri müşteri ihtiyaçlarını ve firmanın kaynaklarını en iyi şekilde kullanarak karşılayabilmeye imkan veren bir şekilde yapılandırılmalıdır.

### **1.4.3.Yenilenme ve Öğrenme Boyutu**

Üreticiler kanal üyeleri için çok karlı olmasa bile nihai müşterilerini memnun etmek için RL faaliyetlerini yeniden tasarlamaktadır (Ravia vd, 2005: 333). Müşterilerin çevre bilincinin artması nedeniyle diğer şirketlerle rekabet avantajı elde edebilmeleri için bu çok önemlidir.

İşletmeler tersine lojistik ağını kullanarak müşterilerinin isteklerini geriye doğru olan bilgi akışı sayesinde anlayabilirler. Bu nedenle tersine lojistik sistemlerini işletmelerin kendi sistemlerine uygun bir şekilde yapılandırmaları, kendi içlerinde yeniden yapılanmalarını gerektirir. Bu da tersine lojistiğin ileri lojistikten farklarının iyi analiz edilmesine bağlıdır.

Geri dönüşüm yönetimi, fırsat ve tehditlerini analiz ederken ilk basamak firmaların niçin geri dönüşüm yönetimine katıldıkları (zorlandıkları) olmalıdır. Ancak, birçok şirket ürün geri dönüşüm yönetimi üzerine doğru analizler yapmak için gerekli verilerin elde edilmesi konularını problemlili bulur. Sık sık, ilgili verinin şirket boyunca ve işletme zincirinde ki şirketlerin arasında dağılmış olduğu ya da hiç mevcut olmadığı görülür. Ürün geri dönüşüm yönetimi, ilgili işletmenin tedarik zincirindeki onarım merkezlerini, yeniden işlem merkezlerini ve atık yönetim şirketlerini kapsar. Gerekli bilgi dört kategoride sınıflandırılabilir (Thierry vd, 1995: 115);

- Ürün bileşenleri bilgisi,
- Geri dönüş akışının önemi ve belirsizliği bilgisi,
- Piyasalarda ürünlerin, bileşenlerinin ve materyallerin işlenmesi bilgisi ve
- Mevcut ürün dönüşümü ve atık yönetim işlemleriyle ilgili bilgidir.

Elde edilen bilgi lojistik ağların daha iyi yapılanması için bir kaynak olarak kullanılır. Yöneticilerin stratejik, operasyonel ve taktiksel kararlarında bu bilgi çok

değerlidir. Sonuç olarak yenilenme ve öğrenme tersine lojistik operasyonlarının başarılı bir şekilde yönetimi için son derece gereklidir.

#### **1.4.4.F inansal Boyutu**

Eğer ürünün ilk kullanım aşamasından sonra önemli bir piyasa değeri varsa, üretici tarafından ürünün toplanması, iyileştirilmesi ve satılması üretici tarafından karlı olabilmektedir (Schultmann vd, 2006:1034). Finansal yönetim problemleri tersine lojistik sisteminin yapısındaki temel belirleyicilerdir ve hangi ürünün yeniden konumlandırılacağı (disposition) belirleyicisidir (Rogers and Tibben-Lembke, 1998: 8).

Bazı sektörlerde tersine lojistikten elde edilen değer ekonomik olarak daha fazla getiri sağlamaktadır. Genellikle ürünün değerinin yüksek olduğu otomotiv ve elektronik sektörü buna örnek verilebilir. Bu sektörlerde tersine lojistik çalışmalarının daha çok yapıldığı görülmektedir.

Lojistik sisteminin etkin bir şekilde yönetilmesi birçok şirketin maliyetlerini kontrol edebilmesi için anahtar konulardan biri olmuştur. Yine bu yüzden, özenle tasarlanmış ve günümüzün tam teşekküllü bilgi sistemlerinden yardım almış lojistik ağı ticaretle uğraşan kişiler için çok daha fazla önemli hale gelmiştir (Lin vd, 2009: 854).

Tersine lojistik ağı tasarımına karar verilirken finansal boyut mutlaka göz önüne alınmalıdır. Finansal boyutun göz önüne alınmadığı bir tersine lojistiğin uzun vadeli olması beklenmemelidir.

### **1.5.TERSİNE LOJİSTİKTE ÜRÜN GERİ DÖNÜŞ NEDENLERİ VE TİPLERİ**

Her geçen gün iadelerin miktarı ve önemi artmaktadır. Bu artış toplam lojistik maliyetlerinin önemli kısmını oluşturmaktadır. Bu maliyetleri kontrol altında tutmak için ürünlerin neden iade edildiklerini ve iade edilen ürün tiplerini iyi bir şekilde anlamak gerekir.

### 1.5.1. Tersine Lojistikte Ürün Geri Dönüş Nedenleri

Her geçen gün RL maliyeti firmalar için artış göstermektedir. Stock (2001)'a göre; Amerika Birleşik Devletleri'nde tersine lojistiğin maliyeti her yıl 35 milyon civarındadır. Bu miktar yaklaşık olarak toplam lojistik maliyetinin % 4'üdür. Her ne kadar sektörlere göre değişse de, ürün geri dönüşleri tersine lojistik işlemlerinin büyük bir oranını (% 6'sını) oluşturur. Örneğin kitaplar, kutlama kartları, bazı elektronik eşyalarda, mail-order ya da on-line kataloglar aracılığıyla satılan mallarda ürün iadeleri daha da fazladır. Örneğin 1999 tatil sezonu boyunca yaklaşık on-line satışların % 25'i geri dönmüştür (Stock, 2001: 6). Ürün geri dönüşlerinde müşteri iadeleri büyük bir orana sahiptir. Müşteriden gelen iadelerin oranı perakendecilerden gelen iade oranlarının yaklaşık % 6'sıdır. Rogers ve Tibben-Lembke, (1998) yaptıkları çalışmada bazı endüstriler için geri iade oranlarını bulmuşlardır. Bu değerler Tablo 1.2' deki gibidir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 7).

**Tablo 1.2.** Bazı sektörler için geri iade oranları

Endüstri	Yüzde
Magazin basını	%50
Kitap yayıncıları	%20–30
Kitap distribütörleri	%10–20
Kutlama kartları	%20–30
Katalog perakendecileri	%18–35
Elektrik distribütörleri	%10–12
Bilgisayar üreticileri	%10–20
CD-ROM	%18–25
Yazıcılar	%4–8
Posta siparişi ile bilgisayar üreticileri	%2–5
Kitleli satış yapanlar	%4–15
Araba endüstrisi (parça)	%4–6
Ticari elektronik	%4–5
Ev tipi kimyasallar	%2–3

Tablo 2.2. İncelendiğinde magazin basınındaki iadeler % 50 ile en yüksek orandır. Bunu % 20–30 oranıyla kitap yayıncıları ve kutlama kartları izlemektedir. Yine % 18–35 oranıyla katalog perakendeciliği takip etmektedir. Genel olarak baktığımızda iade oranlarını

ürünlerin tipik özelliklerinin belirlediği görülmektedir. Tablo genelinde bazı tip ürünlerde iade oranları yüksekken bazılarında daha düşüktür.

Farklı ürünlerin farklı geri dönme oranları vardır. Müşterilerin ürünleri geri getirme nedenleri ürünün çalışma koşulları, kullanım kılavuzunun açık olmaması, alıcıların pişmanlıkları gibi faktörlere dayanabilir. Bu faktörlerde bir müşteriden diğerine, bir üreticiden diğerine değişen eğilimler gözlenebilir (Örneğin; tatil dönemlerindeki büyük miktardaki yeni ürün satışını tatil sonrası iade ürün dalgaları takip eder. Daha küçük ölçekte bireysel ürünlerin indirim ve özel promosyonları satışları arttırır ama aynı zamanda iadeleri de arttırır). RL akışları biraz farkla ileri lojistikteki akış trendine benzer. (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 275).

RL’de ürünler değişen özellikleri nedeniyle farklı oranlarda geri gelir. Ancak tersine akışların eğilimini anlamak için ileri akışların özelliklerini bilmek daha iyi genellemelere gidilmesini sağlar. Örneğin ileri lojistikte ürün satışı arttıkça iadelerin de büyük ihtimalle artacağı anlamına gelir. Yine e-ticarette müşteriler ürünleri görmeden aldıkları için iade etme oranları da yüksek olur. Bu tip özellikler iyi analiz edilirse tersine lojistik akışları daha iyi kontrol edilebilir.

Özellikle bazı alanlarda iade oranlarının oldukça arttığı görülmektedir. Bu iadelerin nedenleri rekabet, temiz kanal, koruma marjı, yasal yeniden değerlendirme problemleri, yeniden alma değeri ve geri dönüştürülecek varlıklardır (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 19–29).

*Rekabet:* Birçok perakendeci ve üretici son yıllarda iade politikalarını liberalleştirmeye başlamıştır. İadeler üzerindeki liberalizm eğilimi henüz çok fazla ilerlememiş olmasına rağmen firmalar en önemli varlıklarının müşteri memnuniyeti olduğuna inanırlar. Müşteri memnuniyetinin bir parçası da müşterilerin istemediği ya da ihtiyaçlarını karşılamadıklarını düşündükleri ürünleri geri almalarıdır. Bu bağlamda çok daha fazla firma rekabet avantajı elde etmek için koşulsuz iade politikalarını uygulamaya başlamıştır.

*Temiz kanal* : Tersine lojistik, müşteri stoklarını boşaltmak için kullanılır böylece bazı müşteriler daha fazla yeni mal satın alır. Örneğin; otomobil şirketlerinin yer ve tersine lojistik ağlarının genişliği liberal dönüş politikalarına neden olmakta ve bu durum onların bayilerinden parça ve bileşenleri geri getirmelerine izin vermeleri anlamına gelmektedir. Bu parçalar genellikle yeniden üretimde kullanılmakta, böylece bu değer geri kazanılmaktadır.

*Koruma marjı* : Bazı firmalar RL faaliyetlerini, pazarlarını korumak için kullanmakta, bu stratejik kullanım kanalı temizleme işleviyle ilişkili olmaktadır. Firmalar kendi stoklarını, müşterilerinin stoklarını ve müşterilerinin müşterilerine ait olan stokları tersine lojistik faaliyetlerini kullanarak temizlerler. Bu firmaların stoklarını yenilemek için programları vardır. Yenilenen stoklar daha fazla fiyat talep edebilir ki bu da pazarı koruma marjına döner.

*Yasal yeniden değerlendirme problemleri* :Arazi doldurma ücretleri arttığı ve tehlikeli materyallerin imha seçenekleri azaldığı için hurda olmayan materyallerin imhası yasal olarak daha zorlaşmıştır. Firmalar bu konularda daha dikkatli davranmak zorundadır.

*Yeniden alma değeri ve geri dönüştürülecek varlıklar*: Varlıkları geri kazanım programlarına yeni katılan firmalar sürpriz bir şekilde tersine lojistik programlarından yüksek kar elde ettiklerini tespit etmişlerdir.

İade edilen ürünlerin ekonomik yönünü fark etmeye başlamışlardır. Firmalar bu sayede daha ucuz kaynaklar elde ettiği için rekabet avantajından yararlanmış olur.

### **1.5.2. Tersine Lojistikte Ürün Geri Dönüş Tipleri**

İşletmeler tarafından üretilen ürünler, müşteriye ulaştırmak için tedarik zincirine girer. Ancak herhangi bir zamanda bu ürünler zincirin tersine doğru olan bir akışa girebilir. Bu andan itibaren zincirde bulunan firmalar sadece ürünlerin arz yönüyle ilgilenmez, aynı zamanda bu ürünlerin yeniden değerlendirilmesiyle ilgili işlemlerle de ilgilenir (De Brito vd, 2002: 2). Tersine akıştaki ürünler, dağıtım zincirindeki müşteriler ya da diğer şirketler



tarafından iade edilir. Taşıma hasarları, kullanım tarihinin geçmesi, ürünün üretimden kalkması, sezonsal ürünler, tedarikçilerin stoklarının çok olması, tedarikçilerin işi bırakması gibi birçok nedenden dolayı tedarikçiler ürünleri iade edebilirler (Tibben-Lembke, 2002: 225).

Geri dönüş sebepleri genel bir tedarik zinciri hiyerarşisine göre listelendiğinde üretimle başlar, toptancılar/tedarikçilerle devam eder ve ürünlerin kullanıcıları olan müşteriler/alıcılarla son bulur. Ürünlerin tedarik zincirine giriş yerleri göz önüne alınarak yapılan sınıflandırmada üç geri dönüş tipi karşımıza çıkar. Bunlar üreticilerden geri dönenler, dağıtıcılardan geri dönenler ve müşterilerden/kullanıcılardan geri dönen ürünlerdir (Stock, 2001: 7, Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 272).

#### **1.5.2.1.Üreticilerden geri dönenler ürünler**

Üretim iadeleri, üretim öncesinde iyi kalitede olmadığı için ya da iyi kalitede olmasına rağmen üretimden artıkları için iade edilenlerdir (De Brito vd, 2002: 2 ). Üretici iadeleri hammadde fazlalıkları, kalite kontrolden iade edilenler, üreticilerin üretimden vazgeçmesi gibi nedenlerden yapılabilir ( De Brito, 2004: 53 ). Üretim aşamasındayken üreticilerden her ne sebeple olursa olsun dönen ürünlerdir. Hammadde kullanılmamış olabilir, bitmiş ya da bitmemiş ürünlerin kontrolleri yapıldığında ürün çalışmamış olabilir ve ürünler üretimden kalkmış olabilir. İlk ve son durum istenmeyen ürün kategorisini, ürünlerin kusurlu olması ise hatalılar kategorisini oluşturur (Stock, 2001: 7). Üreticilerden geri dönen ürünler, üretimin herhangi bir aşamasında ortaya çıkan ürün geri dönüşlerini içerir.

#### **1.5.2.2.Dağıtıcılardan geri dönen ürünler**

Tedarik zincirinin aktörleri tarafından ürün üretildikten sonra dağıtım boyunca ortaya çıkan geri dönüşleri ifade eder. Bu dönüşler, geri çağrılan ürünleri, ticari geri dönüşleri, stok düzenlemelerini ve fonksiyonel geri dönüşleri kapsar (Stock, 2001: 7, De Brito, 2004: 54).

Üretici firma ürünleri geri çağırdığı için ürünler tedarikçilere veya üreticilere geri gelir (Tibben-Lembke, 2002: 225). Ürünlerin tedarik zincirine girdikten sonra hatalı oldukları tespit edilir ve bu nedenle geriye çağrılır (De Brito vd, 2002: 2). Ürünlerin geri çağırılması, bazı güvenlik ve sağlık nedenleriyle, hem ürünlerin üreticileri hem de tedarikçileri tarafından yapılır.( Stock, 2001: 7) Geri çağrılan ürünler müşterilerin elindeyse müşteriler tarafından dağıtıcılara geri getirilir. Dağıtıcılar da ellerinde ki henüz satmadıkları geri istenen ürünleri üretici firmaya geri gönderir.

Ticari geri dönüşler bir alıcının sözleşmeyle geri dönen ürünleri satıcıya geri getirmesi anlamına gelir. Bu hasarlı/yanlış teslimlerin ya da satılmayan ürünlerin perakendeciler, distribütörler tarafından toptancılara veya üreticilere geri gönderilmesidir (Stock, 2001: 7, De Brito, 2004: 54). Ticari geri dönüşler ticari anlaşmalara dayanan kısa ömürlü tarihi geçmiş ürünlerin iadesidir (De Brito vd, 2002: 2). Bazı firmalar ürünler satılmadığında dağıtıcıya ürünü geri getirme olanağı tanır. Genellikle bu tip iadeler dağıtıcılarla bayiler arasında yapılan sözleşmelerle düzenlenir.

Zamanlama ve kalite açısından arz ve talepteki uyumsuzluklardan dolayı da ürünler geri gönderilebilir ( De Brito vd, 2002: 2). Stok düzenlemeleri zincirdeki bir aktörün stokları yeniden dağıtmasıdır – bu dağıtım toptancılarla işyerleri arasında olabilir- ( Stock, 2001: 8). Bazen dağıtıcılar bir bayinin talep ettiği ürünü eğer başka bir bayinin stoklarında varsa geri ister ve talep eden bayiye tekrar geri gönderir. Bazen de bayiler kendi aralarında arz ve talebe bağlı olarak ürünleri birbirlerine gönderirler.

Fonksiyonel geri dönüşler ürünlerin doğal olarak zincir içindeki ileri ve geri gidişleridir ( Stock, 2001: 8). Bazı ürünler vardır ki bunların doğal görevi zincirdeki ileri ve geri gidişi gerçekleştirmektir, taşıma ambalajları buna örnek verilebilir ( De Brito, 2004: 54). Benzer şekilde gazlı ve alkollü içeceklerin şişeleri bayilerden toplanmakta ve daha sonra bu ürünler dağıtıcılar tarafından toplanarak üreticilere geri iade edilmektedir.

### 1.5.2.3.Müşteri/kullanıcılardan geri dönen ürünler

Müşteri/kullanıcılardan geri dönen ürünler, müşteriler/kullanıcılar tarafından yapılan tüm geri iadeleri kapsar. Birçok nedenle ürünler geri dönebilir (Stock, 2001: 6). Bu nedenler; ürünün çalışmaması, müşterinin taleplerini karşılamaması, yeniden üretim için iade edilmesi, müşteriler tarafından uygun bir şekilde imha edilmesini istemleridir (Tibben-Lembke, 2002: 225). Müşterilerin ürünleri geri getirebilmeleri için genellikle kendilerine verilen bazı geri getirme garantileri vardır. Bunlar geri ödeme ve geri iade, servis, ürünlerin kullanımlarının sonunda verilen geri iade garantileri ve ürünlerin yaşamlarının sonunda verilen iade garantileridir.

Geri ödeme garantisi müşterilere ürünleri geri getirme hakkının verilmesidir. Müşterilerin beklentileri/ihtiyaçları karşılamadığında fikirlerini değiştirip ürünleri iade edebilirler. Son yıllarda birçok işletme rekabet avantajı elde etmek için liberal satış politikaları uygular. Müşteri herhangi bir nedenle ürünü geri getirdiğinde ürün bedelini müşteriye sorgusuz iade eder.

Müşteri ürünü tamir edilsin ya da yerine yenisi verilsin diye iade edebilir. (De Brito ve Dekker, 2002: 2). Geri iadeler ve servis iade garantileri ürünün kullanımında hatalı bir durumun ortaya çıkması durumudur (Stock, 2001: 7). Ürünlerin teknik hatalarının olması bu geri dönüş akışını oluşturur. Teknik hatayla geri dönen ürünlerin miktarı servis sözleşmelerine, ürün garantilerine ve müşterinin bulunduğu yerdeki ürün tamir yeterliliğine göre değişir. Hatalı ürünlerin geri dönüşünün tahmin edilebilmesi ürünün doğal özelliklerine bağlıdır (Thierry vd, 1995: 116). Müşteriler aldıkları ürünler hatalı olduğunda kendilerine verilen geri iade sözleşme hükümlerine bağlı kalmak şartıyla ürünü bayiye getirmekte, bayide ürünü tamir edilmesi için servise göndermektedir.

Kullanım sonu iadelerinde ürünün yaşam süresi bitmeden belirli bir döneminde kullanıcının ürünü iade etme olanağı vardır. Ürünlerin kullanımları sonunda yapılan geri dönüş akış tipini kiraya verilen ya da leasing yapılan ürünler oluşturur. Önemli sayıda kira ve leasing sözleşmesinde tüketici koruma altına alınır ve üreticilerin sözleşme sonunda

ürünleri geri almaya zorlar (Thierry, 1995: 116). Bu firmalar kullandıkları ürünleri kiralar ve bu kira sözleşmesi sona erdiğinde ürünü geri iade eder.

Yaşamlarının sonunda olan ürünler ekonomik ya da fiziksel olarak ömürlerinin sonunda olan ürünlerdir. Firmalar bu tip ürünleri, geri alma zorunluluğundan, ürünün başka bir şirkete geri dönüşümünün katma değer yaratmasından, ( Stock, 2001: 9) yasal zorunluluklardan ya da sözleşmelerden dolayı geri almak zorunda kalabilirler (Thierry vd, 1995: 116). İşletmelerin bu ürünleri geri alma nedenleri, yeniden üretim, geri dönüşüm ya da imha için olabilir. Bu noktada ürünlerin zararları ve çevresel etkileri de hesaba alınmalıdır (De Brito vd, 2002: 4). İşletmeler geri kazanımın ekonomik faydalarını fark ettikleri için bazı ürünleri yaşamlarının sonuna geldiğinde Müşterilerinden geri alırlar.

Daugherty vd, (2002) yaptıkları çalışmada iade edilen ürünlerin akış tiplerine göre nedenlerini sınıflandırmışlar ve tablo 1.3.'de verilmişlerdir (Daugherty vd, 2002: 112).

**Tablo 1. 3.** Ticari malların iadesinin en yaygın nedenleri

İade Nedenleri	Oranları
Müşteri iadeleri/ memnuniyetsizlik	% 32,16
Hatalı ürünler	% 26,05
Yanlış ürün gönderilmesi	% 10,44
Tamir ihtiyacı	% 8,27
Hasar görme	% 7,10
Satılmayan parçalar	% 1,35
Onarma	% 0,80
Geri dönüşüm	% 0,67
Ürünün geri çağırılması	% 0,64
Diğer	% 8,50

Ticari malların iadesindeki en önemli neden (%32.16 ile) müşteri iadeleri/memnuniyetsizliktir. Bunu %26,05 ile hatalı ürünler ve %10,44 ile yanlış ürün gönderilmesi takip eder. Bu sonuçlar her ne kadar iadelerin önemli oranının tüketicilerin

tercihlerinden ve normal ürün aşınmasından kaynaklandığını gösterse de iadelerin önemli bir oranı tedarik zincirinin teslim süreciyle ilişkilidir.

## 1.6. TERSİNE LOJİSTİĞİN ÖZELLİKLERİ

Tersine lojistik ile ileri lojistik arasında bazı farklar vardır. Bu farklar, RL'nin kendine has özellikleri olmasından kaynaklanır. Geri dönüş akışının kalite, miktar ve zamanlamasının belirsizliği, geri kazanımı sağlanmış ürün ve materyaller için piyasa bulma güçlüğü, yapısal sorunlar, üreticilerin kullanılmış ürünleri toplama ve geri kazanımda ki zorluklar, RL ağ tasarımında esneklik RL'nin temel özellikleridir.

*Geri dönüş akışının kalite, miktar ve zamanlamasının belirsizliği:* Tersine lojistiğin en temel özelliği belirsiz olmasıdır çünkü iade edilen ürünlerin miktarı, kalitesi ve zamanlaması önceden bilinmemektedir (Zhou ve Wang, 2008: 71). Üreticiler her geri dönüş akışının belirsizliğini ve önemini bilmeye ihtiyaç duyarlar. Her geri dönen ürün akışının farklı bir karakteri olabilir (Thierry vd, 1995: 117). Geri gelen her tip ürün geri kazanılamaz. Ürünlerin geri kazanımında ürünün özellikleri belirleyici olur. Bazı ürünlerin geri dönüşümü tersine lojistik için uygun değildir. Örneğin; gıda maddelerinin ve tarihi eserlerin geri kazanılamaması gibi.

Geri dönüşüm için kullanılmış ürünlerin bulunması geleneksel bir tedarik zincirinde ki girdi tedarikinin kontrolünden daha zordur. Bu nedenle geri dönüşüm ağında arz ve talep dengesi zamanlama ve miktar konusunda gerçekleşemeyebilir. Daha da ötesi kullanılmış ürünlerin varlığı ve miktarı genellikle önceden bilinmez. Bu da tedarikin belirsiz olmasını, geri dönüşüm ağının genel özelliği yapmaktadır (Fleischmann vd, 2001: 158). İyi bir dağıtım ağ yapısı kurmak için tedarikin zamanlama ve miktarı önemli belirleyicileridir çünkü ekonomik değeri yüksek olan ürünlerin taşıma maliyetlerine katlanılabilir veya düşük değerli ürünlerin geniş kapsamlı taşınması ekonomik olarak rasyonel olmayabilir.

*Geri kazanımı sağlanmış ürün ve materyaller için piyasa bulma güçlüğü:* Kullanılmış ürünler için piyasa bulmak çok zordur. Kullanılmış ürünün marketlerde yer

bulması yeni ürünle kullanılmış ürün arasındaki kalite ve maliyet farkının algılanışına göre değişir. Üretici, potansiyel marketlerde ürünlerin geri dönüşüm işlemleri hakkında bilgi vererek talep yaratmalıdır. Geri kazanılmış ürün ve materyaller işletmenin kendisi tarafından, tedarik zinciri içindeki diğer işletmeler tarafından, tedarik zinciri dışındaki diğer işletmeler tarafından kullanılmalıdır (Thierry vd, 1995: 117). Geri kazanımı sağlanmış ürünlerin pazarlaması yapılırken alıcı iyi analiz edilmeli ve buna uygun bir stratejinin geliştirilmelidir.

Geri dönüştürülmüş ürünler ve materyallere olan talebi birçok durumda tahmin etmek zordur. Yeniden kullanılan ürünler için olan pazarlar genellikle son yıllarda gelişmeye başlamış ve henüz yapılanmamıştır. Ayrıca geri dönüşüm pazarlarında kullanılmış ürünlerin varlığı da birçok bilinmeyen içerir (Fleischmann vd, 2000, 658). Bu bilinmeyenler mümkün olduğunca tespit edilip geri kazanılmış ürünlerle bunları talep eden pazarlar arasında etkin bir bağlantı oluşturulmalıdır.

Öncelikle, kullanıcı pazarları ile kullanılmış ürünlerin toplandığı pazarlar arasında bir geri dönüşüm ağı oluşturulmalıdır. Bu dönüşüm ağında, pazarlardan ilkinin kullanıcıdan genellikle ücretsiz olarak kullanılmış ürünlerin toplandığı “kullanıcı pazarları” oluşturur. Diğerleri ise kullanılmış ürünlere olan talebin karşılandığı “yeniden kullanım pazarları”dır. Kullanıcı pazarlarından geri dönüşüm pazarlarına geçişten önceki karakteristik basamaklar toplama, kontrol etme ve ayırma, yeniden işleme, yeniden dağıtım ve imhadır. Yeniden kazanım ağının bu iki pazar arasındaki arabulucu rolü arz ile talep arasında ki irtibatın kurulmasını sağlamaktır (Fleischmann vd, 2001: 158).

*Yapısal sorunlar:* Tersine dağıtım ileri dağıtımın tümüyle simetrik bir görüntüsü değildir. Bu yüzden geleneksel dağıtım modellerinde modifikasyonlara ve ilavelere ihtiyaç vardır. Tersine dağıtımın özel karakteristiği “çoktan aza” ağ yapısındadır ve sistemin büyük kısmı belirsizdir. Kullanılmış ürünlerin hem müşterilerden arzı hem de geri dönüştürülmüş ürünlerin son pazarları geleneksel dağıtımdaki karşılıklarına göre genellikle birçok bilinmeyen faktörü içerir (Fleischmann ve Bloemhof-Ruwaard, 1997: 7).

Ürünün kontrolü ve ayrılması önemli noktalardan birisidir. Genellikle tüm toplanan ürünler aynı şekilde yeniden kullanılamaz. Daha doğrusu geri dönüşüm işlemlerinin yapılabilirliği her bir ürünün durumuna bağlıdır.

Ürün geri kazanımında ürünün kendisi değil özellikleri önemlidir. Üç önemli özellik vardır. Bunlar ürün kompozisyonu, ürün kullanım alışkanlıkları, ürünün bozulma şeklidir. Ürün kompozisyonunun dört boyutu şöyledir: parçalama kolaylığı, ürünleri oluşturan unsurların homojenliği, tehlikeli maddelerin varlığı ve taşıma kolaylığıdır. Ürün kullanım alışkanlıklarının boyutları ise; kullanım yeri, yoğunluk ve kullanım süresidir. Ürünün bozulması ise içsel bozulma, tamir edilebilirlik, bozulmanın homojenliği ve ekonomik bozulmadır (De Brito ve Dekker, 2002: 10). Bu özelliklerin durumu bir ürünün geri kazanılıp kazanılamayacağını belirler. Örneğin kolay parçalanamayan ürünler geri kazanım için uygun olmayacaktır.

Genellikle geri dönen ürünün kalitesi önceden bilinmediği için etkili bir yeniden dağıtım yapılmaz ve bu nedenle de ürün akışının varış yerleri ancak kontrol ve ayrıştırılmadan sonra belirlenebilir. Diğer taraftan teknik yapılabilirliği olsa bile geri dönüşüm işlemi ekonomik olarak çekici olmayabilir. Toplam geri dönüşüm maliyetleri, taşıma maliyetleriyle doğrudan ilişkili olmasından dolayı toplam geri dönüşüm maliyetleri lojistik ağ yapısına bağlı olur. Bu nedenle geri dönüşüm ağını planlamak en önemli kısıtlardan olmaktadır. Birçok örnekte RL ağı sıfırdan kurulmamış, mevcut olan ileri lojistik ağına eklenmiştir. (Fleischmann vd, 2001: 158) . İleri lojistik ile tersine lojistiğin entegrasyonu farklı özellikler taşıması nedeniyle kolay olmamaktadır.

Yüksek seviyede koordinasyon sağlanamamasının en önemli nedenlerinden biri iade süreçlerinin stokastik doğasıdır. İade edilen ürünlerin önemli derecede miktar, kalite ve zamanlamada belirsizliği vardır (Aras vd, 2004: 319). Bu belirsizlik tersine lojistik ağ tasarımının planlanmasında güçlükler neden olmaktadır. Tersine lojistik ağ yapısı oluşturulurken tersine bilgi akışı iyi tasarlanabilirse bu belirsizlik nispeten kontrol altına alınacağı için yapısal sorunlar daha kolay çözümlenebilir.

*Üreticilerin kullanılmış ürünleri toplama ve geri kazanımda ki zorluklar:* İade edilen ürünlerin durumu ve materyal bileşimi bilinmediği gibi aynı zamanda iade edilen ürünler farklı ürün markasından da oluşabilir (Schultmann vd, 2006: 1035). İadelerin zamanlamasının ve miktarının belirsizliği, taleplerle iadelerin dengesini sağlama ihtiyacı, iade edilen ürünleri parçalama ihtiyacı, iade edilen ürünlerden elde edilen materyallerin belirsizliği iade edilen ürünlerden kaynaklanan zorluklardır. RL ağ ihtiyacı, materyal işleme kısıtlarının zorluğu, onarım ve yeniden üretim işlemleri için malzemelerin stokastik yönlendirme sorunları ve çok değişken işleme süreleri de geri kazanım sürecinde karşılaşılan zorluklardır (Guide vd, 2003: 262). Bu yüzden iade edilen ürünler hakkında elde edilen en küçük bir bilgi bile avantaj olacaktır.

*Tersine Lojistik ağ tasarımında esneklik:* RL işlemlerinin, talep dalgalanmalarının olduğu yerlerde geri dönen malzemeler için tesis, nakliye ve diğer ilişkin hizmetlerin gerçekleştirilebilmesi açısından esnek kapasiteyi destekleyen yapıda olmalıdır. Esnekliğin dört tipi vardır. Bunlar yeni ürün, karışım, miktar ve teslim zamanı esnekliği olarak isimlendirilir. Ürün esnekliği ile ürün yada proses düzenlemelerindeki değişikliklere adapte olunur, geri dönüşen malzeme, bileşenler kullanılır ve yeni çevreci pazar ve tüketicilere hizmet verilir. Karışım esnekliğinde, geri dönüşüm hammaddeleri, girdi olarak kullanılarak kalite değişimine adapte edilir. Böylece kullanıma uygunluğu sağlanır. Teslim zamanları, hava kirlenmesi gibi çevresel zararların azaltılması için zaman esasına dayanır, fakat daha az sıklıkla gerçekleştirilebilir. Miktar esnekliği, firmaların çevreye bıraktığı tehlikeli malzemelerin miktarı ve türü üzerindeki limitler ile sınırlandırılmıştır. Firmaların, deşarj izinleri kapasite ya da talepten tamamen bağımsızdır ve her firma için çevreye belirli miktarlarda atık serbest bırakmaya izin verilmiştir. Üretim tesislerinin kuruluş yeri de bu sınırlamalardan etkilenir (Birdoğan, 2004: 110).

## **1.7. TERSİNE LOJİSTİĞİN ÖNEMİ**

Lojistik uzmanlarına göre; ürün ön kapıdan çıkınca firmanın sorumluluğundan çıkmaz. Liberalleştirilmiş geri dönüş politikaları, müşteri servislerinin büyüyen önemi ve



yeniden kullanılan parçalar ürünün ömrünü uzatmaktadır. Tedarik zincirindeki ürünlerin tersine akışı için olan rotası genişlemektedir ve tersine lojistikte daha önemli bir şekilde yer almaktadır (www.rlec.org/11.10.2010). Firmalar birçok durumda, ürünlerin nihai müşterilere ulaştırılmasının bir ürünün ya da hizmetin yolculuğunun sonu olmadığı anlamaya başladı. Ürünlerin ulaştıkları tüketim noktalarından geri gelmelerinin birçok nedeni vardır. Hatalı/hasarlı ürünler, müşteriye yanlış ürün/yanlış miktar teslim edilmesi, tamir ihtiyacı, satılmayan ürünlerin depolarda beklemesi, müşterilerin ürünle ilgili memnuniyetsizlikleri ve/ve ya müşterilerin satışın arkasından fikirlerini değiştirmeleri gibidir ( Genchev, 2009: 140).

Daugherty vd. yaptıkları çalışmada tersine lojistik maliyetleri tüm maliyetlerinin ortalama % 9,49'u kadardır. Bu oran Raimer'in çalışmasında tedarik ve üretim sektörü için olan % 5-6'lık lojistik maliyetinden daha yüksektir. Bu yüzden elektronik ürünlerini katalogdan satış yapan tedarikçiler için tersine lojistik daha önemli olmaktadır (Daugherty vd, 2001: 112). Bu önem sadece ekonomik yönden değil aynı zamanda insan hayatının diğer yönlerinden -çevre ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği gibi nedenlerden- de önem kazanmaktadır (Lee ve Dong, 2009: 61).

Tersine lojistiğin büyüklüğü, faaliyet alanı ve etkisi endüstri ve kanalın durumuna ve aynı zamanda dağıtım kanalının tipine göre değişir. Ancak ekonomide tersine lojistik faaliyetlerinin büyük olduğu ve hala büyümekte olduğu kesindir.

Bazı spesifik endüstrilerde tersine lojistik bir çok firma için çok kritik olabilir. Genellikle, ürünün değerinin fazla olması ya da geri dönüşüm oranlarının yüksek olması durumunda geri dönüşüm süreçlerinin geliştirilmesinde çok fazla çaba sarf edilmelidir. Araba parçası sektörü buna iyi bir örnektir (Rogers ve Tibben-Lembke, 2001: 136). Ancak RL genellikle kar içermeyen bir alan olduğu için firmaların çoğu ürünlerin ileri akışına verdiği önemi tersine akışa vermemektedir (Daher, 2006: 38). Bu nedenle yıllardır bu konuya ikincil önem verilmiştir. Bu görmezden gelmenin en büyük nedeni de tersine lojistik programlarının uygulamanın maliyetli olmasıyla ilgilidir. Şirketlerin maliyetlerini minimumda tutmak için üzerlerinde çok baskı vardır; iadelerle ilişkili olarak çalışmanın gereksiz ve maliyetli bir çaba olduğu düşünmektedirler(Genchev, 2009: 140).

Son yıllarda yapılan çalışmalar RL çalışmalarının maliyet arttırıcı bir faaliyet değil maliyet azaltıcı bir faaliyet olduğu yönündedir. İade edilen ürünlerin ekonomik değer yaratması birçok firmaya rekabette avantajlar sağlayacaktır. Bu nedenle RL firmalar için opsiyonel ya da önemsiz değildir.

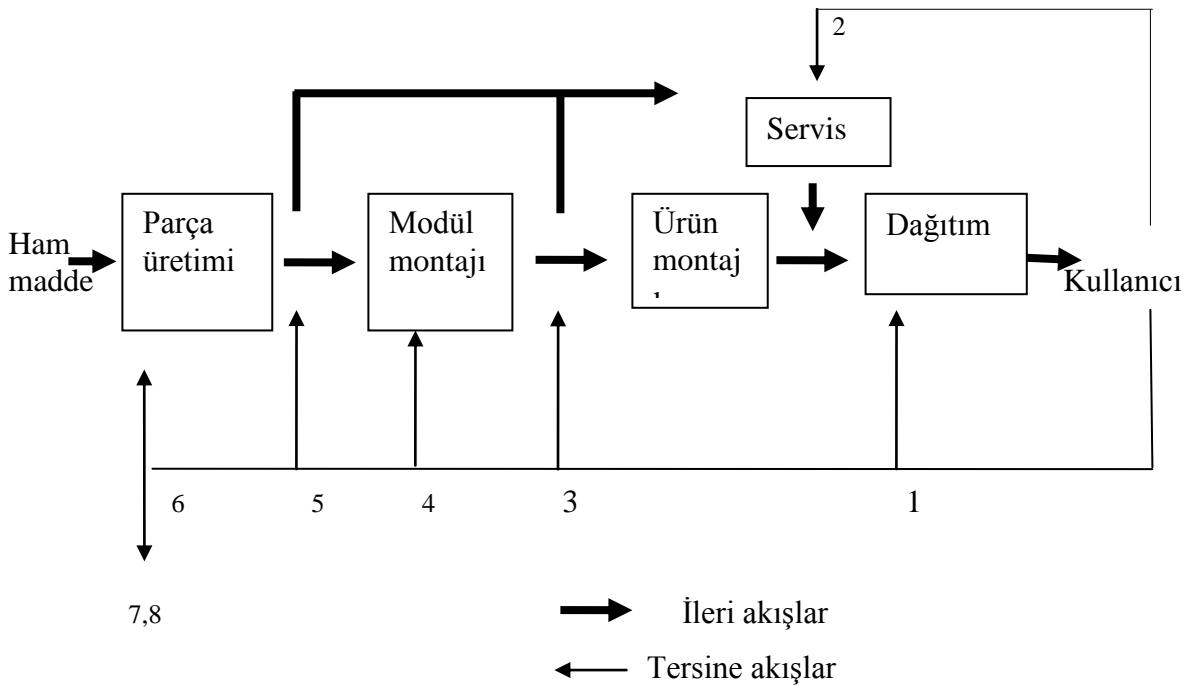
Birçok firmada liberal geri dönüş politikaları standart pazarlama uygulamalarıdır. Müşterilere genellikle ürünleri nedensiz hiçbir soru sorulmadan geri getirme imkanı verilmektedir. Buda hasarlı ya da zarar görmüş ürünlerin, geri dönen ürünlerin, bakım ve tamirlerin, geri dönüşümün yani lojistik faaliyetlerinin bağdaştırılmasını gerektirir ve bu işlemler etkili bir geri kazanım yönetimi için çok önemlidir (Autry vd, 2001: 27).

Geleneksel olarak, üretici tüketimden sonra ürünlerden kendilerini sorumlu tutmamaktadır. Pek çok kullanılmış ürün atılmakta ya da yakılmakta, bu durumda çevreye zarar vermektedir ( Daher vd, 2006: 59). İleri lojistiğin hammaddeleri üretim için taşınması ve bunları tedarikçilerden müşterilere teslim etmesi birçok tedarik zinciri çalışmasının odağını oluşturmuştur. Günümüzde üretici, ömrünün sonuna gelmiş ürünlerin, son kullanıcılarından yenileme-yeniden üretim ve geri dönüşüm için tedarikçilere ve üreticilere iadeleriyle ilgili olan tersine lojistikle daha fazla ilgilenilmeye başlamıştır. Tersine lojistiğe olan bu ilginin artmasında, kullanım ömrünün sonunda olan bilgisayar ve mobil telefon gibi ürünlerin sayısının artması ve bu konudaki yasal yaptırımlara uyma zorunluluğudur. Bu tip atıkların tehlikeli içerikleri vardır ve çevre için tehlikelidir. Bu tip ürünlerin arazi dolgusu olarak kullanılması geçerli bir çözüm değildir (Lau ve Wang, 2009: 448).

Ekonomik ve ekolojik boyutlar RL'nin önemini de ortaya çıkarmaktadır. Çevre konusunda her geçen gün artan endişeler ve kullanılmış ürünlerden elde edilen ekonomik yararlar hiçbir işletmenin göz ardı edemeyeceği konulardır. Bu nedenle son yıllarda RL'ye daha fazla önem verilmeye başlanmıştır.

## 1.8. TERSİNE LOJİSTİK FAALİYETLERİ

Sıradan tersine lojistik faaliyetleri bir şirketin kullanılmış, hasarlı, istenmeyen, tarihi geçmiş aynı zamanda ambalaj ve taşıma materyallerini son kullanıcıdan ya da yeniden satanlardan ürünleri toplaması için yapılan süreçlerdir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 9). Bu süreçler sonucunda elde edilen ürünler geri kazanılır ve bu ürünleri talep eden piyasalara gönderilir. Geri kazanım yapılamayan ürünler ise imha edilir. Servis, ürün, geri dönüşüm ve atık yönetiminin olduğu entegre bir tedarik zinciri şekil 1.1’de gösterilmiştir.



*Atık yönetimi*

*Ürün geri kazanım yönetimi*

*Doğrudan kullanım*

7.yakma

5.ürün yamyamlaştırma 2.tamir

1.doğrudan kullanım

8.arazi doldurma

6.geri dönüşüm

3.yenileme

4.yeniden üretim

**Şekil 1. 1.** Servis, ürün, geri dönüşüm ve atık yönetiminin olduğu entegre bir tedarik zinciri (Thierry vd, 1995: 118).

Geri kazanım süreçlerinin tümü, ürünlerin toplanması, yeniden işlenmesi/yeniden dağıtılması aşamalarını içerir. Geri dönen ürünler ve parçaları direk satılabilir, geri dönüştürülebilir ya da imha edilebilir. Beş geri dönüşüm işlemi şunlardır: tamir, yenileme, yeniden üretim, ürün yamyamlaştırma ve geri dönüşümdür. Asıl farklılık yeniden işleme aşamasında kendini gösterir. İşlemler parçalara ayırmanın gerekliliğinin derecesine göre yapılmıştır. Buna göre ürün geri kazanım süreçleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Thierry vd, 1995: 118–127).

*Tamir:* Tamir işlemi geri dönen ürünün yeniden çalışır duruma dönmesidir. Genellikle kullanılmış ürünün kalitesi yeni ürüne göre daha düşüktür. Ürün tamirati kırılan parçanın tamir edilmesi/yenisin takılması anlamına gelir. Diğer parçalar hatalı değildir. Ürün tamiri genellikle çok az veya hiç ürün parçalama gerektirmez. Tamirat işlemleri genellikle müşterinin bulunduğu yerde ya da üreticinin kontrolündeki tamirhanelere yapılır. Dayanıklı ürün üreten üreticilerin çoğu ürün tamiratiyla ilgilenmektedir (Thierry vd, 1995: 118). Tamiratın amacı iyi çalışması için hasar görmüş ürünlerin kalitesinden kaybetmiş olma olasılığına rağmen yeniden satılmasıdır. Dayanıklı ürünlere bazı ev eşyaları, endüstriyel makineler ve elektronik ekipmanlar örnek verilebilir ( Fleischmann ve Bloemhof-Ruwaard, 1997: 3).

*Yenileme:* Yenilemenin amacı kullanılmış ürünün belirli bir kaliteye getirilmesidir. Kalite standartları bu yeni ürünler için daha az sıkıdır. Kullanılmış ürün parçalara ayrılır, tüm kritik parçalar kontrol edilir ve bunlar tamir edilir ya da değiştirilir( Thierry vd, 1995: 119). Tamirden farkı parçalara ayırma seviyesinde ortaya çıkar. Tamir işleminde parçalara ayırma olmazken yenilemede ürün parçalara ayrılır.

*Yeniden üretim:* Yeniden üretim tamirat işleminden tümüyle farklıdır çünkü ürünler tümüyle parçalanır ve bazı parçaları yenilenir ki bu aynı zamanda kozmetik işlemleri de kapsar. Bu şirketlerin yeniden kullanım ve materyallerin kullanımın miktarının azaltmalarında daha etkili ve çevreci olmalarına vasıta olmaktadır (Kim vd, 2006: 280). Yeniden üretimin amacı kullanılmış ürünlerin kalitesini yeni ürünlerin seviyesine getirmektir. Kullanılmış ürün tümüyle parçalara ayrılır ve tüm modül ve parçalar kontrol

edilir. Hasar gören ya da eskiyen parça ve modüller yenileriyle değiştirilir. Tamir edilebilir parçalar ve modüller tamir edilir ve iyi bir şekilde test edilerek montajları yapılır (Thierry vd, 1995: 119).

Yeniden üretim endüstriyel bir süreçtir bu süreçte yıpranmış ürünler “yenisi gibi” tamir edilirler. Fabrika ortamında bir seri endüstriyel süreçle kullanılmış bir ürün tümüyle parçalara ayrılır. Kullanılabilir parçalar temizlenir, yenilenir ve envantere koyulur. Daha sonra yeni ürün eski ürünün parçalarından ve gerekli olan yerlerde yeni parçalardan yeni bir ürün haline getirilir. Yeni ürün tümüyle orijinal ürünün performansında ve orijinal ürünün beklenen yaşam süresine denk olarak(ve bazen daha da üstün) bir araya getirilir ( Lund, 1984: 19).

Yeniden üretim bir parça ya da ürünün yeni kalitede bir ürün oluşturmak için temizleme, parçalama, yeniden üretim ve parçaları birleştirme gibi bir seri basamağı içerir (Lee ve Chan, 2009: 9301). Yeniden üretimde ürünün kimliği korunur, gerekli yerlerde parçalama, kontrol, tamir ve parça değişimiyle ürün “yenisi gibi” üretilir. Yenilemeden farklı olarak ürün parçalara ayrıldıktan sonra çok daha fazla işlem görür ve aslına uygun hale getirilir.

Yeniden üretim tesisleri işlemleri kullanılmış ürünleri orijinal hallerine getirmek amacıyla tamir etme işlemlerinin yapılmasıdır. “Yenisi kadar iyi” olarak sonuçlanan ürünler genellikle birincil piyasalara yeniden satılır. İade edilen ürünlerin yeniden üretimi genellikle aynı ürünü sıfırdan üretmekten daha az maliyetlidir. Ancak ürün iade oranı, talep oranından daha azdır ki bunun anlamı da tüm piyasa talebinin yeniden üretimle karşılanmasının mümkün olmadığıdır. Bu yüzden yeniden üretim ve üretim tesislerinin koordinasyonu çok önemlidir (Aras vd, 2004: 329).

*Ürün yamyamlaştırma* : İlk üç geri dönüşüm işleminde büyük oranda kullanılmış ürün parçaları yeniden kullanılmıştır. Yamyamlaştırma (Cannibalization) ürünün çok az bir oranının yeniden kullanılması, az sayıda kullanılmış parçanın kullanılmış ürün ya da bileşenlerinden geri kazanımıdır. Bu parçalar, diğer ürünlerin tamir, yeniden üretim, yenileme işlemlerinde kullanılır. Yamyamlaştırılmış ürünlerin kalitesi yeniden kullanımın

nasıl yapılacağına göre değişir. Yamyamlaştırma kullanılmış ürünlerin potansiyel olarak yeniden kullanılacak bölümlerinin seçilerek parçalara ayrılmasıdır. Geri kalan parça ve modüller yamyamlaşma işlemi için kullanılmaz (Thierry vd, 1995: 119). Diğer geri kazanım işlemlerinden farkı ürünün çok az bir kısmının yeniden kullanılmasıdır. Geri kazanımda kullanılmayan ürünlerin diğer parçaları geri dönüştürülür ya da imha edilir.

*Geri dönüşüm* : Yamyamlaştırma, tamirat, yenileme, yeniden üretimin amacı kullanılmış ürünlerin ve parçalarının yeniden kullanımının sağlanmasıdır. Geri dönüşüm işleminde ürün ve parçaların kullanılabilirliği kaybolmuştur. Geri dönüşümün amacı kullanılan ürün ve bileşenlerin parçalarını yeniden kullanabilmektir. Bu parçaların kalitesi yüksekse orijinal ürünün parçalarının ya da diğer parçalarının yeniden üretilmesinde kullanılabilir. Geri dönüşüm ürün parçalara ayrıldığında başlar. Bu parçalar farklı kategorilere ayrılır. Bu ayrılan parçalar sonradan yeni parçaların üretiminde kullanılır (Thierry vd, 1995: 120).

Geri dönüşüm, iade edilen ürünlerin fiziksel özelliklerinin yeni bir ürün olarak değiştirmesi anlamında da kullanılmaktadır. Kullanılmış tekerleklerin inşaat materyaline dönüştürülmesi (Lee ve Chan, 2009: 9301), geri dönüşümde ürün yapısının korunması, geri dönüşümün gerçekleşmesi, hurdadan metal geri dönüşümü, cam ve kağıt geri dönüşümü örnek verilebilir.

Geri dönüşüm kullanılmış ürünlerin çevreye olumsuz etkilerini kontrol altına almada, kullanılmış ürünlerden olabildiğince ekonomik değer kazanmada, şirketler için hem karlılığı artırma yolu hem de pazarlamayı kolaylaştıracak bir araç olmaktadır. Bu nedenle ürün geri dönüşümü birçok şirket için önemli işlemlerden biri olmaya başlamıştır.

## **1.9.TERSİNE LOJİSTİK FAALİYETLERİNİN ANAHTAR UNSURLARI**

Tedarikçiler ve üreticiler stok yönetiminde karlılığı arttırmak için uzun zamandan beri lojistik faaliyetlere odaklanmışlardır. Fakat bu odaklanma sadece ileri lojistik

perspektifindedir. Oysaki tersine lojistiğin işletmelere önemli faydaları bulunmaktadır. Bu kadar önemli bir konuya sadece ileri lojistik perspektifinden bakmak konuyu eksik algılamaya neden olabilir.

Yapılan çalışmalar tersine lojistiğe de ilgi gösterme zamanının geldiğini göstermiştir. Kapıda tutma, geri kazanım devir süresinin kısa ve etkili kullanımı, tersine lojistik bilgi sistemi, merkezileşmiş geri dönüşüm sistemi, pazarlık ve dış kaynak kullanımı RL anahtar unsurları oluşturur ( Rogers vd, 1998: 38).

*Kapıda tutma:* Kapıda tutma, geri dönüşlerin maliyetini düşürmek amacıyla, sisteme giriş noktasındaki geri dönüşlerin kontrolü yoluyla geri dönen ürünlerin kabulünün yönetimidir. Etkili bir kapıda tutma, işletmelerin müşteri servislerini olumsuz yönde etkilemeden geri dönüş oranlarını kontrol altında tutmasını sağlar ( Stevenson, 2007: 513).

Tersine lojistik hattına giriş olan kapıda tutma daha fazla ilgiyi hak etmektedir. Kapıda tutma kusurlu ve istenmeyen malların, tersine lojistik süreçlerine giriş noktasında elenmesidir. İyi bir kapıda tutma tersine akışın karlı ve yönetilebilir olması için en kritik noktadır.

*Geri kazanımın devir süresinin kısa ve etkili kullanımı:* Kritik unsurlardan biri de başarılı bir tersine lojistik sistemi için geri kazanım devir süresinin kısaltılmasıdır. Şirketlerin tersine lojistik yönetim süreçleri içinde en iyi oldukları kapıda tutmadır. Bu firmalar, aynı zamanda iade edilen ürünlerle ilgili kararların alınması, taşınması ve işlenmesiyle ilgili devir zamanlarını azaltmalıdır. Bu konuda bir uzmanın söyledikleri konunun zorluğunu iyi anlatır “bu eşyalar şaraba benzemez, yaşlandıkça daha iyi olmazlar”.

Birçok iade edilmiş ürünün yaşlanması iyi olmadığına göre firmalar, uzun bekleme süreçlerini kendi taraflarına çevirme yöntemlerini bulmalıdırlar. Birçok firma için iadeler istisna odaklı süreçlerdir. Sıklıkla bir materyal dağıtım merkezine geri geldiğinde durumunun nasıl olduğu bilinmemektedir. Ürünün kusurlu, kullanılmış/yenilenmiş ya da arazi dolgusuna gönderilmeye ihtiyacı olabilir. İleri lojistik için bir dağıtım sistemi kurmak

zorken şirketlerin kaynaklarını tersine lojistik sistemi için paylaştırmaları daha da zor olmaktadır.

*Tersine lojistik bilgi sistemi:* Tersine lojistik operasyonun uygulanmasında firmaların karşılaştığı en büyük problem iyi bilgi sisteminin olmayışıdır. Çok az firma iade süreçlerini kapsayan başarılı bir bilgi sistemi kurabilmiştir. Bilgi sistem kaynakları genellikle sınıra dayanmış olduğu için bu kaynaklar genellikle tersine lojistik uygulamaları için mevcut değildir.

Tersine lojistik bilgi sisteminin iyi çalışması için esnek olması gerekir. Yukarıdaki zorluklara ek olarak tersine lojistiğin istisnaları çok olduğundan bu süreçlerin otomasyonu da zordur. Geliştirilen sistemlerin sınırların ötesinde çalışmak zorunda olması probleme ek karmaşıklık getirmektedir.

*Merkezileşmiş geri kazanım sistemleri:* Merkezi iade birimleri (Centralized Returns Center: CRC) iadelerin çabuk ve etkin bir şekilde işlem görmesi için kurulmuş tesislerdir. RL akışındaki ürünler CRC' ye getirilir, düzenlenir ve bir sonraki varış noktalarına gönderilir. Uzun yıllardan beri tedarikçiler ve üreticiler iade işlemleri gerçekleştirmek için özel alanları tercih ettiklerinden CRC' yi kullanmaktadır. CRC son yıllarda popüler olmuştur.

CRC sayesinde RL müşterilerinin her biri için mümkün olan en geniş yer hacmi yaratılarak iade edilen ürünler için en büyük değer kazanılır. Aynı zamanda firmalar CRC' de özel uzmanlar çalıştırır, bu uzmanlar da her ürün için bir sonraki en iyi gönderim noktasını sınıflandırabilir.

Şirketlerin CRC' yi kullanmaları ile iade edilen ürünleri bir sonraki varış noktalarına gönderirken daha tutarlı davrandıkları, bu ürünlere daha geniş yer ayırdıkları ve bu konuda uzman kişiler kullandıkları için emek tasarrufunda buldukları görülmektedir. Bu üstünlüklerinin yanında toplama ve dağıtım yerlerini daha iyi planladıkları için taşıma



maliyetlerini düşürmeleri, daha çabuk işlem yaptıkları için müşteri servislerini güçlendirmeleri CRC'lerin diğer üstünlükleridir.

*Pazarlık:* Tersine lojistik işlemlerinin anahtar unsurlarından biri taraflar arasında anlaşma yapmaktır. Ürünlerin ileri akışında, fiyatlar genellikle marka yöneticileri ve pazarlama uzmanları tarafından belirlenir. RL'de ise iade edilen ürünlerin fiyatları belirlenirken pazarlık yapılır. Bu pazarlıklar fiyatlandırma kuralları olmadan gerçekleşir. Pazarlık yapan taraflardan bazıları geri dönen ürünlerin gerçek değerini tam anlamadan pazarlığa oturur.

*Dış kaynak kullanımı:* Şirketlerin büyük bölümü lojistik işlemlerinin hepsinin ya da önemli bir bölümünü dış kaynaklardan karşılamaktadır. Bu firmalar dış kaynak tedarikçilerini kıyaslama için kullanır. Bu süreç RL faaliyetlerinin nasıl ve ne ile yapılacağını, bu işlemlerin maliyetlerin ne kadar olması gerektiğini belirler. Dış kaynak tedarikçileri genellikle tersine lojistik aktivitelerini daha iyi yerine getirir bu sayede firmalar RL faaliyetlerini kendilerinin yapıp yapmasına göre yönetim güçlüklerini azaltır. Dış kaynak kullanıcıları tersine akışı yönetmekte uzmandır ve yenileme/ yeniden üretim gibi konularda önemli katma değer yaratır.

### **1.10. TERSİNE LOJİSTİĞİN FAYDALARI**

RL faaliyetlerinin iyi bir şekilde düzenlenmesi özellikle yoğun rekabet ortamında ve düşük kar marjlarında çalışıldığında işletmelere önemli yarar sağlar. Bu sayede düşük maliyetli olan ancak geleneksel olarak kullanılmayan girdi ve kaynakları kullanarak bir firmanın verimliliğini ve karlılığını arttırabilir (Dowlatsahı, 2000: 144). Şirketler, stratejik ve taktiksel RL modelleri kullanarak % 5–10 oranında tasarrufta bulunabilir. Bu tasarruf oranları şirketlerin ciddi bir şekilde karlılığını etkiler ( Goetschalckx vd, 2002: 2). RL faaliyetleriyle işten çıkarmalar nedeniyle maaşların düşürülmesi ya da standartların altında ki materyallerin satılması gibi hoş olmayan geleneksel maliyet tasarrufları yerine stratejik maliyetlerin tasarrufu sağlanır ( Dowlatsahı, 2000: 144). Maliyetlerin düşürülmesinde RL faaliyetleri iyi bir araçtır. Düşürülen maliyetler firmalara önemli rekabet avantajları sağlar.

RL faaliyetlerinin yönetsel işlemleri düzenlendikçe otomobiller, buzdolabı ve diğer beyaz eşyalar, cep telefonları, televizyonlar, kişisel bilgisayarlar, kurşun-asit bataryaları gibi ürünlerin geri alımı gelecekte artacaktır. İyi yönetilen RL ağı sadece satın almada, geri dönüşüm, imha, envanter tutma ve taşımada önemli maliyet tasarrufu sağlamaz, aynı zamanda müşteri tutmaya da yardımcı olur (Srivastava, 2008: 536).

RL faaliyetlerinden olan geri dönüşümün çevresel/ekolojik ve sosyal yararları vardır. Bunun yanında ekonomik gelişme için elverişli bir araçtır. Geri dönüşümün ekonomik, çevresel/ekolojik ve sosyal avantajları aşağıda açıklanmıştır.

Ekonomik avantajlar; atık yönetimiyle maliyetler azalır, elektrik ve yakıtta enerji tasarrufu sağlanır, yabancılarla yapılan ithalat azalır, yeni istihdam alanları oluşur, sağlık bakım maliyetleri düşer ve bazı kamu hizmetlerinin maliyeti azalır. (Mohd vd, 2004 : 233).

Üretici servis ve üretim süreçleri için bileşen ve materyal kaynağını daha ucuza elde eder. İmha ve yakma maliyetleri düşer. Üreticilerin kullanım ömrünün sonunda olan ürünlerin geri alımını yapmalarıyla yeni ürünleri satma şansları artar (Thierry vd, 1995: 116). Hammadde, işçilik, enerji vb. maliyetlerin düşmesiyle kar maksimizasyonu gerçekleşir (Nakıboğlu, 2007: 185).

Çevresel/ekolojik avantajlar: arazi dolgusu ve örneğin erozyon gibi konularda doğal kaynakların korunmasını içerir.

Ürün geri kazanım yönetimi, üretim şirketinin sorumluluğu altındaki tüm kullanılmış ve atılmış ürün, tamamlayıcı parça ve materyali kapsar. Ürün geri dönüşüm yönetiminin amacı olabildiğince çok geri dönüşüm yaparak ekonomik ( ve ekolojik) değeri arttırmak böylece de atık miktarını azaltmaktır (Thierry vd, 1995: 114). Atık geri dönüşümü gibi yöntemlerle çevresel yükümlülükler yerine getirilir.

Sosyal avantajlar: Atık azaltışı yapılırken aynı zaman da bu bir iş imkanı yaratacaktır. Bu da toplumda sosyal barışın sağlanması işlevini yerine getirecektir. Atık

toplayıcıları için iş imkanı yaratılması ve çöplerin azaltılması sosyal avantajlara örnek verilebilir (Mohd vd, 2004: 233).

### 1.11.TERSİNE LOJİSTİKTE KARAR ALMA

RL’de kararlar genellikle üç aşamada alınır. Bunlar stratejik, taktik ve operasyonel kararlardır. Firmalar stratejik, taktiksel ve operasyonel aşamadan oluşan kararların tamamını takip etmek zorunda değildir, bir ya da birkaç tanesini uygulayabilir. Karar aşamaları aşağıda Tablo 1.4.’da görülebilir (De Britto ve Dekker, 2002: 17).

**Tablo 1. 4.** RL karar aşamaları

<i>Stratejik karar aşaması</i>
Yeniden değerlendirme stratejisi
Ürün dizaynı
Ağ kapasitesi ve dizaynı
Stratejik araçlar
<i>Taktiksel karar aşaması</i>
Tedarik ve entegrasyon yönetimi
Tersine dağıtım
Koordinasyon
Üretim planlaması
Envanter yönetimi
Pazarlama
Bilgi ve teknoloji
<i>Operasyonel karar aşaması</i>
Üretim planlaması ve kontrolü
Bilgi yönetimi

Stratejik aşamada alınan kararlar uzun solukludur bu nedenle değiştirilmeleri zordur. RL’nin ne olduğu ve nasıl yapılacağı ile ilgili analizler alınacak her kararı belirleyecektir. Bu itici güçler bir çeşit hedef üssü olarak çalışacaktır. Ürünün kendine has özellikleri ve iade sebepleri bu ürünün yeniden değerlendirme değerinin yüksek olup olmamasını belirleyecektir. Bu yolla iade işleminin piramit yelpazesi belirlenebilecektir. Ürünlerin yeniden kazanım sürecinde planlama yapılarak ürünün dizayn aşamasında geri

kazanımın gerçekleştirilmesi sağlanır. Stratejik aşamada alınan kararlar, depoların nerede kurulacağı, yeniden dağıtım yerleri ve bu alanların kapasiteleri ile ilgilidir.

Taktiksel aşamada ürün iadeleri ile tüm organizasyonun entegrasyonu yapılır. Özellikle iadelerin taşıma, işleme ve depolanması entegre edilir. Alınan kararlardan biri tedarikin iade ürünler için hesaba katılmasıdır. Bunun için hangi tahminleme tekniklerinin kullanılacağına karar verilir. Ek olarak tedarik zinciri içindeki önemli ilişkilere dikkate edilir. Bu aşamada iade işlemleri için dış kaynak kullanımı firmalar tarafından göz önüne alınır. Genel üretim planlaması ve envanter yönetim kararları burada hesaba alınır. Özellikle ekonomik değeri olan ürünler belirlenir. Yeniden kazanılmış ürünler için pazar bulma yolları aranır.

Operasyonel aşamada sökme ve yeniden birleştirme işlemleri için üretim planlama ve kontrolle ilişkili kararların alındığı görülür. Operasyonel aşamada başarılı olmak için ölçüm, paylaşım ve kontrol sürecine yönelik detaylı bilgilere ulaşılmalıdır.

## **1.12.TERSİNE LOJİSTİK İLE İLERİ LOJİSTİK ARASINDAKİ FARKLAR**

Tersine lojistik ile ileri lojistik arasındaki farklar etkin bir RL ağ yapısı oluşturulurken mutlaka göz önüne alınmalıdır. De Brito'ya göre (2002) RL genellikle ürünlerin toplanması gereken birçok nokta vardır, ürün ambalajları genellikle problemlidir, gönderenin işbirliğine daha çok ihtiyaç duyulur ve ürünlerin düşük değerleri vardır. Diğer yandan, zaman daha az problem teşkil eder. Tersine lojistik ağı kurmanın temel problemleri ağda ki katmanların sayısını, depo ve araçların yerini ve sayısını belirlemek, toplama noktalarının kullanımı, tersine zincirle ileri zincirin entegrasyonu ve son olarak ağın finansmanıdır (De Brito vd, 2002: 4).

Fleischmann (2001) yaptığı çalışma ya göre; RL ağ tasarımının geleneksel ağ tasarımından farklarını belirleyen üç temel yönetsel problem vardır. Bunlar test etme ve sınıflandırmanın merkezi olması, tedarik kontrolünün yokluğu/belirsizliği ve ileri-tersine lojistik akışının entegrasyonudur ( Fleischmann, 2001: 275).

*Test etme ve sınıflandırmanın merkezi olması:* Ürünlerin gönderiliş noktaları ancak test etme aşamasından sonra yapılabilir. Geleneksel dağıtım da ise ürünlerin rotası prensip olarak önceden bilinir.

*Tedarik kontrolünün yokluğu ve belirsizliği:* Geleneksel tedarik zincirinde genellikle talep en önemli bilinmeyen faktördür. RL'nin tedarik yönü önemli bir şekilde belirsizliğe yol açmaktadır. Kullanılmış ürünlerin zamanlama, miktar ve kalitesi belirsizdir bu yüzden ilk defa kullanılan hammadden daha az homojen bir kaynaktır. Etkili bir talep ve arz dengesinin sağlanması en büyük zorluktur.

*İleri ve tersine lojistik akışının entegrasyonu:* Geleneksel dağıtım ağları genellikle nesnelere tek yönüne göre tarif edilir, kapalı döngü zincirler doğal olarak farklı yönlerdeki çok sayıda akışları içerir. Bu yüzden taşıma ve tesislerin entegrasyonu ve aynı zamanda bunların arasında uyum sorununu da ortaya çıkabilir. Birçok durumda tersine lojistik ağının tasarımı sıfırdan başlamamış, var olan lojistik yapısının üstüne eklenmiştir.

Tersine lojistik akışı ileri lojistik ağından çok farklıdır. Gelecekteki satışlarla ilgili öngörü ilerde ortaya çıkacak ihtiyaçların tahmininde kullanılır. Ürün ihtiyaç olduğunda ilk olarak dağıtım merkezine daha sonra da perakendecilerin satış yerlerine gönderilir. Dağıtımın her seviyesinde ihtiyacın ne olacağıyla ilgili tahminler kullanılır ve dağıtımlar ihtiyaç duyulduğunda dağıtım merkezlerine ya da perakendecilere yapılır. Tezat olarak, tersine lojistik akışı daha duyarlı ve daha az nettir. Müşteriler ve tedarik kanallarının zorlamalarından dolayı firmalar tersine lojistik faaliyetlerinde planlama yapma eğilimi gösterirler. Yoksa bu tür faaliyetlerle firmalar uğraşmak istemez.

RL ile ileri lojistik arasındaki farklar aşağıda sınıflandırılmıştır. Bunlar tahminde bulunma gücü, çoktan bire taşıma, ürün ve paketleme kalitesi, varış yerlerinin/rotalamanın açık olmaması, yeni gönderim yerlerinin belirlenmesi işlemlerinin açık olmaması, ücretlendirmenin standart olmaması, hızın farklı önemi, maliyetlerin doğası ve ortaya çıkışlardaki farkları, envanter yönetiminin tutarlı olmaması, ürünün yaşam

süresinin daha karmaşık olması, pazarlıkların daha karmaşık olması, pazarlama güçlükleri, tüm süreçlerin izlenebilirliğinin düşük olmasıdır (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 272–278). Bu farklar aşağıda açıklanmıştır.

*Tahminde bulunma güçlüğü:* İleri lojistiğe göre tersine lojistik belirsizlikler içerdiği için planlama yapılması da zorlaşmaktadır. Yeniden üretim için tahminler yapılırken sadece müşteri taleplerine göre değil aynı zamanda geri dönüştürülecek ürünün mevcudiyetine bağlıdır. Tersine lojistik planlaması ve tahminin zorlaşmasının nedeni tersine lojistik işlemlerini bireysel müşterilerin başlatmasıdır. Müşterilerin ne zaman ne kadar ürün iade edileceğini tahmin etmek oldukça güçtür.

*Çoktan bire taşıma:* İleri ve tersine lojistiğin en önemli farklarından biri merkez ve dağıtım noktalarının sayısıdır. İleri lojistik genellikle ürünlerin bir merkezden birçok şubeye gönderilmesidir, tersine lojistikte ise tam tersi durum söz konusudur, birçok merkezden tek bir şubeye ürün gönderilir.

*Ürün ve paketleme kalitesi:* Bayilerin yeni ve iyi kalitedeki ürünlerinin taşıma sırasında zarar görmemesi için tamamının paketlenmesi gerekir. Ürünün paketlenmesi aynı zamanda ürünün kolayca taşınmasını da sağlar. Tersine lojistik kanalı içindeki birçok ürünün ambalajı tam değildir. Geri gönderilen ürünler iyi bir şekilde paketlenmediği için taşıma sırasında daha fazla hasar görebilir.

İleri lojistikte ambalaj, ürünün tanınmasını kolaylaştırır. Tersine lojistikte ürün standart ambalajda olmadığı için iadeleri işleyen personel stok tutma numarasını bilemeyecek ve belki de üreticisini bile tanımayacaktır (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 272).

Aynı zamanda ileri lojistik de stok tutma birimleri kutular ya da paletler olurken tersine lojistikte bunlar ağırlık birimleri olmaktadır. Örneğin, kutular içecekleri stoklama birimi için kullanılırken, iade edilen alüminyum kutular kilogramlık birimler halinde toplama merkezlerine satılabilir (Lee ve Chan, 2009: 9301).

*Variş yerlerinin/ rotalamanın açık olmaması:* Bir ürün CRC' ye ulaştıktan sonraki gönderiliş yeri belirsizdir. Aynı şey yeni ürün içinde söylenebilir. Yeni bir ürün dağıtım merkezine gönderildiğinde hangi dağıtım merkezinin müşterisine gönderileceği belirsizdir. Bu durumda müşterinin ihtiyaçları göz önüne alınarak belirlenir. Tersine lojistikte ise her bir ürün gurubunun hangi yere gönderileceğine daha fazla zaman ayırmak gerekir.

Dağıtım yollarının rotalama ve düzenlemesi ileri lojistiğe göre daha karmaşıktır. Tersine lojistik rotalaması tayin edilen bölgesel dağıtım merkezinden başlar, buradan CRC' ye ve daha sonra yeniden üreticilere ya da CRC' yi pas geçerek direkt üreticilere gider (Lee ve Chan, 2009: 9299).

*Yeni gönderim yerlerin belirlenmesi(disposition) işlemlerinin açık olmaması:* Tersine lojistiğin başarısı düzenleme işlemlerinin iyi bir şekilde karar verilmesine bağlıdır. Bu karar verilmeden önce mümkün olan gönderilme noktaları belirlenmelidir. İleri lojistikteyse nadiren potansiyel müşterilere talepleri gönderilirken bir eleme yapılır. Bazı firmalar ürünlerinin indirim mağazalarında çok ucuz fiyatlarla satılmasını istemedikleri için indirim mağazalarına satış yapma konusundaki isteksizlikleri örnek olarak verilebilir.

*Ücretlendirmenin standart olmaması:* Yeni ürün standart bir kalitede olduğu için müşterilerin ödemeye gönüllü olacakları fiyatın tüm perakendecilerde standart olması beklenirken müşterilerin her perakendecide ödemek istedikleri fiyat standart değildir. Aynı şekilde bayiler de benzer nedenlerle perakendecilere farklı fiyatlarla ürün satar. Yeni bir ürün bile değişken fiyatlarla satılmaktayken kullanılmış ürünün -farklı kalitede olmasından dolayı- çok daha farklı fiyatlarla ortaya çıkması olağandır.

*Hızın farklı önemi:* İleri lojistikte müşterilerin taleplerini hızlı bir şekilde karşılanması önemlidir. Bu yapılmadığı takdirde hemen olmasa da zamanla müşteri kaybı söz konusudur. Bunun tam tersine, RL'de ürünün nihai gönderileceği yer brokerlardır. Brokerler bu ürünler için sipariş listesinde değildir. Eğer geri dönüş işlemleri yavaş işliyorsa brokerler durumdan şikayet etmez.

*Envanter yönetimi tutarlı değildir:* Geleneksel envanter modelleri için gerekli olan birçok varsayım RL'ye uygulanmamaktadır. Tersine lojistikte çok sık ürün gelmez ve bu noktada ürünün fiyatının ne olacağı da bilinmez. Bu nedenle geleneksel envanter modelleri tersine lojistiğe uygulanamaz. Geleneksel ekonomik sipariş niceliği ve yeniden sipariş noktası metotları taleple ilgili kesin sipariş ve bilgi gerektirir.

*Ürünün yaşam süresiyle ilgili konular daha karışıktır:* Tersine lojistikte ürünün yaşam süresi ileri lojistiğe göre daha fazla önem arz eder. Pazarlama ve lojistik faaliyetleri ürünün yaşam süresini etkiler. Ürünün yaşam döngüsündeki aşamaların değişikliğinde tersine lojistik bazı zorluklarla karşılaşır.

*Maliyetlerin doğası ve ortaya çıkışlarındaki farklar:* İleri lojistikte maliyetler iyi bir şekilde tanımlanmış ve bilinmektedir. Ürün ileri lojistik sisteminde hareket ederken kapsamlı maliyetlerin üstesinden gelecek şekilde hesaplama sistemleri oluşturulmuştur. İleri lojistikte uzmanlaşmış şirketler genellikle tersine lojistik akışlarından geri gelen ürünlerin yönetiminde etkili değildirlir. İleri lojistik envanter maliyetleri sipariş, nakliye, dağıtım ve muhafaza etme maliyetlerinden oluşur. Tablo 1. 5 ileri lojistikle tersine lojistik arasındaki maliyet farkları listelenmektedir.

**Tablo 1. 5.** İleri lojistikle tersine lojistik arasındaki maliyet farklar

<i>RL Maliyet Türleri</i>	<i>İleri Lojistikle Karşılaştırma</i>
Nakliye	Daha fazladır
Stoklarda tutma maliyeti	Daha azdır
Değer düşmesi	Daha yüksektir
Modası geçme	Daha fazla olabilir
Toplama	Daha fazladır-daha az standarttır.
Sınıflandırma, kalite tanımlama	Daha fazladır
Dağıtım	Daha yüksektir
Yenileme/yeniden paketleme	Tersine lojistik için önemlidir, ileri lojistik de yoktur.
Kitabi değerlerindeki değişiklik	Tersine lojistik için önemlidir, ileri lojistik de yoktur



*Pazarlıklar daha karmaşıktır:* İleri lojistikte ürünlerin ileri tarihli teslimatıyla ilgili pazarlık yapılır. Tersine lojistikte ise ürün geri dönüşüm merkezinde bulunur ve o anda pazarlık yapılır. Ürün geri dönüşüm merkezinde bulunduğu süre boyunca değer kaybedeceği için geri dönüşüm merkezi bir an önce ürünü satmak ister. Geri gelen ürünlerin durumu genellikle iyi belirlenmediği için ürüne bir fiyat belirlemek daha güç olmakta bu nedenle pazarlıklar daha karmaşık bir hal almaktadır.

*Pazarlama güçlükleri:*RL ürünlerinin pazarlaması yeni ürünlerin pazarlamasından daha karışıktır. Bayilerin tersine lojistikteki ürünler hakkındaki endişeleri bir brokerin veya ikincil pazarların ürünü pazarlama yeteneklerini kısıtlayabilir. Bu tip kısıtlamalar müşterilerin ilgilendikleri ürünleri tanımalarını ve iletişim kurmalarını kısıtlamaktadır.

*Tüm süreçlerin izlenebilirliği daha düşüktür:* İleri lojistiğin aksine RL’de gelen ürünler bilgi sisteminin yetersizliği nedeniyle kapsamlı bir şekilde kayıt altına alınmamıştır. Çünkü birçok firmada RL’ye yeterli önem verilmediği için gerekli bilgi sistemleri etkin ve verimli bir şekilde mevcut değildir.

### **1.13. TERSİNE LOJİSTİK VE YEŞİL LOJİSTİK**

Yeşil tedarik zinciri yönetimi (YTZY) çevresel düşüncenin ürün dizaynına, materyal kaynak ve seçimine, üretim süreçlerine, nihai ürünün müşterilere teslim edilmesine ve aynı zamanda kullanım ömrünün sonundaki ürünlerin yönetimine dahil ederek entegre edilmesidir ( Srivastava, 2008: 536). Ürün geri kazanımının itici güçlerinden biri müşterilerin çevreyle ilgili artan kaygıdır. Müşteriler şirketlerin hem üretim aşamasında çevreci yöntemleri kullanmalarını hem de üretimden sonraki aşamada çevresel atıklarını azaltmalarını bekler. Bu yüzden yeşil pazarlama önemli bir pazarlama elemanı haline gelir.

YTZY son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Üç itici güç içinde tanımlanan ekonomik nedenler, yasalar ve müşteri baskısı, YTZY tüm dünyada gelişimini

etkilemektedir. YTZY, çevresel yönetim seçenekleri ile kaynakların kullanılabilir ürünlere çevrilmesindeki karar verme süreçlerini entegre eder. YTZY'nin kökleri çevresel yönetimin tedarik zincirine uyarlanmasından ortaya çıkmıştır ( Srivastava, 2008: 535).

RL, atıkların etkin ve verimli bir şekilde toplanması ve işlenmesi konularıyla ilgilenen atık yönetiminden farklıdır. Buradaki önemli nokta atığın tanımıdır. Atığın çeşitli yasal sonuçları vardır. Örneğin atık ithalatı genellikle yasaklanmıştır. RL, bir şeyi yeniden satılabilir hale getirmek amacıyla bazı değerlerin olduğu atıklara (örneğin ambalaj atıkları) odaklanır ve elde edilen çıktılarının tedarik zincirine yeniden dâhil olması sağlanır ( Birdoğan, 2000: 22).

Hem bireysel firmaların hem de kamusal firmaların üretimlerinin artan çevresel maliyetlerine son zamanlar da yoğun ilgi gösterilmeye başlanmıştır. Yeşil girişimler geri kazanımınla bu maliyetlerini azaltır (Guide ve Srivastava, 1987: 67). Çevreci ürünlere diğer ürünlere kıyasla daha fazla ödemeyi kabul eden bir müşteri potansiyeli vardır. Bu müşteri gurubunun taleplerini firmalar karşılamaya çalışır. Bunun içinde hem yeşil ürünler üretir hem de üretim yöntemlerini çevreci hale getirir. Benzin istasyonlarının çevreye daha az zararlı yakıt üretmeleri örnek verilebilir.

Bir taraftan, iade ve ürünlerin yeniden işlenmesi konusu ile birlikte RL kavramı diğer taraftan da çevreye saygıyı ve doğaya dönüşümü ifade eden yeşil lojistik kavramı gelişmiştir (Birdoğan, 2000: 22). Yeşil lojistik tüm lojistik faaliyetlere çevreci bir bakışla yaklaşır ve özellikle ileri lojistik üzerine odaklanır. Çevreci kaygılarla üretim sadece ileri lojistik için üretimden daha ileri bir adımdır. Uzun dönemli çevresel etkiler ürünün ömrünün sonuna kadar dikkate alınır (De Brito ve Dekker, 2002: 4). Yeşil lojistik, üretim yapılırken ortaya çıkan kirliliği ve harcanan enerjiyi azaltmaya odaklanır. Yeşil lojistik bütün lojistik aktivitelere çevresel açıdan bakar. Hiçbir ürün ya da malzeme “geriye doğru” gönderilmiyorsa, bu işlem tersine lojistik değildir (Rogers D, 1998, 45.). Yeşil lojistikte öne çıkan çevresel konular, yenilenemeyen doğal kaynakların tüketimi, hava emisyonları, gürültü kirliliği ve hem zehirli hem de zehirli olmayan çöp imhasıdır ( Dekker vd, 2004: 38).

### 1.14.TERSİNE LOJİSTİĞİN ÖNÜNDEKİ ENGELLER

RL kendine has özellikler sergilediği için tüm süreçlerde bazı zorluklarla karşılaşılabilir. Bu zorluklar RL engelleri olarak aşağıda sıralanmıştır.

*Finansal kısıtlar:* Finansman tersine lojistik altyapı ve insan gücü gereksinimlerini desteklemek için gereklidir. Şirketler, tersine lojistik uygulanmaları için fon ve diğer kaynakları tahsis eder. Etkin bilgi ve teknolojik sistemler tersine lojistik için önemli imkanlar yaratır. Ancak bilgi ve teknolojik sistemler daha fazla finansman gerektirir. Çünkü onlar olmadan, tersine lojistik faaliyetleri mevcut yatırımlarla gerçekleştirilemez. Aynı şekilde tersine lojistik ile ilgili personelin eğitimi, RL etkin bir şekilde yönetmek ve tersine lojistiği karlı bir şekilde devam ettirmek oldukça önemlidir. Bunların tamamı finansal destek gerektirir (Ravi ve Shankar, 2004: 6). Benzer şekilde Rogers ve Tibben-Lembke (1998) yaptıkları çalışmada, firmaların tersine lojistik sistemini kurma maliyetiyle ilgili zorluklar yaşadıklarını bulmuşlardır (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 137). Tersine lojistiğin yüksek maliyeti bu probleme firmaların uzun dönemli stratejik bir perspektiften bakmalarını zorunlu kılar. Bu nedenle birçok sektörde –örneğin; elektronik sanayi için- tersine lojistik çok kritik bir sorun haline gelmektedir (Lau ve Wang, 2009: 448).

*Ürün kalitesiyle ilgili problemler nedeniyle fiyatlandırma zorlukları:* Ürünler dağıtım merkezlerine geri geldiğinde yeniden dağıtım için bir karar verilmelidir. Kapıda tutma, kusurlu ve istenmeyen iadelerin RL'ye girme noktasında ayrıldığı bir prosestir. Tersine akışın yönetilebilir ve karlı olması için çok kritik bir süreçtir. İade edilen ürünlerin kalitesi herhangi bir aralıkta olabilir. Örneğin; hatalı, bozuk veya müşteri tarafından istenmemiş olabilir. Böylece ürün fiyatlandırmasında da değişimler olabilir. İade edilen ürünlerin kalitesi kapıda tutma tarafından denetlenir ve bu karara göre daha sonra ürünün yeniden değerlendirilmesi için işlem yapılır. Bu nedenle, iade edilen ürünün durumundan dolayı, fiyatlandırma ileri lojistiğe göre daha zor olabilir (Ravi ve Shankar, 2004: 5). Birçok durumda iade edilen ürünlerin ambalajları iyi durumda olmadığı için kapıda tutma işlemlerinde ürünün özellikleri iyi bir şekilde tespit edilemez. Bu durumda da ürünün fiyatını belirlemede zorluklar yaşanır.

*Arzın belirsizliği:* Tersine lojistik sisteminde, arz genel olarak sistem dışı değişken olarak tanımlanır çünkü iade edilen ürünlerin zamanlaması, miktarı ve niceliğini kontrol etmek zordur. (Zhao vd, 2008: 350). Bazen ileri lojistik ağındaki akış eğilimleri takip edilerek RL ağındaki arz miktarları tahmin edilebilir. Mesela belirli bir dönemde satış miktarı arttığı için çok sipariş verildiyse bunun anlamı genellikle geri iade edilecek ürünlerin artacağı anlamına gelir. Ancak yinede ürünlerin ne zaman ve ne kadar iade edileceğini yani arz miktarının ne olacağını tahmin etmek güç olmaktadır. Bu da RL arz ve talep dengesinin sağlanması güçlük yaratmaktadır.

*Bilgi ve teknoloji sisteminin eksikliği:* Tersine lojistiğin ürünün yaşam döngüsü içindeki tüm evreler için etkili bir bilgi ve teknolojik sistem tarafından desteklenmesi gerekir (Ravi ve Shankar, 2004: 3) . Özellikle iadelerle ilgili bilgi, teknolojik ve zaman duyarlı ürünler için önemlidir. İade edilen ürün miktarındaki değişim, ürün hatalarının ciddiyeti ve genişliği, müşteri ya da perakendeci basamağında ki bilginin genellikle RL zinciriyle paylaşılmadığından ürün kalitesinin bilinmemesine yol açmaktadır ( Prahinskia ve Kocabasoglu, 2006: 520) .

Yöneticiler maliyetleri düşürmeye çalışır ama etkin bir bilgi ve teknoloji sistemi kurmak yatırım yapmak anlamına gelir. Bu nedenle işletmeler bilgi ve teknoloji sistemini kurmak yerine ileri lojistik kanallarını kullanmayı yeğler. Bu da çoğu zaman bilgi ve teknoloji sistemlerindeki bilgi akışını aksatır.

*şirket politikaları:* Tersine lojistiğe verilen önemin yetersiz olması şirketler tarafından izlenen politikalarla ilgilidir. şirketler iade edilen ürünlerini kullanarak müşterilerinin gözünde son ürün kalitesinden ödün vermiş duruma düşmek istemezler. Ancak liberalleşen iade politikaları işletmeleri RL konusunda zorlamakta ve iade edilen ürünlerden daha fazla kazanım sağlamaya itmektedir.

İşletme yöneticilerinin RL'ye gerekli önemi vermemeleri ve tersine lojistiğin önemsizliğine olan inançları şirket politikalarıyla alakalı, aynı zamanda iadelerin ve satılmayan ürünlerin düzenlenmesi stratejisiyle ilişkilidir. şirketler genellikle iadelerin

etkin bir şekilde dağıtılmasını zorlaştıracak politikalar geliştirirler. Ancak, şirketlerin iadelerle ilgili zorlaştırıcı politikaları ortadan kaldırma ve etkin bir şekilde iadelerin gerçekleştirilmesi yönünde bir trend olduğu gözükmektedir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 137) Bir çok şirket artan üretici sorumlulukları nedeniyle yeniden değerlendirme opsiyonlarını tedarik zincirleriyle entegre eder. Şirketler zorlayıcı politikalarını rakipleri karşısında avantaj sağlamak için kullanır (Ravi ve Shankar, 2004: 5).

*Tersine lojistiğe olan değişim direnci:* Tersine lojistik uygulanmasında görülen temel engel değişime olan dirençtir. Bu durum insanın doğasından kaynaklanan en önemli engeldir. İnsanlar genelde değişikliği kabul etmek istemezler ama RL uygulamaları radikal bir değişiklik gerektirir (Ravi ve Shankar, 2004: 5). Yöneticiler tersine lojistiğin diğer problemlere göre önceliğinin olmadığını düşünürler ve (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 138) RL sisteminin kurulmasına direnç gösterirler.

*Uygun performans ölçülerinin olmaması:* Açık bir ifadeyle ölçülmeyen iş yönetilemez. Herhangi bir sistemde performans ölçümü, yönetim süreci, performans geliştirme, performans belgelendirme gibi önemli unsurları içerir. Eğer firmalar, tersine lojistik uygulamalarını performans ölçüm sistemine adapte ederlerse bu çabalarında başarılı olmak için daha iyi bir konuma gelirler. Başarılı tersine lojistik programları etkin bir şekilde tüm süreçleri koordine edecek, ürünlerin değerlerinin korunmasını ve uygun bir şekilde imhasına odaklanacak, çevreye duyarlı ürünler üretecek, tasarlanan tersine lojistiğin beklentileri karşılayıp karşılamadığı konusunda veri sağlayan performans ölçüm sistemlerini oluşturacaktır ( Ravi ve Shankar, 2004: 6 ).

*Öğrenme ve eğitim eksikliği:* Bu konudaki zorluklardan bir kısmı firmaların ürünün nasıl yeniden değerlendirileceğiyle ilgili sorumluluk almak istemeleri ve zamanında karar vermemeleridir. Karar verme koşulları yeterince yerleşmemişse ve istisnalar çok sık yapılıyorsa çalışanlar karar vermede zorluklarla karşılaşır (Rogers vd, 1998: 47). Eğitim ve öğretim her organizasyonda başarı elde etmek için ana gereksinimdir. Yenilenen teknoloji değişimi gerektirir ve personele uygulanacak teknoloji ve süreçler konusunda yeterli eğitim verilmelidir. Çevre entegrasyonu artırmak, yeni gelişim fırsatlarını ortaya çıkarmak için

çalışanlara ürün geliştirme, müşteri yönetimi gibi kritik iş fonksiyonlarında eğitim verilmesi amaçlanmalıdır (Ravi ve Shankar, 2004: 6 ).

RL konuları yeni bir kavram olduğu için bu konuda yapılacak çalışmalardan şirket çalışanları bilgilendirilmeli ve bir öğrenme süreci oluşturulmalıdır. RL'nin başarısında tüm çalışanların desteğinin çok önemli olduğu unutulmamalıdır.

*Yönetimden kaynaklanan engeller:* Etkili liderlik, net bir vizyon oluşturmak ve tersine lojistik programlarına katma değer sağlamak için gereklidir. Üst yönetim, tedarik zincirinin tüm üyelerini entegre ederek diğer kuruluş amaçlarıyla ters lojistik faaliyetlerine aynı düzeyde değer vermelidir. Stratejik planlar içindeki tersine lojistik planlarının başarıyla uygulanması için sürekli destek verilmelidir (Ravi ve Shankar, 2004: 6 ). Yöneticiler RL'ye yeterince önem vermemekte bu nedenle tersine lojistik uygulamaları için ayrılan finansal kaynaklar ve insan kaynakları genellikle sınırlı olmaktadır. Buna ek olarak, tersine lojistik ağına ilişkin güçlü bir bilgi sistemi yönetiminden gelen destek nerdeyse yok gibidir (Zhao vd, 2008: 351).

*Tersine lojistik konusunda bilinç eksikliği:* Tersine lojistik, geri kazanım için iade edilen ürünlerin yeniden kullanımını, yeniden üretimi, geri dönüşümü ya da bu seçeneklerden bir kombinasyonla ürüne katma değer yaratarak ekonomik fayda sağlayabilir. Tersine lojistiğin çevreye de doğrudan yararları vardır. Bu faydaların farkında olmamak, RL'nin önündeki en büyük engeldir (Ravi ve Shankar, 2004: 6 ). Birçok kişi RL'yi hala çevreci boyutuyla görmekte ekonomik yönünü tam olarak algılamamaktadır. Oysa RL iade edilen ürünlerden ucuz kaynak yaratarak önemli derecede ekonomik yarar sağlar.

*Operasyonel güçlükler:* İleri tedarik zincirine göre tersine tedarik zincirinde daha fazla belirsizlik ve güçlük vardır. Çünkü tersine lojistik sisteminin süreç ve opsiyonları komplikedir ve ürünlerin yaşam sürelerine, karakterlerine, gerekli kaynağa ve tesislerin kapasitesi v.b. göre değişir. Bir firmanın tersine lojistik faaliyetleri en az dört çevresel güçten etkilenir: müşteriler, tedarikçiler, rakipler ve devlet teşkilatlarıdır. Şirketler için geri dönüşüm opsiyonları hakkında stratejik planlar yapmak ve tersine lojistik sisteminin etkin

ve verimli çalışması zordur. (Zhao vd, 2008: 351). Stratejik planlama tersine lojistik hedeflerin belirlenmesi ve onları yönetmek için uzun vadeli planların özellikleridir. Tersine lojistiğin gerçekleşmesi için kabul edilmesi gereken eylem konusunda yönetici adına girişimleri içerir. Mevcut durumda teknolojideki hızlı değişimler ve rakipler, tüketiciler, tedarikçiler, vb davranışlarındaki değişiklikler nedeniyle stratejik planlama tersine lojistik programları için zorunludur. Herhangi bir organizasyonda tersine lojistik uygulanması için, stratejik planlamanın rolü, küresel pazarda örgütün yaşam hedeflerine ulaşması için çok önemlidir. (Ravi ve Shankar, 2004: 7 ).

İşletmelerin RL ağlarını oluştururken bu engellerin neler olduğunu analiz edip daha sonra bir ağ oluşturmaları verimlilik açısından da önemlidir. Aksi takdirde ağ akışında sorunlarla karşılaşılması kaçınılmaz olacaktır.

### **1.15 TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI**

Tersine akışa giren bir ürünün geri kazanım işlemleri için önce ürünler sahiplerinin bulunduğu yerlerden toplanır. Buralara aynı zamanda müşteri bölgeleri denir. Toplanan bu kullanılmış ürünler bazı toplama tesislerinde birleştirildikten sonra ayırma merkezlerine gönderilir, buralara da CRC ya da ara merkezler denir. Burada yapılan asıl işlemler iadelerin kontrolü, sınıflandırılması ve parçalara ayrılmasıdır. İade edilen ürünlerin en son gönderilme yerleri yeniden üretim tesisleridir. Burada ürün yeniden kazanımı yapılır (Aras ve Aksen, 2008: 317). Bir ürün geri iade edildikten sonra durumuna göre birçok farklı rotayı takip edebilir.

Tersine akışla bir ürün geri geldiğinde şirket her bir eşya ile ne yapılacağına karar vermelidir. Bunu yapmak için şirket ilk önce her eşyanın ne olduğunu (çoğu iade edilen ürünün orijinal ambalajı yoktur), durumunu tanımlamalı, eşyaların yeni olarak satılıp satılamayacağını, bayiye geri gönderilip gönderilemeyeceğini ve ürünün nereye gönderileceğine karar verilmelidir (Tibben-Lembke: 2002: 224). Ürün geri kazanımı gerçekleştirilirken kullanılmış ve geri dönüştürülmüş ürünlerin taşınması için etkili bir lojistik altyapısının kurulması gereklidir. Kullanılmış ürünlerin şu an ki kullanıcılarından

üreticilere ve tekrar gelecekteki kullanıcılara taşınması için fiziksel yerleşim, tesisler ve taşıma bağlantılarının seçilmesi önemli bir konudur ( Fleischmann vd, 2001: 157).

Tersine üretim sistemlerinin itici gücü, üretilmiş değerlerden geri kazanım ve atık imha maliyetlerinden kaçınmadır. Bu yararlar sınıflandırma, farklı seviyelerdeki yeniden üretim ve materyal geri dönüşüm maliyetlerini ve bu aktiviteleri bir birine bağlayacak yeni lojistik kanallarının oluşturulmasını karşılamalıdır ( Realff, 2000: 991). Tüm tersine lojistik altyapılarının geliştirilmesi ve koordinasyonu ayrı ayrı toplanan atıkların etkin yönetimi için, hem de toplama ve geri kazanım sisteminin canlılığı için önemlidir (Achillas vd, 2010: 2594). Etkili bir lojistik yapısında kullanılmış ürünlerin toplanması ile yeniden kullanılabilir ürün ve materyallerin satışları arasında bir köprü kurabilmesi aranır.

İade edilen ürünler tersine lojistik ağına giriş noktalarına göre iki farklı kategoride tanımlanabilir. İlkinde ürünler mevcut buldukları yerden taşınmadan lojistik zincirine bulunduğu yerden girerler. Bunun en iyi örnekleri büyük taşınmazların ya da taşıması çok pahalı olan yapıların tamir, bakım ve yenileme işlemleridir. İkincisi ve daha çok uygulanan, ürün taşınır ve farklı yerlerden lojistik zincirine girer (Realff, 2000: 992). Genellikle iki aynı tip ürün tersine lojistik ağına hangi dağıtım kanalından girdiğine bağlı olarak değişik varış noktalarına farklı rotalardan gidebilir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 70) . Taşıma maliyetleri tersine lojistik maliyetlerinin en önemli maliyetlerinden olduğu için, ağ tasarımı RL'nin en önemli konulardan biri olmaktadır. Oluşturulan ağların tüm RL üyelerinin ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılaması gerekmektedir.

Diğer sistemlerde olduğu gibi, tedarik zinciri yönetiminde önemli rol oynayan dağıtım ağını uygulamadan önce onu tasarlamak gerekir. Dağıtım ağını tasarlarken; dağıtım ağının biçimi, ağın her halkasındaki envanter-planlama politikası, ağın farklı noktalarından ürün dağıtım rotaları dikkate alınmalıdır (Ertuğrul ve Aytaç, 2009: 215).

### **1.15.1.Tersine Lojistik Ağ Türleri**

Geleneksel tedarik zincirinde, lojistik ağının tasarımı en önemli konulardan biri olarak tanımlanmaktadır. Üretim tesislerinin yeri, stoklama konsepti, taşıma stratejileri



tedarik zincirinin en önemli belirleyicileridir. Şirketlerin, kullanılmış ürünlerden elde edilen geri dönüşüm değeri fırsatlarından yararlanmaları için, ürün akışını en iyi şekilde karşılayacak lojistik yapısını planlamaları gerekir. Bu amaçla, tersine tedarik zincirinde değişik süreçlerin nerede yapılacağına ve bağlantılar arasındaki irtibatın nasıl tasarlanacağını iyi karar vermek gerekir (Fleischmann, 2001: 1).

Firmalar ilk kullanıcılardan geri dönüştürülebilir ürünleri nasıl toplayacaklarını, atıklardan geri dönüştürülebilir kaynakları ayırmak için nerede sınıflandıracaklarını, toplanan ürünleri yeniden kullanılabilir hale getirmek için nerede yeniden işleneceğini ve geri dönüştürülmüş ürünleri gelecekteki müşterilerine nasıl dağıtacaklarını belirlemeleri gerekir.

Fleischmann (2001) RL ağ türleri şöyledir:

- Geri alınması zorunlu ürünler için ağ yapısı,
- Orijinal ekipman üreticileri (Orijinal Equipment Manufacturer: OEM) için katma değerli geri kazanım ağ yapısı,
- Uzmanlaşmış yeniden üretim için ağ yapısı,
- Materyal yeniden kazanımı için yapısı,
- Yeniden doldurulabilir konteynırlar için ağ yapısı olarak sınıflandırmıştır (Fleischmann, 2001: 1):

*Geri alınması zorunlu ürünler için ağ yapısı:* Bazı ürünlerin geri alınması yasalarla zorunlu hale getirilmiş olabilir. Bu tip ürünler genellikle OEM'ler tarafından toplanır ve geri kazanımı sağlanır.

İlk önemli tersine lojistik ağı, tedarik zincirinin çevresel ürün geri alışı yaptırımlarını karşılamak için kurulmuştur. Tipik örneği Hollanda'da ki ulusal elektronik eşyaların geri dönüşüm ağıdır. Benzer sistemler İskandinavya ve Asya'da ki bazı ülkelerde de kurulmaya çalışılmakta ve bunlar Avrupa ölçeğine göre tartışılmaktadır. Almanya'daki ambalaj geri dönüşümü için "yeşil nokta" uygulanması sistemi başka bir örnektir. Hurda arabaların toplanmasının yasal olarak düzenlenmesi de yine aynı konuya verilecek başka bir örnektir. Tüm bu örneklerde OEM, kullanım ömürlerinin sonundaki ürünleri atık akışının dışında

tutmaya sorumlu tutulmuştur. Benzer uygulamaların birçoğunda ürünlerin kullanım ömrünün sonunda katma değer yaratma fırsatları çok az olduğu için, şirketlerin ihtiyatlı yaklaşımlara odaklandığını görülmektedir. Bu yaklaşımlardan bir tanesi de maliyet minimizasyonudur.

OEM ürünlerinin geri alınmasından ve geri dönüşümünden sorumlu tutulduklarında, genellikle RL faaliyetlerini lojistik servis sağlayıcılarından ve uzmanlaşmış geri dönüşüm şirketlerinden dış kaynak olarak temin eder. Daha da ötesi birçok durumda tüm sektörü kapsayan birleşmelerle RL sistemleri kurulmaktadır. Bu tip tersine lojistik ağlarının tasarımında daha çok düşük maliyetli ürünlerin toplanmasına ve geri kazanımına odaklanıldığı görülmektedir. Genellikle bu tip sistemler kurularak RL işlemleri düzenlendiğinde firmalar CRC'yi kurar, buralara müşteriler ürünlerini getirir daha sonra bu ürünler depolanır ve bir sonraki işleme yerlerine gönderilir. Ancak test ve sınıflandırma işlemleri bu sistemde önemli bir rol oynamamaktadır. Finansman ve yönetsel nedenlerle ürünler toplama noktalarında ürün kategorisine göre kabaca sınıflandırılmakta, daha ayrıntılı ayrıştırma geri dönüşüm süreçleri boyunca ortaya çıkmaktadır.

*Katma değerli geri kazanım için (OEM) ağ yapısı:* Bu ağ yapısına OEM ağı da denilmektedir. OEM ağları geri kazanımı ekonomik olan ürünlerle ilgilenir. Bu ağlar ürün çekme özelliği gösteren sistemlerdir. Üretici kendisine geri gelen ürünlerin geri dönüşüm ve nakliye masraflarını öder. Bu ağlarda kar çok önemlidir. Bu ağlardan elde edilecek karın oranı geri kazanım işleminin ekonomik ve ürünün belirli bir hacimde olmasıyla ve de ekonomik olarak cazip olmasıyla ilişkilidir. (Brito vd, 2002: 4).

OEM ağlarının amacı kullanılmış ürünlerden katma değer yaratmaktır. Fotokopi makinelerinin ve otomotiv parçalarının, bu ürünlerin yeniden üretimde kullanılması örnek verilebilir. Leasing sonu iadeler, yeni satışlar için eskilerin alındığı durumlar ve müşteri servislerinin geri aldıkları gibi farklı kaynaklardan ve farklı yönlerden gelen çok çeşitli kullanılmış ürün akışını içerir.

Heterojen ürün akışları nedeniyle test etme ve sınıflandırma işlemleri geri dönüşüm değerinin yüksek olması için önemli rol oynar. Günümüzde OEM ağlarının çalışma sistemlerinde test etme işlemlerinin merkezileşmesi eğilimi görülmektedir.

*Uzmanlaşmış yeniden üretim ağ yapısı:* Uzmanlaşmış yeniden üretim şirketleri uzun bir süreden beri mevcut sistemde faaliyet göstermektedir. OEM sistemleriyle karşılaştırıldıklarında uzmanlaşmış yeniden üretim şirketlerin ağ yapısında sınıflandırma ve komisyonculuk işlemlerinin daha baskın olduğu görülür. Ticaret en iyi arz ve talep dengesinin aranması ve yönetilmesi fırsattır. Uzmanlaşmış yeniden üretim ağının komisyonculuk karakteri ticaretin bu tanımını iyi yansıtmakta ve bunu lojistik ağına da uygulamaktadır. Var olan lojistik ağına kullanılmış ürünleri toplama faaliyetleriyle ilgili altyapı süreçleri eklemek yerine uzmanlaşmış yeniden üretim şirketleri arz ve tedarik dengesini kapsayan bütünleşik bir ağ tasarlamalıdır. Yeniden üretim işlemlerini yerine getiren uzmanlaşmış firmaların başarısı hem arz kaynaklarına hem de müşterilerinin bulunduğu yere bağlıdır. Ayrıca uzmanlaşmış yeniden üretim şirketleri kar maksimizasyonunu maliyet minimizasyonundan daha önemli bir karar kriteri olarak algılayarak faaliyetlerini yerine getirir.

*Materyal yeniden kazanımı için geri dönüşüm ağı:* Materyal yeniden kazanımı için geri dönüşüm ağlarının özellikleri oldukça düşük kar marjlarıyla çalışmalıdır. Bu yüzden sadece ekonomik iticilere dayanan başarılı geri dönüşüm yapan firma sayısının yasal iticilere göre daha az olması sürpriz olmamaktadır. Materyal yeniden kazanımı için geri dönüşüm ağlarının bir başka özelliği de bu tip ağlarını kurmak için tesis ve ekipman yatırımının yüksek olmasıdır. Materyal yeniden kazanımı için geri dönüşüm ağ yapısının özellikleri olan yüksek yatırım maliyeti ve düşük kar marjları yüksek ürün işleme miktarlarını gerektirmektedir.

*Yeniden doldurulabilir konteynırlar için ağ:* Yeniden kullanılabilir ürün ambalajları için yeniden doldurulabilir bira ve meşrubat şişeleri, koliler, paletler ve yeniden kullanılabilir kutular örnek verilebilir. Yeniden doldurulabilir konteynırlar için ağ yapısına giren konteynırlar ise bu örneklerden biraz daha karmaşık formlardır. Yeniden kullanılabilir kameralar ya da toner kartuşları buna örnek verilebilir.

Tüm bu örneklerde ki konteynırlar genellikle hemen kullanılabilir. Bu tip tedarik zincirinde ki yeniden işleme basamağı genellikle temizleme ve küçük tamirlerle sınırlıdır. Test ve sınıflandırma işlemi de kusurlu ve kullanılamayacak olanların ayrılmasından ibarettir.

### 1.15.2. Tersine Lojistik Ağına Giriş de Zamanlamanın Etkisi

RL ağına giriş zamanını belirlemek önemli kararlardan biri olmaktadır. RL ağına erken girildiğinde ilk olumsuzluklara yüzleşmek gerekebilir, geç kalındığında da erken girenleri yakalamak güç olabilmektedir. Bu yüzden RL ağına ilk girmenin, erken girmenin ya da geç girmenin olumlu ve olumsuz yönleri bilinmelidir. RL ağına girişte zamanlamanın etkisi Tablo 1.6.'da verilmiştir. Yeterli kaynak tahsis edildiğinde RL'ye girişte zamanlamasının etkisi de tablo 1.7'de verilmiştir.

**Tablo 1. 6.** Tersine lojistik ağına giriş de zamanlamanın etkisi (Richey, 2004: 244).

<i>Program Zamanlaması</i>	<i>Uygulamanın Performansı</i>
İlk giriş	<i>Olumlu bir etkisi yoktur.</i> İlk girenler birçok zorluklarla karşılaşmışlardır
Erken giriş	<i>Olumlu etki.</i> Diğerlerini kopyalayarak ve/ya da hatalarından öğrenerek hızlı bir şekilde başlamak kolaydır.
Geç giriş	<i>Olumsuz etki.</i> Diğerlerini yakalamak zordur. Erken girenlerin programlarını mükemmelleştirmek için daha fazla vakitleri vardır.

RL ağına giriş kararını erken vermenin firmalara olan etkisi yeterli kaynak tahsis edilip edilmemesine göre değişmektedir. Yeterli kaynak tahsis edilmeden RL ağına ilk girişin olumlu bir etkisi olmamakta ancak erken girmek olumlu olmaktadır. Ancak yeterli kaynak olduğunda ilk girişteki olumsuzlukları bertaraf etmek daha kolay olmaktadır.

**Tablo 1. 7.** Yeterli kaynak tahsis edildiğinde RL'ye giriş de zamanlamasının etkisi (Richey, 2004: 244)

Program Zamanlaması	Uygulamanın Performansı
İlk giriş	Kaynaklar ilk karşılaşılan zorlukları aşmaya yardım eder ve performansının hemen artmasını sağlar. Örneğin bilgi sistemleriyle özel müşteriler daha iyi öğrenilir ve süreçler zaman ve para tasarrufu için otomatikleştirilebilir.
Geç giriş	Kaynaklar daha iyi bir kaliteye ulaşmak için kullanılabilir. Geç girenler diğerlerinden öğrenebilirler ve teknolojileri hemen kullanabilmek için adapte edebilirler

RL ağına geç girmek eğer yeterli kaynak varsa olumsuz olmamaktadır. Daha önce girenlerin teknoloji ve bilgilerini transfer etmek kolay olmaktadır. Ancak yeterli kaynak olduğunda erken girenler daha fazla avantaja sahip olmakta, geç girenler fırsatları kaçırmaktadır.

### 1.15.3. Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Problemler

Fleischmann (2001) tarafından RL ağ tasarımında karşılaşılan problemler edinim/toplama ile ilgili olanlar, test etme/sınıflandırmayla ilgili olanlar, yeniden üretim ve yeniden dağıtımla ilgili olan problemler olmak üzere sınıflandırılmıştır (Fleischmann, 2001: 3–7).

*Edinim/toplamada karşılaşılan problemler:* Kullanılmış ürünlerin toplanmasının maliyeti RL tedarik zincirinin en önemli parçasını oluşturur. Dağıtımda ki “son kilometre” problemine benzer şekilde, çok miktardaki düşük değerli akış, pahalı bir toplama işlemine neden olur. Bu problem tüketici pazarlarındaki toplama işlemleri için özellikle aşıkarken, taşıma maliyeti ticari ürünler için bile önemli bir sorun oluşturmaktadır. Buna ek olarak, tüm kapalı döngü tedarik zincirinin çevresel performansında taşıma en önemli anahtar faktördür.

Şirketler taşıma maliyetlerini azaltmak için bazı seçenekler keşfetmişlerdir. Bu seçeneklerden birisi ileri lojistikteki dağıtımına benzer şekilde, RL dağıtım maliyetlerinin bir kısmının müşterilerin üzerine yüklemesidir. Şirketler ürünleri aktif bir şekilde toplamaktansa müşterilerin kullanılmış ürünleri teslim edebilecekleri toplama noktaları kurmuşlardır. Kamuya ait kağıt ya da cam toplama kutuları ve tüketicilerin kullandığı elektronik eşyaların tedarikçilere teslimi örnek verilebilir.

Ancak bu strateji taşıma maliyetlerini tüketicilere yüklediği için maliyetleri azaltırken ek stoklama yeri gerektirecektir. Daha da ötesi, bu yaklaşım göreceli olarak küçük, düşük değerli ürünlerle sınırlandırılabilir. Ekonomik değeri yüksek olan ürünlerin bu şekilde toplanması mümkün olmamaktadır. Toplama stratejisi için sadece taşıma maliyetlerinin minimize etmek değil, fakat aynı zamanda, hatta daha da önemlisi, yeterli bir toplama miktarının sağlanması gerekir.

*Test etme/ sınıflandırma:* Ağdaki test etme ve sınıflandırma işlemlerinin durumu çok önemlidir. Ancak bu işlemden sonra ürünler iyi bir geri kazanım faaliyetine atanır ve fiziksel dağıtım yapılr. Bu aşamada nakliye ve yatırım maliyetleri arasında birbirini dışlayan bir tercih gözlenmektedir. Kanalda toplanan ürünlerin hemen test edilmesi toplam taşıma mesafesini minimize edebilir sonrada sınıflandırılan ürünler direkt ilgili oldukları geri kazanım işlemine gönderilebilirler. Özellikle geri dönüştürülemeyen atıklardan kullanılabilir parçaların ayrılmasıyla gereksiz taşımadan kaçınılabılır. Diğer yandan pahalı test ekipmanları ve uzmanlaşmış işgücü gerekliliği test ve sınıflandırma işlemlerinin merkezileşmesinin itici güçleri olabilir.

Erken test etme gereksiz ürünlerin taşınmasına engel olacaktır. Ancak bu işlem pahalı ekipmanlar gerektirir ve sadece bazı yerlerde yapılabilir (Fleischmann vd, 1997: 4). Ağa gelen ürünlerin hemen kontrol edilip sınıflandırılması depolama maliyetlerini azaltır ancak bu işlemi yapmak uzmanlaşmış iş gücü ve ekipman gerektirir. Eğer test etme ve sınıflandırma işlemi daha sonra yapılacak olursa bu takdirde de geri gelen ürünleri depolayacak yer gerekir. Bu da çoğu zaman yeni yatırım anlamına geldiği için yatırım maliyetlerinin artması demektir.

*Yeniden üretim:* Genellikle tersine lojistik ağı içinde yeniden üretim aşaması yüksek yatırımlar gerektirmektedir. Uzmanlaşmış yeniden üretim veya ekipmanların geri dönüşüm maliyetleri büyük ölçüde tüm zincirin ekonomik canlılığını etkiler. Birçok durumda, yeniden üretim aşamasında ki yüksek yatırım maliyetleri karlı olmak için yüksek işlem hacimlerini gerektirir. Hatta yeniden üretilen ürünler için sadece iyi bir satış hacmi yeterli olmamakta, aynı zamanda geri dönüştürülebilir kaynaklar için yeterli arz da gerekmektedir.

RL de geri iade edilen ürünlerin kalite ve miktarları belirsizdir. Bu belirsizlik RL ağının arz yönünün belirsiz olmasına yol açmaktadır. Yüksek yatırımlar gerektiren yeniden üretim tesislerinin bu belirsizlik altında kurulması zor olmaktadır.

*Yeniden dağıtım:* Yeniden dağıtım basamağının planlanması geleneksel dağıtım ağının planlamasına çok benzer. Özellikle, taşıma ve birleştirme işlemlerinin planlamasında zorluklar vardır. Yeniden dağıtım yönetiminin zorluğuna ileri lojistik ağına RL ağını entegre etme problemi de eklenebilir. Uygulamada ileri lojistik ile tersine lojistiğin birleştirilememesinin iki önemli nedeni vardır. Birincisi ileri ve tersine sistemlerin bağımsızlığının sağlanmasıdır. Her ikisinin de fonksiyonlarını bağımsızca yapmasına izin veren ve her ikisini de içeren programlar yapmak oldukça zordur. İkinci nedeni bunu başarmanın fiziksel zorluklarıdır. Yeni ürünleri taşıyan kamyonlara eski ürünlerin yüklenmesi bu kamyonların yollarda daha çok durmasına neden olur. Ayrıca iade edilen ürünleri taşımak yeni ürünleri taşımaktan daha zordur (Tibben-Lembke vd, 2002: 276).

Etkili bir tersine lojistik dağıtım kanalı kurmak için kanal üyelerinin kimler olduğu, RL fonksiyonlarından hangilerinin nerede yerine getirileceği bilinmelidir. İleri lojistik ile tersine lojistik arasındaki ilişkiler bilinmeli ( Fleischmann vd, 1997: 4) ve bu ilişkiler göz önüne alınarak entegre işlemleri yapılmalıdır. Ağ tasarımı yapılırken ileri lojistikle tersine lojistiğin farklı özellikleri göz önüne alınmalıdır.

#### 1.15.4. Geri Kazanım Ağını Oluşturan Basamaklar

Geri dönüşümden, ürünü parçalara ayırmadan, ürün iyileştirme ve yeniden üretimden ortaya çıkan değeri belirlemek etkili bir maliyet yönetiminin kritik süreçleridir (Chan vd, 2006: 294). İade edilen ürünlerin sınıflandırması yapılarak %10'lar civarında maliyet tasarrufu sağlanabilir (Aras vd, 2004: 329).

Genellikle piyasadan kullanılmış ürünler ücret ödenmeden toplanır ve başka bir pazarın geri dönüştürülmüş ürün talebini karşılamak için dağıtım ağı oluşturulur. Ürün geri kazanım ağında aşağıda sayılan işlemlerin olup olmasına göre işlem basamakları değişmektedir( Fleischmann, 2000: 657) . Bu basamaklar toplama, kontrol etme/ ayırma, yeniden üretim, imha ve yeniden dağıtımdır.

*Toplama:* Toplama işlemi mevcut olan kullanılmış ürünlerin toplanması ile ilgili işlemleri ve daha sonra geri kazanım işlemlerinin gerçekleştirileceği yerlere fiziksel olarak taşınmasını içerir. Kullanılmış halıların ya da kullanılmış fotokopi makinelerinin toplanması örnek verilebilir. Genelde toplama işlemi satın alma, taşıma ve stoklama faaliyetlerini içerir. Toplamanın nedeni ekonomik nedenlerin yanında yasal düzenlemeler de olabilir. (Fleischmann, 2000: 657)

*Kontrol etme/ ayırma :* Kontrol etme/ayırma işlemi her bir ürünle ne yapılacağına karar verip hangi ürünlerin tersine lojistik sistemine gireceğine karar verilmesidir (Chan vd, 2006: 297). Toplanan ürünün gerçekten yeniden kullanılabilir olduğuna ve bunun nasıl yapılacağına karar verme işlemlerinin tümünü içerir. Böylece kontrol etme/ayırma kullanılmış ürün akışını geri kazanım işlemleri için ayrıştırmayı sağlarken ürünün parçalara/şeritlere ayrılması, test etme, sınıflandırma ve depolama işlemlerini kapsar (Fleischmann, 2000: 657).

*Yeniden üretim :*Yeniden üretimin kullanılmış ürünlerin kalitesini yeni ürünlerin seviyesine getirmektir. Kullanılmış ürün tümüyle parçalara ayrılır ve tüm modül ve parçalar kontrol edilir. Hasar gören ya da eskiyen parça ve modüller yenileriyle değiştirilir. Tamir edilebilen parçalar ve modüller tamir edilir ve iyi bir şekilde kontrol edilerek montajları



yapılır (Thierry vd, 1995: 119). Bunlara ek olarak ürünü temizleme, parçaların yerini değiştirme, yeniden parçalama işlemleri de yeniden üretime dahil edilebilir.

*İmha* : Teknik ya da ekonomik nedenlerle yeniden kullanılamayan ürünler imha edilir. Örneğin aşırı tamir ekipmanı gerekip ancak yeterli pazar potansiyeli olmamasından dolayı kontrol etme/ayırma seviyesinde kabul edilmeyen ürünler ve son kullanım tarihi geçen ürünler için kullanılabilir. İmha işlemi ürünün başka bir yere taşınması, arazi doldurma ve yakma şeklinde gerçekleştirilebilir ( Fleischmann, 2000: 658).

*Yeniden dağıtım* :Yeniden dağıtım geri kazanımı sağlanan ürünün talep edilen yerlere gönderilmesidir (Chan vd, 2004: 197). Yeniden kullanılabilir ürünlerin potansiyel marketlere yönlendirilmesi ve bu ürünlerin gelecekteki kullanıcılara fiziksel olarak gönderilmesini kapsar. Yeniden dağıtım ürünün satılması, taşınması ve stoklanması işlemlerinden oluşur.

## **1.16. TERSİNE LOJİSTİKLE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR**

Son yıllarda global rekabetin etkileri sonucunda tersine lojistikle ilgili çalışmalar artmaya başlamıştır. Literatürde RL'yi konu edinen çok sayıda çalışma yapılmıştır.

RL yapısıyla ilgili çalışmalar üç alt başlık altında incelenmiştir. Bunlar:

- Genel olarak RL yapısını tanımlayan çalışmalar,
- İade edilen ürünlerin toplanması, kontrol edilmesi, sınıflandırılması ve birleştirilmesi işlemlerini içeren çalışmalar,
- Tamir, yenileme, yeniden üretim ve geri dönüşüm işlemlerini ele alan çalışmalardır.

### **2.16.1. Genel**

Bu bölümde RL sisteminde stratejik planlama içermeyen çalışmalar ele alınmıştır. Genel olarak burada ele alınan çalışmalar RL yapısını tanımlamaya çalışan araştırmalardır.

Özellikle 19. yüzyılın son zamanlarında tersine lojistikle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Rogers ve Tibben-Lembke (1998) Amerika endüstrisindeki tersine lojistik uygulamalarını belirleyebilmek için firmalara anketler göndermiş, geniş çaplı bir anket yapmış ve RL sistemini oldukça detaylı bir şekilde ele almışlardır.

Presley vd, (2007) yaptıkları çalışmada çevre, ekonomi ve sosyal kaygıları dahil eden bir çerçeve önermiş ve bunları göz önüne alarak sürdürülebilir bir gelişmeyi devam ettirmeye çalışmışlardır. Şirketlerin iki dış kaynak sağlayıcısı arasında nasıl karar verdiklerini incelemiştir.

Dowlathshahi (2000) tersine lojistikle ilgili beş kategoriye değinmiştir. Bunlar tersine lojistiğin global kapsamı, kantitatif modeller, lojistik (dağıtım, depolama ve taşıma), firma profilleri ve uygulamalardır.

Thierry vd, (1995) geri kazanım yönetimindeki stratejik konuların üzerinde durmuş ve ürünlerin parçalara ayrılma düzeylerine göre geri kazanım işlemleri sınıflandırmışlardır. Üç örnek olay stratejik ürün geri kazanımını ortaya koymak için incelenmiştir.

Fleischmann vd, (1997) çalışmalarında RL için operasyonel araştırma modellerini incelemiştir. Dağıtım, envanter kontrolü ve üretim planlaması üzerinde durmuş, ekonomik ve ekolojik boyutları içeren karşılaştırmalı modellere olan ihtiyacı vurgulamışlardır.

Güngör and Gupta (1999) çevresel konulara her geçen gün ilginin arttığı vurgulamış, kalitatif ve kantitatif araçlara olan ihtiyacı belirtmiş, yaptıkları çalışmada aşağıdaki sonuçları elde etmişlerdir.

a) Toplum, devlet ve endüstrilerde, çevreyle ilgili olumsuz gelişmeler nedeniyle çevreyle ilgili konular önem kazanmaktadır.

b) Çevreye duyarlı ürünlerin üretilmesi bakir kaynakların kullanımını minimize etmek için kritik bir öneme sahiptir.

c) Modası geçmiş ürünlerden malzeme ve parçaların geri kazanımı, çevresel bozulmaya karşı mücadele de eşit derecede önemlidir.

d) Parçalara ayırma, üretimin önemli bileşenlerindedir çünkü pahalıdır ve yoğun bir emek gerektirir. Bu yüzden otomatik parçalara ayırma sistemi geliştirmek önemlidir.

e) Çevre duyarlı üretim ve geri kazanım süreçleri için kalitatif ve kantitatif karar araçları gereklidir.

f) Çevre duyarlı üretim ve geri kazanım geliştirilmesi ve planlanması için çaba gereklidir.

g) Ulusal çevre kanun ve yaptırımları global olmalıdır çünkü çevre bireysel bir konu değil, global bir konudur.

Carter ve Ellram (1998) literatür araştırması yapmış ve RL’de ki lojistik personelin rolüne geniş açıdan bakmışlar ve boşlukları tanımlamışlardır. İçsel ve dışsal faktörlerin işletmelerin RL kararlarını etkilediğini bulmuşlardır. En temel içsel faktör en azından bir girişimci ve kararlı bir personelin RL aktiviteleri için sorumluluğu almaya gönüllü olmasıdır. Diğer bir içsel faktörde kısıtların tanımlanmasıdır. Sonuçta hem içsel faktörlerin hem de dışsal faktörlerin birlikte hareket ederek RL işlemlerini harekete geçirdiğini bulmuş ve RL belirleyicileri için bir model geliştirmişlerdir.

Brito vd, (2002) ise uygulamadaki tersine lojistik faaliyetlerini tanımlayan literatürü incelemiş, çok sayıda farklı tersine lojistik modeli içeren örnek olayı ele almışlardır. Tersine lojistik modellerini ağ yapıları, geri dönüş tipleri gibi konuları temel alarak farklı sınıflara ayırmışlardır. Geri iade edilen ürünlerin elde edilmesi ve iyileştirilmesindeki belirsizlikleri içeren ürün iyileştirme faaliyetlerinin planlama ve kontrolünü tanımlayan örnek olayları ele alınmıştır.

### **1.16.2.Toplama, Kontrol, Sınıflandırma ve Birleştirme**

Bloemhof-Ruwaard vd, (1999) RL’yi dağıtım yönetimi perspektifinden ele almış ve RL ağ tasarımında önemli rol oynayan temel problemleri ve RL’nin hem spesifik özelliklerini hem de geleneksel lojistik içeriğini ele almışlardır. Örnek olaylardaki iade

edilen kullanılmış ürünlerin toplama noktalarının belirlenmesi problemlerini incelemişlerdir.

Wojanowski vd, (2007) evlerden kullanılan ürünlerin toplanması ile ilgili endüstriyel firmaların ve devletin arasındaki etkileşimi incelemişlerdir. Gönüllü firmalar tarafından elde edilen toplama oranı yetersiz olduğunda hükümet tarafından depozito iade şartının kullanımına odaklanmışlardır. Parametrik analizler sonucu iade edilen ürünlerden geri kazanılan net değerin bir firmanın kullanılmış ürünleri toplamasındaki en önemli itici güç olduğunu bulmuşlardır.

Del Castillo ve Cochran (1996) Meksika'da ki bir büyük bir alkolsüz içecek firmasının yeniden kullanılabilir şişelerin toplanmasını araştırmışlardır. Üretim planlaması, ürün dağıtımı ve kullanılmış yeniden kullanılabilir konteynırların toplanması üzerine çalışmışlardır.

Duhaime vd, (2000) Kanada Post ve büyük sipariş veren müşterileri arasındaki lojistik paketlemenin diğer adıyla geri dönüştürülebilir konteynırların kullanımını ve paylaşımını incelemişlerdir. Tedarik noktalarıyla arz noktaları arasındaki envanter dengesizliğinin problemlere yol açtığını, farklı hesaplama yöntemlerinin kar hesaplamalarında çok farklı sonuçlar verdiğini, Kanada Post şirketi için konteynırların hemen dönmesi gerektiğini bulmuşlardır.

Meade ve Sarkis (2002) kullanılmış ürünlerin toplanmasında dış kaynak kullanımını incelemiş ve dış kaynak sağlayıcıların seçiminde stratejik karar modellerine olan ihtiyaı vurgulamışlardır. Yaptıkları çalışmada aşağıdaki faktörlerin dış kaynak sağlayıcılarını belirlemede göz önüne alınması gerektiğini bulmuşlardır. Bunlar:

- a) Ürünün hayat döngüsü içindeki durumu,
- b) Örgütün stratejik performans kriterleri,
- c) Örgüt tarafından ihtiyaç duyulan RL sürecinde ki işlemler,
- d) Örgütün RL'de ki rolüdür.

Krumwiede ve Sheu (2002) RL literatüründe ki mevcut endüstri uygulamalarını incelemiş ve özellikle işletmelerin karşılaştıkları problem ve süreçleri ele almışlardır. Kullanılmış ürünlerin toplanmasında dış kaynak sağlayıcılarının örneğin taşıma şirketlerinin kullanımının sürecine yol gösterecek bir karar modeli geliştirilmişlerdir.

Guide (2000) yeniden üretim uzmanlarına son on yılda karşılaştıkları problemlerin neler olduğuyla ilgili anket düzenlemiştir. Üretim planlamasında ve kontrol işlemlerinde karşılaşılan yedi problemi tanımlamış ve yeniden üretim için kullanılmış ürünlerin toplama, sınıflandırma ve birleştirme işlemlerinin entegrasyonunda daha fazla çaba harcanması gerektiğini bulmuştur.

Savaskan ve Van Wassenhove (2006) üreticilerin son müşteriden ürünü direkt toplaması durumu için direk ürün toplama modelini, perakendecinin toplama noktası gibi davrandığı durumlar içinde direkt olmayan ürün toplama modelini geliştirmişlerdir. Direkt ürün toplama sistemi kullanıldığında, karın iadelerin toplanma çabalarından etkilendiğini, diğer durumda da perakendecilerin arasındaki rekabetin karı belirlediğini bulmuşlardır.

Aras vd, (2004) iadelerin temel özelliklerine göre sınıflandırılmasını önermişlerdir. Yeniden üretimde ürünlerin kalitelerine göre sınıflandırılmasının önemli maliyet tasarrufları sağladığını bulmuşlardır. Bu tasarruflar iade kalitesi attıkça ve iade oranları azaldıkça daha da büyümektedir. Aynı zamanda yeniden üretimde yüksek kaliteli iadelere önem verilmesinin daha iyi bir strateji olduğunu bulmuşlardır.

### **1.16.3. Tamir, Yenileme, Yeniden Üretim ve Geri Dönüşüm**

Guide ve Srivastava (1997) çalışmalarında tamir edilebilir ürünlerle ilgili literatürü ele almış, üretim planlaması ve kontrol fonksiyonlarından önemli bir bölümü oluşturan kapasite planlamayı incelemişlerdir. Yeni kapasite planlama teknikleri geliştirmişler ve yeni tekniklerin standart tekniklerden daha iyi olduğunu, yeniden üretimin, geleneksel üretimden farklı özellikler taşıdığı için üretim planlaması ve kontrol tekniklerinin de farklı olması gerektiğini bulmuşlardır.

Guide vd, (2000) geri kazanımlı üretim sistemlerinin geleneksel üretim sistemlerinden farklarını ortaya koymuşlardır. Yöneticilerin iadelerde ki zaman ve miktar belirsizliğini azaltıp arz ve talep dengesini sağlayabilmek için çalışmaları gerektiğini ve materyal geri kazanımını daha tahmin edilebilir hale getirmeleri gerektiğini ortaya koymuşlardır. Yöneticilerin aynı zamanda son kullanıcılardan iade edilen ürünlerin toplanması için de çalışmaları gerektiğini ve yeni üretim planlama ve kontrol teknikleriyle bilgi sistemlerini kullanmanın bu aktiviteleri tahmin etmeyi kolaylaştırdığını bulmuşlardır.

Blumberg ( 1999) çalışmasında başarılı bir RL ve tamir servisi için gerekli olan anahtar noktaları tanımlamış ve tüm bu sistemin içinde ki tedarikçilerin entegrasyonuna odaklanmıştır. Pazarlama potansiyelinin bu ihtiyaçları karşılamaya gönüllü firmalar için en önemli iticici güç olduğunu bulmuşlardır. Lojistik yöneticilerinin aşağıdaki noktaları anlaması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Bunlar:

- a)RL faaliyetleri ve tamir hizmetleri sorunsuz bir şekilde entegre edilmelidir; RL faaliyetleri, tamir ve imha tek başına pazarın ihtiyaçlarını karşılayamaz.
- b) Mevcut bayiler kesintisiz hizmet sunmak ve içsel kapasitelerini gerçekleştirmek için diğer bayilerle ortaklaşa hareket etmelidir.
- c) Lojistik yöneticileri, RL ve tamir süreçlerinin yeni taleplerini daha iyi anlamalıdır.
- d) Son olarak RL ve tamir hizmetlerine olan ihtiyaca ileri teknoloji marketlerinde daha çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Amini vd, ( 2005) çalışmalarında **RL** işlemlerinin yeniden düzenlenmesinin müşteri hizmetlerini geliştirdiğini ve böylece işletme maliyetlerini azalttığını göstermişlerdir. RL'nin karmaşıklığını ve dinamizmini sağlamak için bilgisayar simülasyon modelini kullanmışlardır. Sonuçlar, önerilen süreçlerinin müşteri iade süreçlerinin döngü zamanını önemli ölçüde azalttığını ve müşteri servislerini geliştirdiğini göstermiştir.

Du ve Evans (2007) tamirata ihtiyaç duyulan iadelerle ilişkili RL ağını incelemişlerdir. Tamir ve satış sonrası servislerin şirketin pazarlama yeteneğini

geliştirmesini analiz etmişlerdir. İki amaçlı optimizasyon modelini geliştirmişlerdir. Sayısal sonuçlar iki amaç arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur.

Murthy vd, (2004) ürün garanti lojistiğindeki bazı önemli sorunları tanımlamış, lojistik literatürünü ve ürün garanti literatürünü ilişkilendirmişlerdir. Depoların ve servis merkezlerinin lokasyonu üzerinde durmuşlardır. Stratejik açıdan temel problemlerin garanti hizmetlerinde ki kanalların, depoların ve servis merkezlerinin lokasyonu olduğunu bulmuşlardır.

Barros vd, (1998) Hollanda'da ki inşaat artıklarından gelen kumun geri dönüşüm ağının tasarımını ele almıştır. İki aşamalı lokasyon modelini önermişler ve sezgisel prosedürü kullanarak optimizasyonu gerçekleştirmişlerdir.

Kleineidam vd, (2000) geri dönüşümü içeren üretim zinciri için bir modelleme yöntemini ele almışlardır. Modelleri kontrol teorisindeki metotları kullanılarak incelemişlerdir. Örnek olay olarak kağıt geri dönüşümünü ele almışlardır.

De Koster vd, (2001) beyaz ve kahverengi eşyaların geri dönüşümü üzerinde durmuş, çalışmalarında dokuz tedarikçi deposunun işlemlerini incelemişlerdir. Gelen ve giden akımları birleştirme ya da ayırma kararını verdiren faktörleri bulmuşlardır. Uygulama için önerilerde bulunmuşlardır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### TAMSAYILI PROGRAMLAMA

#### 2.1.DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

##### 2.1.1.Doğrusal Programlama ile İlgili Tanımlar

İşletmelerin ellerindeki kaynaklar sınırlıdır. Yöneticiler mevcut kaynakları etkin ve verimli bir şekilde kullanmak zorunda olduklarından, kaynak kullanımındaki alternatifleri seçerken bilimsel yöntemleri kullanmak durumundadır. Bu yöntemler için de en fazla kullanılan tekniklerden biri doğrusal programlamadır.

Doğrusal programlama modeli, matematiksel açıdan, amaç fonksiyonu ve sınırları doğrusal olan bir sınırlı optimizasyon problemidir. Bu sınırlı optimizasyon probleminde amaç fonksiyonu, maksimize edilmesi halinde toplam kar katkısı, üretim, taşınan yük gibi büyüklükleri, minimize edilmesi halinde maliyet, atık, boş zaman gibi büyüklükleri ifade eder. Sınırlar ise, genellikle işgücü, depo alanı, işletme sermayesi gibi kıt kaynaklardır ( Özgüven, 2003: 3).

Doğrusal programlamanın temelinde matematiksel modelleme yatmaktadır. En basit açıklamasıyla matematiksel model, gerçek hayat probleminin sayısal olarak matematiksel ifadelerle gösterimidir (Ulucan, 2004: 5).

Doğrusal kelimesi matematik modeldeki tüm fonksiyonların doğrusal olmasını, yani bir değerdeki artışın fonksiyonun değerini arttırması anlamına, programlama ise modellemeden önce eldeki verilerin planlanması ve düzenlenmesi anlamına gelir.



Doğrusal programlama bir takım doğrusal kısıtların altında doğrusal amaç fonksiyonunun en iyi sonucunu arayan bir yöntemdir (Krajewski ve Ritzman, 1993: 835). Doğrusal programlamada “programlama” planlama anlamında kullanıldığından doğrusal programlama bir süreçtir. Bu süreçte (Tulunay, 1991:167);

- Gerekli verilerin toplanması,
- Probleme ait modelin kurulması,
- Modelin çözümlerinin araştırılması aşamalar bulunur.

Bu aşamalar gerçekleştirilip çözüm elde edildiğinde de üç durum ortaya çıkabilir.

- Birden fazla çözüm olabilir,
- Hiç çözüm olmayabilir,
- Amaç denkleminde aynı değeri kazandıran alternatif çözümler olabilir.

Doğrusal programlama sınırlı kaynakların kullanımını optimum hale getirmek için ortaya çıkartılmış olan bir matematiksel modelleme tekniğidir. Başarıyla uygulanmış olduğu bazı alanlar, askerlik, endüstri, tarım, taşımacılık, ekonomi, sağlık sistemi ve hatta davranış ve sosyal bilimlerdir (Taha, 1971: 11).

Doğrusal programlama, sınırlı kaynakların en etkin biçimde nasıl kullanılması gerektiğini saptama tekniği ve bir karar verme aracıdır (Tütek ve Gümüšoğlu, 1993: 1).

Doğrusal programlamada herhangi bir problemde temel kısıtları gösteren bir doğrusal eşitsizlik sistemi ve amacı gösteren doğrusal bir fonksiyon söz konusudur. Temel kısıtları ifade eden eşitsizlik sisteminin genelde pek çok çözümü vardır. Burada amaç en iyi çözüme ulaşmaktır.

Doğrusal programlama yaklaşımı, doğrusal yapıdaki kısıtları ihlal etmeden doğrusal formdaki amaç fonksiyonunu eniyilemeyi sağlayan ve bu eniyileme sonucunda karar değişkenlerinin aldıkları değerleri bulan bir yaklaşımdır (Ulucan, 2004: 25). Tüm doğrusal programlama problemlerinde karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar bulunur.

Belirli bir amacın gerekleŒme derecesini etkileyen bazı kısıtlayıcı koŒulların bulunması ve bunların doğrusal eŒitlik veya eŒitsizlikler olarak verilmesi durumunda, bu amaca en iyi bir biçimde ulaŒılması için kıt kaynakların en verimli Œekilde kullanılmasını sağlayan ( Tulunay, 1991: 167) ve eldeki sınırlı kaynakların en iyi dağılımını belirlemek için kullanılan matematiksel bir tekniktir (Doğan, 1995: 2).

Bir optimizasyon problemi eğer sürekli deđiŒkenlere ve doğrusal amaç fonksiyonuna sahipse ve tüm kısıtları doğrusal eŒitsizlik veya eŒitlik halinde ise bu problemlere doğrusal programlama denir (Rardin, 1998: 131).

### **2.1.2.Doğrusal Programlama Problemlerinin Temel zellikleri**

Doğrusal programlama modelleri doğrusal programlama problemlerinin matematiksel ifadesidir. Bu modellerin bazı temel özellikleri vardır. Bu zelliklerin bir kısmı doğrusal programlamanın unsurlarını diğer kısmı da varsayımlarını oluŒturur.

#### **2.1.2.1. Doğrusal programlamanın unsurları:**

Doğrusal programlamanın dört tane unsuru vardır. Bunlar ( Stevenson, 1993: 262) :

*Amaç fonksiyonu*

*Karar deđiŒkenleri*

*Kısıtlar ve*

*Parametrelerdir.*

İŒletmelerin amaçları eŒitli olabilmekle birlikte her örgüt duruma göre para, zaman, uzaklık gibi değerlendirilebilen tek bir amaç fonksiyonu belirleyerek bunu optimize edebilir. Hedef söz konusu fonksiyonun maksimizasyonu ya da minimizasyonu olduğuna göre bu fonksiyonun tek olması ve matematiksel olarak açıklanabilmesi gerekir (Doğan, 1995: 4).

Doğrusal programlama problemlerinin tek bir amaı olmalıdır. Minimizasyon ve maksimizasyon Œeklinde iki tip amaç vardır. Minimizasyon maliyet, zaman, mesafe vb. maksimizasyon ise kar, geri dnŒm oranı gibi konuları içerir.

Karar değişkenleri karar verici için mevcut olan girdi ya da çıktıların miktarlarının düzeyini gösterir. Karar değişkenlerinin alınacak kararları iyi bir şekilde betimlemesi gerekir.

Herhangi bir modelin formüleştirelmesinde, değişkenlerin belirlenmesi en önemli adımlardan birisidir. İyi seçilen değişkenler modelin doğru formüleştirelmesini sağlar (Öztürk, 2005: 21).

Kısıtlar karar verici için mevcut alternatiflerin sınırlarıdır. Eğer elde ki kaynakların bir sınırı yok ise bu takdir de doğrusal programlamaya da ihtiyaç yoktur. Üç tip kısıtlayıcı vardır: den az ( $\leq$ ), den çok ( $\geq$ ) ve eşit ( $=$ ). Den az kısıtı ( $\leq$ )olabilecek en üst limiti, den çok kısıtı ( $\geq$ )olabilecek en alt limiti, eşit kısıtı ( $=$ ) tam olarak olması istenen miktarı ifade eder.

Doğrusal programlama amaç fonksiyonunun ve kısıtların matematiksel olarak ifade edilmiş halidir. Bu durumda karar değişkenlerini ve sayısal değerleri gösteren  $x_j$  gibi değişkenler kullanılır. Bunlara parametreler denir. Kurulan modelde kullanılan parametrelere göre sonuca ulaşılır.

#### **2.1.2.2.Doğrusal programlama ile ilgili varsayımlar**

Doğrusal programlama modellerinde tutarlı sonuçlar elde edebilmek için bazı varsayımların olması gerekir. Bu varsayımlar doğrusallık varsayımı, sınırlılık varsayımı, toplanabilirlik-bölünebilirlik varsayımı, negatif olmama varsayımıdır.

##### **2.1.2.2.1.Doğrusallık varsayımı**

Doğrusallık deyiminden modelde bulunan bütün eşitlik veya eşitsizliklerde yer alan değişkenlerin birinci dereceden olması anlaşılır. Bu özellik doğrusal programlamaya uygulandığında, her değişkenin önündeki katsayının sabit ve değişkeninin birinci dereceden olması gerektiği sonucuna varılır (Doğan, 1995: 6).

İşletmenin elinde bulunan kaynaklarıyla çıktılarının arasında doğrusal bir ilişki olmasını ifade eder. Amaç fonksiyonu ve kısıtlarda kullanılan fonksiyonlar birinci dereceden fonksiyonlardır. Kullanılan kaynak miktarı kadar çıktı miktarında artış olur.

Bu varsayım bütün ilişkilerin birinci dereceden fonksiyonlara ile ifade edilmesini gerektirir. Başka bir açıdan bakıldığında kıt kaynağın kullanılan miktarı ile üretim miktarı aynı oranda değişmektedir (Özgüven, 2003: 7).

Amaç fonksiyonunun ve kısıtların doğrusal olması gerekir. Böylece karar değişkenlerinin tümü birinci derece olmak zorundadır, doğrusal olmayan terimler içeremez (Krajewski ve Ritzman, 1993: 836) .

#### **2.1.2.2.2 Sınırlılık varsayımı**

Ekonomide üretim kaynakları sınırlıdır. Haliyle işletmenin elinde bulunan işgücü, sermaye, makine kapasitesi, hammadde kaynakları da sınırlıdır. İşletme elinde ki kıt kaynakları alternatifler içinden en iyi sonucu verecek olana aktarmak zorundadır. Eğer işletmenin elindeki kaynaklar sınırlı olmasaydı amaç fonksiyonu artı sonsuz ya da eksi sonsuz gibi bir değer alırdı ki bu durumda gerçek hayat da imkansızdır. Böyle bir durumda işletmenin doğrusal programlamayı ya da her hangi bir karar vermeye yardımcı olacak aracı kullanması gereksiz olurdu.

#### **2.1.2.2.3. Toplanabilirlik-bölünebilirlik varsayımı**

Toplanabilirlik, değişik üretim faaliyetlerine kaynak olan üretim girdilerinin toplamının her bir işlem için ayrı ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olması durumudur.

Aktiviteler seçilen etkinlik ölçüsüne göre ya da kaynak kullanımına göre toplanabilir olmalıdır (Tütek ve Gümüšoğlu, 1994: 115). Her fonksiyon ilişkin olduğu faaliyetlerin bireysel katkılarının toplamıdır (Öztürk, 2005: 37) .

Bölünebilirlik ise her karar değişkeninin kesirli değerler alabilmesidir.

#### 2.1.2.2.4.Negatif olmama varsayımı

Modelde ki değişkenlerin negatif değerler almasının kabul edilmemesi anlamına gelir. Yani karar değişkenlerinin, aylak ve artık değişkenlerin sıfır ya da sıfırdan büyük değerler almasını ifade eder.

#### 2.1.3. Doğrusal Programlama Modelinin Formülasyonu

Bir problemin çözümü arandığında takip edilmesi gereken birkaç adım vardır. Her problemde tüm adımlar yapılmak zorunda olmayabilir. Ancak genel anlamda izlenmesi gereken adımlar şunlardır (Öztürk, 2005: 7).

##### i.Problemin tanımlanması

Problemin tanımlanması problemin sonucunu tümüyle etkileyeceği için en önemli aşamadır. Yanılış tanımlanmış bir problemin doğru bir cevabı olması beklenemez.

Problemin amaç fonksiyonunun en küçükleme mi yoksa en büyükleme mi olduğu hangi sınırlamaların mevcut olduğu doğru bir şekilde belirlenmelidir.

##### ii.Verilerin toplanması

Probleme etkisi olan parametre değerlerini tahmin etmek için problemle ilgili verilerin toplandığı aşamadır. Eğer gerekli bilgiler elde edilemez ise matematik modelin girdileri de oluşturulamaz.

##### iii.Matematik modelin formüle edilmesi

Amaç fonksiyonu  $z$ , karar değişkenleri  $x_j$  ve kar veya maliyet katsayılar  $c_j$  ile gösterilecek olursa;

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Biçiminde ifade edilebilir.

Doğrusal bir fonksiyon maksimize ya da minimize edilirse, amaç fonksiyonu genel olarak

$$Z_{\max/\min} = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (j=1,2,\dots,n)$$

Biçiminde ifade edilebilir.

İşletmenin elinde bulunan kaynak miktarı  $b_i$ , teknolojik katsayılarını yani  $j$ 'inci karar değişkeninin  $i$ 'inci kaynaktan birim başına tüketeceği miktar  $a_{ij}$  ile ifade edilirse aşağıdaki denklem sistemi yazılabilir.

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} b_m$$

Tüm karar değişkenlerinin sıfırdan büyük olması gerektiği aşağıdaki kısıt eklenerek sağlanır.

$$x_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

## 2.2.TAMSAYILI PROGRAMLAMA

Bazı problemler vardır ki bunların sonuçları tamsayı değilse bir anlam ifade etmez. Girdi ve çıktıların bölünmez olmaları, karar değişkenlerinin tamsayı bir değer almalarını zorunlu kılar. Örneğin mobilya üretimi yapan bir fabrikanın üretimini en çoklayarak sonuç elde edebilmesi durumunda sonuçların tamsayı olması gerekir. Doğrusal programlama yöntemleri bu tip problemlerin çözümünde yeterli olmamaktadır. Bu nedenle doğrusal programlama modeline değişkenlerin tamsayı olma kısıtı eklenerek, tamsayı doğrusal programlama adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir.

Tamsayı programlama birçok zor birleştirici problemin çözümü için kısıtlı programlamaya bir alternatiftir. Aslında tam sayılı programlama çok daha eskilere dayanır.

Tamsayılı programlamanın köklerini 1950'lerde Gomory, Land ve Doing'in yapmış olduğu çalışmalarda bulunabilir (Milano, 2004: 15).

Değişkenlerin sadece tamsayı değerler alabildikleri, eklenen ihtiyaçları üzerine koyarak genel doğrusal probleminden elde edilen optimizasyon problemlerinin bir sınıfı, tamsayılı doğrusal programlama olarak ifade edilir (Doğan, 1995: 143).

Sermaye bütçeleme, satıcıların satış bölgelerine ayrımı, teçhizat kullanımı, yap-yapma sorunları, atama problemleri tamsayılı doğrusal programlama modeliyle çözülebilen bazı problemlerdir.

### **2.2.1.Tamsayılı Programlama ile İlgili Tanımlamalar**

Tamsayılı Programlama, değişkenlerinden bazılarının veya tümünün tamsayılı değerler aldığı bir doğrusal programlama modelidir (Başkaya, 2005: 1, Talha, 2000: 361). Değişkenlerin tamsayılı değerler olmasının istenmesinin nedeni uygulamada birçok problemin sonucunun tamsayılı olmasının anlamlı olmasıdır (Sierksma, 2002: 209).

Doğrusal programlama modelinde, değişkenlerin tamsayılı değer alma zorunluluğu bulunması halinde, doğrusal programlama modelleri yetersiz kalmakta ve tamsayılı doğrusal programlama modelleri gündeme gelmektedir ( Özgüven, 2003: 193).

Bir problemin çözüm değerlerinin tamsayılı olması istendiğinde, bu problem doğrusal programlama modelinden tamsayılı programlama modeline dönüşür. Bu durumda tamsayılı programlamanın matematik modeli, değişkenlerin tamsayı değeri olması istenen bir ek kısıtlayıcı ilave edilmiş doğrusal programlama modelidir.

Eğer doğrusal programlama formülasyonundan sadece sonuçların tamsayılı değerler alması nedeniyle farklılık ortaya çıkıyorsa, bu tip problemlere tamsayılı doğrusal programlama problemleri denir.

Doğrusal programlama problemlerinin tipine bağlı olarak bir kısım değişkenlerin veya bütün değişkenlerin tam sayılı değerler alması hallerinde tamsayılı programlama ortaya çıkmaktadır. Doğrusal programlama sınırlayıcı koşulları arasında değişkenlerin tam sayılı değerler olmasını ifade eden bir sınırlayıcı koşul daha bulunur. Bu ise amaç

fonksiyonunda bulunan değişkenlerin tam sayılı değerler almasını ifade eder ve doğrusal programlama sürekli fonksiyonlara ile ilgili olurken tam sayılı doğrusal programlama kesikli fonksiyonlarla ilgili olur (Hallaç, 2001: 458).

Değişkenlerin kesikli olarak tanımlandığı problemler literatürde kesikli optimizasyon problemleri ve özelde de tamsayılı optimizasyon problemleri olarak ele alınır ( Bakır ve Altunkaynak, 2003: 148).

Doğrusal programlamada sonsuz sayıda olurlu çözüm varken tam sayılı programlamada sınırlı sayıda olurlu çözüm olması tamsayılı programlamanın doğrusal programlamadan daha kolay çözümlenebileceği görünümü verir.

Doğrusal programlama modellerinin çözümünde kullanılan simpleks çözüm yöntemi optimal çözümün bulunması için birkaç köşe noktasının değerlendirilmesini yeterli kılar, olurlu alanı araştırmak gerekmez. Tamsayılı programlamada ise tüm köşe ve olurlu alan içindeki noktaların araştırılması gerekebilir. Küçük bir tam sayılı programlama sorununun bile çok büyük sayıda olurlu çözümü bulunabilir. Şimdiye kadar bilinen yöntemlerin hiçbiri, tamsayılı programlama değerlendirmelerini, simpleks yönteminde olduğu gibi minimumda tutmayı başaramamıştır ( Tütek ve Gümüőoęlu, 1994: 247).

Tamsayılı doğrusal programlama problemlerinin çözümünün zorluğu 1950 den beri bilinmektedir. Gomory'nin de işaret ettiği gibi sınırlı sayıda tekrarı olan tamsayılı problemleri çözmek mümkündür fakat gerçek hayatta genelde bu tekrar sayısı sınırlı olmamaktadır ( <http://www.thetomlins.org/bandb6.pdf>/21.08.2011).

Tamsayılı programlama modellerinin formülasyonu, sürekli değişkenli matematiksel modellerin formülasyonuna önemli derecede benzerlik göstermesine rağmen bu benzerlik aldatıcıdır. Bazı ya da tüm değişkenlerin tamsayı olmasını sağlayan bazı kısıtların eklenmesi, hesaplama bakımından tamsayılı problemleri daha zor hale getirir. Tamsayılı problemlerin bir kısmı zor optimizasyon problemleri sınıfında yer alır ve çoğu tamsayılı programlama modelleri ise NP-hard (nondeterministic polynomial-time hard) sınıfına aittir. (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 148). Genel doğrusal programlama modelleri polynominal (değişkenlerin katsayılarıyla çarpılıp toplanarak sonucun bulunması) zamanda



çözülebilirken, aynı formülasyonun tamsayı çözümünü bulmak için üstel hesaplama gerekmektedir.

Tamsayılı doğrusal programlama modeli genel olarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$Z_{\min/\max} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Kısıtlayıcı,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} b_i \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Ve

$$x_j \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Tamsayılı doğrusal programlama problemleri doğrusal ve doğrusal olmayan tamsayılı programlama problemleri olarak ikiye ayrılır. Doğrusal tamsayılı programlama problemlerinde amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusaldır.

Doğrusal programlamayı tanımlayabilmek için önce “doğrusal” ve sonrada “programlama” kelimelerin anlamına bakmak gerekir. Doğrusallık değişkenler arasındaki direkt ilişkiyi temsil eder. Mesela:  $y = f(x)$  fonksiyonu eğer doğrusal ise  $x$  deki herhangi bir değişme  $y$  de sabit oranlı bir değişmeye neden olur. Programlama, ise matematiksel teknikler kullanılarak eldeki sınırlı kaynaklarla en iyi çözüme ulaşılmasıdır (Doğan, 1995: 2).

Doğrusal olmayan tamsayılı programlama modellerinde ise amaç fonksiyonu veya en az bir kısıt doğrusal değildir.

Tamsayılı doğrusal programlama modelleri, modelde yer alan karar değişkenlerinin yapısına göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar bütünüyle tamsayılı programlama, karma tamsayılı programlama ve 0–1 tamsayılı doğrusal programlama modelleridir.

### 2.2.1.1. Bütünüyle tamsayılı doğrusal programlama

Bir tamsayılı doğrusal programlama modelinde tüm değişkenlerin tamsayı olması halinde “bütünüyle (arı, saf) tamsayılı doğrusal programlama modeli” söz konusudur.  $\forall_i$  için  $x_i$  tamsayı koşulu geçerlidir.

Tüm değişkenlerin tamsayı olması gerektiği bir tamsayılı programlama problemine “bütünüyle tamsayılı programlama problemi” denir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 149, Gerald, 2001: 576)

Bütünüyle tamsayılı doğrusal programlama modelinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$Z_{\min/\max} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Kısıtlayıcı,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} b_i \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Ve

$$x_i \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

### 2.2.1.2. Karma tamsayılı doğrusal programlama

Karar değişkenlerinin tümünün değil de bazılarının tamsayı olması halinde “karma tamsayılı doğrusal programlama” söz konusudur.  $\forall_i$  için  $x_i \geq 0$  ve  $\exists_i$  için  $x_i \geq 0$  ve tamsayı koşulu vardır.

Bazı değişkenlerin tamsayı almak zorunda olduğu, diğerlerinin ise tüm değerleri alabileceği modeller karma tamsayılı doğrusal programlama olarak adlandırılır (Ulucan, 2000: 215). Doğrusal programlama problemlerinde sadece bazı değişkenlerin tamsayı değerli olması gerekli iken diğer değişkenler bölünebilirlik varsayımını karşılayan yani kesirli değerler alabilen değişkenler ise bu tür problemler karma tamsayılı doğrusal programlama problemleridir (Öztürk, 2005: 335 ).

Karma tamsayılı doğrusal programlamanın çok geniş bir uygulama alanı vardır. Yönelem araştırmasının konusuna giren birçok konu ( araç yerleştirme ve ayırma) karma tamsayılı doğrusal programlama ile modellenebilecek konulardır (Foludas, 1995: 95). Karma tamsayılı programlama hem taktiksel planlama hem de değişik durumlarda maliyet bileşimlerinin etkilerini analiz etmek için kullanılabilir (Bilgen ve Özkarahan, 2007: 556).

Karma tamsayılı doğrusal programlamanın matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$Z_{\min/\max} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Kısıtlayıcı,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} b_i \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Ve

$$x_i \geq 0$$

$x_j$  tamsayıdır.

### 2.2.1.3. 0–1 Tamsayılı doğrusal programlama

Karar değişkenlerinin tümünün “0”yada “1” değer almasının istenmesi halinde bu tür problemlere 0–1 tamsayılı doğrusal programlama problemleri denmektedir.

Bu tür problemlerde bir faaliyetin yapılması  $x = 1$ , yapılmaması ise  $x = 0$  anlamına gelmektedir. Örneğin bir işletmenin iki yerleşim yerinden birisinde şube açmaya karar verirken 0–1 türünden tanımlanmış değişkenler söz konusudur.

Bazı değişkenlerin 0 veya 1 değeri alırken diğer değişkenlerin sürekli (kesirli) değerler alan tamsayı doğrusal programlama problemlerine 0–1 karma tamsayı doğrusal programlama problemleri denir. Uygulama da bu tür problemlere örnek olarak bazı ürünlerin hangi makinede üretilmesinin seçimi ile bu makinelerde söz konusu ürünlerden ne kadar üretileceğine ilişkin bir problem 0–1 karma tamsayı doğrusal programlama türüdür (Öztürk, 2005: 337).

Değişkenlerin yalnız 1 veya 0 değeri alabileceği göz önüne alındığında eğer bir problemde değişken sayısı az ise tüm seçenekleri oluşturmak kolay olacağı için sonucu bulmak mümkün olacaktır. Ancak değişken sayısı arttığında ise tüm seçenekleri oluşturamayacağımız için sonucu bu şekilde bulmak mümkün olmayacaktır.

Her değişken için iki değer olduğundan uygun çözüm sayısı  $2^n$  kadar olacaktır. Değişken sayısı arttığında tüm sonuçları taramak zor olacağı için 0–1 tamsayı doğrusal programlama modelinin çözümünde başka yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu konu daha sonra tamsayı programlamanın çözüm yöntemlerinde açıklanacaktır.

0–1 tamsayı doğrusal programlama modelinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$Z_{\min/\max} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Kısıtlayıcı,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} b_i \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Ve

$$x_i \geq 0$$

$x_j$  0 veya 1 şeklindedir.

$x_j = 0$  veya 1 değeri alabilen değişkenler iken, n tane seçenekli bir problemde en fazla bir alternatif seçilecek ise  $\sum_{j=1}^n x_j \leq 1$ , en az bir alternatif seçilecek ise  $\sum_{j=1}^n x_j \geq 1$ , sadece bir alternatif seçilecek ise  $\sum_{j=1}^n x_j = 1$ , j seçildiğinde i'de seçilecek ise  $x_j \leq x_i$  kısıtları probleme eklenir.

### 2.2.2.Tamsayı Programlama Problemlerinin Modellenmesi

Bu bölümde bazı durumların bir tamsayı programlama problemi olarak nasıl formüle edileceğinin üzerinde duracağız. Bu problemler sırt çantası problemleri, sermaye bütçeleme problemleri, sabit yük problemleri, tezgah yerleştirme problemleri, küme örtme, paketleme ve ayrıştırma problemleri, ya-veya kısıtlı problemler, ise-o zaman kısıtlı problemleri, makine ardışıklık problemleri, atama eşleştirme problemleri ve gezgin satıcı problemleridir.

#### 2.2.2.1.Sırt çantası problemleri

Bir dağcının, bir dağa tırmanırken sınırlı kapasitesi olan çantasını kendisine en fazla yararı sağlayacak şekilde doldurması biçiminde ifade edilebilir. Sırt çantası olarak isimlendirilmesinin nedeni aynen sırt çantasında olduğu gibi kapasite belirlidir ve arttırılamaz (Salkin, 1975: 512). Gerçek dünya problemlerinde karşılaşılan birçok durum örneğin sermaye bütçeleme, makinelerin yerleşim planı, portföy seçimi, proje seçimi gibi birçok problem bu şekilde ifade edilebilir.

Herhangi bir tamsayı programlama modeli sadece bir kısıtlayıcılı ise bu tür problemlere çoğu kez sırt çantası problemi adı verilir. Uygulamada birden fazla

kısıtlayıcı sırt çantası problemleriyle de karşılaşılabilir. Bu tür olanlara çok boyutlu sırt çantası problemi denir (Öztürk, 2005: 341).

Genel bir sırt çantası probleminde elimizde  $n$  tane madde vardır ve sınırlı hacme sahip bir sırt çantasını bu maddelerin bir alt kümesi ile doldurmaya çalışılır. Her bir madde  $j$ 'nin  $c_j$  kadar fayda sağlar ve sırt çantasında  $b_j$  kadar yer kaplar. Sırt çantasının toplam hacmi ise  $b$  kadardır. Bu durumda karar vericinin amacı mümkün olduğu kadar kendisine en fazla toplam katkıyı sağlayacak maddeler alt kümesi ile çantasını doldurmak olacaktır (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 161)

### 2.2.2.2. Sermaye bütçeleme problemleri

Sermaye bütçeleme problemlerinde amaç eldeki sınırlı bütçe ya da kaynakla en büyük getiriye sağlayacak proje ve yatırımın gerçekleştirilmesidir. Aslında sırt çantası probleminin özel bir uygulamasıdır.

Bu gibi yararlı bir uygulama, alternatif kararların para yatırmak ve yatırmamak olduğu sermaye planlama problemleri alanındadır (Doğan, 1995: 161). Sermaye bütçeleme problemleri klasik doğrusal programlama problemi olarak formüle edilebildiği gibi sırt çantası problemi türünde de ele alınarak, 0–1 tamsayılı programlama problemi olarak da çözümlenebilir. Birden fazla döneme ilişkin yatırım problemleri, çok dönemli sermaye bütçeleme problemleri olarak ifade edilir (Öztürk, 2005: 346).

Problem, hangi projenin verilen kısıtlar dahilinde mevcut sermaye ile gerçekleştirileceğidir (Martin,1998:11). Sermaye bütçeleme probleminde birbirinden bağımsız yatırım olanakları vardır ve amaç bu yatırım olanaklarıyla toplam sonucun en büyük olmasının sağlanmasıdır (Salkın, 1975: 516).

### 2.2.2.3. Sabit yük problemleri

Bir faaliyete başlandığında sabit bir giderle ya da kuruluş maliyetiyle karşılaşılması çok olağandır. Örneğin bir grup ürün üretilmeye başlanılacaksa bu tip bir sabit giderle karşılaşılır ve üretime başlayabilmek için üretim aşamalarının kurulmasına başlanması

gerekir. Bu gibi durumlarda bu faaliyetin toplam maliyeti faaliyetin aşamalarının değişken maliyetine ve faaliyetin başlaması için kuruluş maliyetlerinin toplamına eşittir.

Sabit yük problemleri herhangi bir karar değişkenin gerçekleştirilip gerçekleştirilmemesine bağlı olarak bir defalık giderlerin söz konusu olduğu durumlarda karşılaşılan problemlerdir ( Bakır ve Altunkaynak, 2003: 192).

Bir faaliyet gerçekleştiği takdir de sabit yük veya hazırlık maliyeti ortaya çıkar. Örneğin bir yerleşim yerine işyeri açma kararına bağlı olarak yapılan hazırlıklar sabit maliyet veya hazırlık maliyetidir. İşyerinin açılması ve faaliyette bulunmasıyla orantılı olan maliyet de değişken maliyettir. İşletmede istenen toplam maliyetin en küçüklenmesidir. Uygulamada çok karşılaşılan bir problem türüdür.

#### **2.2.2.4. Tezgah yerleştirme problemleri**

Tezgah yerleştirme problemlerinde değişik araçların nereye yerleştirileceğine karar verilir.

Sabit yük problemlerinin bir başka türüdür ve uygulamada çok sık olarak karşılaşılr. Tezgah yerleştirme problemlerinde karar verici değişik araçları (tezgahlar, itfaiye istasyonları, dolaplar ya da işletmenin ofisleri) nereye yerleştireceğine karar verir. Karma tamsayı programlama olarak modellenebilen problemler sınıfında yer alır ( Bakır ve Altunkaynak, 2003: 192).

#### **2.2.2.5. Küme örtme ve ayrıştırma problemleri**

Bir küme örtme probleminde amaç verilen herhangi bir kümenin (küme 1) her üyesi diğer kümenin (küme 2) kabul edilebilen bir üyesince örtülmeli yani kapsanmalıdır. Burada amaç birinci kümedeki tüm elamanları örtmek için gereken ikinci kümedeki eleman sayısını minimum kılmaktır (Öztürk, 2005: 355).

Gerçek hayatta, bir şehirdeki itfaiye araçlarının bekleme merkezlerinin seçimi, bir bölgede televizyon yansıtıcılarını yerleşimi, bir bölgeyi kontrol altında tutmak için askeri birliklerin yerleşimi, belli bir alanda yaşayan insanlara bilgi vermek için hoparlörlerin

yerleşimi vb. sorunlar küme örtme problemi olarak ele alınıp çözülebilir (Başkaya, 2005: 32).

### **2.2.2.6. Ya-Veya kısıtlı problemler**

Problemi ifade ederken tüm kısıtların sağlanması gerekli değil ise yani kısıtlardan herhangi birinin doyurulması yeterli ise bu tür problemlere ya-veya kısıtlı problemler denmektedir.

Eğer iki kısıt arasından bir seçim yapılırken sadece biri (ya da diğeri) seçilmek zorundaysa, (bu durumda diğer seçenek de seçilebilir fakat zorunlu değildir) bu tip problemlere ya-veya kısıtlı problemler denmektedir (Lieberman, 2001: 586) .

### **2.2.2.7.İse-O zaman kısıtlı problemleri**

Eğer herhangi bir değişken pozitif değer aldığında ya da herhangi bir değeri aştığında diğer değişkenlerin kısıtlanması ya da diğer kısıtların sağlanması isteniyorsa bu tip problemlere ise-o zaman kısıtlı problemler denir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 260).

### **2.2.2.8. Atama eşleştirme problemleri**

Atama problemlerinde amaç kişileri işe toplam maliyeti minimum yapacak şekilde atamaktır (Başkaya, 2005: 6). İki ayrı türden nesnenin optimal eşleştirilmesiyle ilgili problemler atama problemleri olarak adlandırılır. Makinelere atanacak işçiler, müşterilere atanacak satış elemanları vb. bu tip problemlere örnek verilebilir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 282).

Atama problemlerinde her bir atamanın diğer bir atama alternatifine göre daha fazla ya da daha az bir maliyeti olduğu için, en uygun maliyet bulunmaya çalışılır.

$n$  tane işi yapacak  $n$  kişi vardır ve her kişi sadece bir işi yapacak şekilde atanacaktır. Bazı kişiler bazı işlere diğerlerinden daha uygun olduğu için  $i$  kişinin  $j$  işine atanması nedeniyle  $c_{ij}$  maliyeti hesaplanır. Problemin amacı en düşük atama maliyetini bulmaktır (Wolsey, 1998: 5).



### 2.2.2.9. Gezgin satıcı problemleri

Bir kişini değişik noktaları ziyaret etmesi isteniyor ve bir yere sadece bir kez uğraması isteniyorsa bu tip problemlere gezgin satıcı problemleri denir. Burada amaç başlangıç noktasına en kısa mesafeyi kullanarak geri dönüş rotasının belirlenmesidir.

En çok karşılaşılan gezgin satıcı problemi bir satıcının  $n$  tane şehri ya da müşteriyi ziyaret etmesi için en kısa yolu bulmak istemesidir (Eiselt vd, 2000: 316).

Bir satıcının bir şehirden başlayıp,  $n$  tane şehri sadece bir kere ziyaret edip en kısa mesafeyi kullanarak başlangıç şehrine döndüğünü kabul edilir. Bu problem, düğümleri ve dalları olan bir ağ şeklinde ifade edilebilir. Burada her düğüm bir şehri ve bağlantılı dalda  $(i,j)$   $i$  şehirden  $j$  şehrine olan direkt en kısa yolu  $d_{ij}$  ifade eder. Gezgin satıcı probleminde amaç satıcının kendi şehrinde başlayıp yine kendi şehrinde biten ve her şehri (düğüm) bir defa ziyaret edeceği en kısa yolu bulmaktır (Salkin, 1975: 669).

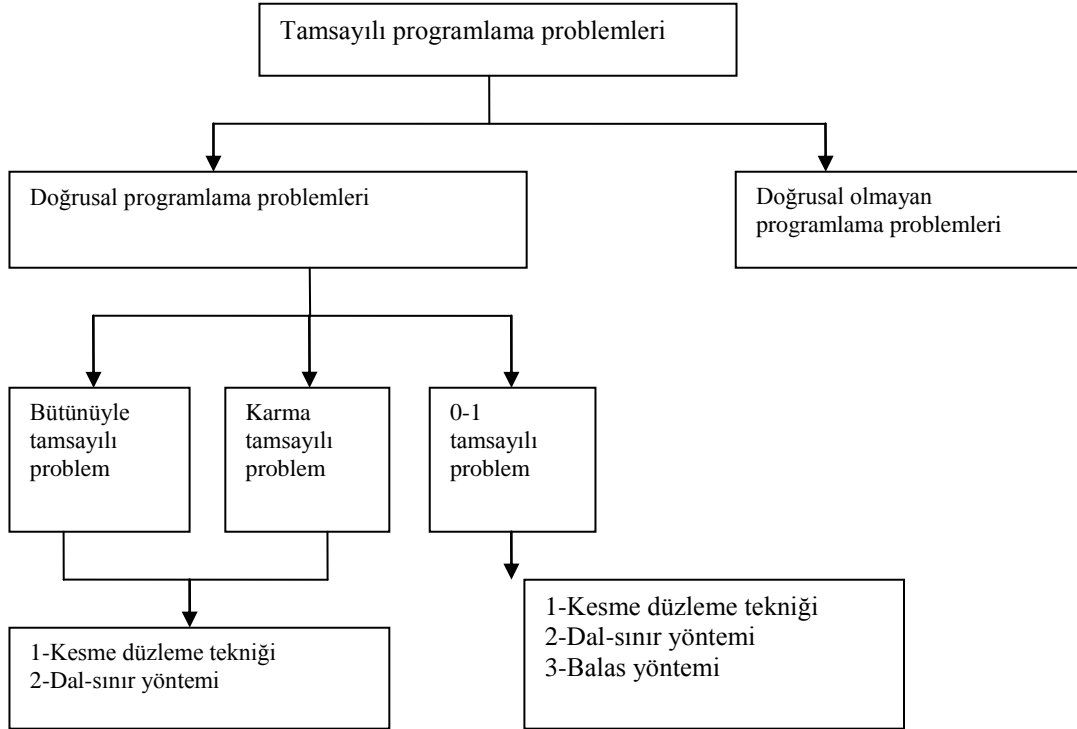
### 5.2.3. Tamsayı Programlama Modellerinin Çözülmesi

Tamsayı programlama problemlerinin çözümü için, doğrusal programlama modelinin çözümünde olduğu gibi genel bir çözüm yöntemi yoktur. Belli bir tür problemden hareketle geliştirilen çözüm yaklaşımları vardır.

Tamsayı problemlerin cebirsel formülasyonu sürekli değişkenlerin tanımlandığı doğrusal programlama problemlerinin formülasyonuna oldukça benzer olmasına rağmen, bazı ya da tüm değişkenlerin tam sayı olmasını gerektiren kısıtların eklenmesi, çözülme bakımından tam sayılı problemleri oldukça zor hale getirmektedir. Doğrusal programlama için polinomial (birden fazla terimi olan) zaman gerekirken, tam sayılı problemlerin çoğu NP-hard (nondeterministic polynomial-time hard) sınıfından problemlerdir ve üstel hesaplama zamanı gerektirir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 320).

Tamsayı doğrusal programlama modelini çözmek için doğrusal programlama modelinin çözümünde olduğu gibi genel bir teknik yoktur. Belirli bir tür problemden hareketle geliştirilen bir dizi çözüm yaklaşımları vardır (Dogan, 1995: 144). Tamsayı programlama problemlerinin çözümü için geliştirilen yaklaşımlar grafiksel çözüm,

yuvarlama, sayımlama yöntemleri, kesme düzlemi teknikleri, ayrışimli algoritmalar ve gurup teorisi algoritmalarıdır. Genel olarak tamsayı programlama çözüm yöntemleri şekil 2. 1.'de gösterilmiştir.



**Şekil 2. 1.** Tamsayı programlama modelleri ve çözüm yöntemleri (Rao, 1979)

### 2.2.3.1.Tamsayı doğrusal programlama algoritması

Tamsayı doğrusal programlama yönteminin çözümünde kesin bir yöntem yoktur. Daha çok doğrusal programlamanın kesin çözüm veren hesap yöntemlerine dayanmaktadır. Bu algoritmalarındaki stratejiler üç adım içermektedir ( Taha, 1971: 378).

Adım 1: Herhangi bir 0-1 tamsayı  $y$  değişkenini  $0 \leq y \leq 1$  sürekli aralığında değerler alacak şekilde değiştirilip, bütün tamsayı değişkenlerle ilgili tam sayı olma kısıtlarını da kaldırarak tamsayı doğrusal programlama çözüm uzayını gevşetip normal doğrusal programlama haline getirilir.

Adım 2: Doğrusal programlama problemi çözümlere sürekli optimumu belirlenir.

Adım 3: Sürekli optimumdan başlayıp, tekrarlı bir şekilde özel kısıtlar ekleyerek çözüm uzayında düzeltmeler yapılır. Böylece tamsayı gereksinimleri de karşılayacak bir optimum uç noktaya ulaşılır.

Üçüncü adımda ifade edilen özel kısıtları oluşturabilmek için dal-sınır yöntemi ve kesme düzlemi yöntemi geliştirilmiştir.

Dal-sınır yöntemi problem çözümü için gerçek ve kesin bir algoritmadan çok sezgisel bir yöntemdir (Martin, 1998: 319). Ancak dal-sınır yönteminin kesme düzlemine göre daha başarılı sonuçlar vermesi ve kolay bir mantığı olması nedeniyle tamsayı programlama problemlerinin çözümünde kullanılan birçok ticari kod dal-sınır yöntemine göre oluşturulmuştur.

Dal sınır yönteminin ticari kodlarda bu kadar çok kullanılmasının nedeni bu yöntemin karma tamsayı programlama için ideal olmasıdır. Başarı tamsayı değişkenlerin sayısına, doğrusal programlama gevşetmesinin zorluğuna, çok sayıda tamsayı cevabı olup olmamasına bağlıdır (Johnson, 1987: 2).

### **2.2.3.2. Grafiksel çözüm yöntemi**

Grafik yöntemi iki değişkenli ve az sayıda kısıtı olan basit işletme problemlerinde kullanılabilir olan bir yöntemdir. Tamsayı bir doğrusal programlama probleminin çözümüne grafik yöntemiyle ulaşmak istenildiğinde önce bu problemin tamsayı olma şartı kaldırılır. Buna doğrusal programlama gevşetmesi denir. Doğrusal programlama gevşetmesi, kısıtlar eşitlik haline getirilerek ve kısıtların birbirlerini kestiği noktalar bulunarak çözülür (Ulucan, 2000: 214).

Maksimizasyon problemlerinde doğrusal programlama gevşetmesinin amaç fonksiyon değeri her zaman tam sayılı doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu değerinin üst sınırı olacaktır. Diğer bir ifadeyle  $Z_{DP-Ge\check{v}sev\check{s}em} \geq Z_{TDP}$  olacaktır. Minimizasyon problemlerinde ise doğrusal programlama gevşetmesinin amaç fonksiyonu değeri her zaman tamsayı doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu değerinin alt sınırı olacaktır. Diğer bir ifadeyle  $Z_{DP-Ge\check{v}sev\check{s}em} \leq Z_{TDP}$  olacaktır (Ulucan, 2000: 213).

Bir tamsayı probleminin çözümü doğrusal programlama gevşetmesi için çözülürse, tamsayılı programlama için uygun alan belirli noktalardan ibaret olacaktır. Her bir uygun nokta için amaç fonksiyonu birer birer hesaplanarak optimal çözüm bulunacaktır. Gerçek tamsayılı programlama problemlerinde uygun nokta milyonlarca olabilmektedir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 154).

Grafik çözüm yöntemi bir defa da kesin çözümü vermemektedir. Çok değişkenli ve çok sayıda kısıtı olan gerçek işletme problemlerinde uygulanabilir bir yöntem olmamaktadır.

### **2.2.3.3. Yuvarlama yöntemi**

Doğrusal programlama gevşetmesinin çözülüp, elde edilen değerler bir alt ya da bir üst tamsayı değerine yuvarlanarak en iyi çözümün elde edilmesidir.

Yuvarlama yöntemi pratik bir yaklaşımdır ancak gerçek işletme problemlerin geçerli olmadığı hatta çok hatalı olduğu pek çok durum vardır (Ulucan, 2000: 213).

Doğrusal programlama çözümü ile tamsayılı programlama çözümü karşılaştırıldığında, aradaki fark kabul edilebilir ise yuvarlama sonucunda elde edilen sonuç kullanılır. Eğer aradaki fark kabul edilemeyecek kadar yüksek ise bu takdirde en iyi tamsayı ya da daha iyi bir yaklaşık değer aranır (Acar, 1998: 411, Özgüven, 2003: 197).

### **2.2.3.4. Sayımlama yöntemleri**

Gerçek işletme problemlerinin tam sayılı programlama olarak formüle edilmiş problemlerinde her  $x_j$  değerinin sınırlı sayıda bir tamsayı değeri vardır. Sayımlama yöntemiyle sınırlı sayıda olan tamsayı değerlerinin her biri için mümkün olan çözüm değerleri hesaplanır. Her ne kadar  $x_j$  değerinin sınırlı sayıda tamsayı değeri varsa da bu değer genellikle çok fazla olmaktadır. Bu da sayımlama yöntemiyle bazı problemlerin çözümünün hesaplanmasını mümkün kılmamaktadır.

Bu nedenle kullanışlı bir sayımlama yöntemi uygun çözüm içinden sadece bir kısmını göz önüne almalıdır ve geri kalanına da tamamıyla aynı işlemi uygulamalıdır. Bu

amaçla geliştirilmiş bazı sayımlama yöntemlerine kısmi sayımlama ya da tam sayımlama olarak isim verilmesi şaşırtıcı olmamaktadır. Dal ve sınır algoritması en bilinen sayımlama yöntemidir (Acar, 1998: 413).

Sayımlama yöntemleri bütünüyle doğrusal tamsayılı programlama ve karma tamsayılı programlama problemlerinde tamsayı değeri sınırlı sayıda olduğu için daha etkin bir yöntemdir (Garfinkel ve Nemhauser, 1972: 108).

Sayımlama yöntemlerinden olan dal sınır algoritması karma tamsayılı problemlerin çözümünde başarıyla kullanılmaktadır. Başka bir sayımlama yöntemi olan Balas algoritması da (toplamalı algoritma) 0–1 tamsayılı problemlerin çözümünü daha kolay çözüme ulaştırmaktadır.

#### **2.2.3.4.1 Bütünüyle tamsayılı doğrusal programlamada dal-sınır yöntemi**

Dal ve sınır yöntemiyle ilgili olarak ilk çalışma 1960 yılında A.H. Land ve A.G. Doig tarafından yapılmıştır. Metot basitliği açısından mükemmeldir; Simpleks yöntemini kullanmayı gerektirir ve tümüyle tamsayılı programlama problemlerini ve karma tamsayılı programlama problemlerini çözebilir. Bu metot doğrusal programlama gevşetmesini çözer ve  $x_j$  değerine göre dallandırma yaparak iki veya daha fazla sayıda alt problem yaratır. Sınırlar doğrusal programlama gevşetmesinin amaç fonksiyonunun değerine göre belirlenir (Johnson, 1987: 2).

Tamsayı değerli olmayan değişkenlerden, ekonomik değeri daha fazla veya tamsayı değerine daha yakın olan değişkende tercih edilebilir (Öztürk, 2005: 385). Land ve Doig orijinal çalışmalarında daha küçük değere sahip değişkeni seçmişlerdir. Böylece daha az sayıda dallandırma yapmışlardır. En küçük değişkeni seçmek en çok kullanılan yöntemdir. Ancak seçim işi daha çok tesadüfi olmaktadır (Martin, 1998: 325).

Dal sınır algoritmasında problem önce doğrusal programlama gevşetmesine göre çözülür. Eğer uygun bir çözüm bulunamamışsa tamsayılı programlama çözümü içinde uygun bir çözüm yoktur. Eğer uygun bir çözüm varsa ve değişkenler tamsayı değerine sahipse bu takdirde bu çözüm aynı zamanda tamsayılı programlamanın çözümüdür. Başka

bir işlem yapmaya gerek kalmaz. Bulunan sonuç uygun bölge içinde ama değişkenler tam sayı değerine sahip değilse bu sonuç çözüm şebekesinin ilk düğümüne yazılır.

Doğrusal programlama gevşetmesi sonucunda bulunan kesirli değer alan değişkenlerden biri seçilir. Orijinal problemde iki ayrı model üretilir ve her modelde seçilen değişkenle ilgili yeni bir kısıt oluşturulur. Kısıtlar şu şekilde oluşturulur.

$x_i \leq x_i'$ 'nin doğrusal programlama gevşetmesindeki çözümünün tamsayı kısmı

$x_i \geq x_i'$ 'nin doğrusal programlama gevşetmesindeki çözümünün tamsayı kısmı + 1

Eklenen yeni kısıtlarla alt problemler yeniden çözülür. Eğer uygun çözüm yoksa tamsayılı doğrusal programlama için de uygun çözüm yoktur ve nokta düğümlenir yani daha fazla dallandırma yapılmaz. Çözüm tamsayı ise tamsayılı doğrusal programlama çözümü de en azından aynı değeri alacaktır ama bundan daha düşük bir değer olmayacaktır. Bu değer bir alt sınır olur.

Bu işlemlere daha iyi bir sonuç bulununcaya kadar devam edilir. Bir alt problemin çözüm değeri tam sayı olsun ya da olmasın daha önce bulunan alt değerden daha iyi bir sonuç değilse bu düğümden daha fazla dallandırma yapılmaz. Tüm alt problemler doyurulduğunda problem çözülmüş olur.

Seçilen değişkenle ilgili olarak yeni bir kısıt oluşturulur ve bu alt problemler çözülür. Bulunan çözüm bir enbüyükleme problemi için üst sınır( $S_u$ )olarak kabul edilir. Model bir enküçükleme problemi ise bu değer alt sınır olur. Eğer uygun çözüm yoksa tamsayılı doğrusal programlama için de uygun çözüm yoktur ve nokta düğümlenir. Çözüm tamsayı ise tamsayılı doğrusal programlama çözümü de en azından aynı değeri alacaktır ama bundan daha düşük bir değer olmayacağı için bu değer alt sınır  $S_a$  olur. Eğer problemin tamsayılı sonucu bilinmiyorsa bu değer  $S_a = -\infty$  kabul edilir.

Bu işlemlere daha iyi bir sonuç bulununcaya kadar devam edilir. Bir alt problemin çözüm değeri tam sayı olsun ya da olmasın daha önce bulunan alt değerden daha iyi bir

sonuç değilse bu düğümden daha fazla dallandırma yapılmadan düğümlenir. Tüm alt problemler doyurulduğunda problem çözülmüş olur.

Bütünüyle doğrusal tamsayılı programlama problemlerinin dal sınır yöntemiyle çözümünde aşağıdaki algoritma izlenir.

Adım 1: problemin doğrusal programlama gevşetmesi simpleks yöntemiyle çözülür. Bulunan çözüm tamsayı ise en iyi çözüme ulaşılmış olduğu için son adıma gidilir aksi takdirde adım ikiye geçilir

Adım 2: tam sayı alması istenen değerlerden birisi tesadüfi olarak seçilir ve bu değişkenden dallandırma yapılır. Bulunan en iyi çözümde amaç fonksiyonunun değeri önceki alt sınırdan daha küçük ise düğüm işlem dışı bırakılır. Eğer daha büyük ise değişkenlerin değerine bakılır. Eğer değişkenler tamsayı değeri almış ise adım üçe değil ise adım dörde geçilir.

Adım 3: amaç fonksiyonunun yeni değeri yeni alt sınır olarak belirlenir.

Adım 4: dallandırma sonucunda çözülmemiş alt problemler var ise bu alt problemler sonuçlandırılırken adım ikideki işlemler tekrar edilir. Tüm alt problemler düğümlendiğinde adım beşe geçilir.

Adım 5: son alt sınıra gelen çözüm optimal çözümdür. İşlem burada sona erer. Eğer alt problemlerin sonucu  $S_a = -\infty$  ise problemin tamsayı çözümü yoktur.

Anlatılanlar bir örnek üzerinde aşağıdaki gibi açıklanabilir.

*Örnek 2.1.*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Öncelikle problemin doğrusal programlama gevşetmesini simpleks yöntemiyle çözülür. Bu problemin optimal çözüm değeri ;  $x_1 = 0,36$  ve  $x_2 = 2,6$  ve  $Z_{\max} = 9,3$  olarak bulunur. Üst sınır  $S_{ii}=9$  olarak belirlenir.  $x_1$  değişkeni de  $x_2$  değişkeni de kesirli olduğu için tesadüfi olarak  $x_1$  değişkeni seçilerek dallandırmaya başlanır.  $x_1$  değişkeni  $0 \leq x_1 \leq 1$  arasında kesirli bir değişkendir,  $x_1$  değişkeni dallandırılarak iki yeni alt problem yaratılır.

*Alt problem 1:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \geq 1$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

*Alt problem 2:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$



$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \leq 0$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Alt problem 1'i çözüldüğünde  $x_1 = 1$  ve  $x_2 = 1,6$  ve  $Z_{\max} = 8,8$  olarak, alt problem 2 çözüldüğünde ise  $x_1 = 0$  ve  $x_2 = 2,7$  ve  $Z_{\max} = 8,3$  bulunur. Alt problem 1'de  $x_2 = 1,6$  olduğu için dallandırmaya buradan devam edilir.

*Alt problem 3:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \geq 1$$

$$x_2 \geq 2$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

*Alt problem 4:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \geq 1$$

$$x_2 \leq 1$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Alt problem 3'ün uygun çözümü yoktur. Bu düğüm bağlanır. Alt problem 4'ün optimal çözümü ise  $x_1 = 1,3$  ve  $x_2 = 1$  ve  $Z_{\max} = 8,5$  olarak bulunur.  $x_1$  değişkeni kesirli değere sahip olduğu için alt problem 4'den  $x_1$  değişkeni üzerinden dallandırmaya devam edilir.

*Alt problem 5:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \geq 1$$

$$x_2 \leq 1$$

$$x_1 \geq 2$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

*Alt problem 6:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \geq 1$$

$$x_2 \leq 1$$

$$x_2 \leq 1$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Alt problem 5'in optimal çözümü  $x_1 = 2$  ve  $x_2 = 0$  ve  $Z_{\max} = 8$  olarak bulunur. Bu çözümde yer alan tüm değişkenler tamsayı olduğu için bu düğüm bağlanır,  $Z_{\max} = 8$  değeri de alt sınır  $S_a = 8$  olarak belirlenir.

Alt problem 6'nın optimal çözümü  $x_1 = 1$  ve  $x_2 = 1$  ve  $Z_{\max} = 7$  olarak bulunur. Çözümde bulunan tüm değişkenler tamsayıdır ancak çözüm değeri  $S_a = 8$ 'den daha küçük olduğu için optimal çözüm değildir.

Alt problem 2'de  $x_1 = 0$  ve  $x_2 = 2,7$  ve  $Z_{\max} = 8,3$  bulunmuştu. Bu değerlerden  $x_2 = 2,7$  kesirli bir değer olduğu için  $x_2$ 'den dallandırma yapılmaya devam edilir.

*Alt problem 7:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \leq 0$$

$$x_2 \geq 3$$

Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

*Alt problem 8:*

$$Z_{\max} = 4x_1 + 3x_2$$

Kısıtlayıcılar:

$$4x_1 + 9x_2 \leq 25$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 16$$

$$x_1 \leq 0$$

$$x_2 \leq 2$$

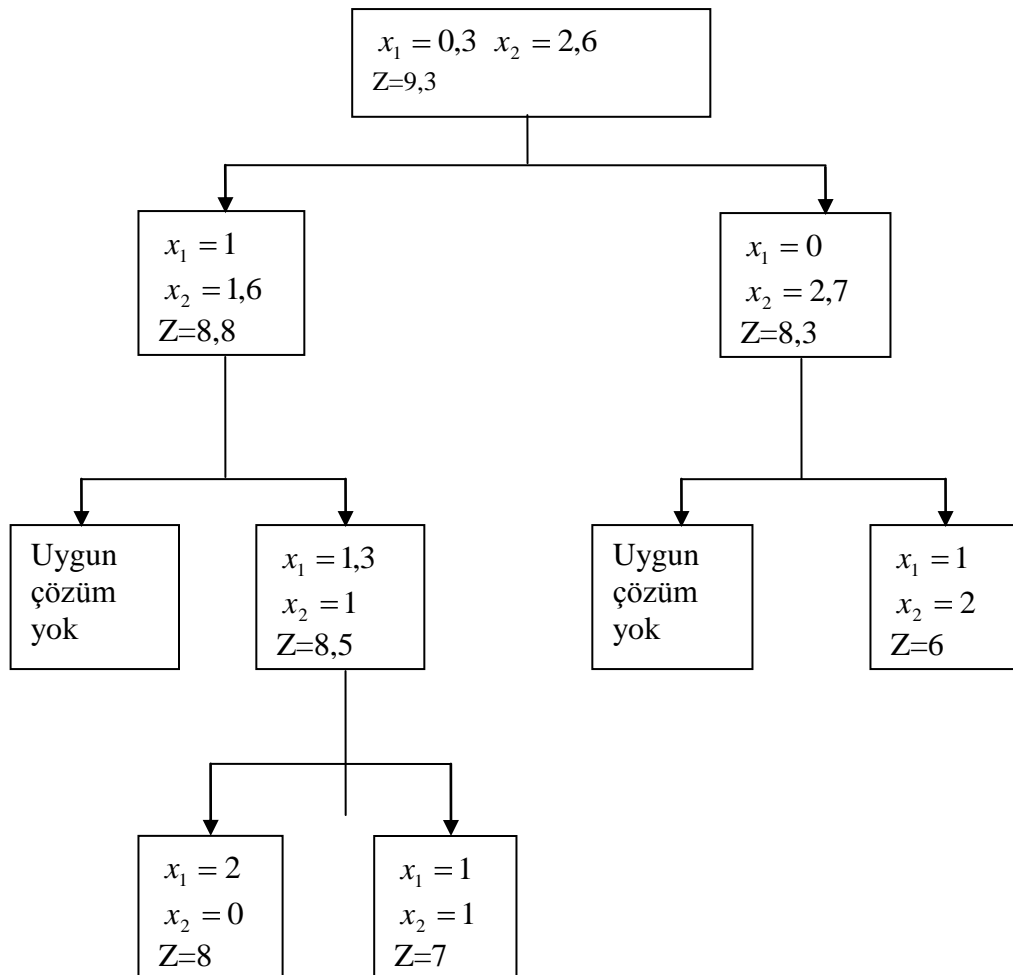
Ve

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Alt problem 7'nin uygun çözümleri yoktur. Bu düğüm bağlanır. Alt problem 8'in optimal çözümü ise  $x_1 = 1$  ve  $x_2 = 2$  ve  $Z_{\max} = 6$  olarak bulunur. Bu çözüm de bulunan tüm değişkenler tamsayıdır ancak çözüm değeri  $S_a = 8$ 'den daha küçük olduğu için optimal çözüm değildir.

Uygun çözümler için de en büyük çözüm değerini alt problem 5 verdiği için bu çözüm değerleri optimal sonucu verir. Böylece optimal çözümü  $x_1 = 2$  ve  $x_2 = 0$  ve  $Z_{\max} = 8$  olarak bulunur.

Dallandırma, bağlama ve sınırlama adımlarını kullanarak elde edilen tüm çözümler şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.2.** Tüm tekrarlamaları gösteren problemin çözüm ağacı

#### **2.2.3.4.2. Karma tamsayılı doğrusal programlamada dal-sınır yöntemi**

Karma tamsayılı doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan dal-sınır algoritmasına ayrıştırma algoritması da denmektedir.

Tamsayılı doğrusal programlama probleminin önce doğrusal programlama gevşetmesi çözülür. Eğer çözüm tam sayı ise bu çözüm aynı zamanda tamsayılı programlama probleminin de çözümüdür. Eğer çözüm uygun bölge içinde değilse tamsayılı programlamanın da çözümü uygun bölge içinde olmayacağı için başka bir işlem yapmaya gerek kalmaz.

Çözüm uygun bölge içinde ise tamsayılı olması istenen kesirli değişken dallandırılır. Bu değişken tamsayılı değer alıncaya kadar dallandırmaya yukarıda anlatılan kurallar göz önüne alınarak devam edilir.

Dal-sınır yönteminin başarısı doğrusal programlama gevşetmesinin kolay çözülebilir olmasına ve bulunan çözümün tamsayılı programlama sonucuna yakın olmasına bağlıdır.

Karma tamsayılı doğrusal programlama probleminin gevşetilmiş çözümü ile karma tamsayılı doğrusal programlama sonucu arasındaki fark büyükse, çözümü bulmak için çok fazla sayımlama yapmaya gerek vardır. Böyle bir sayımlama da en hızlı bilgisayarlarda bile mümkün olmamaktadır (Martin, 1998: 321).

#### **2.2.3.4.3. 0–1 tamsayılı doğrusal programlamada dal-sınır yöntemi**

Verilen herhangi bir 0–1 tamsayılı doğrusal programlama probleminin önce doğrusal programlama gevşetmesi simpleks yöntemi ile çözülerek optimal çözümü bulunur. Optimal çözümde bulunan kesirli değişkenlerden birisi seçilerek dallandırma yapılır. Seçilen dallandırma değişkeni 0 ve 1 değişkeni için ( $x_j = 0, x_j = 1$ ) sabitlenerek özgün problem iki alt probleme ayrılır. Sonra daha büyük olanı dallandırarak optimal çözüm elde edilinceye kadar devam edilir (Öztürk, 2005: 388).

Dal-sınır tekniğinin sıfır-bir tamsayılı programlama modellerine uygulanmasına “*Balas Algoritması*” denir. Ballas algoritması 0-1 tamsayılı doğrusal programlama yöntemleri için geliştirilmiş bir algoritmadır. Hesaplamalarda sadece toplama ve çıkarma işlemleri kullanılır.

$x$  değerlerinin 0–1 değeri alması istendiğinde dal ve sınır algoritmasının bu problemlere uygulanmasına toplamalı algoritma (Salkin, 1975: 298, Schrijver,1998: 363) ya da dolaylı sayma (implicit enumeration) ismi de verilir ( Garfinkel ve Nemhauser, 1972: 123).

Ekleme algoritması diye anılan ilk özel 0–1 algoritması, dal-sınır algoritmasının geliştirilmesinden yaklaşık 7 yıl sonra 1965 yılında geliştirilmiştir. Ekleme algoritmasının sezgisel kavrayışının yapısı gereği, 0–1 doğrusal tamsayı problemi aşağıdaki gereksinimleri karşılamalıdır(Taha; 1971: 385).

- i.Amaç fonksiyonu bütün katsayıları negatif olmama koşuluna uyan bir minimizasyondur.
- ii.Kısıtların tümü ( $\leq$ ) tipinde olmalıdır. Gerekirse sağ taraflar negatif olabilir. Daha sonra bu kısıtlar, sol taraflarına sürekli dolgu değişkenleri eklemek yoluyla eşitlik haline getirilebilir.

Algoritmalar aşağıdaki çözümler boyunca optimum çözümü elde eder (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 322):

Adım 1: Eğer tüm  $x_j=0$  iken problemin çözümü mümkün ise problemin çözümü tüm  $j$ 'ler için  $x_j=0$ 'dır. Aksi halde  $\bar{Z}$  olarak gösterilen amaç fonksiyonunun üst sınır değeri hesaplanır. Bu hesaplama ya tüm  $x_j$ 'ler  $x_j=1$  alınarak yapılır. Her bir değişken için katsayı toplamlarını kısıtlardan yararlanarak bulunur. S olarak gösterilen kısmi çözüm  $S=\phi$  olarak atanır.

Adım 2: S kümesi dışındaki yani serbest değişkenlere 0 değeri atanır. S kısmi çözüm durumunda sağlanamayan kısıtlar V kümesini oluşturur.

Adım 3: V boş kümes ise adım 9'a değil ise adım 4'e geçilir.

Adım 4: S kümesi dışındaki değişkenler sıfır atanır. S kısmı çözüm durumunda amaç fonksiyonunun değeri hesaplanır ve bu değer  $Z_p$  olarak atanır. Amaç fonksiyonunun katsayı sınırı  $\bar{Z} - Z_p$  olarak hesaplanır.

Adım 5: (i) amaç fonksiyonu katsayısı  $\bar{Z} - Z_p$  sınır değerinden küçük olanlar, (ii) V'de ki kısıtlarda pozitif katsayıya sahip olanlar ve (iii) S'de bulunmayan değişkenleri T kümesine ilave edilir.

Adım 6: T kümesi boş değil ise adım 7'ye aksi takdirde adım 11'e gidilir.

Adım 7: Sadece T'deki pozitif katsayıya sahip değişkenler göz önüne alınarak V'deki tüm kısıtlar sağlanabiliyor ise adım 8 aksi takdirde adım 11'e geçilir.

Adım 8: T kümesinde bulunan kısıtlardaki katsayı toplamı en büyük olan değişken S kümesine eklenir ve adım 2'ye geri dönlür.

Adım 9: S kümesi dışındaki değişkenler sıfır alınarak kısmi çözüm tamamlanır. Tamamlanan bu kısmi çözüm cari çözümdür. Bu çözüme ait değişken vektörü x olarak gösterilir ve amaç fonksiyonunun x'deki değeri Z'nin yeni değeri olarak atanır.

Adım 10: S kümesinde en sağda bulunan pozitif elemanın konumu belirlenir. Belirlenen bu elemanın işareti negatif yapılır ve sağdaki herhangi bir elaman bu kümeden çıkarılır. Adım 2'ye dönlür

Adım 11: S'deki tüm elemanlar negatif ise Adım 12'ye gidilir aksi halde adım 10'a dönlür.

Adım 12: Durulur. Bulunan cari çözüm optimum çözümdür. Eğer cari çözüm bulunamamışsa adım 1'de ele alınan en iyi çözüm değerinden daha iyi olan mümkün bir değer yoktur.



#### 2.2.3.4. Kesme düzlemi teknikleri

Kesme düzlemi yöntemi 1950'lerin sonunda tamsayılı programlama problemlerinin çözümünde simplex yöntemini kullanarak sonuca ulaşmayı deneyen Gomory tarafından geliştirilmiştir (Schrijver, 1998: 339).

Kesme düzlemi algoritması sürekli bir doğrusal programlama probleminin optimum çözümünü sağlar. Ancak bu yöntemde dallandırma ve sınırlandırma yerine kesme adı verilen özel kısıtlar ardı ardına oluşturularak çözüm uzayının düzenlenmesine gidilir (Taha, 1971: 392).

Tamsayılı doğrusal programlama probleminin çözüm yönteminde temel fikir, simplex yönteminin ilk problemin değiştirilmesi ile kurulacak probleme uygulanmasına dayanmaktadır (Hallaç, 2001: 460). Amaç, denklemin tanımlanan olurlu tamsayılı çözümleri en üstten terk ettiği çözümün bulunmasıdır (Tütek ve Gümüšoğlu, 1994: 252). Ancak bunu yapmanın bazı zorlukları vardır. Mesela bazı durumlar da sınırlı sayıda kesme düzlemi kullanarak sonuca ulaşamamaktadır.

Farklı kesme düzlemi yöntemleri farklı bir prosedür izlese de genel düşünce şu şekilde özetlenebilir. Önce lineer programlama gevşetmesi çözülür. Eğer bulunan sonuç tamsayı ise, problem çözülmüştür. Eğer sonuç tamsayı değil ise, bu takdirde kesme düzlemi adı verilen yeni bir kısıt probleme eklenir. Böylece problem yeniden optimize edilir ve en iyi çözüm tamsayı oluncaya kadar prosedüre devam edilir. Her kesme düzlemi iki şartı yerine getirmelidir (Eiselt vd,2000: 187).

- i. Mevcut uygun çözümü uygun olmayan alan içinde bırakmalıdır.
- ii. Hiçbir uygun tamsayı çözümünü olanaksız hale getirmemelidir.

##### 2.2.3.4.1.Dantzig'in kesme düzlemi yöntemi

Tümüyle tamsayılı programlama probleminin doğrusal programlama gevşetmesinin çözüldüğünü ve bu çözümde en azından bir  $x_k$  değişkenin tamsayı olmayan  $b_i$  değerine sahip olduğunu kabul edilsin. Eğer  $x_k \in N_0 \forall_j$  gerekli ise, en azından mevcut temel

olmayan bir değişkenin pozitif bir değeri olacaktır ve bu değer tamsayı olmalıdır, mevcut çözümde temel olmayan değişkenlerden en azından birini değeri 1 ya da daha büyük olmalıdır. Bu da gösteriyor ki mevcut temel olmayan değişkenlerin toplamı en azından 1'e eşit olur.  $nbv$ 'nin tanımı şimdiki temel olmayan değişkenler kümesidir ve bu kısıt Dantzig kesmesi olarak adlandırılır ve aşığıdaki şekilde gösterilir (Eiselt vd, 2000: 189).

$$\sum_{j \in nbv} x_j \geq 1$$

Cari çözümde tüm temelde olmayan değişkenler sıfırdır. Dolayısıyla cari çözüm doğrusal programlama gevşetmesi için yukarıdaki eşitsizliğin sol tarafı 0'a eşit olacağından böylece kısıt sağlanmamış olur. Böylece yukarıda verilen kısıt doğrusal programlama gevşetmesine eklenir ve dolayısıyla doğrusal programlama gevşetmesi cari çözüm düzlemini keser (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 388).

Anlatılanlar örnek 2.2.'nin çözümünde gösterilmiştir.

*Örnek:* 2.2.(Bakır ve Altunkaynak, 2003: 389)

Amaç fonksiyonu

$$\text{Max } Z = 3x_1 + 4x_2$$

Kısıtlar:

$$3x_1 + 2x_2 \leq 7$$

$$4x_1 + 6x_2 \leq 11$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Problemin standart formu

$$3x_1 + 2x_2 + x_3 = 7$$

$$4x_1 + 6x_2 + x_4 = 11$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

$$x_3, x_4 \geq 0$$

Tamsayı kısıtını kaldırarak simpleks yöntemiyle soruyu çözüldüğünde ulaşılan son simpleks tablosu aşağıdaki gibi olacaktır.

**Tablo 2.1.** Örnek problemin optimal çözüm tablosu

$c_j$		3	4	0	0	
Amaç Katsayısı	Temel Değişkenler	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	Çözüm
3	$x_1$	1	0	3/5	-1/5	2
4	$x_2$	0	1	-2/5	3/10	1/2
$Z_j$		3	4	1/5	3/5	8
$c_j - Z_j$		0	0	-1/5	-3/5	

$x_2$  tamsayı olmadığı için işlemlere devam edilir. Temel de olmayan iki tane aylak değişken vardır. Bunlar  $x_3$  ve  $x_4$ 'dür ve nbv =  $\{x_3, x_4\}$ . Danztig'in kesme düzlemi yöntemine göre kesme kısıtını  $x_3 + x_4 \geq 1$  şeklinde yazarız.

$$3x_1 + 2x_2 + x_3 = 7 \text{ denklemini } x_3 = 7 - 3x_1 - 2x_2 \text{ şeklinde yazabiliriz.}$$

$$4x_1 + 6x_2 + x_4 = 11 \text{ denklemini de } x_4 = 11 - 4x_1 - 6x_2 \text{ şeklinde yazabiliriz.}$$

$$x_3 \text{ ve } x_4 \text{ eşitliklerini } x_3 + x_4 \geq 1 \text{ eşitsizliğinde yerine koyduğumuzda}$$

$$7 - 3x_1 - 2x_2 + 11 - 4x_1 - 6x_2 \geq 1$$

$-7x_1 - 8x_2 + 18 \geq 1$  eşitsizliğini elde ederiz. Her iki tarafı da eksiyle çarpıp  $x_5$  aylak değişkenini eklediğimizde  $7x_1 + 8x_2 + x_5 = 17$  şeklinde bir eşitlik elde ederiz.

Yeni problemi çözdüğümüzde aşağıdaki yeni optimal çözüm tablosunu elde ederiz.

**Tablo 2.2.** Danztig'in kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen çözüm tablosu

$c_j$		3	4	0	0	0	
Amaç Katsayısı	Temel Değişkenler	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	Çözüm
3	$x_1$	1	0	0	-4/5	3/5	7/5
4	$x_2$	0	1	0	7/10	-2/5	9/10
0	$x_5$	0	0	1	1	-1	1
	$Z_j$	3	4	0	2/5	1/5	
	$c_j - Z_j$	0	0	0	-2/5	-1/5	39/5

$x_1$  ve  $x_2$  tamsayı olmadığı için işlemlere devam edilir. Temel değışkenden olmayan  $x_4$  ve  $x_5$  nbv= $\{x_4, x_5\}$  şeklinde yazılır. Yeni Danztig kesmesi  $x_4 + x_5 \geq 1$  şeklinde yazılır.

$$4x_1 + 6x_2 + x_4 = 11 \text{ denklemini } x_4 = 11 - 4x_1 - 6x_2 \text{ şeklinde}$$

$$7x_1 + 8x_2 + x_5 = 17 \text{ denklemini de } x_5 = 17 - 7x_1 - 8x_2 \text{ şeklinde yazabiliriz.}$$

$x_4$  ve  $x_5$  eşitliklerini  $x_4 + x_5 \geq 1$  eşitsizliğinde yerine koyduğumuzda

$11 - 4x_1 - 6x_2 + 17 - 7x_1 - 8x_2 \geq 1$  eşitsizliğini elde ederiz. Bu eşitsizliği eksiyle çarpıp aylak değışken  $x_6$  eklediğimiz de aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$11x_1 + 14x_2 + x_6 = 27$$

Be denklemi de yeni probleme ekleriz ve yeniden çözeriz. Böylece tamsayılı çözüme ulaşıncaya kadar kesmeler eklenerek işleme devam edilir.

#### 2.2.3.4.2. Gomory'nin kesme düzlemi yöntemi

1958 yılında başka bir kesme türü Gomory tarafından ortaya atılmıştır (Eiselt vd, 2000: 192).

Bu yöntemde başlangıç noktası olarak doğrusal programlama gevşetmesinin simpleks yöntemiyle bulunan optimal çözümü alınır. Eğer çözüm tamsayı değilse, elde edilen karar değışkenlerinden en büyük kesirli değere sahip olan seçilir. Bu değışkenin

satırında bulunan değişkenlerin katsayıları kesirli ve tamsayılı olarak yazılır ve tamsayılı değişkenler denklemin sağ tarafında toplanır. Sağ tarafta yer alan tam sayılı değişkenler atılır ve sadece kesirli eleman bırakılır. Tam sayılı değişkenler atıldığına göre eşitlik halindeki denklem eşitsizliğe dönüşecek ve sol taraftaki kesirli kısım sağ taraftaki elemanın değerinden büyük veya eşit olacaktır( Öztürk, 2005: 398). Böylece ek kısıtlayıcı elde edilmiştir ve bu ek kısıtlayıcı denklemi standart hale getirmek için yeni bir değişken eklenir. Sonrada bu ek kısıtlayıcıya tamsayılı olmayan optimal çözüm tablosunda yer verilerek simpleks çözüm işlemine geçilir (Başkaya, 2005: 62).

Eğer kesirli kısımdaki değişkenlerin değerlerinden negatif olanı varsa, bu sayının eşleniği bulunarak kendi yerine yazılır. İki sayı arasındaki fark bir tamsayı ise bu iki sayıya eşleşik denir ve  $x \equiv y$  şeklinde gösterilir ( Bakır ve Altunkaynak: 2003: 386).

Örneğin;

$$-3/5 \equiv 2/5$$

$$2/10 \equiv 8/10$$

$a_{ij}$  cari çözüm tablosunda sağ taraf değerlerini ve  $b_i$ 'de sol taraf değerlerini ifade etsin ve en az bir  $x_k = b_i \notin Z$  ise  $x_k$  değişkenine ilişkin satıra kaynak satır diyelim. Kesirli parametreler  $f_{ij} = a_{ij} - \lfloor a_{ij} \rfloor$  ve  $f_{ij} = b_i - \lfloor b_i \rfloor, f_{ij} \in [0;1]$  ve  $f_i \in [0;1]$  ve  $nbv$ 'de temel olmayan değişkenler kümesi olarak kabul edilsin ve  $\lfloor x \rfloor$ 'e eşit ya da daha küçük en büyük tamsayı olarak tanımlansın (Eislet vd., 2000: 193) .

$$x_k + \sum_{j \in nbv} \lfloor a_{ij} \rfloor x_j + \sum_{j \in nbv} f_{ij} x_j = \lfloor b_i \rfloor + f_i \quad (1)$$

$x_j \in Z \forall j$  olduğu için  $\sum_{j \in nbv} \lfloor a_{ij} \rfloor x_j$  ve  $\lfloor b_i \rfloor \in Z$  olması gerekir. Böylece aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$f_i - \sum_{j \in nbv} f_{ij} x_j \in Z. \quad (2)$$

$f_i \pi$  1 ve (2) nolu denklemin toplamı eksi olmadığından, (2) nolu denklem sıfırdan küçük ya da sıfıra eşit olmalıdır.

$$-\sum_{j \in nbv} f_{ij} x_j \leq -f_i \quad (3)$$

(3) nolu denklem “kesirli Gomory keseni” olarak adlandırılır.

Dantzig kesmesinde çözmüş olduğumuz örnek 2.2.’nin Gomory kesmesiyle çözümü aşağıdaki gibi olacaktır.

*Örnek 2.2:*

$$\text{Max } Z = 3x_1 + 4x_2$$

Kısıtlar:

$$3x_1 + 2x_2 \leq 7$$

$$4x_1 + 6x_2 \leq 11$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Problemin doğrusal programlama gevşetmesiyle çözümünden elde edilen son simpleks tablosu aşağıdaki gibidir.

**Tablo 2.3.** Problemin simpleks optimal çözüm tablosu

$c_j$		3	4	0	0	
Amaç Katsayısı	Temel Değişkenler	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	Çözüm
3	$x_1$	1	0	3/5	-1/5	2
4	$x_2$	0	1	-2/5	3/10	1/2
	$Z_j$	3	4	1/5	3/5	
	$c_j - Z_j$	0	0	-1/5	-3/5	8

Çözüm  $x_1 = 2, x_2 = 1/2$  olarak bulunmuştur. Dolayısıyla tek kaynak satır  $x_2$  değişkeninin bulunduğu satırdır. İkinci satırı şu şekilde yazabiliriz.

$$x_2 - 2/5x_3 + 3/10x_4 = 1/2$$

Tamsayılı kısımlar atıldığında eşitlik bozulacak ve eşitliğin sol tarafındaki değerler eşitliğin sağ tarafındaki değerlerde büyük veya eşit olacaktır.

Değişkenlerin tamsayı değerleri atıldığında ve  $x_3$  değişkenin katsayısının eşleniği  $3/5$  olarak eklendiğinde Gomory kesme kısıtı aşağıdaki gibi yazılır.

$$3/5x_3 + 3/10x_4 \geq 1/2$$

Bu eşitsizliği (-) çarpıp aylak değişken eklediğimizde aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$-3/5x_3 - 3/10x_4 + x_5 = -1/2$$

Modele eklenen kısıtla birlikte problem yeniden çözüldüğünde aşağıdaki tablo elde edilir.

**Tablo 2.4.** Gomory kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen birinci çözüm tablosu

$c_j$		3	4	0	0	0	
Amaç Katsayısı	Temel Değişkenler	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	Çözüm
3	$x_1$	1	0	0	-1/2	1	3/2
4	$x_2$	0	1	0	1/2	-2/3	5/6
0	$x_5$	0	0	1	1/2	-5/3	5/6
	$Z_j$	3	4	0	1/2	1/3	
	$c_j - Z_j$	0	0	0	-1/2	-1/3	47/6

Yeni çözüm değerleri  $x_1 = 3/2, x_2 = 5/6$  olarak bulunmuştur. Her iki değerde tam sayı değildir. Bu durumda keyfi olarak bir satır kaynak satır olarak seçilir. Bu örnekte de  $x_2$  değişkeninin bulunduğu satır kaynak değişken olarak seçilmiş ve bu satırı şu şekilde yazılmıştır.

$$x_2 + 1/2x_4 - 2/3x_5 = 5/6$$

Bu denklemde ki değişkenlerin tamsayı kısımları atılıp eşleniklerini yazılarak yeni Gomory kesme düzlemi aşığıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$1/2x_4 + 1/3x_5 \geq 5/6$$

Bu eşitsizliği (-) çarpıp aylak değişken eklediğimizde aşığıdaki denklemi elde ederiz.

$$-1/2x_4 - 1/3x_5 + x_6 \leq -5/6$$

Modele eklenen kısıtla birlikte problem yeniden çözüldüğünde aşığıdaki tablo elde edilir.

**Tablo 2.5.** Gomory kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen ikinci çözüm tablosu

$c_j$ Amaç Katsayısı	Temel Değişkenler	3 $x_1$	4 $x_2$	0 $x_3$	0 $x_4$	0 $x_5$	0 $x_6$	Çözüm
3	$x_1$	1	0	0	0	4/3	-1	7/3
4	$x_2$	0	1	0	0	-1	1	0
0	$x_3$	0	0	1	0	-2	1	0
0	$x_4$	0	0	0	1	2/3	-2	5/3
$Z_j$		3	4	0	0	0	1	7
$c_j - Z_j$		0	0	0	0	0	1	

Yeni çözüm değerleri  $x_1 = 7/3, x_2 = 0$  olarak bulunmuştur. Bu durumda birinci satır kaynak satır olarak alınır ve şu şekilde yazılır.

$$x_1 + 4/3x_5 - x_6 = 7/3$$

Bu denklemde ki değişkenlerin tamsayı kısımları atılıp eşleniklerini yazılarak yeni Gomory kesme düzlemi aşığıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$1/3x_5 \geq 7/3$$



Bu eşitsizliği (-) çarpıp aylak değişken eklediğimizde aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$-1/3x_5 + x_7 \leq -7/3$$

Modele eklenen kısıtla birlikte problem yeniden çözüldüğünde aşağıdaki tablo elde edilir.

**Tablo 2.6.** Gomory kesme düzlemi yöntemiyle elde edilen optimal çözüm tablosu

$c_j$		3	4	0	0	0	0		
Amaç Katsayısı	Temel Değişkenler	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	Çözüm
3	$x_1$	1	0	0	0	0	-1	4	1
4	$x_2$	0	1	0	0	0	1	-3	1
0	$x_3$	0	0	1	0	0	1	-6	2
0	$x_4$	0	0	0	1	0	-2	2	13
0	$x_5$	0	0	0	0	1	0	-3	1
	$Z_j$	3	4	0	0	0	1	0	
	$c_j - Z_j$	0	0	0	0	0	-1	0	7

Son simpleks tablosu en iyi tam sayılı sonucu vermiştir. Çözüm değerleri  $x_1 = 1, x_2 = 1$ 'dir. Ancak görüldüğü üzere bu yöntem çok yavaş ilerlemektedir.

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**  
**DENİZLİ İLİNDE ÖMRÜNÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ KAZANIMI İÇİN**  
**TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELİNİN TAMSAYILI PROGRAMLAMAYLA**  
**TASARIMI**

Denizli’de Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği’ne göre geçici depolama iznine sahip ya da bu konuda geri kazanım lisansı almış bir firma bulunmamaktadır. Bu çalışmada Denizli’de ortaya çıkan ÖTL’nin toplanması için bir RL ağ tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla ortaya çıkan ÖTL miktarı ve maliyet kalemleri hesaplanmış, geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan gelir düşülerek maliyet minimizasyonu gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

**3.1.ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ KAZANIMI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER**

2007 yılında yürürlüğe giren Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) kontrolü yönetmeliğinde; bisiklet ve dolgu lastikleri hariç, ömrünü tamamlamış diğer tüm lastiklerin atıklardan ayrı olarak toplanması, taşınması, geçici depolanması, geri kazanılması, bertarafı, ithalatı, ihracatı ile transit geçişine ilişkin yasal sınırlama ve yükümlülükleri, alınacak önlemler, yapılacak denetimler, tabi olunacak hukuki ve cezai sorumluluklar belirlenmiştir.

Bu yönetmeliğe istinaden uyulması gereken ilkeler şunlardır:

a) Geri kazanım ve bertaraf işlemlerinin, hava, su, toprak, bitki ve hayvanlar üzerinde tehlike yaratmadan, ses ve koku yoluyla çevreye herhangi bir olumsuz etkide

bulunmadan ve doğal çevre ile koruma alanlarına zarar vermeden yapılması zorunludur.

b) ÖTL'lerin geri kazanımı esastır.

c) Lastik üreticileri lastik ömrünü uzatacak tedbirleri tasarım aşamasında alırlar.

ç) ÖTL'lerin ithalatı yasaktır.

d) Transit ve ihracat işlemlerinde Bazeli Sözleşmesi esasları uygulanır.

e) ÖTL'lerin hangi sebeple olursa olsun vadi veya çukurlarda dolgu malzemesi olarak kullanılması, katı atık depolama tesislerine kabulü ve depolanması, ısınmada kullanılması, gösteri ve benzeri fiilleri kapsayacak şekilde her ne amaçla olursa olsun yakılması yasaktır.

f) Lastik tamirhaneleri, kaplamacılar, perakende satış noktaları, oto sanayi ve benzeri yerlerde ömrünü tamamlamış lastikler açık alanda biriktirilemez. Biriktirme yerlerinde yangına ve sivrisinek, fare gibi zararlıların üremesine karşı önlem alınır. ÖTL'ler yetkili taşıyıcılara teslim edilinceye kadar en fazla altmış gün bu yerlerde muhafaza edilebilir.

g) ÖTL üreticisi, aracının lastiklerini değiştirdiğinde eski lastiklerini, lastik dağıtımını ve satışını yapan işletmelere veya yetkili taşıyıcılara teslim eder.

ğ) ÖTL'ler yetkili taşıyıcılara bedelsiz olarak teslim edilir. Yetkisiz kuruluş ve kişilerin taşıma yapması yasaktır.

h) Yarış pistleri, çocuk oyun alanları, karting pistleri ve benzeri alanlarda çarpma bariyeri olarak kullanılan ÖTL'lerin bertarafı, bu yerleri işletenler tarafından sağlanır.

ı) ÖTL'lerin yarattığı çevresel kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı, lastik üreticileri, ÖTL üreticileri, taşıyıcılar, geçici depolama alanı işletmecileri, geri kazanım ve bertarafçılar kusur şartı aranmaksızın müteselsilen sorumludurlar.

i) Ömrünü tamamlamış taşıt söküm tesislerini işletenler, ortaya çıkan ÖTL'lerin bu Yönetmelik kapsamında geri kazanımını veya bertarafını sağlarlar veya sağlarlar.

j) ÖTL'lerden kaynaklanan her türlü çevresel zararın giderilmesi için yapılan harcamalar, kirlenme öder prensibine göre karşılanır. Ortaya çıkan ÖTL'lerin bertarafından sorumlu gerçek ve tüzel kişilerin çevresel zararı durdurmak, gidermek ve azaltmak için gerekli önlemleri almaması veya bu önlemlerin yetkili makamlarca doğrudan alınması nedeniyle kamu kurum ve kuruluşlarınca yapılan gerekli harcamalar ÖTL'lerin

yönetiminden sorumlu olanlardan tahsil edilir. Ancak, kirletenlerin ödeme yükümlülüğünden kurtulabilmesi için, kirlenmenin önlenmesi ve sınırlanması konusunda her türlü tedbiri aldıklarını ispat etmeleri gerekir.

ÖTL geri kazanımında belediyelerinde bazı sorumlulukları vardır. Bunlar:

- a) ÖTL'leri, belediye katı atık depolama tesislerine kabul etmemekle,
- b) Geçici depolama alanları için uygun yer bulunamaması durumunda, geçici depolama alanları için yer göstermekle,
- c) ÖTL'lerin toplanması ile ilgili olarak üreticilerin sorumluluğu ve programı dahilinde, gerektiğinde üretici ile işbirliği yaparak, ayrı toplama yapmakla, halkı bilgilendirmekle ve eğitim programları düzenlemekle,
- ç) Mücavir alan içinde ÖTL üreticilerinin açık alanda ÖTL biriktirmesini önlemekle,
- d) Denetimlerde, ÖTL'lerin yasal olmayan yollarla taşındığının, izinsiz geçici depolandığının, lisanssız geri kazanıldığı ve bertaraf edildiğinin tespiti halinde, durumu tespit tutanağı ile il çevre ve orman müdürlüğüne bildirmekle, ilgili hususlarda gerekli tedbirleri alırlar.

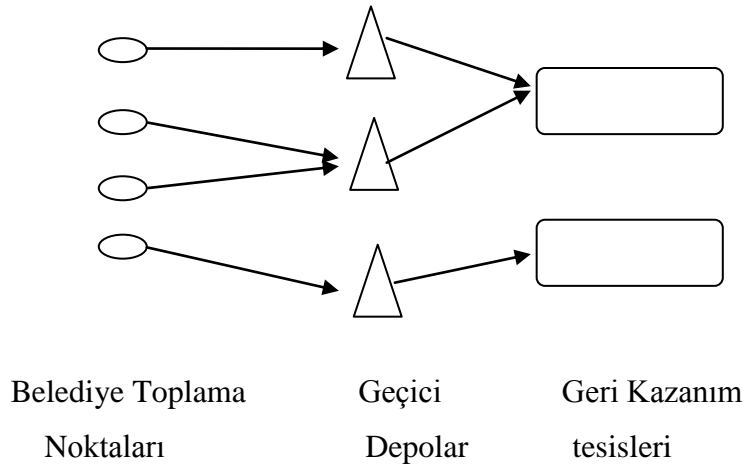
### **3.2. DENİZLİ İLİNDE ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİK GERİ KAZANIMI İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Denizli'de Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği'ne göre geçici depolama iznine sahip ya da bu konuda geri kazanım lisansı almış bir firma bulunmamaktadır. Bu çalışmada Denizli'de ortaya çıkan ÖTL'nin toplanması için bir RL ağ tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Model tasarımlarıyla geri dönüştürülebilecek ÖTL miktarı belirlendikten sonra, taşıma ve işleme gibi giderleri ile geri dönüşümünden elde edilecek gelir arasındaki farkı minimize edecek, olası toplama noktaları ve olası geri dönüşüm tesislerinden uygun olanı seçilmiştir. Bu amaçla RL ağ tasarımı çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Karma Tamsayılı Lineer Programlama (Mixed Integer Linear

Programming: MILP) modeli, ÖTL atıklarının geri dönüşümünün ağ yapısı için uygulanmış ve LİNGO optimizasyon yazılımı kullanılarak çözülmüştür.

Geri kazanım problemi, geri dönen ürünlerin toplanmasını ve işlenmesini ele aldığı için RL'ye ait bir problemdir. ÖTL geri kazanım nedeni yasal zorunluluklar ve bunun yanında geri dönüştürülen ürünlerin ekonomik değeri olmasından kaynaklanır. RL sistem modeli için, lastiği araçlarında kullanarak ÖTL oluşumuna sebep veren gerçek kişiler (G) ve lastik satışı yaptıkları için ellerinde ÖTL bulunan tüzel kişiler (T), bu lastikleri belediyenin toplama noktalarına (BTN) teslim etmekle yükümlüdürler. ÖTL toplama noktalarından geçici depolama tesislerine (GD) taşınır, daha sonra da ÖTL bu depolardan geri kazanım lisanslı tesislere (GKT) taşınır. Burada ortaya çıkan ekonomik değeri olan ürünler piyasaya satılır ve bir gelir elde edilir.

Sistemde temel olarak 2 akış oluşmaktadır. Bunlar belediyenin geçici toplama noktalarından (BTN) geçici depolara (GD) olan akış, geçici depolardan (GD) geri kazanım lisanslı tesislere (GKT) olan akıştır. Bu akış şekilde 3.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Toplanan ÖTL'nin belediye toplama noktalarından GD'lere ve GKT'ye olan akışı.

### **3.2.1. Gerçek ve Tüzel Kişilerden Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Belediye Toplama Noktalarına Kadar Toplanması**

Lastiği araçlarında kullanarak ÖTL oluşumuna sebep veren gerçek kişilerden (G) ve lastik satışı yaptıkları veya üretim sonucu ellerinde artık lastik hammaddesi bulunan tüzel kişilerden (T) toplanmasından LASDER sorumludur. LASDER, lastik üretici firmaları adına atık lastikleri toplayarak geri dönüşüm tesislerine ücretsiz olarak vermektedir.

Modelde ton başına toplama maliyetleri literatürden alınarak bölgelere ait toplama maliyeti hesaplanmıştır. ÖTL'in tüketiciler tarafından belediye toplama noktalarına bırakıldığı varsayılmıştır. Üreticiler belediye toplama noktalarından itibaren sorumludur. Önerilen ağda 5 toplama noktasının olacağı varsayılmaktadır.

### **3.2.2. Belediye Toplama Noktasından Geçici Depoya Sevkıyat**

Üreticiler belediyeler tarafından oluşturulmuş olan 5 tane olması önerilen toplama noktalarından itibaren sorumludurlar. Lisans almış olan geçici depo tesisleri, bu noktalardan toplanan ÖTL olarak kendi geçici depolarına taşırlar. Bu işlem için taşıma maliyeti belirlenmiştir.

### **3.2.3. Geçici Depo Noktasından Geri Kazanım Tesisine Sevkıyat**

GD yerlerinde ÖTL'nin en fazla 6 ay depolanacağı yasal düzenlemelerle sınırlandırılmıştır. GD'de ÖTL'nin elleçlenmesi için gerekli olan işçi maliyetleri ve GD açmak için sabit maliyetler hesaplanmıştır. GD'nin yerleri tespit edilip, kapasiteleri tahmin edilmiştir.

### **3.2.4. Geri Kazanım Tesisinden İkincil Pazara ya da Bertaraf Tesisine Sevkıyat**

Geri kazanım tesislerinde ÖTL genellikle "kıрма" ve "piroliz" yöntemleriyle geri dönüştürülmektedir (<http://www.lasder.org.tr/> 13.10.2011). Kıрма yöntemi kısaca

lastiklerin boyutlarının azaltılması anlamına gelir. Kırma sonucu elde edilen malzemeler genel deyimini ile Parça, Granül ve Toz(Pudra) olarak bilinirler. Bu işlemlerin gerçek başarısı ise elde edilen malzemelerin, bir başka yeni ürünün hammaddesi olmasıdır. Bunlardan bazıları:

- El arabası tekerlekleri, çöp kutuları, bazı yük taşıma araçları tekerlekleri vb,
- Çim Halı sahalarda döşeme malzemesi,
- Kent mobilyaları ve trafik sinyal işaretleri,
- Kaplama malzemeleri karolar,
- Ahır taban döşemeleri, Okul ve oyun sahalarında güvenlik amaçlı döşeme,
- Spor ve rekreasyon alan kaplamaları vb. alanlarda kullanılabilir.

Piroliz yöntemi çöp yığınları içindeki cam ve metallerin ayrılmasından sonra geriye kalan ve işe yaramaz gibi görünen organik maddelerin; hava kullanılmadan ısıtılarak: gaz, sıvı yakıt ve kömür'e, yani karbon'a dönüştürülmesi işlemidir. Piroliz işlemi atıklara uygulanacak en kazançlı ve en güvenli yöntemdir. (<http://www.bedriagac.org/index.php/projelerdeneme/lastk-ger-doenuueem-tess-13.10.2011>). Bu çalışmada daha fazla geri dönüşüm gerçekleştirilebildiği için piroliz yönteminin kullanıldığı varsayılmıştır.

Piroliz uygulaması sonucunda ÖTL içindeki “gazlar”, “yağlar”, “çelik tel” ve “is karası” ayrıştırılmakta ve ekonomik değeri çok yüksek maddeler elde edilmektedir.

Bu yöntemle elde edilen yüksek kalorifik değeri olan yağlar, olduğu gibi kullanılmakla beraber bir rafinaj işlemi sonrasında mazot ve benzeri akaryakıt olarak da kullanılabilir. Ayrıca yağlar, hiçbir değişikliğe gerek kalmadan “elektrik” üretiminde yakıt veya çimento fabrikalarında alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Piroliz yönteminin diğer çıktısı olan gazlar ise yanıcı olma özelliği nedeniyle istenirse kendi tesisinin enerji ihtiyacını karşılamada istenirse gaz olarak kullanım sağlanarak alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Diğer ürün olan “is/karbon karası” ise kauçuk bazlı birçok ürün için hammadde olarak kullanılabilir (http://www.lasder.org.tr/ anasayfa.aspx?MenuID= 34-13.10.2011) .

### 3.3. MODELİN OLUŞTURULMASI

#### 3.3.1. Modelin Amacı

Modelin amacı, Denizli’de oluşan ÖTL’nin, belirlenen yerlerden toplanarak Geçici depolara (GD) ve oradan da Geri Kazanım Tesislerine (GKT) gönderilmesi ağında ortaya çıkan maliyetleri minimum yapan akışları sağlamaktır. Bu amaçla sağlanan olası GD ve GKT noktaları kümesinden uygun olanlar seçilecektir. Burada söz konusu olan maliyetler; sabit maliyetler, elleçleme maliyetleri ve taşıma maliyetleridir.

#### 3.3.2. Model Parametrelerinin Belirlenmesi

Denizli’de ortaya çıkan ÖTL toplanması çalışmalarına ilişkin bilgilerin elde edilmesi için Denizli Belediyesi ve diğer belediyelerle ve Denizli Çevre İl Müdürlüğü ile görüşmeler yapılmıştır. Parametrelerin belirlenebilmesi için çeşitli bakanlıkların ve LASDER (lastik üreticileri derneği) web siteleri kullanılmış ve benzer konularda yapılan atıkların geri dönüşüm projeleri incelenmiştir. Temel olarak belirlenen parametreler şu şekildedir:

##### 1) ÖTL’ye ilişkin belirlenecek parametreler

Açığa çıkan ÖTL ve geri kazanılması arzu edilen ÖTL miktarının belirlenmesi

ÖTL ağırlıklarının belirlenmesi

ÖTL ton\*km taşıma maliyetlerinin belirlenmesi

Yararlı ürünlerin ton gelirlerinin belirlenmesi

Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan gazın ton gelirlerinin belirlenmesi

Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan yağın ton gelirlerinin belirlenmesi

Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan çelik telin ton gelirlerinin belirlenmesi



Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan is karasının ton gelirlerinin belirlenmesi

2) *Belediye toplama noktalarının özelliklerine ilişkin parametreler*

Toplama noktalarının konum kümelerinin oluşturulması

Toplama noktalarının GD noktalarına olan mesafesinin belirlenmesi

3) *Geçici depo noktalarının özelliklerinin belirlenmesi*

GD noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi

GD noktalarının konum kümelerinin sabit maliyetlerinin belirlenmesi,

GD noktalarının elleçleme maliyetlerinin belirlenmesi

GD noktalarının GKT noktalarına olan mesafesinin belirlenmesi

4) *GKT'ye ilişkin parametreler*

GKT'nin konum kümelerinin oluşturulması,

GKT'nin malzeme geri dönüştürme kapasitelerinin belirlenmesidir.

Bu parametrelere ilişkin bilgiler başlıklar halinde aşağıda verilmiştir

### **3.3.2.1.Açığa çıkan ömrünü tamamlamış lastik ve geri kazanılması arzu edilen ömrünü tamamlamış lastik miktarının belirlenmesi**

Geri kazanım ağ yapılarının oluşturulmasında en önemli güçlük iade edilen ürünlerin miktarının belirsiz olmasıdır. Bir diğer belirsizlikte ÖTL ne zaman ve hangi miktarlarda açığa çıkacağıdır.

Geri dönüşümle tekrar ekonomiye kazandırılabilir olan Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Türkiye'de yıllık olarak ortaya çıkan miktarı (2003 yılı) 180.000 ton ( <http://www.turkorecycling.com-12.10.2011>) ile 200.000 ton civarında olup, şu anda miktar geçmiş yıllardan gelenlerle birlikte yaklaşık 500.000 ton civarındadır. Ayrıca lastik üretimi sırasında defolu olarak çıkan atık lastik miktarı 2000 ton/yıl'dır. Bu lastikler üretici firma tarafından talep edildiğinde ücretsiz olarak verilmektedir ([http:// www. bedriagac.org/11.10.2011](http://www.bedriagac.org/11.10.2011)).

2007 yılında yürürlüğe giren ÖTL kontrolü yönetmeliği sonucunda Çevre ve Orman Bakanlığınca, Türkiye genelinde 2007–2009 yıllarında toplanan ÖTL miktarı tablo 3.1.'de verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı 2003–2009 özel atık istatistikleri–10.10.2011). 2010 yılında ise 63.172 ton ÖTL toplanmıştır. Bu miktarın ne kadarı çimento fabrikalarına ne kadarı GKT gönderildiği bilinmemektedir. 2011 yılında 87 bin ton toplamayı hedefleyen LASDER mayıs ayı sonuna kadar 30.381 ton toplamayı başarmıştır (<http://www.lojistik.net/haber.php?hid=1308815977-9.10.2011>). Türkiye genelinde 2010–2011 yıllarında toplanan ÖTL miktarı ise tablo 3.2.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Türkiye genelinde 2007–2009 yıllarında toplanan ÖTL miktarı

Yıllar	GKT gönderilen ÖTL miktarı (ton/yıl)	Çimento fabrikasına gönderilen ÖTL miktarı (ton/yıl)	Toplanan ÖTL miktarı (ton/yıl)
2007	4.850	5.000	9.850
2008	14.500	9.700	25.200
2009	18.150	14.400	35.550

**Tablo 3.2.** Türkiye genelinde 2010–2011 yıllarında toplanan ÖTL miktarı

Yıllar	GKT gönderilenler (ton/yıl)	Çimento Fabrikasına Gönderilenler (ton/yıl)	Toplanan ÖTL miktarı (ton/yıl)
2010	-	-	63.172
2011*	14.635	15.746	30.381**

\*mayıs ayı sonu itibarıyla

\*\*87.00 ton ÖTL toplanması hedeflenmiştir.

( <http://www.logisticusdergisi.com.25.10.2011>)

2011 yılında Denizli'nin nüfusu yaklaşık 930.000 kişidir. Planlanan modelde Denizli ili için toplanan atık miktarını bulmak için her şehirde yılda kişi başına 1 atık lastik üretilir kuralı uygulanmıştır ( Strom, 1998: 43, [www.turcek.org.tr/.12.10.2011](http://www.turcek.org.tr/.12.10.2011)).

Aynı zamanda atık lastiklerin % 90 'nın otomobil lastiği ve % 10'nun kamyon lastiği olduğu kabul edilmiştir. (Strom, 1998: 43) Atık bir kamyon lastiğinin ağırlığı yaklaşık 20 kg, bir otomobil lastiğinin ağırlığı ise 10 kg civarındadır (www.teknolojikarastirmalar.com/12.10.2011). Tablo 3.3. Denizli iline ait toplam ÖTL ağırlık hesaplamalarını göstermektedir.

**Tablo 3.3.** Denizli iline ait toplam ÖTL ağırlık hesaplamalarını

	Lastik adedi	Lastik ağırlığı(kg)	Lastik ağırlığı(ton)
Otomobil lastiği	837.000	8.370.000	8.370
Kamyon lastiği	93.000	1.860.000	1.860
Toplam	930.000	10.230.000	10.230

Denizli şehri için toplam ÖTL miktarı 10.230 olarak bulunmuştur. Denizli'de beş toplama noktası olacağı varsayılmıştır. İlçelerin yakınlıkları göz önüne alınarak bölgeler oluşturulmuştur. Buldan, Güney, Sarayköy, Akköy, Babadağ 1. Bölge, Bekilli, Çivril, Çal, Baklan, Bozkurt, Honaz 2. Bölge, Çameli, Acıpayam ve Serinhisar 3. Bölgeyi, Beyağaç, Kale ve Tavas 4. Bölgeyi, merkez de 5. bölge olarak alınmıştır. Her bölgenin nüfus sayısı ve ortaya çıkan ÖTL miktarları Tablo 3.4.'de verilmiştir.

**Tablo 3.4.** Her bölgenin nüfus sayısı ve ortaya çıkan ÖTL miktarları

Bölgeler	Nüfus sayısı	Ortaya çıkan ÖTL miktarı (Ton)
1.Bölge	86.000	946
2.Bölge	144.000	1.584
3.Bölge	88.000	968
4.Bölge	85.000	935
5.Bölge	527.000	5.797
Toplam	930.000	10.230

Gelişmiş ülkelerde atıkların toplanma oranları %80-90 civarındadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise bu oran daha düşüktür. Bu nedenle oluşturulan senaryolarla atık

lastiklerin % 45, % 50, %55, %60, %65 ve % 90'nın toplanması durumlarında ortaya çıkacak maliyetler minimize edilmeye çalışılacaktır. Tablo 3.5.'de her senaryoya göre her bölgeden toplanması beklenen ÖTL miktarları hesaplanmıştır.

**Tablo 3.5.** Tüm senaryolara göre her bölgeden toplanması beklenen ÖTL miktarları

	1.bölge	2.bölge	3.bölge	4.bölge	5.bölge	Toplam
Senaryo 1 (%45)	425,7	712,8	435,6	420,75	2608,65	4603,5
Senaryo 2 (%50)	473	792	484	467,5	2898,5	5115
Senaryo 3 (%55)	520,3	871,2	532,4	514,25	3188	5626,15
Senaryo 4 (%60)	567,6	950,4	580,8	561	3478,2	6138
Senaryo 5 (%65)	614,9	1029,6	629,2	607,75	3768,05	6649,5
Senaryo 6 (%90)	851,4	1425,6	871,2	841,5	5217,3	9207

### 3.3.2.2 Taşıma maliyetlerinin belirlenmesi

Belediye toplama noktalarından lisanslı geçici depo tesislerine ve Geçici depolardan geri kazanım tesislerine ÖTL taşınmasını sağlayan araçlar 15 ton kapasiteli araçlardır. Tüm araçlar için kilometre başına taşıma maliyeti 1,5" olarak belirlenmiştir. Bu durumda toplama noktalarından geçici depolara taşıma maliyeti ve Geçici depolardan geri kazanım tesislerine taşıma maliyeti km\*ton başına 0,1 " olarak belirlenmiştir.

### 3.3.2.3 Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan yararlı maddelerin ton gelirlerinin belirlenmesi

ÖTL geri kazanımı iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar kırma yöntemi ve piroliz yöntemidir. Piroliz yöntemi lastiğin hava kullanılmadan ısıtılarak "gaz", "yağ", "karbon siyahı"

ve “çelik tel” olarak ayrıştırılıp farklı ürünlere dönüştürülmesidir. Bu ürünler ekonomik değere sahip olan ürünlerdir.

İşleme giren lastik miktarına ve cinsine göre yaklaşık % 40 Yağ , % 40 Karbon Siyahı, % 12 Atık Çelik Tel, % 8 Gaz ortaya çıkmaktadır. % 8 oranında ortaya çıkan gaz da ortalama 900-1000 m<sup>3</sup>/gün gaz üretimini sağlamaktadır. Bir ton yağın satış fiyatı 900 º , bir ton karbon siyahının satış fiyatı 600 º , bir ton atık çelik telin satış fiyatı 500 º , 1000 m<sup>3</sup> gazın satış fiyatı 1.200 º olarak alınmıştır.

#### **3.3.2.4 Yararlı ürün taşıma maliyetlerinin belirlenmesi**

Mevcut lisanslı geri kazanım tesisleriyle yapılan görüşmelere istinaden gaz, karbon siyahı, atık çelik tel bu ürünleri talep eden ikincil piyasalar tarafından kendi araçlarıyla taşınmaktadır. Ortaya çıkan yağ da lisanslı araçlarla atık yağ işleme tesislerine taşınmaktadır. Bu ürünün taşıma maliyeti de atık yağ geri dönüşüm tesisine aittir. Bu nedenle yararlı ürün taşıma maliyetleri modele dahil edilmeyecektir.

#### **3.3.2.5 Geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan ekonomik değeri olmayan maddelerin imha giderlerinin belirlenmesi**

Bu ürünlerin yanı sıra ekonomik değere sahip olmayan lastiğin içine gömülmüş olan taşlar, kirler, tüy döküntüleri vb. maddeler ortaya çıkar. Bu tip tesislerin yöneticileriyle ve LASDER yetkilileriyle yapılan görüşme sonucu bu tip atıklarla ilgili bir verileri olmadığını belirtmişlerdir. Bunun nedenini de bu tip ortaya çıkan atıkların oranının çok az olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

#### **3.3.2.6 Geçici depoların özelliklerinin ve konum kümelerinin belirlenmesi**

Geçici depo kurabilmek için Çevre ve Orman Bakanlığı'na lisans verilmiş olması gerekmektedir. Tasarlanan sistem için geçici depo alanları tespit edilirken Denizli ilçelerine ait nüfus sayısı göz önüne alınmıştır. Tablo 3.6 Denizli iline ait ilçelerin nüfus sayısını göstermektedir. Nüfusu 20.000 üstünde olan ilçeler geçici depo konum yerler olarak

belirlenmiştir. Bu durumda Acıpayam, Buldan, Çal, Çameli, Çivril, Kale, Sarayköy, Tavas, Honaz konum yerleri olarak belirlenmiştir. Bunun yanında merkezde de beş geçici depo açılması tasarlanmıştır. Ayrıca geçici depo açılmayan ilçelerde ortaya çıkan ÖTL en yakın toplama merkezlerine dahil edilecektir. Böylece Denizli için geçici depo sayısı 14 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3.6.** Denizli iline ait ilçelerin nüfus sayısı

İlçeler	Nüfus	İlçeler	Nüfus Sayısı
Acıpayam	57.533	Tavas	50.703
Buldan	27.092	Babadağ	7.583
Çal	22.249	Bekilli	8.165
Çameli	19.999	Honaz	30.530
Çardak	9.454	Serinhisar	15.226
Çivril	61.815	Akköy	5.492
Güney	11.487	Baklan	6.265
Kale	21.840	Beyağaç	7.181
Sarayköy	29.854	Bozkurt	11.738

*Geçici depo noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi*

Tek bir ürün söz konusu olduğu için depoların kapasitesi ürün tonajları ile tanımlanabilir. Geçici depoların kapasiteleri ilçe depoları için yıllık 1325 ton, merkez depolar için 1855 ton olarak belirlenmiştir.

*Geçici depoların sabit maliyetlerinin belirlenmesi*

Depolardaki en önemli maliyet kalemi sabit maliyetlerdir. Depoların Denizli merkezde ve ilçelerde oluşturulma maliyetleri farklı olacaktır. Stoklama alanı olarak ilçe depoları için 700 m<sup>2</sup> ve merkez için 1000 m<sup>2</sup>'lik alanlar olarak planlanmıştır. Modelde 2 tip depo kategorisi belirlenmiştir. Geçici depo hesaplamasında kullanılan birim maliyetler (") tablo 3.7.'de verilmiştir.

**Tablo 3.7.** Geçici depo hesaplamasında kullanılan birim maliyetler (₺) (Köse, 2009: 89, Şengül, 2010: 162)

Maliyet kalemleri	Merkez Depo	İlçe Depo
Arsa satın alma (m <sup>2</sup> )	100	55
Ofis(m <sup>2</sup> )	200	200
Yönetici(aylık)	4.000	4.000
Çevre Mühendisi(aylık)	3.000	3.000
Güvenlikçi(aylık)	700	700
İşçi(aylık)	700	700
Forklift(adet)	36.000	36.000
IT Donanım yazılım(adet)	2.800	2.800
Kantar(adet)	10.000	10.000
Yıllık Sabit Ofis Giderleri(m2)	0.96	0.96
Yıllık Sabit Enerji Gideri (m2)	10	10

Yıllık sabit maliyetleri amortisman giderleri, yıllık sabit enerji giderleri, yıllık sabit ofis giderleri, arsa satın alma maliyeti ve yönetim giderlerinin toplamı ile hesaplanmıştır. Amortisman süreleri Vergi Usul Kanunu'ndan alınmıştır ([www.gib.gov.tr-21.10.2011](http://www.gib.gov.tr-21.10.2011)).

#### *Amortisman giderleri*

Amortisman giderleri { (Ofis yapım maliyeti/50) + (Forklift Maliyeti/4) + (IT donanım ve yazılım maliyeti/3) + (Kantar/15)} şeklinde her iki tip depolama tesisi için hesaplanmıştır.

#### *Ofis yapım maliyeti*

Her depoda 1 ofis olacaktır. İlçe depoları için 40 m<sup>2</sup>'lik ofis, merkez depolar için ise 60 m<sup>2</sup>'lik ofis yapılması planlanmaktadır. Ofisin amortismanı 50 yıl olarak alınmıştır. Tablo 4.7.'de ofis yapım maliyetleri ve amortisman tutarları verilmiştir.

**Tablo 3.8:** Ofis yapım maliyetleri

	Ofis alanı (m2)	Ofis yapım Maliyeti (°)	Amortisman Tutarı
İlçe	40	8.000	160
Merkez	60	12.000	240

*Ekipman, IT donanım ve yazılım maliyetleri*

Her depoda en az bir tane forklift, bir tane kantar, yönetici için IT donanım ve yazılımı kullanılacaktır. Forkliftin amortismanı 4 yıl, kantarın 15 yıl, IT donanım ve yazılımının 3 yıl olarak alınmıştır. Depo türlerine göre kullanılması beklenen ekipmanlar ise tablo 3.9 'da görüldüğü gibidir.

**Tablo 3.9:** Geçici depolarda kullanılan ekipmanlar

	Forklift	IT	Kantar
İlçe	1	1	1
Merkez	2	1	2

Bu durumda oluşan toplam geçici depo ekipman maliyeti ise tablo 3.10.'daki gibidir.

**Tablo 3.10:** Toplam geçici depo ekipman maliyetleri

	Forklift Maliyeti	IT Maliyeti	Kantar Maliyeti
İlçe	36.000	2.800	10.000
Merkez	72.000	2.800	20.000

Toplam geçici depo ekipman amortisman tutarları Tablo 3.11'de verilmiştir.



**Tablo 3.11:** Toplam geçici depo ekipman amortisman tutarları

	Forklift Amortisman Tutarı	IT Amortisman Tutarı	Kantar Amortisman Tutarı	Toplam Ekipman Amortisman Tutarı
İlçe	9.000	933	666	10.599
Merkez	18.000	933	1.333	20.266

Bu durumda toplam amortisman giderleri merkez depolar ve ilçe depoları için tablo 3.12'deki gibi oluşmuştur.

**Tablo 3.12:** Toplam geçici depo amortisman tutarları

	Toplam amortisman tutarı (")
İlçe	10.759
Merkez	20.506

#### *Arsa satın alma maliyeti*

Arsa satın alma maliyeti hesaplanırken ilçe depoları için 700 m<sup>2</sup> ve merkez için 1000 m<sup>2</sup>'lik alanların yeterli olacağı planlanmıştır. Arsa satın alma maliyeti; ilçe ve merkez depolarında farklılık göstermektedir. Buna göre 2 tip depo için oluşması gereken sabit maliyetler tablo 3.13'deki gibidir.

**Tablo 3.13.** Arsa satın alma maliyetleri.

	Alan (m <sup>2</sup> )	Arsa maliyeti (")
İlçe	700	38.500
Merkez	1000	100.000

*Yıllık sabit enerji gideri*

Yıllık sabit enerji gideri ofiste harcanan elektrik gideri olarak düşünülmüştür. Tablo

3.14'de geçici depo türlerine göre yıllık sabit enerji giderleri gösterilmiştir.

**Tablo 3.14:** Sabit enerji gideri (°)

	Alan (m2)	Sabit enerji gideri (°)
İlçe	700	7.000
Merkez	1.000	10.000

*Yıllık sabit ofis gideri*

Ofiste harcanan su, telefon, kırtasiye, temizlik vb. kalemler göz önüne alınarak yıllık sabit ofis giderlerini oluşturulmuştur. Yıllık sabit ofis giderleri tablo 3.15'de görüldüğü gibidir.

**Tablo 3.15.** Sabit ofis gideri.

	Alan (m2)	Yıllık sabit ofis gideri (°)
İlçe	700	672
Merkez	1.000	960

*Yönetim giderleri*

Yönetim giderleri ise her depoda mutlaka olması gereken en az bir çevre mühendisi ve güvenlikçi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Geçici depolar için yıllık geçici depo yönetim giderleri tablo 3.16'deki gibidir.

**Tablo 3.16.** Yönetim giderleri.

	Yönetici	Güvenlik elemanı	Yönetim gideri(°)
İlçe	1	2	5.400
Merkez	1	4	6.800

Bu maliyet verilerine göre depoların yıllık sabit maliyetleri ise tablo 3.17'deki gibi belirlenmiştir.

**Tablo 3.17.** Geçici depoların yıllık ve günlük sabit maliyetleri

	Yıllık sabit maliyet (°)	Günlük sabit maliyetler(°)
İlçe	62.331	170,8
Merkez	138.266	378,8

#### *Elleçleme maliyetleri*

Elleçleme maliyetleri geçici depolardaki işçi maliyetleri göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Geçici depolardaki işçi sayıları, Merkez depoları için 10 ve ilçe depoları için 6 olarak belirlenmiştir. Her depoda bir çevre mühendisi çalışacağı kabul edilmiştir. Bu durumda geçici depolara göre işçi sayıları ve işçilerin yıllık maliyetleri tablo 3.18'deki gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 3.18:** Geçici depolardaki işçi sayısı ve işçi maliyetleri

	İşçi sayısı	Çevre Mühendisi	Aylık işçi Maliyetleri (°)	Yıllık işçi Maliyetleri (°)	Günlük işçi Maliyetleri(°)
İlçe	6	1	7.200	86.400	236,7
Merkez	10	1	10.000	120.000	328,8

#### **3.3.2.7 Geri kazanım tesislerinin özelliklerinin belirlenmesi**

Geçici depolardaki ÖTL Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan lisanslı geri kazanım tesislerine maliyet minimizasyonu sağlanacak şekilde götürülecektir. Geri kazanım tesislerinin

yıllık kapasiteleri bu işyerleriyle yapılan görüşmeler ışığında tahmin edilerek çalışmada yer almaktadır.

*Geri kazanım tesislerinin konum kümelerinin oluşturulması*

Geri kazanım tesisi açabilmek için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından lisans almak gerekmektedir. Bu tesislerin listesi 2010 yılı için yayınlanmıştır. (www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/01.11.2011). Ancak LASDER’le yapılan görüşmeler de bu tesislerden bir kısmının kapandığını ve yeni lisans alan firmalar olduğunu belirtmişlerdir. Bu tesislerin bulunduğu iller ve kapasiteleri tablo 3.19’de verilmiştir.

**Tablo 3.19.** Mevcut geri kazanım tesis kapasiteleri

Konum	Kapasite (ton/yıl)	Konum	Kapasite (ton/yıl)
Adana/Sarıçam	3.000	Konya/Merkez(2)	2.000
Aksaray	6.000	Konya/Selçuklu	8.000
Ankara/Kazan	10.000	Osmaniye	10.000
Bursa/Nilüfer	10.000	Sakarya/Hendek	6.000
Erzincan	20.000	Sakarya/Merkez	30.000
İstanbul/Pendik	3.000	Samsun	2.000
Kocaeli/Kullar	3.000	Uşak	6.000
Konya/Merkez(1)	2.000		

Tablo 3.19’deki tesislerden sadece Aksaray, Erzincan ve Konya/Merkez’de bulunan firmalardan sadece biri piroliz yöntemini kullanmaktadır. Modelde geri kazanım işlemi için pirozil yöntemi seçildiğinden bu üç firma geri kazanım tesisi olarak konumlandırılacaktır. Bu tesislerin kapasiteleri firmalarla ve LASDER yetkileriyle yapılan görüşmeler ışığında belirlenmiştir. GKT’lerinin konum kümeleri, kapasiteleri ve Denizli’ye olan uzaklıkları tablo 3.20’de verilmiştir.

**Tablo 3.20:** GKT'lerinin konum kümeleri, kapasiteleri ve Denizli'ye olan uzaklıkları

Konum	Kapasite	Denizli'ye uzaklık (km)
Aksaray	6.000	559
Erzincan	20.000	1156
Konya/Merkez (1)	2.000	415

### 3.3.2.8 Modelin kurulması

Model kurulurken bazı varsayımlarda bulunulmuştur. Bu varsayımlar şunlardır;

*Amaç Fonksiyonunun Doğrusal Olarak İfade Edilmesi:* Taşınan ÖTL miktarıyla, taşıma maliyeti, elleçleme maliyeti ve sabit maliyetler arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.

*Verilerin Aynı Ölçü Birimi ile İfade Edilmesi:* Doğrusal programlama modelinin uygulanabilmesi için verilerin aynı ölçü birimi ile gösterilmesi gerekir. Çalışmada ölçü birimi olarak ton alınmıştır.

Geri alınacak ÖTL için oluşan talep, geri dönüştürülecek malzemeyi kabul eden geri dönüşüm tesislerinin kapasitesi ile ilişkilidir.

Geri kazanım tesislerinden depolara, depolardan da toplama noktalarına doğru olan akışlar modele alınmamıştır.

#### *İndisler*

$i$  : Belediye toplama noktaları ( $i = 1, 2, \dots, 5$ )

$j$  : Geçici ilçe depo noktaları ( $k = 1, 2, \dots, 9$ )

$k$  : Geçici merkez depo noktaları ( $k = 1, 2, \dots, 5$ )

$m$  : Geri kazanım tesisi noktaları ( $m = 1, 2, 3$ )

### *Karar değişkenleri*

$X1_{ij}$ :  $i$ . belediye toplama noktasından  $j$ . geçici ilçe depo noktasına giden ürün miktarı (ton/yıl)

$X2_{ik}$ :  $i$ . belediye toplama noktasından  $k$ . geçici merkez depo noktasına giden ürün miktarı (ton/yıl)

$X3_{jm}$ :  $j$ . geçici ilçe depo noktasından  $m$ . geri kazanım tesisine giden ürün miktarı (ton/yıl)

$X4_{km}$ :  $k$ . geçici merkez depo noktasından  $m$ . geri kazanım tesisine giden ürün miktarı (ton/yıl)

$Y1_j$ :  $j$ . geçici ilçe depo noktasındaki ürün miktarı (ton/yıl)

$Y2_k$ :  $k$ . geçici merkez depo noktasındaki ürün miktarı (ton/yıl)

$z1_m$ :  $m$ . geri kazanım tesisindeki ürün miktarı (ton/yıl)

$z2_m$ :  $m$ . geri kazanım tesisindeki gaz miktarı (ton/yıl)

$z3_m$ :  $m$ . geri kazanım tesisindeki yağ miktarı (ton/yıl)

$z4_m$ :  $m$ . geri kazanım tesisindeki karbon siyahı miktarı (ton/yıl)

$z5_m$ :  $m$ . geri kazanım tesisindeki çelik tel miktarı (ton/yıl)

$n1_j$ :  $j$ . geçici depo olma ya da olmama durumu (1/0)

$n2_k$ :  $k$ . geçici depo olma ya da olmama durumu (1/0)

$n3_m$ :  $m$ . geri kazanım tesisi olma ya da olmama durumu (1/0)

### *Parametreler*

$a_i$ :  $i$ . belediye toplama noktasındaki atık ÖTL miktarı (ton/yıl)

$b1_{ij}$ :  $i$ . belediye toplama noktası ile  $j$ . Geçici depo noktası arasındaki mesafe

$b2_{ik}$ :  $i$ . belediye toplama noktası ile  $k$ . Geçici depo noktası arasındaki mesafe

$b3_{jm}$ :  $j$ . Geçici depo noktası ile  $m$ . Geri kazanım noktası arasındaki mesafe

$b4_{km}$ :  $k$ . Geçici depo noktası ile  $m$ . Geri kazanım noktası arasındaki mesafe

$c$ : Belediye toplama noktalarından geçici depo noktalarına ve geçici depolardan geri kazanım tesisi noktalarına taşıma maliyeti (0,1 (TL / km\*ton) )

$d1$ : Geri kazanım işlemi ile oluşan gaz oranı ( 0,8 )

$d2$ : Geri kazanım işlemi ile oluşan yağ oranı ( 0,40 )

- d3: Geri kazanım işlemi ile oluşan karbon siyahı oranı (0,40)  
d4: Geri kazanım işlemi ile oluşan çelik tel oranı (0,12)  
e1: Gazdan elde edilen gelir ( 1.200 (TL / ton) )  
e2: Yağdan elde edilen gelir (900 (TL / ton) )  
e3: Karbon siyahından elde edilen gelir ( 600 (TL / ton))  
e4: Çelik telden elde edilen gelir (500 (TL / ton) )  
f<sub>j</sub>: j. Geçici ilçe deposunun günlük sabit maliyeti  
f<sub>k</sub>: k. Geçici merkez deposunun günlük sabit maliyeti  
g<sub>j</sub>: j. Geçici ilçe deposunun günlük elleçleme maliyeti  
g<sub>k</sub>: k. Geçici merkez deposunun günlük elleçleme maliyeti  
h<sub>j</sub>: j. geçici depo kapasitesi (ton)  
h<sub>k</sub>: k. geçici depo kapasitesi (ton)  
h<sub>m</sub>: m. geri kazanım tesisi kapasitesi (ton/yıl)

### Model

#### Amaç

Minimum toplam maliyet = Taşıma Maliyetleri + Elleçleme maliyetleri + Geçici Depo Tesislerin Sabit Maliyetleri – Toplam Gelir

$$\begin{aligned}
MinZ = & \sum_i \sum_j x1_{ij} * b1_{ij} * c + \sum_i \sum_k x2_{ik} * b2_{ik} * c + \\
& \sum_j \sum_m x3_{jm} * b3_{jm} * c + \sum_k \sum_m x4_{km} * b4_{km} + \\
& \sum_i \sum_j x1_{ij} * g_i + \sum_i \sum_k x2_{ik} * g_k + \sum_j f_j * dv_j + \sum_k f_k * dv_k \\
& - \sum_m (z2_m * e1) - \sum_m (z3_m * e2) - \sum_m (z4_m * e3) - \sum_m (z5_m * e4)
\end{aligned}$$

( 4.1)

## Kısıtlar

### *Akış kısıtları*

$$\sum_i \sum_j x1_{ij} + \sum_i \sum_k x2_{ik} = a_i, i=1,2,\dots,5 \quad (4.2)$$

$$\sum_i \sum_j x1_{ij} = y1_j, k=1,2,\dots,9 \quad (4.3)$$

$$\sum_i \sum_k x2_{ik} = y2_k \quad J=1,2,\dots,5 \quad (4.4)$$

$$\sum_j \sum_m x3_{jm} + \sum_k \sum_m x4_{km} = z1_m, m=1,2,3 \quad (4.5)$$

$$\sum_j \sum_m x3_{jm} = y1_j, j=1,2,\dots,9 \quad (4.6)$$

$$\sum_k \sum_m x4_{km} = y2_k, k=1,2,\dots,5 \quad (4.7)$$

$$z1_m * d1 = z2_m, m=1,2,3 \quad (4.8)$$

$$z1_m * d2 = z3_m, m=1,2,3 \quad (4.9)$$

$$z1_m * d3 = z4_m, m=1,2,3 \quad (4.10)$$

$$z1_m * d4 = z5_m, m=1,2,3 \quad (4.11)$$

### *Kapasite kısıtları*

$$\sum_j y1_j \leq h_j * n1_j, j=1,2,\dots,9 \quad (4.12)$$

$$\sum_k y2_k \leq h_k * n2_k, k=1,2,\dots,5 \quad (4.13)$$

$$\sum_m z1_m \leq h_m * n3_m, m=1,2,3 \quad (4.14)$$

### *Maksimum depo ve tesis sayısı*

$$\sum_j n1_j \leq 9, j=1,2,\dots,9 \quad (4.15)$$

$$\sum_k n2_k \leq 5 \quad k=1,2,\dots,5 \quad (4.16)$$



$$\sum_m n3_m \leq 3 \quad m=1,2,\dots,3 \quad (4.17)$$

*Tamsayı kısıtı*

$$n1_j, n2_k, n3_m \in \{1\} \quad (4.18)$$

*Negatif olmama kısıtı*

$$x1_{ij}, x2_{ik}, x3_{jm}, x4_{km}, y1_j, y2_k, z1_m, z2_m, z3_m, z4_m \geq 0 \quad (4.19)$$

(4.1) tüm maliyetleri ve geliri içeren amaç fonksiyonudur.

(4.2) *i.* toplama noktasından *j.* geçici ilçe depo noktalarına ve *k.* merkez depo noktalarına giden ürün miktarının *i.* toplama noktasındaki ürün miktarına denkliğini gösteren kısıttır.

(4.3) *j.* Geçici ilçe depo noktalarına tüm *i.* toplama noktalarından gelen ürün miktarının geçici ilçe depodaki ürün miktarına denk olması kısıttır.

(4.4.) *k.* Geçici merkez depo noktalarına tüm *i.* toplama noktalarından gelen ürün miktarının geçici merkez depodaki ürün miktarına denk olması kısıttır.

(4.5) *m.* geri kazanım tesisine tüm *j.* geçici ilçe depo noktalarından ve *k.* geçici merkez depo noktalarından gelen ürün akış miktarının *m.* geri kazanım tesisindeki ürün miktarına denk olması kısıttır.

(4.6) *j.* geçici ilçe depo noktasından tüm *m.* geri kazanım tesislerine olan ürün akış miktarının *j.* ilçe depo noktasındaki ürün miktarına denk olması kısıttır.

(4.7) *k.* geçici merkez depo noktasından tüm *m.* geri kazanım tesislerine olan ürün akış miktarının *k.* merkez depo noktasındaki ürün miktarına denk olması kısıttır.

(4.8) tüm *m.* geri kazanım tesislerindeki ürün miktarından *d1* ürün oranı ile elde edilen gaz miktarının *m.* geri kazanım tesisindeki gaz miktarına denkliği kısıttır.

(4.9) tüm *m.* geri kazanım tesislerindeki ürün miktarından *d2* ürün oranı ile elde edilen yağ miktarının *m.* geri kazanım tesisindeki yağ miktarına denkliği kısıttır.

(4.10) tüm *m.* geri kazanım tesislerindeki ürün miktarından *d3* ürün oranı ile elde edilen karbon siyahı miktarının *m.* geri kazanım tesisindeki karbon siyahı miktarına denkliği kısıttır.

(4.11) tüm  $m$ . geri kazanım tesislerindeki ürün miktarından  $d_4$  ürün oranı ile elde edilen çelik tel miktarının  $m$ . geri kazanım tesisindeki çelik tel miktarına denkliği kısıtıdır.

(4.12)  $j$ . geçici ilçe deposundaki ürün miktarının depo kapasitesine eşit ya da küçük olmasıdır.

(4.13)  $k$ . geçici merkez deposundaki ürün miktarının depo kapasitesine eşit ya da küçük olmasıdır.

(4.14)  $m$ . geri kazanım tesisindeki ürün miktarının geri kazanım tesisi kapasitesine eşit ya da küçük olmasıdır.

(4.15) olması istenen maksimum  $j$ .geçici ilçe depo kısıtıdır.

(4.16) olması istenen maksimum  $k$ .geçici merkez depo kısıtıdır.

(4.17) olması istenen maksimum  $m$ . geri kazanım tesisi kısıtıdır.

(4.18) geçici depo ve geri kazanım tesislerinin açılıp açılmaması gerekliliğini gösteren 0-1 tamsayı kısıtıdır.

(4.19) negatif olmama kısıtıdır.

### 3.3.2.9 Modelin sonuçları ve değerlendirilmesi

Model altı senaryo için LİNGO programıyla çözülmüştür. Her senaryo için geçici depo yerleri ve geri kazanım tesislerinin yerleri ile geçici depolara hangi belediye toplama noktalarından ne kadar ÖTL geleceği, hangi geçici deponun hangi geri kazanım tesisine ne kadar ÖTL göndereceği belirlenmiştir.

*Senaryo 1:* Senaryo1'de ÖTL'nin %45'inin geri dönüştürülmesi ile elde edilen ÖTL miktarı göz önüne alınarak program çalıştırılmıştır. Senaryo 1'de atıkların % 45'inin toplanması durumunda toplam maliyet 2.420.003 ₺ olarak bulunmuştur. Tablo 3.21'de senaryo 1 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları, tablo 3.22'de de senaryo 1 için belediye toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları gösterilmiştir.

**Tablo 3.21:** Toplama noktalarından senaryo1 için toplanan ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Toplanan ÖTL Miktarı
1. Bölge	425,7
2. Bölge	712,8
3. Bölge	435,6
4. Bölge	420,75
5. Bölge	2068,65

**Tablo 3.22:** Senaryo 1'e göre belediye toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Sarayköy GD	Buldan GD	Honaz GD	Acıpayam GD
1. Bölge	425,7			
2. Bölge	478,55	234,25		
3. Bölge			435,6	
4. Bölge	420,75			
5. Bölge		1090,75		977,9

Senaryo 1'e göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları tablo 3.23'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.23:** Senaryo 1'e göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları

	Aksaray GKT	Erzincan GKT	Konya GKT
Sarayköy GD	1325		
Buldan GD			1325
Honaz GD			435,6
Acıpayam GD	738,5		239,4

*Senaryo 2:* Senaryo 2'de ÖTL'nin % 50'sinin geri dönüştürülmesi ile elde edilen ÖTL miktarı göz önüne alınarak program çalıştırılmıştır. Senaryo 2'de atıkların % 50'sinin toplanması durumunda toplam maliyet 3.054.271 ₺ olarak bulunmuştur. Tablo 3.24'de senaryo 2 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları, tablo 3.25'de de senaryo 2 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları gösterilmiştir.

**Tablo 3.24:** Senaryo 2 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Toplanan ÖTL Miktarı
1. Bölge	473
2. Bölge	792
3. Bölge	484
4. Bölge	467,5
5. Bölge	2898,5

**Tablo 3.25:** Senaryo 2 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Sarayköy GD	Buldan GD	Honaz GD	Acıpayam GD
1. Bölge	473			
2. Bölge	384,5	407,5		
3. Bölge			484	
4. Bölge	467,5			
5. Bölge		917,5	656	1325

Senaryo 2'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları tablo 3.26'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.26:** Senaryo 2'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları

	Aksaray GKT	Erzincan GKT	Konya GKT
Sarayköy GD	1325		
Buldan GD			1325
Honaz GD	465		675
Acıpayam GD	1325		

*Senaryo 3:* Senaryo 3'de ÖTL'nin % 55'sinin geri dönüştürülmesi ile elde edilen ÖTL miktarı göz önüne alınarak program çalıştırılmıştır. Senaryo 3'de atıkların % 55'sinin toplanması durumunda toplam maliyet 3.363.008 ₺ olarak bulunmuştur. Tablo 3.27'de senaryo 3 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları, tablo 3.28'de de senaryo 3 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları gösterilmiştir.

**Tablo 3.27:** senaryo 3 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Toplanan ÖTL Miktarı
1. Bölge	520,3
2. Bölge	871,2
3. Bölge	532,4
4. Bölge	514,25
5. Bölge	3188

**Tablo 3.28:** Senaryo 3 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Sarayköy GD	Buldan GD	Honaz GD	Acıpayam GD	Çal GD
1. Bölge	520,3				
2. Bölge	290,45	580,75			
3. Bölge			532,4		
4. Bölge	514,25				
5. Bölge		744,25	792,6	1325	326,15

Senaryo 3'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları tablo 3.29'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.29:** Senaryo 3'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları

	Aksaray GKT	Erzincan GKT	Konya GKT
Sarayköy GD	1325		
Buldan GD			1325
Honaz GD	1325		
Acıpayam GD	650		675
Çal GD	326,15		

*Senaryo 4:* senaryo 4'de ÖTL'nin % 60'ının geri dönüştürülmesi ile elde edilen ÖTL miktarı göz önüne alınarak program çalıştırılmıştır. Senaryo 4'de atıkların % 60'ının toplanması durumunda toplam maliyet 3.672.146 " olarak bulunmuştur. Tablo 3.30'de

senaryo 4 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları, tablo 3.31’de de senaryo 4 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları gösterilmiştir.

**Tablo 3.30:** Senaryo 4 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Toplanan ÖTL Miktarı
1. Bölge	567,6
2. Bölge	950,4
3. Bölge	580,8
4. Bölge	561
5. Bölge	3478,2

**Tablo 3.31:** Senaryo 4 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Sarayköy GD	Buldan GD	Honaz GD	Acıpayam GD	Çal GD
1. Bölge	567,6				
2. Bölge	196,4	754			
3. Bölge			580,8		
4. Bölge	561				
5. Bölge		571	744,2	1325	838

Senaryo 4’ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları tablo 3.32’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.32:** Senaryo 4’ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları

	Aksaray GKT	Erzincan GKT	Konya GKT
Sarayköy GD	1325		
Buldan GD	1325		
Honaz GD	650		675
Acıpayam GD			1325
Çal GD	838		

*Senaryo 5:* senaryo 5’de ÖTL’nin % 65’inin geri dönüştürülmesi ile elde edilen ÖTL miktarı göz önüne alınarak program çalıştırılmıştır. Senaryo 5’de atıkların % 65’inin toplanması durumunda toplam maliyet 3.981.260 ₺ olarak bulunmuştur. Tablo 3.33’de senaryo 5 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları, tablo 3.34’de de senaryo 5 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları gösterilmiştir.

**Tablo 3.33:** Senaryo 5 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Toplanan ÖTL Miktarı
1. Bölge	614,9
2. Bölge	1029,6
3. Bölge	629,2
4. Bölge	607,75
5. Bölge	3768,05

**Tablo 3.34:** Senaryo 5 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Sarayköy GD	Buldan GD	Honaz GD	Acıpayam GD	Çal GD	Tavas GD
1. Bölge	614,9					
2. Bölge	126,85	902,75				
3. Bölge			629,2			
4. Bölge	583,25					24,5
5. Bölge		422,25	695,8	1325	1325	

Senaryo 5’ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları tablo 3.35’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.35:** Senaryo 5'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları

	Aksaray GKT	Erzincan GKT	Konya GKT
Sarayköy GD	1325		
Buldan GD	1325		
Honaz GD	650		675
Acıpayam GD			1325
Çal GD	1325		
Tavas GD	24,5		

*Senaryo 6:* senaryo 6'de ÖTL'nin % 90'nın geri dönüştürülmesi ile elde edilen ÖTL miktarı göz önüne alınarak program çalıştırılmıştır. Senaryo 6'de atıkların % 90'nın toplanması durumunda toplam maliyet 5.600.767 " olarak bulunmuştur. Tablo 3.36'de senaryo 6 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları, tablo 3.37'de de senaryo 6 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları gösterilmiştir.

**Tablo 3.36:** Senaryo 6 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Toplanan ÖTL Miktarı
1. Bölge	851,4
2. Bölge	1425,6
3. Bölge	871,2
4. Bölge	841,5
5. Bölge	5217,3

**Tablo 3.37:** Senaryo 6 için toplama bölgelerden depolara giden ÖTL miktarları

Toplama Noktaları	Sarayköy GD	Buldan GD	Honaz GD	Acıpayam GD	Çal GD	Tavas GD	Kale GD	Çameli GD
1. Bölge	851,4							
2. Bölge	473	566,2					385,8	
3. Bölge								871,5
4. Bölge						841,5		
5. Bölge		758,8	1325	1325	1325	483,5		



Senaryo 6'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları tablo 3.38'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.38:** Senaryo 6'ye göre açılan depolardan geri kazanım tesislerine giden ÖTL miktarları

	Aksaray GKT	Erzincan GKT	Konya GKT
Sarayköy GD			1325
Buldan GD	118	1207	
Honaz GD	1325		
Acıpayam GD	650		675
Çal GD	1325		
Tavas GD	1325		
Kale GD	385,8		
Çal GD	871,2		

#### *Değerlendirme*

Senaryo 1 ve 2 için belediye toplama bölgelerinden toplanan ÖTL en iyi çözüm için Sarayköy, Buldan, Honaz ve Acıpayam GD'ye gönderilmiştir. Bu depolara gelen ÖTL de önce Konya GKT'ye sonra da Aksaray GKT'ye gönderilmiştir. Senaryo 1'de ÖTL'nin % 45'inin toplanması öngörülmüş ve maliyet 2.420.003 ₺ olarak bulunmuştur. ÖTL'nin %50'sini toplamayı öngören senaryo 2 için de maliyet 3.054.271 ₺ olarak bulunmuştur.

Senaryo 3 ve 4 için belediye toplama noktalarından toplanan ÖTL, senaryo 1 ve 2'ye göre açılan geçi depolara ek olarak Çal GD'ye de ÖTL göndermiştir. Bu depolara gelen ÖTL de önce Konya GKT'ye sonra da Aksaray GKT'ye gönderilmiştir. Senaryo 3'de ÖTL'nin % 55'inin toplanması öngörülmüş ve maliyet 3.363.008 ₺ olarak bulunmuştur. ÖTL'nin %60'sini toplamayı öngören senaryo 4 için de maliyet 3.672.146 ₺ olarak bulunmuştur.

Senaryo 5'de ise tüm bu geçici depolara ek olarak Tavas GD de açılmıştır. Geçici depolara gelen ÖTL buralardan Aksaray ve Konya GKT tesislerine gönderilmiştir. Senaryo 5'de ÖTL'nin % 65'inin toplanması öngörülmüş ve maliyet 3.981.260 ₺ olarak bulunmuştur.

Senaryo 6'da ÖTL'nin % 90'nin toplanmasıyla elde edilen ÖTL miktarı göz önüne alınarak çalıştırılmış, bu durumda ilave olarak Kale ve Çameli GD'si de açılmıştır. Depolardan Aksaray ve Konya GKT ek olarak Erzincan GKT'ye de ürün gönderilmiş ve toplam maliyet 5.600.767 ₺ olarak bulunmuştur. İlk beş senaryo da toplam maliyetler birbirine yakındır, senaryo 6 da ise açılan depo sayısının artması ve Erzincan GKT de ürün gönderilmesi maliyetlerin oldukça yükselmesine neden olmuştur.

En düşük maliyet ÖTL'nin % 45'inin toplanması öngörölmüş olan senaryo 1 için 2.420.003 ₺ olarak bulunmuştur. Toplanan ÖTL miktarı senaryo 2'de % 5 arttırılmış, bu durumda yeni depo açılmadığı için sabit maliyetler değişmemiş ancak taşıma ve elleçleme maliyetlerindeki artış nedeniyle toplam maliyette 634.268 ₺'lik bir artış ortaya çıkmış ve toplam maliyet 3.054.271 ₺ olarak bulunmuştur. Senaryo 3 ve 4 ise ilave olarak yeni iki depo daha açılması senaryo 3 için toplam maliyetin 3.363.008 ₺ ve senaryo 4 için de 3.672.146 ₺ olmasına yol açmıştır. Senaryo 5 de ise ilave olarak bir depo daha açılmış ve yine sabit maliyetlerde ki artış nedeniyle toplam maliyet 3.981.260 ₺ olarak bulunmuştur. İlk beş senaryoda Aksaray ve Konya GKT'ye ürün gönderilmiştir. ÖTL'nin % 90'nin toplanmasını öngören Senaryo 6 için ise sekiz geçici depo açılmış ve üç geri kazanım tesisine de ürün gönderildiği için en yüksek toplam maliyet değeri olan 5.600.767 ₺ bulunmuştur. Bu durum da toplanan ÖTL miktarının artmasının toplam maliyetleri yükselttiğini göstermiştir.

Her beş senaryoda da merkez depolara ürün gönderilmemiştir. Bunun nedeni merkezde depo açmanın maliyetinin ilçelerde depo açma maliyetinden daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

## SONUÇ

Birçok üründe geri iade oranlarını artması tersine lojistik işlemlerinin birçok sektörde önemli hale gelmesine neden olmuştur. İade edilen ürünlerin ekonomik değeri, bu konuda ki yasal yaptırımlar ve müşterilerin çevre konusunda bilinçlenmesi işletme yöneticilerini ve akademisyenleri tersine lojistik konusunda çalışmaya yönlendirmiştir. Tersine lojistik hammaddelerin, ürünlerin ve bunlar hakkındaki bilgilerin nihai kullanıcılardan üreticilere tekrar değer elde etmek ya da imha etmek amacıyla gönderilmesi işlemlerini kapsar. Tersine lojistiği kullanan firmalar katma değer yaratarak ekonomik fayda, çevreye daha az zarar vererek de sosyal fayda sağlar. Tersine lojistik faaliyetleri sonrasında yeşil ürünler üretilir bu sayede müşterilerin çevreci ürün talepleri de karşılanır.

Tersine lojistik faaliyetleri doğrudan kullanım, tamir, yenileme, yeniden üretim, ürün yamyamlaştırma, geri dönüşüm, arazi doldurma ve yakma işlemlerinden oluşur. Genel bir tersine lojistik ağı geri gelen ürünlerin toplanması, tersine lojistik faaliyetlerinin bir veya bir kaçının gerçekleştirilmesi ve yeniden müşterilere dağıtılması sürecini içerir. Tersine lojistik ağ türleri şunlardır; geri alınması zorunlu ürünler için tersine lojistik ağı, orijinal ekipman üreticileri için katma değerli geri kazanım ağı, uzmanlaşmış yeniden üretim için tersine lojistik ağı, materyal yeniden kazanımı için ağ ve yeniden doldurulabilir konteynırlar için tersine lojistik ağıdır.

Tersine lojistik dünyada 1980'lerden beri bilimsel bir alan olarak bilinmekte ve uygulanmaktadır. Türkiye'de ise tersine lojistik yeni bir kavramdır. Tersine lojistiğin iyi bir şekilde tanımlanması ve bundan sonra ağ tasarımının yapılması gerekir. Maliyetlerin büyük bir kısmının bu aşamada ortaya çıkması, ağ tasarımının tersine lojistiğin önemli bir parçası

olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle tersine lojistik ağ tasarımı stratejik bir öneme sahiptir.

Bazı sektörlerde benzer faaliyetlerde bulunan firmalar bir araya gelerek tersine lojistik alanında ortak hareket ederler. Bu sayede geri kazanım daha etkin bir şekilde yerine getirilebilir. Bu sektörlerden bir tanesi de ömrünü tamamlamış lastik sektörüdür. Lastik firmaları geri dönüşümü daha etkin yerine getirebilmek için bir araya gelip 2007 yılında LASDER adında bir dernek kurmuşlardır.

Bu çalışmada ilk olarak tersine lojistik kavramı tanımlanmış, gelişimi, nedenleri, boyutları ve ürün geri dönüşü hakkında bilgi verilmiştir. Tersine lojistiğin özellikleri, faaliyetleri, anahtar unsurları, RL karar alma, RL ile ileri lojistik arasındaki farklar, RL faydaları, önemi, yeşil lojistik ve RL önündeki engeller açıklanmıştır. Daha sonrada tersine lojistik ağı türleri, tersine lojistik ağına giriş de zamanlamanın etkisi, RL ağ tasarımında problemler ve geri kazanım ağını oluşturan basamaklar hakkında bilgi verilmiştir.

Bu çalışmada tersine lojistik ağa tasarımı yapılırken temel bir model olan karma tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Model LINGO 11.00 bilgisayar programıyla çözülmüştür. Altı senaryo için minimum maliyeti sağlayacak depolama ve geri kazanım tesisleri belirlenmiştir.

Çalışmada ÖTL'nin çevreye en az zarar verecek şekilde geri kazanımını sağlayan piroliz yöntemi seçilerek geri dönüşüm ağ tasarımı ele alınmıştır. Literatürde ÖTL geri kazanımı için ağ tasarımı içeren her hangi bir kavramsal modele rastlanmamıştır. Tersine lojistik ağ tasarımında açılacak geçici depolama noktalarının ve geri kazanım tesis noktalarının konum kümelerinin seçilmesi, toplanan ÖTL'nin belediye toplama noktalarından geçici depolara ve oradan da geri kazanım tesislerine gönderilecek miktarlarının ve taşıma maliyetlerini belirlenmesi, açılacak depo ve tesislerin sabit ve işleme maliyetlerinin belirlenmesi yapılmıştır.

Modelde Denizli beş bölgeye ayrılmış ve her bölge bir toplama bölgesi olarak düşünülmüştür. Denizli'deki nüfusu 20.000 geçen ilçeler geçici depo noktası olarak düşünülmüştür. Nüfusu 20.000 altında olan ilçelerde kendilerine yakın olan ilçelere dahil edilmiştir. Kişi başına bir atık lastiğin ortaya çıktığı kabul edilmiştir. Modeldeki amaç toplanan ÖTL'in toplama noktalarından geçici depolara ve oradan da geri kazanım tesislerine en düşük maliyetle gerçekleşecek akışları tespit etmektir. Bu durumunda ortaya çıkan ÖTL miktarının % 45, % 50, % 55, % 60, % 65 ve % 90'ı dikkate alınarak 6 senaryo incelenmiştir. Senaryo 1 durumunda toplam maliyet 2.420.003 ₺, Senaryo 2 durumunda 3.054.271 ₺, senaryo 3 durumunda 3.363.008, Senaryo 4 durumunda 3.672.146 ₺, Senaryo 5 durumunda 3.981.260 ₺ ve Senaryo 6 durumunda 5.600.767 ₺ bulunmuştur.

En düşük maliyet ÖTL'nin % 45'inin toplanması öngörülmüş olan senaryo 1 için 2.420.003 ₺ olarak bulunmuştur. Toplanan ÖTL miktarı senaryo 2'de % 5 arttırılmış, bu durumda yeni depo açılmadığı için sabit maliyetler değişmemiş ancak taşıma ve elleçleme maliyetlerindeki artış nedeniyle toplam maliyette 634.268 ₺'lik bir artış ortaya çıkmış ve toplam maliyet 3.054.271 ₺ olarak bulunmuştur. Senaryo 3 ve 4 ise ilave olarak yeni iki depo daha açılması senaryo 3 için toplam maliyetin 3.363.008 ₺ olmasına ve senaryo 4 için de 3.672.146 ₺ olmasına yol açmıştır. Senaryo 5 de ise ilave olarak bir depo daha açılmış ve yine sabit maliyetlerde ki artış nedeniyle toplam maliyet 3.981.260 ₺ olarak bulunmuştur. Her beş senaryoda da Aksaray ve Konya GKT'ye ürün gönderilmiştir. ÖTL'nin % 90'nın toplanmasını öngören Senaryo 6 için sekiz geçici depo açılmış ve üç geri kazanım tesisine de ürün gönderildiği için en yüksek toplam maliyet değeri olan 5.600.767 ₺ bulunmuştur.

Yapılan çalışmada çıkan sonuçların kar yerine zarar getirmesi anlaşılabilir bir durumdur. Bunun nedeni, geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan ürünler genellikle hurda değerinde olduğundan piyasa satış fiyatları oldukça düşük olmaktadır. Yapılan işlemler emek yoğun ağırlıklı bir süreç içerdiğinden elleçleme maliyetleri yüksek olmaktadır. Yine geçici depo ve geri dönüşüm tesislerini açmak için yapılan sabit maliyetlerin yüksek olması toplam maliyetlerin de yüksek olmasına neden olmaktadır. Geri dönüşüme sadece ekonomik değer olarak bakmak yeterli değildir. Bu durum geri dönüşümün diğer

boyutlarının göz ardı edilmesine neden olacaktır. Özellikle çevre açısından yararları mutlaka göz önüne alınmalıdır.

ÖTL geri dönüşümü gerçekleştirilirken en önemli konu atıkların toplanması aşamasında ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan ÖTL miktarı kaynağında toplanmalıdır. Etkin bir toplama işlemi yapabilmek için lastik kullanıcıları yasal durumdan haberdar edilip çevre konusunda bilinçlendirilmelidir. Bu bilinçlenme geri kazanımdaki yüksek elleçleme maliyetlerinin düşmesine de yardımcı olacaktır.

ÖTL maliyetlerinde en önemli kalemlerden biri taşıma maliyetleridir. Taşıma maliyetlerini düşük tutmak için geçici depoların ve geri dönüşüm tesislerinin yeri iyi belirlenmelidir. Depoların ve geri dönüşüm tesislerinin toplama noktalarına yakın kurulması hem taşıma maliyetlerini düşürecek hem de yüksek olan kurulum maliyetlerinin etkin olmayan yerlere yatırılmasına engel olacaktır.

Geçici depo ve geri kazanım tesisi açmak maliyetli olduğu için bu tip tesisler kurulurken sadece kurulduğu ilin değil çevre illerinde atık lastik miktarı göz önüne alınabilir. Böylece birkaç tane tesis açmak yerine yüksek kapasiteli tesis açarak ölçek ekonomilerinden yararlanılabilir.

Tersine lojistiğin genel özelliği olan geri gelen ürünlerdeki belirsizlik bu çalışmada da ortaya çıkmıştır. Toplanan ÖTL miktarı belirsizlik içermektedir. Bu belirsizliğin giderilmesi için bulanık sayılar kullanılabilir. Toplanan ÖTL miktarıyla ilgili veriler ve geri kazanımla ilgili verilerin birçoğu yetkililerle görüşülerek elde edilmiştir. Bu konuda güvenilir sayısal veriler şuan yoktur. Güvenilir bilgiler elde edildiğinde gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilecektir.

Bu çalışmada kullanılan ağ tasarımı geliştirilerek tüm illerin atık lastiklerinin geri kazanımını kapsayan bir çalışmada kullanılabilir. Ayrıca modele ikincil piyasalara taşıma

ağıda ilave edilebilir. Buna benzer tersine lojistik konusunda ki çalışmalar arttıka geri kazanım konusunda önemli gelişmeler gerçekleşecektir.

## KAYNAKÇA

- Acar A. (1998) . *Linear Programming For Managerial Decisions: A Non-Algorithmic Approach with Computer Applications*, METU Publications: Ankara.
- Achillas C.H., Vlachokostas C.H., Aidonis D., Moussiopoulos N., Iakovou E. and Baniias G.(2010). Optimising Reverse Logistics Network to Support Policy-making in The Case of Electrical and Electronic Equipment, *Waste Management 30*, s.2592–2600.
- Amini M. ve Retzalff-Roberts D. (1999). Reverse Logistics Process Reengineering: Improving Customer Service Quality, *Issues in Supply Chain Management*, 5(1), s.31–41.
- Aras N., Boyacı T. and Verter V. (2004). The Effect of Categorizing Returned Products in Remanufacturing, *IIE Transactions*, 36: 4, s.319- 331.
- Aras N. and Aksen D. (2008). Locating Collection Centers for Distance- and Incentive-Dependent Returns, *Int. J. Production Economics 111*, s.316–333.
- Autry C.W., Daugherty P.J. and Richey R.G. (2001). The Challenge of Reverse Logistics in Catalog Retailing, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 31, No. 1, s.26–37.
- Bakır M.A. ve Altunkaynak B. (2003). *Tamsayılı programlama: Teori, Modeller ve Algoritmalar*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Barros A.I., Dekker R. and Scholten V. (1998). A Two-level Network for Recycling Sand: A Case Study, *European Journal of Operational Research 110*, s.199-214.
- Başkaya Z. (2005). *Tamsayılı Programlama Algoritmaları*, Ekin Kitabevi, Bursa.
- Bilgen B. and Ozkarahan I. (2007). A Mixed-integer Linear Programming Model for Bulk Grain Blending and Shipping, *J.Production Economics Volume 107*, Issue 2, s. 555-571.
- Birdoğan B. (2004). Çevresel Üretim Yönetimi ve Ambalaj Sanayi Firma Yöneticilerinin Konuya Yaklaşımları, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Hakemli Dergisi-Öneri*, Cilt: 6(22), s. 103-115.
- Bloemhof-Ruwaard J.M., Fleischmann M. and Nunen J.V. (1999). Reviewing Distribution Issues In Reverse Logistics, *New Trends in Distribution Logistics*, Volume: 480, s. 23-44.



- Blumberg D. (1999). Strategic Examination of Reverse Logistics and Repair Service Requirements, Needs, Market Size and Opportunities, *Journal of Business Logistics*, 20(2), s. 141–159.
- Carter C.R. and Ellram L.M. (1998). Reverse Logistics: A Review Of The Literature And Framework For Future Investigation, *Journal of Business Logistics*, Volume: 19, Issue: 1, s. 85-102.
- Chan T. S., Chan H. K. and Zhang J. (2006 ). Reverse Logistics Model For Mobile Phone Industry, *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics and Informatics*, s. 294-299.
- Cruz-Rivera R. and Jürgen E. (2009). Reverse Logistics Network Design for The Collection of End-of-Life Vehicles In Mexico, *European Journal of Operational Research* 196, s. 930–939.
- Daher C.E., De la Sota Silva E.P. and Fonseca A.P. (2006). Reverse Logistics: Opportunity to Reduce Costs by Integrated Value Chain Management, *Most 2006*, Vol. 3, No. 1, s. 57–72.
- Daugherty P.J., Autry C.W. and Ellinger A.E. (2001). Reverse Logistics: The Relationship Between Resource Commitment and Program Performance, *Journal of Business Logistics*, Vol 22, No. 1. ....
- De Brito M.P. and Dekker R. (2002). *Reverse Logistics – a Framework*, Econometric Institute Report EI 2002-38.
- De Brito M.P. (2004). *Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management?* Erasmus Research Institute of Management (ERIM), Doctoral Thesis.
- De Brito M.P., Flapper S. D. P. and Dekker R. (2002). *Reverse Logistics: a Review of Case Studies*, Econometric Institute Report EI 2002-21.
- De Figueiredo J.N. and Mayerle S.F. (2008). Designing Minimum-cost Recycling Collection Networks with Required Throughput, *Transportation Research Part E* 44, s.731–752.
- Del Castillo E and Cochran J.K. (1996). Optimal Short Horizon Distribution Operations in Reusable Ontainer Systems, *Journal of the Operational Research Society*, Volume: 47 Issue: 1 s.48-60.
- Dekker R., Fleischmann M., Inderfurth K. and Wassenhove L.N.V. (2004). Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chain, *Springer-Verlag*, Berlin Heidelberg.
- De Koster M.B.M., M.A. Van de Vendel and de Brito M.P. (2001). *How to Organise Return Handling: an Exploratory Study With Nine Retailer Warehouses*, ERIM Report

Series in Management, ERS-2001-49-LIS, Erasmus University Rotterdam, the Netherlands (International Journal of Retail & Distribution Management, forthcoming).

- Doğan İ. (1995). *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F., İstanbul.
- Duhaime R., Riopel D. and Langevin A. (2000). Value Analysis and Optimization of Reusable Containers at Canada Post, *Interfaces* 31(3), 2000, s. 3-15.
- Dowlatshahi S. (2000). Developing a Theory of Reverse Logistics, *Interfaces* 30:3, s. 143-155.
- Dowlatshahi S. (2005). A Strategic Framework for the Design and Implementation of Remanufacturing Operations in Reverse Logistics, *International Journal of Production Research*, 43: 16, s.3455 – 3480.
- Du F. and Evans G. (2006). A Bi-objective Reverse Logistics Network Analysis for Post-sale Service, *Computers and Operations Research* , 35(8), s. 2617–34.
- Eiselt H.A., Sandblom C.L., Spielberg K. and Richards E. (2000). *Integer Programming and Network Models*, Springer-Verlag, New York.
- Ertuğrul İ. ve Aytaç E.,( 2009). Otomotiv Endüstrisinde Tedarik Zinciri Ağının Karma tamsayılı Programlamayla Tasarımı, *Ege Akademik Bakış / Ege Academic Review* ,9 (1) ,s. 213-229.
- Esin A. (1983). *Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri*, Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları, Ankara
- Fleischmann M., and Bloemhof-Ruwaard J.M., (1997) Quantitative Models for Reverse Logistics: A review, *European Journal of Operational Research* 103, s.1-17.
- Fleischmann M., Krikke H.R., Dekker R. and Flapper S.D.P. (2000). A Characterisation of Logistics Networks for Productrecovery, *Omega* 28, s.653–666.
- Fleischmann M., Beullens P. And Bloemhof-Ruwaard J.M. (2001). The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design, Luk N Van Wassenhove, *Production and Operations Management* 10, 2; ABI/INFORM Global, s. 156-173.
- Fleischmann M. (2001). *Reverse Logistics Network Structures and Design*, Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management (ERIM).
- Floudas C.A. (1995). *Nonlinear and Mixed Integer Optimization: Fundamentals and Applications*, Oxford Univ. Pres Inc., New York.
- Francasa D. and Minner S.(2009). Manufacturing Network Configuration in Supply Chainswith Product Recovery, *Omega* 37,s.757 – 769.

- Garfinkel R. and Nemhauser L. G. (1972). *Integer Programming (Decision and Control)*, John Wiley & Sons, New York.
- Genchev S.E. (2009). Reverse logistics Program Design: A Company Study, *Business Horizons* 52, s.139—148.
- Geoffrion A. M. (1995). Twenty Years of Strategic Distribution System Design: an Evolutionary Perspective , *Interfaces* 25: 5, s.105-127.
- Goetschalckx M., Vidal C.J. and Dogan K. (2002). Modeling and Design of Global Logistics Systems: A Review of Integrated Strategic and Tactical Models and Design Algorithms, *European Journal of Operational Research* 143,s.1–18.
- Gonza' lez-Torre P.L. and Adenso-Di' az B. (2006). Reverse Logistics Practices in The Glass Sector in Spain and Belgium, *International Business Review* 15, s.527–546.
- Gottfried S. B. and Weisman F. (1973). *Introduction to Optimization Theory*, Prentice-Hall Inc. Englewoods. Cliffs., New Jersey.
- Grenberg H. (1971). *Integer Programming*, Academic Press, New York, London.
- Guide JR. V. D. R. and Srivastava R. (1997). An Evaluation of Capacity Planning Techniques in A Remanufacturing Environment; *M. S. Spencer International Journal of Production Research*, 35: 1, s.67 — 82.
- Guide Jr V.D.R., Jayaraman V., Srivastava R. and Benton W. (2000). Supply Chain Management for Recoverable Manufacturing Systems, *Interfaces* 30(3), s.125–42.
- Guide V. (2008). Production Panning and Control for Remanufacturing: Industry Practice and Research Needs, *Journal of Operations Management* 2000;18, s.467–83.
- Guide Jr. V. D. R., Jayaraman V. and Linton J.D. (2003). Building Contingency Planning for Closed-loop Supply Chains with Product Recovery, *Journal of Operations Management* 21, s. 259–279.
- Gungor A. And Gupta S.M. (1999). Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey, *Computers & Industrial Engineering* ,Volume: 36, Issue: 4, s.811-853.
- Hallaç O. (1991). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*, Evrim Dağıtım, İstanbul.
- Hiller F.S. and Liberman G.J. (1974). *Introduction to Operations Research*, Holden-Day, San Fransisco, Californiya.
- Jayaraman V., Patterson R. A. and Rolland E. (2003). The Design of Reverse Distribution Networks: Models and Solution Procedures, *European Journal of Operational Research* 150, s.128–149.

- Johnson E.L. (1987). *Integer Programming: Facets, Subadditivity and Duality for Group and Semi-Group Problems*, Odyssey Pres, New Hampshire.
- Kara İ. (1984). *Tamsayılı ve Dinamik Programlamaya Giriş*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Karlof J. (2006). *Integer Programming: Theory and Practice*, CRC Pres, New York.
- Kim K., Song I., Kim J. and Jeong B. (2006). Supply Planning Model for Remanufacturing System in Reverse Logistics Environment, *Computers & Industrial Engineering* 51, s. 279–287.
- Klausner M. and Hendrickson C. T. (2000). Reverse Logistics Strategy for Product Take-Back, *Interfaces* 30 ,s. 156-165.
- Kleineidam U, Lambert A.J.D., Blansjaar J., Kok J.J. and Heijningen R.J.J. (2000). Optimising Product Recycling Chains by Control Theory, *International Journal of Production Economics* 66(2), s.185-195.
- Köse S. (2009). *Tersine Lojistik ve Atık Kızartma Yağları Geri Kazanım Ağ Tasarımı* (basılmamış yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Krajewski L.J. and Ritzman L.P. (1993). *Operations Management: Strategy and Analysis*, Addison-Wesley Pub. Co., New York.
- Kroon L. and Vrijens G. (1995). Returnable Containers: An Example of Reverse Logistics, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 25 No. 2, s. 56-68.
- Krumwiede D. and Sheu C.A. (2002). Model for Reverse Logistics Entry by Third-party Providers, *Omega*, 30, s.325–33.
- Lau K.H. and Wang Y. (2009). Reverse Logistics in The Electronic Industry of China: A Case Study, *Supply Chain Management: An International Journal*, 14/6, s.447–465.
- Lee C.K.M. and Chan T.M. (2009). Development of RFID-based Reverse Logistics System, *Expert Systems with Applications* 36, s.9299–9307.
- Lee D.H. and Dong M. (2009). Dynamic Network Design for Reverse Logistics Operations Under Uncertainty, *Transportation Research Part E* 45, s.61–71.
- Lee J.E., Gen M. and Rhee K.G. (2009). Network Model and Optimization of Reverse Logistics, by Hybrid Genetic Algorithm, *Computers & Industrial Engineering* 56, s.951–964.
- Lee, Y. H., Gen, M. and Hochbaum, D. S. (2002). A Focused Issue on Supply Chain Management, *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, s. 1-3.

- Lin L., Gen M. And Wang X. (2009). Integrated Multistage Logistics Network Design by Using Hybrid Evolutionary Algorithm, *Computers & Industrial Engineering* 56 , s.854–873.
- Lund R. I. (1984). Remanufacturing, *Technology Review*, 87(2), s.18-23.
- Martin R.K. (1998). *Large Scale Linear and Integer Optimization: A Unified Approach*, Kluwer Academic Publisher, The Netherlands.
- Meade L. and Sarkis J. A. (2002). Conceptual Model for Selecting and Evaluating Third-party Reverse Logistics Providers, *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(5), s.283–95.
- Milano M. (2003). *Constraint and Integer Programming: Toward a unified Methodology*, Kluwer Academic Publisher, The Netherlands.
- Mohd S.G., Jamal E., Garba M.L. and Ali S.M. (2004). Mathematical Model For Optimal Development And Transportation Of Recycled Waste Materials, *Environmental Informatics Archives*, Volume 2, s.233-241.
- Murthy D., Solem O. and Roren T. (2004). Product Warranty Logistics: Issues and Challenges, *European Journal of Operational Research* 2004;15, s.110–26.
- Mutha A. And Pokharel S. (2009). Strategic Network Design for Reverse Logistics and Remanufacturing Using New and Old product Modules, *Computers & Industrial Engineering* 56, s. 334–346 .
- Nagurney A. and Toyasaki F. (2005). Reverse Supply Chain Management and Electronic Waste Recycling: a Multitiered Network Equilibrium Framework for E-cycling, *Transportation Research Part E* 41, s.1–28
- Nemhauser L. G. and Wolsey L.A. (1989). *Integer Programming*, Elsevier North-Holland Inc., New York.
- Özguven C. ( 2003). *Doğrusal Programlama ve Uzantıları*, Detay yayıncılık, Ankara.
- Öztük A. (2005). *Yöneylem Araştırması*, Ekin Kitapevi yayınları, Bursa.
- Paradimitriou C.H. (1982). *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*, Prentice Hall, New Jersey.
- Paksoy T ve Altıparmak F. (2003). Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi Kapsamında Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimine Bir Bakış: Son Gelişmeler ve Genel Durum, *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi* 2003/4, 149-167.
- Pati R.K., Vrat P. and Kumar P. (2008). A Goal Programming Model for Paper Recycling System, *Omega* 36, s. 405 – 417.

- Pochet Y. And Wolsey L.A. (2006). Production Planning by Mixed Integer Programming Series: Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, *Springer Science-Business Media Inc*, New York.
- Prahinska C. and Kocabasoglu C. (2006). Empirical Research Opportunities in Reverse Supply Chains, *Omega* 34, s.519 – 532.
- Presly E., Meade L. and Sarkis J. (2007). A Strategic Sustainability Justification Methodology for Organisational Decisions: A Reverse Logistics Illustration, *International Journal of Production Research*, Volume: 45, Issue: 18, s. 4595-4620.
- Rardin R.L (1998). *Optimization in Operations Research*, Prentice Hall, New York.
- Rao F.S. (1979). *Optimization Theory and Application*, Willey Easten Limited, New Delhi.
- Ravia V., Shankara R. and Tiwari M.K. (2005). Analyzing Alternatives in Reverse Logistics for End-of-life Computers: ANP and Balanced Scorecard Approach, *Computers & Industrial Engineering* 48, s. 327–356.
- Ravi V. and Shankar R. (2004). Analysis of Interactions Among the Barriers of Reverse Logistics, *Technological Forecasting & Social Change*, Volume: 72, Issue: 8, Pages: 1011-1029
- Reaff M.J., Ammons J.C. and Newton D. (2000). Strategic Design of Reverse Production Systems, *Computers & Industrial Engineering* 24, 991–996
- Rogers Dale S. and Tibben-Lembke R.S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, University of Nevada, Reno Center for Logistics Management.
- Rogers D. S. and Tibben-Lembke R. S. (2001). An Examination of Reverse Logistics Practices, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No: 2, s. 129-147.
- Richey R. G., Daugherty P.J., Genchev S.E. and Autry C.W. (2004). Reverse Logistics: The Impact of Timing and Resources, *Journal of Business Logistics*, Vol 25. No. 2.
- Salkin H.M. (1975). *Integer Programming*, Case Western Reserve Üniv., Ohio.
- Savaskan C. and Van Wassenhove E. (2006). Reverse Channel Design: the Case of Competing Retailers, *Management Science*; 52(1), s.1–14.
- Schultmann F., Zumkeller M. and Rentz O. (2006). Modeling Reverse Logistic Tasks Within Closed-loop Supply Chains: An Example From the Automotive Industry, *European Journal of Operational Research* 171, s.1033–1050.
- Schrijver A. (1998). *Theory of Linear and Integer Programming*, The Netherlands, Amsterdam.

- Şengül Ü. (2010). *Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Karma Tamsayı Programlama Modeli ve Ambalaj Atıkları Geri Dönüşümü İçin Bir Uygulama* (basılmamış doktora tezi), Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Şengül Ü. (2010). Atıkların Geri Dönüşümü ve Tersine Lojistik, *Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, Cilt/Vol: 6, Sayı/Num: 1, s. 73-86.
- Sierksma G. (2001). *Linear And Integer Programming: Theory And Practice*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Sheu J.B. (2007). A Coordinated Reverse Logistics System for Regional Management of Multi-source Hazardous Wastes, *Computers & Operations Research* 34, s.1442–1462.
- Shih L.H. (2001). Reverse Logistics System Planning for Recycling Electrical Appliances And Computers in Taiwan, *Resources, Conservation and Recycling* 32, s.55–72.
- Srivastava S.K. (2008). Network design for reverse logistics, *Omega* 36, 535 – 548
- Stevenson W.J. (1993). *Pruduction/Operation Management*, Richard D. Irwin Inc., New York.
- Stock J.R (2001). The 7 Deadly Sins of Reverse Logistics, *Material Handling Management*, 56, 3, Abı/Inform Global: MHS: s. 5-11.
- Storm J.F. (1998). *Aplication of a Reverse Lojistics Model for Optimization Scrap Tire Processing* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), the University of Texas El paso, Meksiko.
- Taha H.A. (1971). *Operation Research*, Mac Millan, New York.
- Taha H.A. (2000). *Yöneylem Araştırması*, Çeviren: Ş.Alp Baray, Şakir Esnaf, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.
- Tibben- Lembke R.S. and Rogers D.S. (2002). Differences Between Forward and Reverse logistics in a Retail Environment, *Supply Chain Management: An International Journal Volume* 7, Number 5, 2002, s. 271-282.
- Tibben-Lembke R.S. (2002). Life After Death: Reverse Logistics and The product Life Cyle, *International Journal Of Physical Distiribution&Logistics Management*, Vol.32 No.3, s. 223-244.
- Thierry M. and Salomon M. (1995). Strategic Issues in Product Recovery Management, *California Management Review*, Vol 37, No. 2. s.114-135.
- Tulunay Y. (1980). *Matematiksel Programlama ve İşletme Uygulamaları*, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.

- Tuna O. (2001). Türkiye için Lojistik ve Denizcilik Stratejileri: Uluslararası ve Bölgesel Belirleyiciler, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 3, Sayı:2.
- Tütek H.H. ve Gümüšoğlu Ş. (1994). *Sayısal Yöntemler*, Yönetmel Yaklaşım, Beta Basım, İstanbul.
- Ulucan A. (2004). *Yöneylem Araştırması*, Siyasal Kitabevi, Ankara.
- Winston W.L. (1998). *Operation Research Application and Algorithms*, PWS-Kent Pub., Boston.
- Wolsey L. A. (1998). *Integer Programming*, John Wiley & Sons, New York.
- Wolsey L. A. and Nemhauser L. G.(1999). *Integer and Combinatorial Optimization*, John Wiley & Sons, New York.
- Zhao C, Liu W. and Wang B. (2008). Reverse Logistics, International Conference on Information Management, *Innovation Management and Industrial Engineering*, s.349-353.
- Zuluaga J. P. S. (2005). *Reverse Logistics: Models and Applications*, the Doctor of Philosophy Thesis, Universitat Pompeu Farba.
- Wojanowski R., Verter V. and Boyacı T. (2007). Retail Collection Network Design Under Deposit Refund, *Computers and Operations Research*, 34(2), s. 324-345.
- <http://www.subconturkey.com/2011/Subat/koseyazisi-Tersine-Lojistik.html>/22.07.2011
- [www.rlec.org/Reverse Logistics Strengthens Supply Chain](http://www.rlec.org/Reverse%20Logistics%20Strengthens%20Supply%20Chain), Beth Schwartz, 2000, Transportation& Distribution.
- <http://www.subconturkey.com/2011/Subat/koseyazisi-Tersine-Lojistik.html>/22.07.2011
- <http://www.bedriagac.org/index.php/projelerdeneme/lastk-ger-doenuuem-tess-> 13.10.2011
- <http://www.lasder.org.tr/anasayfa.aspx?MenuID=34>-13.10.2011
- <http://www.turkorecycling.com>-12.10.2011
- [www.cevreorman.gov.tr./](http://www.cevreorman.gov.tr/) 2003-2009 özel atık istatistikleri-10.10.2011
- <http://www.lojistik.net/haber.php?hid=1308815977>-9.10.2011
- [www.teknolojikarastirmalar.com/pdf/tr/07\\_010109\\_5\\_Sugozu.pdf](http://www.teknolojikarastirmalar.com/pdf/tr/07_010109_5_Sugozu.pdf)
- [www.gib.gov.tr](http://www.gib.gov.tr)-21.10.2011
- [www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/lisans-01](http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/lisans-01).11.2011



<http://www.thetomlins.org/bandb6.pdf>

EK 1:			EK 2:		
Global optimal solution found.			Global optimal solution found.		
Objective value:	2420003.		Objective value:	3054271.	
Objective bound:	2420003.		Objective bound:	3054271.	
Infeasibilities:	0.000000		Infeasibilities:	0.000000	
Extended solver steps:	0		Extended solver steps:	0	
Total solver iterations:	70		Total solver iterations:	52	

Variable	Value	Reduced Cost	Variable	Value	Reduced Cost
C	0.1000000	0.000000	C	0.1000000	0.000000
D1	0.8000000	0.000000	D1	0.8000000	0.000000
D2	0.4000000	0.000000	D2	0.4000000	0.000000
D3	0.4000000	0.000000	D3	0.4000000	0.000000
D4	0.1200000	0.000000	D4	0.1200000	0.000000
E1	1.200.000	0.000000	E1	1.200.000	0.000000
E2	9.000.000	0.000000	E2	9.000.000	0.000000
E3	6.000.000	0.000000	E3	6.000.000	0.000000
E4	5.000.000	0.000000	E4	5.000.000	0.000000
A( 1)	4.257.000	0.000000	A( 1)	4.730.000	0.000000
A( 2)	7.128.000	0.000000	A( 2)	7.920.000	0.000000
A( 3)	4.356.000	0.000000	A( 3)	4.840.000	0.000000
A( 4)	4.207.500	0.000000	A( 4)	4.675.000	0.000000
A( 5)	2.068.650	0.000000	A( 5)	2.898.500	0.000000
Y1( 1)	9.779.000	0.000000	Y1( 1)	1.325.000	0.000000
Y1( 2)	1.325.000	0.000000	Y1( 2)	1.325.000	0.000000
Y1( 3)	0.000000	0.000000	Y1( 3)	0.000000	0.000000
Y1( 4)	0.000000	0.000000	Y1( 4)	0.000000	0.000000
Y1( 5)	0.000000	0.000000	Y1( 5)	0.000000	0.000000
Y1( 6)	0.000000	0.000000	Y1( 6)	0.000000	0.000000
Y1( 7)	1.325.000	0.000000	Y1( 7)	1.325.000	0.000000
Y1( 8)	0.000000	0.000000	Y1( 8)	0.000000	0.000000
Y1( 9)	4.356.000	0.000000	Y1( 9)	1.140.000	0.000000
Y1( 10)	0.000000	0.000000	Y1( 10)	0.000000	0.000000
Y1( 11)	0.000000	0.000000	Y1( 11)	0.000000	0.000000
Y1( 12)	0.000000	0.000000	Y1( 12)	0.000000	0.000000
Y1( 13)	0.000000	0.000000	Y1( 13)	0.000000	0.000000
Y1( 14)	0.000000	0.000000	Y1( 14)	0.000000	0.000000



HJ( 11)	1.855.000	0.000000		HJ( 11)	1.855.000	0.000000
HJ( 12)	1.855.000	0.000000		HJ( 12)	1.855.000	0.000000
HJ( 13)	1.855.000	0.000000		HJ( 13)	1.855.000	0.000000
HJ( 14)	1.855.000	0.000000		HJ( 14)	1.855.000	0.000000
N1( 1)	1.000.000	1.708.000		N1( 1)	1.000.000	-3.592.000
N1( 2)	1.000.000	-6.242.000		N1( 2)	1.000.000	-1.154.200
N1( 3)	0.000000	-479479.2		N1( 3)	0.000000	-480009.2
N1( 4)	0.000000	-480009.2		N1( 4)	0.000000	-480539.2
N1( 5)	0.000000	-482791.7		N1( 5)	0.000000	-482791.7
N1( 6)	0.000000	-478286.7		N1( 6)	0.000000	-478816.7
N1( 7)	1.000.000	-2.267.000		N1( 7)	1.000.000	-7.567.000
N1( 8)	0.000000	-475901.7		N1( 8)	0.000000	-476431.7
N1( 9)	1.000.000	1.708.000		N1( 9)	1.000.000	1.708.000
N1( 10)	0.000000	-507334.7		N1( 10)	0.000000	-508076.7
N1( 11)	0.000000	-506592.7		N1( 11)	0.000000	-507334.7
N1( 12)	0.000000	-506221.7		N1( 12)	0.000000	-506963.7
N1( 13)	0.000000	-505850.7		N1( 13)	0.000000	-506592.7
N1( 14)	0.000000	-505479.7		N1( 14)	0.000000	-506221.7
Z1( 1)	2.063.500	0.000000		Z1( 1)	3.115.000	0.000000
Z1( 2)	0.000000	5.970.000		Z1( 2)	0.000000	5.970.000
Z1( 3)	2.000.000	0.000000		Z1( 3)	2.000.000	0.000000
Z2( 1)	1.650.800	0.000000		Z2( 1)	2.492.000	0.000000
Z2( 2)	0.000000	0.000000		Z2( 2)	0.000000	0.000000
Z2( 3)	1.600.000	0.000000		Z2( 3)	1.600.000	0.000000
Z3( 1)	8.254.000	0.000000		Z3( 1)	1.246.000	0.000000
Z3( 2)	0.000000	0.000000		Z3( 2)	0.000000	0.000000
Z3( 3)	8.000.000	0.000000		Z3( 3)	8.000.000	0.000000
Z4( 1)	8.254.000	0.000000		Z4( 1)	1.246.000	0.000000
Z4( 2)	0.000000	0.000000		Z4( 2)	0.000000	0.000000
Z4( 3)	8.000.000	0.000000		Z4( 3)	8.000.000	0.000000
Z5( 1)	2.476.200	0.000000		Z5( 1)	3.738.000	0.000000
Z5( 2)	0.000000	0.000000		Z5( 2)	0.000000	0.000000
Z5( 3)	2.400.000	0.000000		Z5( 3)	2.400.000	0.000000
HM( 1)	6.000.000	0.000000		HM( 1)	6.000.000	0.000000
HM( 2)	20000.00	0.000000		HM( 2)	20000.00	0.000000
HM( 3)	2.000.000	0.000000		HM( 3)	2.000.000	0.000000
N2( 1)	1.000.000	0.000000		N2( 1)	1.000.000	0.000000
N2( 2)	1.000.000	0.000000		N2( 2)	1.000.000	0.000000

N2(3)	1.000.000	-28800.00		N2(3)	1.000.000	-28800.00	
X1(1,1)	0.000000	7.400.000		X1(1,1)	0.000000	7.400.000	
X1(1,2)	0.000000	6.400.000		X1(1,2)	0.000000	6.400.000	
X1(1,3)	0.000000	7.800.000		X1(1,3)	0.000000	7.800.000	
X1(1,4)	0.000000	1.250.000		X1(1,4)	0.000000	1.250.000	
X1(1,5)	0.000000	1.330.000		X1(1,5)	0.000000	1.290.000	
X1(1,6)	0.000000	7.400.000		X1(1,6)	0.000000	7.400.000	
X1(1,7)	4.257.000	0.000000		X1(1,7)	4.730.000	0.000000	
X1(1,8)	0.000000	3.100.000		X1(1,8)	0.000000	3.100.000	
X1(1,9)	0.000000	0.6000000		X1(1,9)	0.000000	0.2000000	
X1(1,10)	0.000000	1.340.000		X1(1,10)	0.000000	1.340.000	
X1(1,11)	0.000000	1.220.000		X1(1,11)	0.000000	1.220.000	
X1(1,12)	0.000000	1.360.000		X1(1,12)	0.000000	1.360.000	
X1(1,13)	0.000000	1.770.000		X1(1,13)	0.000000	1.770.000	
X1(1,14)	0.000000	1.620.000		X1(1,14)	0.000000	1.620.000	
X1(2,1)	0.000000	4.700.000		X1(2,1)	0.000000	4.700.000	
X1(2,2)	2.342.500	0.000000		X1(2,2)	4.075.000	0.000000	
X1(2,3)	0.000000	1.800.000		X1(2,3)	0.000000	1.800.000	
X1(2,4)	0.000000	0.000000		X1(2,4)	0.000000	0.000000	
X1(2,5)	0.000000	4.200.000		X1(2,5)	0.000000	3.800.000	
X1(2,6)	0.000000	0.000000		X1(2,6)	0.000000	0.000000	
X1(2,7)	4.785.500	0.000000		X1(2,7)	3.845.000	0.000000	
X1(2,8)	0.000000	4.100.000		X1(2,8)	0.000000	4.100.000	
X1(2,9)	0.000000	2.500.000		X1(2,9)	0.000000	2.100.000	
X1(2,10)	0.000000	6.800.000		X1(2,10)	0.000000	6.800.000	
X1(2,11)	0.000000	1.900.000		X1(2,11)	0.000000	1.900.000	
X1(2,12)	0.000000	3.700.000		X1(2,12)	0.000000	3.700.000	
X1(2,13)	0.000000	1.300.000		X1(2,13)	0.000000	1.300.000	
X1(2,14)	0.000000	7.700.000		X1(2,14)	0.000000	7.700.000	
X1(3,1)	0.000000	8.400.000		X1(3,1)	0.000000	8.800.000	
X1(3,2)	0.000000	9.800.000		X1(3,2)	0.000000	1.020.000	
X1(3,3)	0.000000	1.390.000		X1(3,3)	0.000000	1.430.000	
X1(3,4)	0.000000	1.300.000		X1(3,4)	0.000000	1.340.000	
X1(3,5)	0.000000	0.000000		X1(3,5)	0.000000	0.000000	
X1(3,6)	0.000000	4.700.000		X1(3,6)	0.000000	5.100.000	
X1(3,7)	0.000000	5.100.000		X1(3,7)	0.000000	5.500.000	
X1(3,8)	0.000000	2.700.000		X1(3,8)	0.000000	3.100.000	
X1(3,9)	4.356.000	0.000000		X1(3,9)	4.840.000	0.000000	

X1( 3, 10)	0.000000	6.000.000		X1( 3, 10)	0.000000	6.400.000	
X1( 3, 11)	0.000000	7.200.000		X1( 3, 11)	0.000000	7.600.000	
X1( 3, 12)	0.000000	1.130.000		X1( 3, 12)	0.000000	1.170.000	
X1( 3, 13)	0.000000	9.800.000		X1( 3, 13)	0.000000	1.020.000	
X1( 3, 14)	0.000000	7.100.000		X1( 3, 14)	0.000000	7.500.000	
X1( 4, 1)	0.000000	3.100.000		X1( 4, 1)	0.000000	3.100.000	
X1( 4, 2)	0.000000	4.900.000		X1( 4, 2)	0.000000	4.900.000	
X1( 4, 3)	0.000000	2.500.000		X1( 4, 3)	0.000000	2.500.000	
X1( 4, 4)	0.000000	2.100.000		X1( 4, 4)	0.000000	2.100.000	
X1( 4, 5)	0.000000	4.600.000		X1( 4, 5)	0.000000	4.200.000	
X1( 4, 6)	0.000000	1.400.000		X1( 4, 6)	0.000000	1.400.000	
X1( 4, 7)	4.207.500	0.000000		X1( 4, 7)	4.675.000	0.000000	
X1( 4, 8)	0.000000	0.000000		X1( 4, 8)	0.000000	0.000000	
X1( 4, 9)	0.000000	1.300.000		X1( 4, 9)	0.000000	0.9000000	
X1( 4, 10)	0.000000	8.500.000		X1( 4, 10)	0.000000	8.500.000	
X1( 4, 11)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 11)	0.000000	8.300.000	
X1( 4, 12)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 12)	0.000000	8.300.000	
X1( 4, 13)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 13)	0.000000	8.300.000	
X1( 4, 14)	0.000000	5.800.000		X1( 4, 14)	0.000000	5.800.000	
X1( 5, 1)	9.779.000	0.000000		X1( 5, 1)	1.325.000	0.000000	
X1( 5, 2)	1.090.750	0.000000		X1( 5, 2)	9.175.000	0.000000	
X1( 5, 3)	0.000000	0.000000		X1( 5, 3)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 4)	0.000000	0.6000000		X1( 5, 4)	0.000000	0.6000000	
X1( 5, 5)	0.000000	4.900.000		X1( 5, 5)	0.000000	4.500.000	
X1( 5, 6)	0.000000	1.900.000		X1( 5, 6)	0.000000	1.900.000	
X1( 5, 7)	0.000000	0.5000000		X1( 5, 7)	0.000000	0.5000000	
X1( 5, 8)	0.000000	0.5000000		X1( 5, 8)	0.000000	0.5000000	
X1( 5, 9)	0.000000	0.4000000		X1( 5, 9)	6.560.000	0.000000	
X1( 5, 10)	0.000000	0.000000		X1( 5, 10)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 11)	0.000000	0.000000		X1( 5, 11)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 12)	0.000000	0.000000		X1( 5, 12)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 13)	0.000000	0.000000		X1( 5, 13)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 14)	0.000000	0.000000		X1( 5, 14)	0.000000	0.000000	
B1( 1, 1)	7.800.000	0.000000		B1( 1, 1)	7.800.000	0.000000	
B1( 1, 2)	7.000.000	0.000000		B1( 1, 2)	7.000.000	0.000000	
B1( 1, 3)	8.600.000	0.000000		B1( 1, 3)	8.600.000	0.000000	
B1( 1, 4)	1.290.000	0.000000		B1( 1, 4)	1.290.000	0.000000	
B1( 1, 5)	1.160.000	0.000000		B1( 1, 5)	1.160.000	0.000000	

B1( 1, 6)	9.100.000	0.000000		B1( 1, 6)	9.100.000	0.000000
B1( 1, 7)	3.300.000	0.000000		B1( 1, 7)	3.300.000	0.000000
B1( 1, 8)	6.600.000	0.000000		B1( 1, 8)	6.600.000	0.000000
B1( 1, 9)	4.400.000	0.000000		B1( 1, 9)	4.400.000	0.000000
B1( 1, 10)	1.040.000	0.000000		B1( 1, 10)	1.040.000	0.000000
B1( 1, 11)	9.600.000	0.000000		B1( 1, 11)	9.600.000	0.000000
B1( 1, 12)	1.120.000	0.000000		B1( 1, 12)	1.120.000	0.000000
B1( 1, 13)	1.550.000	0.000000		B1( 1, 13)	1.550.000	0.000000
B1( 1, 14)	1.420.000	0.000000		B1( 1, 14)	1.420.000	0.000000
B1( 2, 1)	1.170.000	0.000000		B1( 2, 1)	1.170.000	0.000000
B1( 2, 2)	7.200.000	0.000000		B1( 2, 2)	7.200.000	0.000000
B1( 2, 3)	9.200.000	0.000000		B1( 2, 3)	9.200.000	0.000000
B1( 2, 4)	7.000.000	0.000000		B1( 2, 4)	7.000.000	0.000000
B1( 2, 5)	9.100.000	0.000000		B1( 2, 5)	9.100.000	0.000000
B1( 2, 6)	8.300.000	0.000000		B1( 2, 6)	8.300.000	0.000000
B1( 2, 7)	9.900.000	0.000000		B1( 2, 7)	9.900.000	0.000000
B1( 2, 8)	1.420.000	0.000000		B1( 2, 8)	1.420.000	0.000000
B1( 2, 9)	1.290.000	0.000000		B1( 2, 9)	1.290.000	0.000000
B1( 2, 10)	1.040.000	0.000000		B1( 2, 10)	1.040.000	0.000000
B1( 2, 11)	5.900.000	0.000000		B1( 2, 11)	5.900.000	0.000000
B1( 2, 12)	7.900.000	0.000000		B1( 2, 12)	7.900.000	0.000000
B1( 2, 13)	5.700.000	0.000000		B1( 2, 13)	5.700.000	0.000000
B1( 2, 14)	1.230.000	0.000000		B1( 2, 14)	1.230.000	0.000000
B1( 3, 1)	1.150.000	0.000000		B1( 3, 1)	1.150.000	0.000000
B1( 3, 2)	1.310.000	0.000000		B1( 3, 2)	1.310.000	0.000000
B1( 3, 3)	1.740.000	0.000000		B1( 3, 3)	1.740.000	0.000000
B1( 3, 4)	1.610.000	0.000000		B1( 3, 4)	1.610.000	0.000000
B1( 3, 5)	1.000.000	0.000000		B1( 3, 5)	1.000.000	0.000000
B1( 3, 6)	9.100.000	0.000000		B1( 3, 6)	9.100.000	0.000000
B1( 3, 7)	1.110.000	0.000000		B1( 3, 7)	1.110.000	0.000000
B1( 3, 8)	8.900.000	0.000000		B1( 3, 8)	8.900.000	0.000000
B1( 3, 9)	6.500.000	0.000000		B1( 3, 9)	6.500.000	0.000000
B1( 3, 10)	5.700.000	0.000000		B1( 3, 10)	5.700.000	0.000000
B1( 3, 11)	7.300.000	0.000000		B1( 3, 11)	7.300.000	0.000000
B1( 3, 12)	1.160.000	0.000000		B1( 3, 12)	1.160.000	0.000000
B1( 3, 13)	1.030.000	0.000000		B1( 3, 13)	1.030.000	0.000000
B1( 3, 14)	7.800.000	0.000000		B1( 3, 14)	7.800.000	0.000000
B1( 4, 1)	3.300.000	0.000000		B1( 4, 1)	3.300.000	0.000000

B1( 4, 2)	5.300.000	0.000000		B1( 4, 2)	5.300.000	0.000000
B1( 4, 3)	3.100.000	0.000000		B1( 4, 3)	3.100.000	0.000000
B1( 4, 4)	2.300.000	0.000000		B1( 4, 4)	2.300.000	0.000000
B1( 4, 5)	2.700.000	0.000000		B1( 4, 5)	2.700.000	0.000000
B1( 4, 6)	2.900.000	0.000000		B1( 4, 6)	2.900.000	0.000000
B1( 4, 7)	3.100.000	0.000000		B1( 4, 7)	3.100.000	0.000000
B1( 4, 8)	3.300.000	0.000000		B1( 4, 8)	3.300.000	0.000000
B1( 4, 9)	4.900.000	0.000000		B1( 4, 9)	4.900.000	0.000000
B1( 4, 10)	5.300.000	0.000000		B1( 4, 10)	5.300.000	0.000000
B1( 4, 11)	5.500.000	0.000000		B1( 4, 11)	5.500.000	0.000000
B1( 4, 12)	5.700.000	0.000000		B1( 4, 12)	5.700.000	0.000000
B1( 4, 13)	5.900.000	0.000000		B1( 4, 13)	5.900.000	0.000000
B1( 4, 14)	3.600.000	0.000000		B1( 4, 14)	3.600.000	0.000000
B1( 5, 1)	4.000.000	0.000000		B1( 5, 1)	4.000.000	0.000000
B1( 5, 2)	4.200.000	0.000000		B1( 5, 2)	4.200.000	0.000000
B1( 5, 3)	4.400.000	0.000000		B1( 5, 3)	4.400.000	0.000000
B1( 5, 4)	4.600.000	0.000000		B1( 5, 4)	4.600.000	0.000000
B1( 5, 5)	6.800.000	0.000000		B1( 5, 5)	6.800.000	0.000000
B1( 5, 6)	7.200.000	0.000000		B1( 5, 6)	7.200.000	0.000000
B1( 5, 7)	7.400.000	0.000000		B1( 5, 7)	7.400.000	0.000000
B1( 5, 8)	7.600.000	0.000000		B1( 5, 8)	7.600.000	0.000000
B1( 5, 9)	7.800.000	0.000000		B1( 5, 9)	7.800.000	0.000000
B1( 5, 10)	6.000.000	0.000000		B1( 5, 10)	6.000.000	0.000000
B1( 5, 11)	1.000.000	0.000000		B1( 5, 11)	1.000.000	0.000000
B1( 5, 12)	1.200.000	0.000000		B1( 5, 12)	1.200.000	0.000000
B1( 5, 13)	1.400.000	0.000000		B1( 5, 13)	1.400.000	0.000000
B1( 5, 14)	1.600.000	0.000000		B1( 5, 14)	1.600.000	0.000000
X2( 1, 1)	7.385.000	0.000000		X2( 1, 1)	1.325.000	0.000000
X2( 1, 2)	0.000000	0.000000		X2( 1, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 3)	2.394.000	0.000000		X2( 1, 3)	0.000000	0.000000
X2( 2, 1)	0.000000	0.000000		X2( 2, 1)	0.000000	0.000000
X2( 2, 2)	0.000000	0.000000		X2( 2, 2)	0.000000	0.000000
X2( 2, 3)	1.325.000	0.000000		X2( 2, 3)	1.325.000	0.000000
X2( 3, 1)	0.000000	3.632.000		X2( 3, 1)	0.000000	3.632.000
X2( 3, 2)	0.000000	3.632.000		X2( 3, 2)	0.000000	3.632.000
X2( 3, 3)	0.000000	3.632.000		X2( 3, 3)	0.000000	3.632.000
X2( 4, 1)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 1)	0.000000	3.675.000
X2( 4, 2)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 2)	0.000000	3.675.000



X2( 4, 3)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 3)	0.000000	3.675.000	
X2( 5, 1)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 1)	0.000000	3.662.000	
X2( 5, 2)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 2)	0.000000	3.662.000	
X2( 5, 3)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 3)	0.000000	3.662.000	
X2( 6, 1)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 1)	0.000000	3.637.000	
X2( 6, 2)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 2)	0.000000	3.637.000	
X2( 6, 3)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 3)	0.000000	3.637.000	
X2( 7, 1)	1.325.000	0.000000		X2( 7, 1)	1.325.000	0.000000	
X2( 7, 2)	0.000000	0.000000		X2( 7, 2)	0.000000	0.000000	
X2( 7, 3)	0.000000	0.000000		X2( 7, 3)	0.000000	0.000000	
X2( 8, 1)	0.000000	3.612.000		X2( 8, 1)	0.000000	3.612.000	
X2( 8, 2)	0.000000	3.612.000		X2( 8, 2)	0.000000	3.612.000	
X2( 8, 3)	0.000000	3.612.000		X2( 8, 3)	0.000000	3.612.000	
X2( 9, 1)	0.000000	0.000000		X2( 9, 1)	4.650.000	0.000000	
X2( 9, 2)	0.000000	0.000000		X2( 9, 2)	0.000000	0.000000	
X2( 9, 3)	4.356.000	0.000000		X2( 9, 3)	6.750.000	0.000000	
X2( 10, 1)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 1)	0.000000	3.565.000	
X2( 10, 2)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 2)	0.000000	3.565.000	
X2( 10, 3)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 3)	0.000000	3.565.000	
X2( 11, 1)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 1)	0.000000	3.569.000	
X2( 11, 2)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 2)	0.000000	3.569.000	
X2( 11, 3)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 3)	0.000000	3.569.000	
X2( 12, 1)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 1)	0.000000	3.571.000	
X2( 12, 2)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 2)	0.000000	3.571.000	
X2( 12, 3)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 3)	0.000000	3.571.000	
X2( 13, 1)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 1)	0.000000	3.573.000	
X2( 13, 2)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 2)	0.000000	3.573.000	
X2( 13, 3)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 3)	0.000000	3.573.000	
X2( 14, 1)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 1)	0.000000	3.575.000	
X2( 14, 2)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 2)	0.000000	3.575.000	
X2( 14, 3)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 3)	0.000000	3.575.000	
B2( 1, 1)	6.240.000	0.000000		B2( 1, 1)	6.240.000	0.000000	
B2( 1, 2)	1.221.000	0.000000		B2( 1, 2)	1.221.000	0.000000	
B2( 1, 3)	4.800.000	0.000000		B2( 1, 3)	4.800.000	0.000000	
B2( 2, 1)	6.160.000	0.000000		B2( 2, 1)	6.160.000	0.000000	
B2( 2, 2)	1.213.000	0.000000		B2( 2, 2)	1.213.000	0.000000	
B2( 2, 3)	4.720.000	0.000000		B2( 2, 3)	4.720.000	0.000000	
B2( 3, 1)	6.320.000	0.000000		B2( 3, 1)	6.320.000	0.000000	

B2( 3, 2)	1.229.000	0.000000
B2( 3, 3)	4.880.000	0.000000
B2( 4, 1)	6.750.000	0.000000
B2( 4, 2)	1.272.000	0.000000
B2( 4, 3)	5.310.000	0.000000
B2( 5, 1)	6.620.000	0.000000
B2( 5, 2)	1.259.000	0.000000
B2( 5, 3)	5.180.000	0.000000
B2( 6, 1)	6.370.000	0.000000
B2( 6, 2)	1.234.000	0.000000
B2( 6, 3)	4.930.000	0.000000
B2( 7, 1)	5.920.000	0.000000
B2( 7, 2)	1.189.000	0.000000
B2( 7, 3)	4.480.000	0.000000
B2( 8, 1)	6.120.000	0.000000
B2( 8, 2)	1.209.000	0.000000
B2( 8, 3)	4.680.000	0.000000
B2( 9, 1)	5.900.000	0.000000
B2( 9, 2)	1.187.000	0.000000
B2( 9, 3)	4.460.000	0.000000
B2( 10, 1)	5.650.000	0.000000
B2( 10, 2)	1.162.000	0.000000
B2( 10, 3)	4.210.000	0.000000
B2( 11, 1)	5.690.000	0.000000
B2( 11, 2)	1.166.000	0.000000
B2( 11, 3)	4.250.000	0.000000
B2( 12, 1)	5.710.000	0.000000
B2( 12, 2)	1.168.000	0.000000
B2( 12, 3)	4.270.000	0.000000
B2( 13, 1)	5.730.000	0.000000
B2( 13, 2)	1.170.000	0.000000
B2( 13, 3)	4.290.000	0.000000
B2( 14, 1)	5.750.000	0.000000
B2( 14, 2)	1.172.000	0.000000
B2( 14, 3)	4.310.000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2420003.	-1.000.000

B2( 3, 2)	1.229.000	0.000000
B2( 3, 3)	4.880.000	0.000000
B2( 4, 1)	6.750.000	0.000000
B2( 4, 2)	1.272.000	0.000000
B2( 4, 3)	5.310.000	0.000000
B2( 5, 1)	6.620.000	0.000000
B2( 5, 2)	1.259.000	0.000000
B2( 5, 3)	5.180.000	0.000000
B2( 6, 1)	6.370.000	0.000000
B2( 6, 2)	1.234.000	0.000000
B2( 6, 3)	4.930.000	0.000000
B2( 7, 1)	5.920.000	0.000000
B2( 7, 2)	1.189.000	0.000000
B2( 7, 3)	4.480.000	0.000000
B2( 8, 1)	6.120.000	0.000000
B2( 8, 2)	1.209.000	0.000000
B2( 8, 3)	4.680.000	0.000000
B2( 9, 1)	5.900.000	0.000000
B2( 9, 2)	1.187.000	0.000000
B2( 9, 3)	4.460.000	0.000000
B2( 10, 1)	5.650.000	0.000000
B2( 10, 2)	1.162.000	0.000000
B2( 10, 3)	4.210.000	0.000000
B2( 11, 1)	5.690.000	0.000000
B2( 11, 2)	1.166.000	0.000000
B2( 11, 3)	4.250.000	0.000000
B2( 12, 1)	5.710.000	0.000000
B2( 12, 2)	1.168.000	0.000000
B2( 12, 3)	4.270.000	0.000000
B2( 13, 1)	5.730.000	0.000000
B2( 13, 2)	1.170.000	0.000000
B2( 13, 3)	4.290.000	0.000000
B2( 14, 1)	5.750.000	0.000000
B2( 14, 2)	1.172.000	0.000000
B2( 14, 3)	4.310.000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3054271.	-1.000.000

2	0.000000	-5.995.000		2	0.000000	-5.999.000	
3	0.000000	-6.061.000		3	0.000000	-6.065.000	
4	0.000000	-6.022.000		4	0.000000	-6.022.000	
5	0.000000	-5.993.000		5	0.000000	-5.997.000	
6	0.000000	-6.031.000		6	0.000000	-6.035.000	
7	0.000000	5.991.000		7	0.000000	5.995.000	
8	0.000000	5.989.000		8	0.000000	5.993.000	
9	0.000000	5.987.000		9	0.000000	5.991.000	
10	0.000000	5.991.000		10	0.000000	5.995.000	
11	0.000000	6.012.000		11	0.000000	6.012.000	
12	0.000000	5.978.000		12	0.000000	5.982.000	
13	0.000000	5.962.000		13	0.000000	5.966.000	
14	0.000000	5.960.000		14	0.000000	5.964.000	
15	0.000000	5.957.000		15	0.000000	5.957.000	
16	0.000000	6.025.000		16	0.000000	6.029.000	
17	0.000000	6.021.000		17	0.000000	6.025.000	
18	0.000000	6.019.000		18	0.000000	6.023.000	
19	0.000000	6.017.000		19	0.000000	6.021.000	
20	0.000000	6.015.000		20	0.000000	6.019.000	
21	0.000000	-3.624.000		21	0.000000	-3.624.000	
22	0.000000	-3.616.000		22	0.000000	-3.616.000	
23	0.000000	0.000000		23	0.000000	0.000000	
24	0.000000	0.000000		24	0.000000	0.000000	
25	0.000000	0.000000		25	0.000000	0.000000	
26	0.000000	0.000000		26	0.000000	0.000000	
27	0.000000	-3.592.000		27	0.000000	-3.592.000	
28	0.000000	0.000000		28	0.000000	0.000000	
29	0.000000	-3.590.000		29	0.000000	-3.590.000	
30	0.000000	0.000000		30	0.000000	0.000000	
31	0.000000	0.000000		31	0.000000	0.000000	
32	0.000000	0.000000		32	0.000000	0.000000	
33	0.000000	0.000000		33	0.000000	0.000000	
34	0.000000	0.000000		34	0.000000	0.000000	
35	0.000000	3.000.000		35	0.000000	3.000.000	
36	0.000000	2.403.000		36	0.000000	2.403.000	
37	0.000000	3.144.000		37	0.000000	3.144.000	
38	0.000000	1.200.000		38	0.000000	1.200.000	
39	0.000000	1.200.000		39	0.000000	1.200.000	

40	0.000000	1.200.000		40	0.000000	1.200.000	
41	0.000000	-9.000.000		41	0.000000	-9.000.000	
42	0.000000	-9.000.000		42	0.000000	-9.000.000	
43	0.000000	-9.000.000		43	0.000000	-9.000.000	
44	0.000000	-6.000.000		44	0.000000	-6.000.000	
45	0.000000	-6.000.000		45	0.000000	-6.000.000	
46	0.000000	-6.000.000		46	0.000000	-6.000.000	
47	0.000000	-5.000.000		47	0.000000	-5.000.000	
48	0.000000	-5.000.000		48	0.000000	-5.000.000	
49	0.000000	-5.000.000		49	0.000000	-5.000.000	
50	3.471.000	0.000000		50	0.000000	0.4000000	
51	0.000000	0.6000000		51	0.000000	1.000.000	
52	0.000000	3.620.000		52	0.000000	3.624.000	
53	0.000000	3.624.000		53	0.000000	3.628.000	
54	0.000000	3.645.000		54	0.000000	3.645.000	
55	0.000000	3.611.000		55	0.000000	3.615.000	
56	0.000000	0.3000000		56	0.000000	0.7000000	
57	0.000000	3.593.000		57	0.000000	3.597.000	
58	8.894.000	0.000000		58	1.850.000	0.000000	
59	0.000000	2.737.000		59	0.000000	2.741.000	
60	0.000000	2.733.000		60	0.000000	2.737.000	
61	0.000000	2.731.000		61	0.000000	2.735.000	
62	0.000000	2.729.000		62	0.000000	2.733.000	
63	0.000000	2.727.000		63	0.000000	2.731.000	
64	3.936.500	0.000000		64	2.885.000	0.000000	
65	20000.00	0.000000		65	20000.00	0.000000	
66	0.000000	1.440.000		66	0.000000	1.440.000	
67	1.000.000	0.000000		67	1.000.000	0.000000	
68	0.000000	0.000000		68	0.000000	0.000000	

<p>EK 3:</p> <p>Global optimal solution found.</p> <p>Objective value: 3363008.</p> <p>Objective bound: 3363008.</p> <p>Infeasibilities: 0.000000</p> <p>Extended solver steps: 2</p> <p>Total solver iterations: 67</p>	<p>EK 4:</p> <p>Global optimal solution found.</p> <p>Objective value: 3672146.</p> <p>Objective bound: 3672146.</p> <p>Infeasibilities: 0.000000</p> <p>Extended solver steps: 2</p> <p>Total solver iterations: 57</p>
--	--

Variable	Value	Reduced Cost	Variable	Value	Reduced Cost
C	0.1000000	0.000000	C	0.1000000	0.000000
D1	0.8000000	0.000000	D1	0.8000000	0.000000
D2	0.4000000	0.000000	D2	0.4000000	0.000000
D3	0.4000000	0.000000	D3	0.4000000	0.000000
D4	0.1200000	0.000000	D4	0.1200000	0.000000
E1	1.200.000	0.000000	E1	1.200.000	0.000000
E2	9.000.000	0.000000	E2	9.000.000	0.000000
E3	6.000.000	0.000000	E3	6.000.000	0.000000
E4	5.000.000	0.000000	E4	5.000.000	0.000000
A( 1)	5.203.000	0.000000	A( 1)	5.676.000	0.000000
A( 2)	8.712.000	0.000000	A( 2)	9.504.000	0.000000
A( 3)	5.324.000	0.000000	A( 3)	5.808.000	0.000000
A( 4)	5.142.500	0.000000	A( 4)	5.610.000	0.000000
A( 5)	3.188.000	0.000000	A( 5)	3.478.200	0.000000
Y1( 1)	1.325.000	0.000000	Y1( 1)	1.325.000	0.000000
Y1( 2)	1.325.000	0.000000	Y1( 2)	1.325.000	0.000000
Y1( 3)	3.261.500	0.000000	Y1( 3)	8.380.000	0.000000
Y1( 4)	0.000000	0.000000	Y1( 4)	0.000000	0.000000
Y1( 5)	0.000000	0.000000	Y1( 5)	0.000000	0.000000
Y1( 6)	0.000000	0.000000	Y1( 6)	0.000000	0.000000
Y1( 7)	1.325.000	0.000000	Y1( 7)	1.325.000	0.000000
Y1( 8)	0.000000	0.000000	Y1( 8)	0.000000	0.000000
Y1( 9)	1.325.000	0.000000	Y1( 9)	1.325.000	0.000000
Y1( 10)	0.000000	0.000000	Y1( 10)	0.000000	0.000000
Y1( 11)	0.000000	0.000000	Y1( 11)	0.000000	0.000000
Y1( 12)	0.000000	0.000000	Y1( 12)	0.000000	0.000000
Y1( 13)	0.000000	0.000000	Y1( 13)	0.000000	0.000000
Y1( 14)	0.000000	0.000000	Y1( 14)	0.000000	0.000000



HJ( 11)	1.855.000	0.000000		HJ( 11)	1.855.000	0.000000
HJ( 12)	1.855.000	0.000000		HJ( 12)	1.855.000	0.000000
HJ( 13)	1.855.000	0.000000		HJ( 13)	1.855.000	0.000000
HJ( 14)	1.855.000	0.000000		HJ( 14)	1.855.000	0.000000
N1( 1)	1.000.000	-1.419.200		N1( 1)	1.000.000	-1.419.200
N1( 2)	1.000.000	-2.214.200		N1( 2)	1.000.000	-2.214.200
N1( 3)	1.000.000	1.708.000		N1( 3)	1.000.000	1.708.000
N1( 4)	0.000000	-481599.2		N1( 4)	0.000000	-481599.2
N1( 5)	0.000000	-483851.7		N1( 5)	0.000000	-483851.7
N1( 6)	0.000000	-479876.7		N1( 6)	0.000000	-479876.7
N1( 7)	1.000.000	-1.816.700		N1( 7)	1.000.000	-1.816.700
N1( 8)	0.000000	-477491.7		N1( 8)	0.000000	-477491.7
N1( 9)	1.000.000	-8.892.000		N1( 9)	1.000.000	-8.892.000
N1( 10)	0.000000	-509560.7		N1( 10)	0.000000	-509560.7
N1( 11)	0.000000	-508818.7		N1( 11)	0.000000	-508818.7
N1( 12)	0.000000	-508447.7		N1( 12)	0.000000	-508447.7
N1( 13)	0.000000	-508076.7		N1( 13)	0.000000	-508076.7
N1( 14)	0.000000	-507705.7		N1( 14)	0.000000	-507705.7
Z1( 1)	3.626.150	0.000000		Z1( 1)	4.138.000	0.000000
Z1( 2)	0.000000	5.970.000		Z1( 2)	0.000000	5.970.000
Z1( 3)	2.000.000	0.000000		Z1( 3)	2.000.000	0.000000
Z2( 1)	2.900.920	0.000000		Z2( 1)	3.310.400	0.000000
Z2( 2)	0.000000	0.000000		Z2( 2)	0.000000	0.000000
Z2( 3)	1.600.000	0.000000		Z2( 3)	1.600.000	0.000000
Z3( 1)	1.450.460	0.000000		Z3( 1)	1.655.200	0.000000
Z3( 2)	0.000000	0.000000		Z3( 2)	0.000000	0.000000
Z3( 3)	8.000.000	0.000000		Z3( 3)	8.000.000	0.000000
Z4( 1)	1.450.460	0.000000		Z4( 1)	1.655.200	0.000000
Z4( 2)	0.000000	0.000000		Z4( 2)	0.000000	0.000000
Z4( 3)	8.000.000	0.000000		Z4( 3)	8.000.000	0.000000
Z5( 1)	4.351.380	0.000000		Z5( 1)	4.965.600	0.000000
Z5( 2)	0.000000	0.000000		Z5( 2)	0.000000	0.000000
Z5( 3)	2.400.000	0.000000		Z5( 3)	2.400.000	0.000000
HM( 1)	6.000.000	0.000000		HM( 1)	6.000.000	0.000000
HM( 2)	20000.00	0.000000		HM( 2)	20000.00	0.000000
HM( 3)	2.000.000	0.000000		HM( 3)	2.000.000	0.000000
N2( 1)	1.000.000	0.000000		N2( 1)	1.000.000	0.000000
N2( 2)	1.000.000	0.000000		N2( 2)	1.000.000	0.000000

N2(3)	1.000.000	-28800.00		N2(3)	1.000.000	-28800.00	
X1(1,1)	0.000000	7.400.000		X1(1,1)	0.000000	7.400.000	
X1(1,2)	0.000000	6.400.000		X1(1,2)	0.000000	6.400.000	
X1(1,3)	0.000000	7.800.000		X1(1,3)	0.000000	7.800.000	
X1(1,4)	0.000000	1.250.000		X1(1,4)	0.000000	1.250.000	
X1(1,5)	0.000000	1.290.000		X1(1,5)	0.000000	1.290.000	
X1(1,6)	0.000000	7.400.000		X1(1,6)	0.000000	7.400.000	
X1(1,7)	5.203.000	0.000000		X1(1,7)	5.676.000	0.000000	
X1(1,8)	0.000000	3.100.000		X1(1,8)	0.000000	3.100.000	
X1(1,9)	0.000000	0.2000000		X1(1,9)	0.000000	0.2000000	
X1(1,10)	0.000000	1.340.000		X1(1,10)	0.000000	1.340.000	
X1(1,11)	0.000000	1.220.000		X1(1,11)	0.000000	1.220.000	
X1(1,12)	0.000000	1.360.000		X1(1,12)	0.000000	1.360.000	
X1(1,13)	0.000000	1.770.000		X1(1,13)	0.000000	1.770.000	
X1(1,14)	0.000000	1.620.000		X1(1,14)	0.000000	1.620.000	
X1(2,1)	0.000000	4.700.000		X1(2,1)	0.000000	4.700.000	
X1(2,2)	5.807.500	0.000000		X1(2,2)	7.540.000	0.000000	
X1(2,3)	0.000000	1.800.000		X1(2,3)	0.000000	1.800.000	
X1(2,4)	0.000000	0.000000		X1(2,4)	0.000000	0.000000	
X1(2,5)	0.000000	3.800.000		X1(2,5)	0.000000	3.800.000	
X1(2,6)	0.000000	0.000000		X1(2,6)	0.000000	0.000000	
X1(2,7)	2.904.500	0.000000		X1(2,7)	1.964.000	0.000000	
X1(2,8)	0.000000	4.100.000		X1(2,8)	0.000000	4.100.000	
X1(2,9)	0.000000	2.100.000		X1(2,9)	0.000000	2.100.000	
X1(2,10)	0.000000	6.800.000		X1(2,10)	0.000000	6.800.000	
X1(2,11)	0.000000	1.900.000		X1(2,11)	0.000000	1.900.000	
X1(2,12)	0.000000	3.700.000		X1(2,12)	0.000000	3.700.000	
X1(2,13)	0.000000	1.300.000		X1(2,13)	0.000000	1.300.000	
X1(2,14)	0.000000	7.700.000		X1(2,14)	0.000000	7.700.000	
X1(3,1)	0.000000	8.800.000		X1(3,1)	0.000000	8.800.000	
X1(3,2)	0.000000	1.020.000		X1(3,2)	0.000000	1.020.000	
X1(3,3)	0.000000	1.430.000		X1(3,3)	0.000000	1.430.000	
X1(3,4)	0.000000	1.340.000		X1(3,4)	0.000000	1.340.000	
X1(3,5)	0.000000	0.000000		X1(3,5)	0.000000	0.000000	
X1(3,6)	0.000000	5.100.000		X1(3,6)	0.000000	5.100.000	
X1(3,7)	0.000000	5.500.000		X1(3,7)	0.000000	5.500.000	
X1(3,8)	0.000000	3.100.000		X1(3,8)	0.000000	3.100.000	
X1(3,9)	5.324.000	0.000000		X1(3,9)	5.808.000	0.000000	



X1( 3, 10)	0.000000	6.400.000		X1( 3, 10)	0.000000	6.400.000	
X1( 3, 11)	0.000000	7.600.000		X1( 3, 11)	0.000000	7.600.000	
X1( 3, 12)	0.000000	1.170.000		X1( 3, 12)	0.000000	1.170.000	
X1( 3, 13)	0.000000	1.020.000		X1( 3, 13)	0.000000	1.020.000	
X1( 3, 14)	0.000000	7.500.000		X1( 3, 14)	0.000000	7.500.000	
X1( 4, 1)	0.000000	3.100.000		X1( 4, 1)	0.000000	3.100.000	
X1( 4, 2)	0.000000	4.900.000		X1( 4, 2)	0.000000	4.900.000	
X1( 4, 3)	0.000000	2.500.000		X1( 4, 3)	0.000000	2.500.000	
X1( 4, 4)	0.000000	2.100.000		X1( 4, 4)	0.000000	2.100.000	
X1( 4, 5)	0.000000	4.200.000		X1( 4, 5)	0.000000	4.200.000	
X1( 4, 6)	0.000000	1.400.000		X1( 4, 6)	0.000000	1.400.000	
X1( 4, 7)	5.142.500	0.000000		X1( 4, 7)	5.610.000	0.000000	
X1( 4, 8)	0.000000	0.000000		X1( 4, 8)	0.000000	0.000000	
X1( 4, 9)	0.000000	0.9000000		X1( 4, 9)	0.000000	0.9000000	
X1( 4, 10)	0.000000	8.500.000		X1( 4, 10)	0.000000	8.500.000	
X1( 4, 11)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 11)	0.000000	8.300.000	
X1( 4, 12)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 12)	0.000000	8.300.000	
X1( 4, 13)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 13)	0.000000	8.300.000	
X1( 4, 14)	0.000000	5.800.000		X1( 4, 14)	0.000000	5.800.000	
X1( 5, 1)	1.325.000	0.000000		X1( 5, 1)	1.325.000	0.000000	
X1( 5, 2)	7.442.500	0.000000		X1( 5, 2)	5.710.000	0.000000	
X1( 5, 3)	3.261.500	0.000000		X1( 5, 3)	8.380.000	0.000000	
X1( 5, 4)	0.000000	0.6000000		X1( 5, 4)	0.000000	0.6000000	
X1( 5, 5)	0.000000	4.500.000		X1( 5, 5)	0.000000	4.500.000	
X1( 5, 6)	0.000000	1.900.000		X1( 5, 6)	0.000000	1.900.000	
X1( 5, 7)	0.000000	0.5000000		X1( 5, 7)	0.000000	0.5000000	
X1( 5, 8)	0.000000	0.5000000		X1( 5, 8)	0.000000	0.5000000	
X1( 5, 9)	7.926.000	0.000000		X1( 5, 9)	7.442.000	0.000000	
X1( 5, 10)	0.000000	0.000000		X1( 5, 10)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 11)	0.000000	0.000000		X1( 5, 11)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 12)	0.000000	0.000000		X1( 5, 12)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 13)	0.000000	0.000000		X1( 5, 13)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 14)	0.000000	0.000000		X1( 5, 14)	0.000000	0.000000	
B1( 1, 1)	7.800.000	0.000000		B1( 1, 1)	7.800.000	0.000000	
B1( 1, 2)	7.000.000	0.000000		B1( 1, 2)	7.000.000	0.000000	
B1( 1, 3)	8.600.000	0.000000		B1( 1, 3)	8.600.000	0.000000	
B1( 1, 4)	1.290.000	0.000000		B1( 1, 4)	1.290.000	0.000000	
B1( 1, 5)	1.160.000	0.000000		B1( 1, 5)	1.160.000	0.000000	

B1( 1, 6)	9.100.000	0.000000		B1( 1, 6)	9.100.000	0.000000
B1( 1, 7)	3.300.000	0.000000		B1( 1, 7)	3.300.000	0.000000
B1( 1, 8)	6.600.000	0.000000		B1( 1, 8)	6.600.000	0.000000
B1( 1, 9)	4.400.000	0.000000		B1( 1, 9)	4.400.000	0.000000
B1( 1, 10)	1.040.000	0.000000		B1( 1, 10)	1.040.000	0.000000
B1( 1, 11)	9.600.000	0.000000		B1( 1, 11)	9.600.000	0.000000
B1( 1, 12)	1.120.000	0.000000		B1( 1, 12)	1.120.000	0.000000
B1( 1, 13)	1.550.000	0.000000		B1( 1, 13)	1.550.000	0.000000
B1( 1, 14)	1.420.000	0.000000		B1( 1, 14)	1.420.000	0.000000
B1( 2, 1)	1.170.000	0.000000		B1( 2, 1)	1.170.000	0.000000
B1( 2, 2)	7.200.000	0.000000		B1( 2, 2)	7.200.000	0.000000
B1( 2, 3)	9.200.000	0.000000		B1( 2, 3)	9.200.000	0.000000
B1( 2, 4)	7.000.000	0.000000		B1( 2, 4)	7.000.000	0.000000
B1( 2, 5)	9.100.000	0.000000		B1( 2, 5)	9.100.000	0.000000
B1( 2, 6)	8.300.000	0.000000		B1( 2, 6)	8.300.000	0.000000
B1( 2, 7)	9.900.000	0.000000		B1( 2, 7)	9.900.000	0.000000
B1( 2, 8)	1.420.000	0.000000		B1( 2, 8)	1.420.000	0.000000
B1( 2, 9)	1.290.000	0.000000		B1( 2, 9)	1.290.000	0.000000
B1( 2, 10)	1.040.000	0.000000		B1( 2, 10)	1.040.000	0.000000
B1( 2, 11)	5.900.000	0.000000		B1( 2, 11)	5.900.000	0.000000
B1( 2, 12)	7.900.000	0.000000		B1( 2, 12)	7.900.000	0.000000
B1( 2, 13)	5.700.000	0.000000		B1( 2, 13)	5.700.000	0.000000
B1( 2, 14)	1.230.000	0.000000		B1( 2, 14)	1.230.000	0.000000
B1( 3, 1)	1.150.000	0.000000		B1( 3, 1)	1.150.000	0.000000
B1( 3, 2)	1.310.000	0.000000		B1( 3, 2)	1.310.000	0.000000
B1( 3, 3)	1.740.000	0.000000		B1( 3, 3)	1.740.000	0.000000
B1( 3, 4)	1.610.000	0.000000		B1( 3, 4)	1.610.000	0.000000
B1( 3, 5)	1.000.000	0.000000		B1( 3, 5)	1.000.000	0.000000
B1( 3, 6)	9.100.000	0.000000		B1( 3, 6)	9.100.000	0.000000
B1( 3, 7)	1.110.000	0.000000		B1( 3, 7)	1.110.000	0.000000
B1( 3, 8)	8.900.000	0.000000		B1( 3, 8)	8.900.000	0.000000
B1( 3, 9)	6.500.000	0.000000		B1( 3, 9)	6.500.000	0.000000
B1( 3, 10)	5.700.000	0.000000		B1( 3, 10)	5.700.000	0.000000
B1( 3, 11)	7.300.000	0.000000		B1( 3, 11)	7.300.000	0.000000
B1( 3, 12)	1.160.000	0.000000		B1( 3, 12)	1.160.000	0.000000
B1( 3, 13)	1.030.000	0.000000		B1( 3, 13)	1.030.000	0.000000
B1( 3, 14)	7.800.000	0.000000		B1( 3, 14)	7.800.000	0.000000
B1( 4, 1)	3.300.000	0.000000		B1( 4, 1)	3.300.000	0.000000

B1( 4, 2)	5.300.000	0.000000		B1( 4, 2)	5.300.000	0.000000
B1( 4, 3)	3.100.000	0.000000		B1( 4, 3)	3.100.000	0.000000
B1( 4, 4)	2.300.000	0.000000		B1( 4, 4)	2.300.000	0.000000
B1( 4, 5)	2.700.000	0.000000		B1( 4, 5)	2.700.000	0.000000
B1( 4, 6)	2.900.000	0.000000		B1( 4, 6)	2.900.000	0.000000
B1( 4, 7)	3.100.000	0.000000		B1( 4, 7)	3.100.000	0.000000
B1( 4, 8)	3.300.000	0.000000		B1( 4, 8)	3.300.000	0.000000
B1( 4, 9)	4.900.000	0.000000		B1( 4, 9)	4.900.000	0.000000
B1( 4, 10)	5.300.000	0.000000		B1( 4, 10)	5.300.000	0.000000
B1( 4, 11)	5.500.000	0.000000		B1( 4, 11)	5.500.000	0.000000
B1( 4, 12)	5.700.000	0.000000		B1( 4, 12)	5.700.000	0.000000
B1( 4, 13)	5.900.000	0.000000		B1( 4, 13)	5.900.000	0.000000
B1( 4, 14)	3.600.000	0.000000		B1( 4, 14)	3.600.000	0.000000
B1( 5, 1)	4.000.000	0.000000		B1( 5, 1)	4.000.000	0.000000
B1( 5, 2)	4.200.000	0.000000		B1( 5, 2)	4.200.000	0.000000
B1( 5, 3)	4.400.000	0.000000		B1( 5, 3)	4.400.000	0.000000
B1( 5, 4)	4.600.000	0.000000		B1( 5, 4)	4.600.000	0.000000
B1( 5, 5)	6.800.000	0.000000		B1( 5, 5)	6.800.000	0.000000
B1( 5, 6)	7.200.000	0.000000		B1( 5, 6)	7.200.000	0.000000
B1( 5, 7)	7.400.000	0.000000		B1( 5, 7)	7.400.000	0.000000
B1( 5, 8)	7.600.000	0.000000		B1( 5, 8)	7.600.000	0.000000
B1( 5, 9)	7.800.000	0.000000		B1( 5, 9)	7.800.000	0.000000
B1( 5, 10)	6.000.000	0.000000		B1( 5, 10)	6.000.000	0.000000
B1( 5, 11)	1.000.000	0.000000		B1( 5, 11)	1.000.000	0.000000
B1( 5, 12)	1.200.000	0.000000		B1( 5, 12)	1.200.000	0.000000
B1( 5, 13)	1.400.000	0.000000		B1( 5, 13)	1.400.000	0.000000
B1( 5, 14)	1.600.000	0.000000		B1( 5, 14)	1.600.000	0.000000
X2( 1, 1)	6.500.000	0.000000		X2( 1, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 2)	0.000000	0.000000		X2( 1, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 3)	6.750.000	0.000000		X2( 1, 3)	1.325.000	0.000000
X2( 2, 1)	0.000000	0.000000		X2( 2, 1)	1.325.000	0.000000
X2( 2, 2)	0.000000	0.000000		X2( 2, 2)	0.000000	0.000000
X2( 2, 3)	1.325.000	0.000000		X2( 2, 3)	0.000000	0.000000
X2( 3, 1)	3.261.500	0.000000		X2( 3, 1)	8.380.000	0.000000
X2( 3, 2)	0.000000	0.000000		X2( 3, 2)	0.000000	0.000000
X2( 3, 3)	0.000000	0.000000		X2( 3, 3)	0.000000	0.000000
X2( 4, 1)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 1)	0.000000	3.675.000
X2( 4, 2)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 2)	0.000000	3.675.000

X2( 4, 3)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 3)	0.000000	3.675.000	
X2( 5, 1)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 1)	0.000000	3.662.000	
X2( 5, 2)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 2)	0.000000	3.662.000	
X2( 5, 3)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 3)	0.000000	3.662.000	
X2( 6, 1)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 1)	0.000000	3.637.000	
X2( 6, 2)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 2)	0.000000	3.637.000	
X2( 6, 3)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 3)	0.000000	3.637.000	
X2( 7, 1)	1.325.000	0.000000		X2( 7, 1)	1.325.000	0.000000	
X2( 7, 2)	0.000000	0.000000		X2( 7, 2)	0.000000	0.000000	
X2( 7, 3)	0.000000	0.000000		X2( 7, 3)	0.000000	0.000000	
X2( 8, 1)	0.000000	3.612.000		X2( 8, 1)	0.000000	3.612.000	
X2( 8, 2)	0.000000	3.612.000		X2( 8, 2)	0.000000	3.612.000	
X2( 8, 3)	0.000000	3.612.000		X2( 8, 3)	0.000000	3.612.000	
X2( 9, 1)	1.325.000	0.000000		X2( 9, 1)	6.500.000	0.000000	
X2( 9, 2)	0.000000	0.000000		X2( 9, 2)	0.000000	0.000000	
X2( 9, 3)	0.000000	0.000000		X2( 9, 3)	6.750.000	0.000000	
X2( 10, 1)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 1)	0.000000	3.565.000	
X2( 10, 2)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 2)	0.000000	3.565.000	
X2( 10, 3)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 3)	0.000000	3.565.000	
X2( 11, 1)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 1)	0.000000	3.569.000	
X2( 11, 2)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 2)	0.000000	3.569.000	
X2( 11, 3)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 3)	0.000000	3.569.000	
X2( 12, 1)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 1)	0.000000	3.571.000	
X2( 12, 2)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 2)	0.000000	3.571.000	
X2( 12, 3)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 3)	0.000000	3.571.000	
X2( 13, 1)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 1)	0.000000	3.573.000	
X2( 13, 2)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 2)	0.000000	3.573.000	
X2( 13, 3)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 3)	0.000000	3.573.000	
X2( 14, 1)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 1)	0.000000	3.575.000	
X2( 14, 2)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 2)	0.000000	3.575.000	
X2( 14, 3)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 3)	0.000000	3.575.000	
B2( 1, 1)	6.240.000	0.000000		B2( 1, 1)	6.240.000	0.000000	
B2( 1, 2)	1.221.000	0.000000		B2( 1, 2)	1.221.000	0.000000	
B2( 1, 3)	4.800.000	0.000000		B2( 1, 3)	4.800.000	0.000000	
B2( 2, 1)	6.160.000	0.000000		B2( 2, 1)	6.160.000	0.000000	
B2( 2, 2)	1.213.000	0.000000		B2( 2, 2)	1.213.000	0.000000	
B2( 2, 3)	4.720.000	0.000000		B2( 2, 3)	4.720.000	0.000000	
B2( 3, 1)	6.320.000	0.000000		B2( 3, 1)	6.320.000	0.000000	

B2( 3, 2)	1.229.000	0.000000
B2( 3, 3)	4.880.000	0.000000
B2( 4, 1)	6.750.000	0.000000
B2( 4, 2)	1.272.000	0.000000
B2( 4, 3)	5.310.000	0.000000
B2( 5, 1)	6.620.000	0.000000
B2( 5, 2)	1.259.000	0.000000
B2( 5, 3)	5.180.000	0.000000
B2( 6, 1)	6.370.000	0.000000
B2( 6, 2)	1.234.000	0.000000
B2( 6, 3)	4.930.000	0.000000
B2( 7, 1)	5.920.000	0.000000
B2( 7, 2)	1.189.000	0.000000
B2( 7, 3)	4.480.000	0.000000
B2( 8, 1)	6.120.000	0.000000
B2( 8, 2)	1.209.000	0.000000
B2( 8, 3)	4.680.000	0.000000
B2( 9, 1)	5.900.000	0.000000
B2( 9, 2)	1.187.000	0.000000
B2( 9, 3)	4.460.000	0.000000
B2( 10, 1)	5.650.000	0.000000
B2( 10, 2)	1.162.000	0.000000
B2( 10, 3)	4.210.000	0.000000
B2( 11, 1)	5.690.000	0.000000
B2( 11, 2)	1.166.000	0.000000
B2( 11, 3)	4.250.000	0.000000
B2( 12, 1)	5.710.000	0.000000
B2( 12, 2)	1.168.000	0.000000
B2( 12, 3)	4.270.000	0.000000
B2( 13, 1)	5.730.000	0.000000
B2( 13, 2)	1.170.000	0.000000
B2( 13, 3)	4.290.000	0.000000
B2( 14, 1)	5.750.000	0.000000
B2( 14, 2)	1.172.000	0.000000
B2( 14, 3)	4.310.000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3363008.	-1.000.000

B2( 3, 2)	1.229.000	0.000000
B2( 3, 3)	4.880.000	0.000000
B2( 4, 1)	6.750.000	0.000000
B2( 4, 2)	1.272.000	0.000000
B2( 4, 3)	5.310.000	0.000000
B2( 5, 1)	6.620.000	0.000000
B2( 5, 2)	1.259.000	0.000000
B2( 5, 3)	5.180.000	0.000000
B2( 6, 1)	6.370.000	0.000000
B2( 6, 2)	1.234.000	0.000000
B2( 6, 3)	4.930.000	0.000000
B2( 7, 1)	5.920.000	0.000000
B2( 7, 2)	1.189.000	0.000000
B2( 7, 3)	4.480.000	0.000000
B2( 8, 1)	6.120.000	0.000000
B2( 8, 2)	1.209.000	0.000000
B2( 8, 3)	4.680.000	0.000000
B2( 9, 1)	5.900.000	0.000000
B2( 9, 2)	1.187.000	0.000000
B2( 9, 3)	4.460.000	0.000000
B2( 10, 1)	5.650.000	0.000000
B2( 10, 2)	1.162.000	0.000000
B2( 10, 3)	4.210.000	0.000000
B2( 11, 1)	5.690.000	0.000000
B2( 11, 2)	1.166.000	0.000000
B2( 11, 3)	4.250.000	0.000000
B2( 12, 1)	5.710.000	0.000000
B2( 12, 2)	1.168.000	0.000000
B2( 12, 3)	4.270.000	0.000000
B2( 13, 1)	5.730.000	0.000000
B2( 13, 2)	1.170.000	0.000000
B2( 13, 3)	4.290.000	0.000000
B2( 14, 1)	5.750.000	0.000000
B2( 14, 2)	1.172.000	0.000000
B2( 14, 3)	4.310.000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3672146.	-1.000.000

2	0.000000	-6.007.000		2	0.000000	-6.007.000	
3	0.000000	-6.073.000		3	0.000000	-6.073.000	
4	0.000000	-6.030.000		4	0.000000	-6.030.000	
5	0.000000	-6.005.000		5	0.000000	-6.005.000	
6	0.000000	-6.043.000		6	0.000000	-6.043.000	
7	0.000000	6.003.000		7	0.000000	6.003.000	
8	0.000000	6.001.000		8	0.000000	6.001.000	
9	0.000000	5.999.000		9	0.000000	5.999.000	
10	0.000000	6.003.000		10	0.000000	6.003.000	
11	0.000000	6.020.000		11	0.000000	6.020.000	
12	0.000000	5.990.000		12	0.000000	5.990.000	
13	0.000000	5.974.000		13	0.000000	5.974.000	
14	0.000000	5.972.000		14	0.000000	5.972.000	
15	0.000000	5.965.000		15	0.000000	5.965.000	
16	0.000000	6.037.000		16	0.000000	6.037.000	
17	0.000000	6.033.000		17	0.000000	6.033.000	
18	0.000000	6.031.000		18	0.000000	6.031.000	
19	0.000000	6.029.000		19	0.000000	6.029.000	
20	0.000000	6.027.000		20	0.000000	6.027.000	
21	0.000000	-3.624.000		21	0.000000	-3.624.000	
22	0.000000	-3.616.000		22	0.000000	-3.616.000	
23	0.000000	-3.632.000		23	0.000000	-3.632.000	
24	0.000000	0.000000		24	0.000000	0.000000	
25	0.000000	0.000000		25	0.000000	0.000000	
26	0.000000	0.000000		26	0.000000	0.000000	
27	0.000000	-3.592.000		27	0.000000	-3.592.000	
28	0.000000	0.000000		28	0.000000	0.000000	
29	0.000000	-3.590.000		29	0.000000	-3.590.000	
30	0.000000	0.000000		30	0.000000	0.000000	
31	0.000000	0.000000		31	0.000000	0.000000	
32	0.000000	0.000000		32	0.000000	0.000000	
33	0.000000	0.000000		33	0.000000	0.000000	
34	0.000000	0.000000		34	0.000000	0.000000	
35	0.000000	3.000.000		35	0.000000	3.000.000	
36	0.000000	2.403.000		36	0.000000	2.403.000	
37	0.000000	3.144.000		37	0.000000	3.144.000	
38	0.000000	1.200.000		38	0.000000	1.200.000	
39	0.000000	1.200.000		39	0.000000	1.200.000	

40	0.000000	1.200.000		40	0.000000	1.200.000	
41	0.000000	-9.000.000		41	0.000000	-9.000.000	
42	0.000000	-9.000.000		42	0.000000	-9.000.000	
43	0.000000	-9.000.000		43	0.000000	-9.000.000	
44	0.000000	-6.000.000		44	0.000000	-6.000.000	
45	0.000000	-6.000.000		45	0.000000	-6.000.000	
46	0.000000	-6.000.000		46	0.000000	-6.000.000	
47	0.000000	-5.000.000		47	0.000000	-5.000.000	
48	0.000000	-5.000.000		48	0.000000	-5.000.000	
49	0.000000	-5.000.000		49	0.000000	-5.000.000	
50	0.000000	1.200.000		50	0.000000	1.200.000	
51	0.000000	1.800.000		51	0.000000	1.800.000	
52	9.988.500	0.000000		52	4.870.000	0.000000	
53	0.000000	3.636.000		53	0.000000	3.636.000	
54	0.000000	3.653.000		54	0.000000	3.653.000	
55	0.000000	3.623.000		55	0.000000	3.623.000	
56	0.000000	1.500.000		56	0.000000	1.500.000	
57	0.000000	3.605.000		57	0.000000	3.605.000	
58	0.000000	0.8000000		58	0.000000	0.8000000	
59	0.000000	2.749.000		59	0.000000	2.749.000	
60	0.000000	2.745.000		60	0.000000	2.745.000	
61	0.000000	2.743.000		61	0.000000	2.743.000	
62	0.000000	2.741.000		62	0.000000	2.741.000	
63	0.000000	2.739.000		63	0.000000	2.739.000	
64	2.373.850	0.000000		64	1.862.000	0.000000	
65	20000.00	0.000000		65	20000.00	0.000000	
66	0.000000	1.440.000		66	0.000000	1.440.000	
67	9.000.000	0.000000		67	9.000.000	0.000000	
68	0.000000	0.000000		68	0.000000	0.000000	

EK 5:			EK 6:		
Global optimal solution found.			Global optimal solution found.		
Objective value:	3981260.		Objective value:	5600767.	
Objective bound:	3981260.		Objective bound:	5600767.	
Infeasibilities:	0.2273737E-12		Infeasibilities:	0.000000	
Extended solver steps:	2		Extended solver steps:	2	
Total solver iterations:	77		Total solver iterations:	80	

Variable	Value	Reduced Cost	Variable	Value	Reduced Cost
C	0.1000000	0.000000	C	0.1000000	0.000000
D1	0.8000000	0.000000	D1	0.8000000	0.000000
D2	0.4000000	0.000000	D2	0.4000000	0.000000
D3	0.4000000	0.000000	D3	0.4000000	0.000000
D4	0.1200000	0.000000	D4	0.1200000	0.000000
E1	1.200.000	0.000000	E1	1.200.000	0.000000
E2	9.000.000	0.000000	E2	9.000.000	0.000000
E3	6.000.000	0.000000	E3	6.000.000	0.000000
E4	5.000.000	0.000000	E4	5.000.000	0.000000
A( 1)	6.149.000	0.000000	A( 1)	8.514.000	0.000000
A( 2)	1.029.600	0.000000	A( 2)	1.425.600	0.000000
A( 3)	6.292.000	0.000000	A( 3)	8.712.000	0.000000
A( 4)	6.077.500	0.000000	A( 4)	8.415.000	0.000000
A( 5)	3.768.050	0.000000	A( 5)	5.217.300	0.000000
Y1( 1)	1.325.000	0.000000	Y1( 1)	1.325.000	0.000000
Y1( 2)	1.325.000	0.000000	Y1( 2)	1.325.000	0.000000
Y1( 3)	1.325.000	0.000000	Y1( 3)	1.325.000	0.000000
Y1( 4)	0.000000	0.000000	Y1( 4)	0.000000	0.000000
Y1( 5)	0.000000	0.000000	Y1( 5)	8.712.000	0.000000
Y1( 6)	0.000000	0.000000	Y1( 6)	3.858.000	0.000000
Y1( 7)	1.325.000	0.000000	Y1( 7)	1.325.000	0.000000
Y1( 8)	2.450.000	0.000000	Y1( 8)	1.325.000	0.000000
Y1( 9)	1.325.000	0.000000	Y1( 9)	1.325.000	0.000000
Y1( 10)	0.000000	0.000000	Y1( 10)	0.000000	0.000000
Y1( 11)	0.000000	0.000000	Y1( 11)	0.000000	0.000000
Y1( 12)	0.000000	0.000000	Y1( 12)	0.000000	0.000000
Y1( 13)	0.000000	0.000000	Y1( 13)	0.000000	0.000000
Y1( 14)	0.000000	0.000000	Y1( 14)	0.000000	0.000000
GJ( 1)	2.367.000	0.000000	GJ( 1)	2.367.000	0.000000





HJ( 12)	1.855.000	0.000000		HJ( 12)	1.855.000	0.000000
HJ( 13)	1.855.000	0.000000		HJ( 13)	1.855.000	0.000000
HJ( 14)	1.855.000	0.000000		HJ( 14)	1.855.000	0.000000
N1( 1)	1.000.000	-2.346.700		N1( 1)	1.000.000	-3.274.200
N1( 2)	1.000.000	-3.141.700		N1( 2)	1.000.000	-4.069.200
N1( 3)	1.000.000	-7.567.000		N1( 3)	1.000.000	-1.684.200
N1( 4)	0.000000	-482526.7		N1( 4)	0.000000	-562556.7
N1( 5)	0.000000	-484779.2		N1( 5)	1.000.000	1.708.000
N1( 6)	0.000000	-480804.2		N1( 6)	1.000.000	1.708.000
N1( 7)	1.000.000	-2.744.200		N1( 7)	1.000.000	-3.671.700
N1( 8)	1.000.000	1.708.000		N1( 8)	1.000.000	-9.420.000
N1( 9)	1.000.000	-1.816.700		N1( 9)	1.000.000	-2.744.200
N1( 10)	0.000000	-510859.2		N1( 10)	0.000000	-622901.2
N1( 11)	0.000000	-510117.2		N1( 11)	0.000000	-622159.2
N1( 12)	0.000000	-509746.2		N1( 12)	0.000000	-621788.2
N1( 13)	0.000000	-509375.2		N1( 13)	0.000000	-621417.2
N1( 14)	0.000000	-509004.2		N1( 14)	0.000000	-621046.2
Z1( 1)	4.649.500	0.000000		Z1( 1)	6.000.000	0.000000
Z1( 2)	0.000000	5.970.000		Z1( 2)	1.207.000	0.000000
Z1( 3)	2.000.000	0.000000		Z1( 3)	2.000.000	0.000000
Z2( 1)	3.719.600	0.000000		Z2( 1)	4.800.000	0.000000
Z2( 2)	0.000000	0.000000		Z2( 2)	9.656.000	0.000000
Z2( 3)	1.600.000	0.000000		Z2( 3)	1.600.000	0.000000
Z3( 1)	1.859.800	0.000000		Z3( 1)	2.400.000	0.000000
Z3( 2)	0.000000	0.000000		Z3( 2)	4.828.000	0.000000
Z3( 3)	8.000.000	0.000000		Z3( 3)	8.000.000	0.000000
Z4( 1)	1.859.800	0.000000		Z4( 1)	2.400.000	0.000000
Z4( 2)	0.000000	0.000000		Z4( 2)	4.828.000	0.000000
Z4( 3)	8.000.000	0.000000		Z4( 3)	8.000.000	0.000000
Z5( 1)	5.579.400	0.000000		Z5( 1)	7.200.000	0.000000
Z5( 2)	0.000000	0.000000		Z5( 2)	1.448.400	0.000000
Z5( 3)	2.400.000	0.000000		Z5( 3)	2.400.000	0.000000
HM( 1)	6.000.000	0.000000		HM( 1)	6.000.000	0.000000
HM( 2)	20000.00	0.000000		HM( 2)	20000.00	0.000000
HM( 3)	2.000.000	0.000000		HM( 3)	2.000.000	0.000000
N2( 1)	1.000.000	0.000000		N2( 1)	1.000.000	-358200.0
N2( 2)	1.000.000	0.000000		N2( 2)	1.000.000	0.000000
N2( 3)	1.000.000	-28800.00		N2( 3)	1.000.000	-148200.0

X1( 1, 1)	0.000000	7.400.000		X1( 1, 1)	0.000000	7.400.000
X1( 1, 2)	0.000000	6.400.000		X1( 1, 2)	0.000000	6.400.000
X1( 1, 3)	0.000000	7.800.000		X1( 1, 3)	0.000000	7.800.000
X1( 1, 4)	0.000000	1.250.000		X1( 1, 4)	0.000000	1.250.000
X1( 1, 5)	0.000000	1.290.000		X1( 1, 5)	0.000000	1.240.000
X1( 1, 6)	0.000000	7.400.000		X1( 1, 6)	0.000000	7.400.000
X1( 1, 7)	6.149.000	0.000000		X1( 1, 7)	8.514.000	0.000000
X1( 1, 8)	0.000000	3.100.000		X1( 1, 8)	0.000000	2.600.000
X1( 1, 9)	0.000000	0.2000000		X1( 1, 9)	0.000000	0.2000000
X1( 1, 10)	0.000000	1.340.000		X1( 1, 10)	0.000000	1.340.000
X1( 1, 11)	0.000000	1.220.000		X1( 1, 11)	0.000000	1.220.000
X1( 1, 12)	0.000000	1.360.000		X1( 1, 12)	0.000000	1.360.000
X1( 1, 13)	0.000000	1.770.000		X1( 1, 13)	0.000000	1.770.000
X1( 1, 14)	0.000000	1.620.000		X1( 1, 14)	0.000000	1.620.000
X1( 2, 1)	0.000000	4.700.000		X1( 2, 1)	0.000000	4.700.000
X1( 2, 2)	9.027.500	0.000000		X1( 2, 2)	5.662.000	0.000000
X1( 2, 3)	0.000000	1.800.000		X1( 2, 3)	0.000000	1.800.000
X1( 2, 4)	0.000000	0.000000		X1( 2, 4)	0.000000	0.000000
X1( 2, 5)	0.000000	3.800.000		X1( 2, 5)	0.000000	3.300.000
X1( 2, 6)	0.000000	0.000000		X1( 2, 6)	3.858.000	0.000000
X1( 2, 7)	1.268.500	0.000000		X1( 2, 7)	4.736.000	0.000000
X1( 2, 8)	0.000000	4.100.000		X1( 2, 8)	0.000000	3.600.000
X1( 2, 9)	0.000000	2.100.000		X1( 2, 9)	0.000000	2.100.000
X1( 2, 10)	0.000000	6.800.000		X1( 2, 10)	0.000000	6.800.000
X1( 2, 11)	0.000000	1.900.000		X1( 2, 11)	0.000000	1.900.000
X1( 2, 12)	0.000000	3.700.000		X1( 2, 12)	0.000000	3.700.000
X1( 2, 13)	0.000000	1.300.000		X1( 2, 13)	0.000000	1.300.000
X1( 2, 14)	0.000000	7.700.000		X1( 2, 14)	0.000000	7.700.000
X1( 3, 1)	0.000000	8.800.000		X1( 3, 1)	0.000000	9.300.000
X1( 3, 2)	0.000000	1.020.000		X1( 3, 2)	0.000000	1.070.000
X1( 3, 3)	0.000000	1.430.000		X1( 3, 3)	0.000000	1.480.000
X1( 3, 4)	0.000000	1.340.000		X1( 3, 4)	0.000000	1.390.000
X1( 3, 5)	0.000000	0.000000		X1( 3, 5)	8.712.000	0.000000
X1( 3, 6)	0.000000	5.100.000		X1( 3, 6)	0.000000	5.600.000
X1( 3, 7)	0.000000	5.500.000		X1( 3, 7)	0.000000	6.000.000
X1( 3, 8)	0.000000	3.100.000		X1( 3, 8)	0.000000	3.100.000
X1( 3, 9)	6.292.000	0.000000		X1( 3, 9)	0.000000	0.5000000
X1( 3, 10)	0.000000	6.400.000		X1( 3, 10)	0.000000	6.900.000

X1( 3, 11)	0.000000	7.600.000		X1( 3, 11)	0.000000	8.100.000	
X1( 3, 12)	0.000000	1.170.000		X1( 3, 12)	0.000000	1.220.000	
X1( 3, 13)	0.000000	1.020.000		X1( 3, 13)	0.000000	1.070.000	
X1( 3, 14)	0.000000	7.500.000		X1( 3, 14)	0.000000	8.000.000	
X1( 4, 1)	0.000000	3.100.000		X1( 4, 1)	0.000000	3.600.000	
X1( 4, 2)	0.000000	4.900.000		X1( 4, 2)	0.000000	5.400.000	
X1( 4, 3)	0.000000	2.500.000		X1( 4, 3)	0.000000	3.000.000	
X1( 4, 4)	0.000000	2.100.000		X1( 4, 4)	0.000000	2.600.000	
X1( 4, 5)	0.000000	4.200.000		X1( 4, 5)	0.000000	4.200.000	
X1( 4, 6)	0.000000	1.400.000		X1( 4, 6)	0.000000	1.900.000	
X1( 4, 7)	5.832.500	0.000000		X1( 4, 7)	0.000000	0.5000000	
X1( 4, 8)	2.450.000	0.000000		X1( 4, 8)	8.415.000	0.000000	
X1( 4, 9)	0.000000	0.9000000		X1( 4, 9)	0.000000	1.400.000	
X1( 4, 10)	0.000000	8.500.000		X1( 4, 10)	0.000000	9.000.000	
X1( 4, 11)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 11)	0.000000	8.800.000	
X1( 4, 12)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 12)	0.000000	8.800.000	
X1( 4, 13)	0.000000	8.300.000		X1( 4, 13)	0.000000	8.800.000	
X1( 4, 14)	0.000000	5.800.000		X1( 4, 14)	0.000000	6.300.000	
X1( 5, 1)	1.325.000	0.000000		X1( 5, 1)	1.325.000	0.000000	
X1( 5, 2)	4.222.500	0.000000		X1( 5, 2)	7.588.000	0.000000	
X1( 5, 3)	1.325.000	0.000000		X1( 5, 3)	1.325.000	0.000000	
X1( 5, 4)	0.000000	0.6000000		X1( 5, 4)	0.000000	0.6000000	
X1( 5, 5)	0.000000	4.500.000		X1( 5, 5)	0.000000	4.000.000	
X1( 5, 6)	0.000000	1.900.000		X1( 5, 6)	0.000000	1.900.000	
X1( 5, 7)	0.000000	0.5000000		X1( 5, 7)	0.000000	0.5000000	
X1( 5, 8)	0.000000	0.5000000		X1( 5, 8)	4.835.000	0.000000	
X1( 5, 9)	6.958.000	0.000000		X1( 5, 9)	1.325.000	0.000000	
X1( 5, 10)	0.000000	0.000000		X1( 5, 10)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 11)	0.000000	0.000000		X1( 5, 11)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 12)	0.000000	0.000000		X1( 5, 12)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 13)	0.000000	0.000000		X1( 5, 13)	0.000000	0.000000	
X1( 5, 14)	0.000000	0.000000		X1( 5, 14)	0.000000	0.000000	
B1( 1, 1)	7.800.000	0.000000		B1( 1, 1)	7.800.000	0.000000	
B1( 1, 2)	7.000.000	0.000000		B1( 1, 2)	7.000.000	0.000000	
B1( 1, 3)	8.600.000	0.000000		B1( 1, 3)	8.600.000	0.000000	
B1( 1, 4)	1.290.000	0.000000		B1( 1, 4)	1.290.000	0.000000	
B1( 1, 5)	1.160.000	0.000000		B1( 1, 5)	1.160.000	0.000000	
B1( 1, 6)	9.100.000	0.000000		B1( 1, 6)	9.100.000	0.000000	

B1( 1, 7)	3.300.000	0.000000		B1( 1, 7)	3.300.000	0.000000
B1( 1, 8)	6.600.000	0.000000		B1( 1, 8)	6.600.000	0.000000
B1( 1, 9)	4.400.000	0.000000		B1( 1, 9)	4.400.000	0.000000
B1( 1, 10)	1.040.000	0.000000		B1( 1, 10)	1.040.000	0.000000
B1( 1, 11)	9.600.000	0.000000		B1( 1, 11)	9.600.000	0.000000
B1( 1, 12)	1.120.000	0.000000		B1( 1, 12)	1.120.000	0.000000
B1( 1, 13)	1.550.000	0.000000		B1( 1, 13)	1.550.000	0.000000
B1( 1, 14)	1.420.000	0.000000		B1( 1, 14)	1.420.000	0.000000
B1( 2, 1)	1.170.000	0.000000		B1( 2, 1)	1.170.000	0.000000
B1( 2, 2)	7.200.000	0.000000		B1( 2, 2)	7.200.000	0.000000
B1( 2, 3)	9.200.000	0.000000		B1( 2, 3)	9.200.000	0.000000
B1( 2, 4)	7.000.000	0.000000		B1( 2, 4)	7.000.000	0.000000
B1( 2, 5)	9.100.000	0.000000		B1( 2, 5)	9.100.000	0.000000
B1( 2, 6)	8.300.000	0.000000		B1( 2, 6)	8.300.000	0.000000
B1( 2, 7)	9.900.000	0.000000		B1( 2, 7)	9.900.000	0.000000
B1( 2, 8)	1.420.000	0.000000		B1( 2, 8)	1.420.000	0.000000
B1( 2, 9)	1.290.000	0.000000		B1( 2, 9)	1.290.000	0.000000
B1( 2, 10)	1.040.000	0.000000		B1( 2, 10)	1.040.000	0.000000
B1( 2, 11)	5.900.000	0.000000		B1( 2, 11)	5.900.000	0.000000
B1( 2, 12)	7.900.000	0.000000		B1( 2, 12)	7.900.000	0.000000
B1( 2, 13)	5.700.000	0.000000		B1( 2, 13)	5.700.000	0.000000
B1( 2, 14)	1.230.000	0.000000		B1( 2, 14)	1.230.000	0.000000
B1( 3, 1)	1.150.000	0.000000		B1( 3, 1)	1.150.000	0.000000
B1( 3, 2)	1.310.000	0.000000		B1( 3, 2)	1.310.000	0.000000
B1( 3, 3)	1.740.000	0.000000		B1( 3, 3)	1.740.000	0.000000
B1( 3, 4)	1.610.000	0.000000		B1( 3, 4)	1.610.000	0.000000
B1( 3, 5)	1.000.000	0.000000		B1( 3, 5)	1.000.000	0.000000
B1( 3, 6)	9.100.000	0.000000		B1( 3, 6)	9.100.000	0.000000
B1( 3, 7)	1.110.000	0.000000		B1( 3, 7)	1.110.000	0.000000
B1( 3, 8)	8.900.000	0.000000		B1( 3, 8)	8.900.000	0.000000
B1( 3, 9)	6.500.000	0.000000		B1( 3, 9)	6.500.000	0.000000
B1( 3, 10)	5.700.000	0.000000		B1( 3, 10)	5.700.000	0.000000
B1( 3, 11)	7.300.000	0.000000		B1( 3, 11)	7.300.000	0.000000
B1( 3, 12)	1.160.000	0.000000		B1( 3, 12)	1.160.000	0.000000
B1( 3, 13)	1.030.000	0.000000		B1( 3, 13)	1.030.000	0.000000
B1( 3, 14)	7.800.000	0.000000		B1( 3, 14)	7.800.000	0.000000
B1( 4, 1)	3.300.000	0.000000		B1( 4, 1)	3.300.000	0.000000
B1( 4, 2)	5.300.000	0.000000		B1( 4, 2)	5.300.000	0.000000

B1( 4, 3)	3.100.000	0.000000		B1( 4, 3)	3.100.000	0.000000
B1( 4, 4)	2.300.000	0.000000		B1( 4, 4)	2.300.000	0.000000
B1( 4, 5)	2.700.000	0.000000		B1( 4, 5)	2.700.000	0.000000
B1( 4, 6)	2.900.000	0.000000		B1( 4, 6)	2.900.000	0.000000
B1( 4, 7)	3.100.000	0.000000		B1( 4, 7)	3.100.000	0.000000
B1( 4, 8)	3.300.000	0.000000		B1( 4, 8)	3.300.000	0.000000
B1( 4, 9)	4.900.000	0.000000		B1( 4, 9)	4.900.000	0.000000
B1( 4, 10)	5.300.000	0.000000		B1( 4, 10)	5.300.000	0.000000
B1( 4, 11)	5.500.000	0.000000		B1( 4, 11)	5.500.000	0.000000
B1( 4, 12)	5.700.000	0.000000		B1( 4, 12)	5.700.000	0.000000
B1( 4, 13)	5.900.000	0.000000		B1( 4, 13)	5.900.000	0.000000
B1( 4, 14)	3.600.000	0.000000		B1( 4, 14)	3.600.000	0.000000
B1( 5, 1)	4.000.000	0.000000		B1( 5, 1)	4.000.000	0.000000
B1( 5, 2)	4.200.000	0.000000		B1( 5, 2)	4.200.000	0.000000
B1( 5, 3)	4.400.000	0.000000		B1( 5, 3)	4.400.000	0.000000
B1( 5, 4)	4.600.000	0.000000		B1( 5, 4)	4.600.000	0.000000
B1( 5, 5)	6.800.000	0.000000		B1( 5, 5)	6.800.000	0.000000
B1( 5, 6)	7.200.000	0.000000		B1( 5, 6)	7.200.000	0.000000
B1( 5, 7)	7.400.000	0.000000		B1( 5, 7)	7.400.000	0.000000
B1( 5, 8)	7.600.000	0.000000		B1( 5, 8)	7.600.000	0.000000
B1( 5, 9)	7.800.000	0.000000		B1( 5, 9)	7.800.000	0.000000
B1( 5, 10)	6.000.000	0.000000		B1( 5, 10)	6.000.000	0.000000
B1( 5, 11)	1.000.000	0.000000		B1( 5, 11)	1.000.000	0.000000
B1( 5, 12)	1.200.000	0.000000		B1( 5, 12)	1.200.000	0.000000
B1( 5, 13)	1.400.000	0.000000		B1( 5, 13)	1.400.000	0.000000
B1( 5, 14)	1.600.000	0.000000		B1( 5, 14)	1.600.000	0.000000
X2( 1, 1)	0.000000	0.000000		X2( 1, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 2)	0.000000	0.000000		X2( 1, 2)	6.500.000	0.000000
X2( 1, 3)	1.325.000	0.000000		X2( 1, 3)	6.750.000	0.000000
X2( 2, 1)	1.325.000	0.000000		X2( 2, 1)	7.680.000	0.000000
X2( 2, 2)	0.000000	0.000000		X2( 2, 2)	5.570.000	0.000000
X2( 2, 3)	0.000000	0.000000		X2( 2, 3)	0.000000	0.000000
X2( 3, 1)	1.325.000	0.000000		X2( 3, 1)	1.325.000	0.000000
X2( 3, 2)	0.000000	0.000000		X2( 3, 2)	0.000000	0.000000
X2( 3, 3)	0.000000	0.000000		X2( 3, 3)	0.000000	0.000000
X2( 4, 1)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 1)	0.000000	4.272.000
X2( 4, 2)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 2)	0.000000	4.272.000
X2( 4, 3)	0.000000	3.675.000		X2( 4, 3)	0.000000	4.272.000

X2( 5, 1)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 1)	8.712.000	0.000000
X2( 5, 2)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 2)	0.000000	0.000000
X2( 5, 3)	0.000000	3.662.000		X2( 5, 3)	0.000000	0.000000
X2( 6, 1)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 1)	3.858.000	0.000000
X2( 6, 2)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 2)	0.000000	0.000000
X2( 6, 3)	0.000000	3.637.000		X2( 6, 3)	0.000000	0.000000
X2( 7, 1)	1.325.000	0.000000		X2( 7, 1)	0.000000	0.000000
X2( 7, 2)	0.000000	0.000000		X2( 7, 2)	0.000000	0.000000
X2( 7, 3)	0.000000	0.000000		X2( 7, 3)	1.325.000	0.000000
X2( 8, 1)	2.450.000	0.000000		X2( 8, 1)	1.325.000	0.000000
X2( 8, 2)	0.000000	0.000000		X2( 8, 2)	0.000000	0.000000
X2( 8, 3)	0.000000	0.000000		X2( 8, 3)	0.000000	0.000000
X2( 9, 1)	6.500.000	0.000000		X2( 9, 1)	1.325.000	0.000000
X2( 9, 2)	0.000000	0.000000		X2( 9, 2)	0.000000	0.000000
X2( 9, 3)	6.750.000	0.000000		X2( 9, 3)	0.000000	0.000000
X2( 10, 1)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 1)	0.000000	4.162.000
X2( 10, 2)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 2)	0.000000	4.162.000
X2( 10, 3)	0.000000	3.565.000		X2( 10, 3)	0.000000	4.162.000
X2( 11, 1)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 1)	0.000000	4.166.000
X2( 11, 2)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 2)	0.000000	4.166.000
X2( 11, 3)	0.000000	3.569.000		X2( 11, 3)	0.000000	4.166.000
X2( 12, 1)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 1)	0.000000	4.168.000
X2( 12, 2)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 2)	0.000000	4.168.000
X2( 12, 3)	0.000000	3.571.000		X2( 12, 3)	0.000000	4.168.000
X2( 13, 1)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 1)	0.000000	4.170.000
X2( 13, 2)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 2)	0.000000	4.170.000
X2( 13, 3)	0.000000	3.573.000		X2( 13, 3)	0.000000	4.170.000
X2( 14, 1)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 1)	0.000000	4.172.000
X2( 14, 2)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 2)	0.000000	4.172.000
X2( 14, 3)	0.000000	3.575.000		X2( 14, 3)	0.000000	4.172.000
B2( 1, 1)	6.240.000	0.000000		B2( 1, 1)	6.240.000	0.000000
B2( 1, 2)	1.221.000	0.000000		B2( 1, 2)	1.221.000	0.000000
B2( 1, 3)	4.800.000	0.000000		B2( 1, 3)	4.800.000	0.000000
B2( 2, 1)	6.160.000	0.000000		B2( 2, 1)	6.160.000	0.000000
B2( 2, 2)	1.213.000	0.000000		B2( 2, 2)	1.213.000	0.000000
B2( 2, 3)	4.720.000	0.000000		B2( 2, 3)	4.720.000	0.000000
B2( 3, 1)	6.320.000	0.000000		B2( 3, 1)	6.320.000	0.000000
B2( 3, 2)	1.229.000	0.000000		B2( 3, 2)	1.229.000	0.000000

B2( 3, 3)	4.880.000	0.000000
B2( 4, 1)	6.750.000	0.000000
B2( 4, 2)	1.272.000	0.000000
B2( 4, 3)	5.310.000	0.000000
B2( 5, 1)	6.620.000	0.000000
B2( 5, 2)	1.259.000	0.000000
B2( 5, 3)	5.180.000	0.000000
B2( 6, 1)	6.370.000	0.000000
B2( 6, 2)	1.234.000	0.000000
B2( 6, 3)	4.930.000	0.000000
B2( 7, 1)	5.920.000	0.000000
B2( 7, 2)	1.189.000	0.000000
B2( 7, 3)	4.480.000	0.000000
B2( 8, 1)	6.120.000	0.000000
B2( 8, 2)	1.209.000	0.000000
B2( 8, 3)	4.680.000	0.000000
B2( 9, 1)	5.900.000	0.000000
B2( 9, 2)	1.187.000	0.000000
B2( 9, 3)	4.460.000	0.000000
B2( 10, 1)	5.650.000	0.000000
B2( 10, 2)	1.162.000	0.000000
B2( 10, 3)	4.210.000	0.000000
B2( 11, 1)	5.690.000	0.000000
B2( 11, 2)	1.166.000	0.000000
B2( 11, 3)	4.250.000	0.000000
B2( 12, 1)	5.710.000	0.000000
B2( 12, 2)	1.168.000	0.000000
B2( 12, 3)	4.270.000	0.000000
B2( 13, 1)	5.730.000	0.000000
B2( 13, 2)	1.170.000	0.000000
B2( 13, 3)	4.290.000	0.000000
B2( 14, 1)	5.750.000	0.000000
B2( 14, 2)	1.172.000	0.000000
B2( 14, 3)	4.310.000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3981260.	-1.000.000
2	0.000000	-6.014.000

B2( 3, 3)	4.880.000	0.000000
B2( 4, 1)	6.750.000	0.000000
B2( 4, 2)	1.272.000	0.000000
B2( 4, 3)	5.310.000	0.000000
B2( 5, 1)	6.620.000	0.000000
B2( 5, 2)	1.259.000	0.000000
B2( 5, 3)	5.180.000	0.000000
B2( 6, 1)	6.370.000	0.000000
B2( 6, 2)	1.234.000	0.000000
B2( 6, 3)	4.930.000	0.000000
B2( 7, 1)	5.920.000	0.000000
B2( 7, 2)	1.189.000	0.000000
B2( 7, 3)	4.480.000	0.000000
B2( 8, 1)	6.120.000	0.000000
B2( 8, 2)	1.209.000	0.000000
B2( 8, 3)	4.680.000	0.000000
B2( 9, 1)	5.900.000	0.000000
B2( 9, 2)	1.187.000	0.000000
B2( 9, 3)	4.460.000	0.000000
B2( 10, 1)	5.650.000	0.000000
B2( 10, 2)	1.162.000	0.000000
B2( 10, 3)	4.210.000	0.000000
B2( 11, 1)	5.690.000	0.000000
B2( 11, 2)	1.166.000	0.000000
B2( 11, 3)	4.250.000	0.000000
B2( 12, 1)	5.710.000	0.000000
B2( 12, 2)	1.168.000	0.000000
B2( 12, 3)	4.270.000	0.000000
B2( 13, 1)	5.730.000	0.000000
B2( 13, 2)	1.170.000	0.000000
B2( 13, 3)	4.290.000	0.000000
B2( 14, 1)	5.750.000	0.000000
B2( 14, 2)	1.172.000	0.000000
B2( 14, 3)	4.310.000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	5600767.	-1.000.000
2	0.000000	-6.618.000



3	0.000000	-6.080.000		3	0.000000	-6.684.000	
4	0.000000	-6.037.000		4	0.000000	-6.636.000	
5	0.000000	-6.012.000		5	0.000000	-6.611.000	
6	0.000000	-6.050.000		6	0.000000	-6.654.000	
7	0.000000	6.010.000		7	0.000000	6.614.000	
8	0.000000	6.008.000		8	0.000000	6.612.000	
9	0.000000	6.006.000		9	0.000000	6.610.000	
10	0.000000	6.010.000		10	0.000000	6.614.000	
11	0.000000	6.027.000		11	0.000000	6.626.000	
12	0.000000	5.997.000		12	0.000000	6.601.000	
13	0.000000	5.981.000		13	0.000000	6.585.000	
14	0.000000	5.979.000		14	0.000000	6.578.000	
15	0.000000	5.972.000		15	0.000000	6.576.000	
16	0.000000	6.044.000		16	0.000000	6.648.000	
17	0.000000	6.040.000		17	0.000000	6.644.000	
18	0.000000	6.038.000		18	0.000000	6.642.000	
19	0.000000	6.036.000		19	0.000000	6.640.000	
20	0.000000	6.034.000		20	0.000000	6.638.000	
21	0.000000	-3.624.000		21	0.000000	-4.221.000	
22	0.000000	-3.616.000		22	0.000000	-4.213.000	
23	0.000000	-3.632.000		23	0.000000	-4.229.000	
24	0.000000	0.000000		24	0.000000	0.000000	
25	0.000000	0.000000		25	0.000000	-4.259.000	
26	0.000000	0.000000		26	0.000000	-4.234.000	
27	0.000000	-3.592.000		27	0.000000	-4.189.000	
28	0.000000	-3.612.000		28	0.000000	-4.209.000	
29	0.000000	-3.590.000		29	0.000000	-4.187.000	
30	0.000000	0.000000		30	0.000000	0.000000	
31	0.000000	0.000000		31	0.000000	0.000000	
32	0.000000	0.000000		32	0.000000	0.000000	
33	0.000000	0.000000		33	0.000000	0.000000	
34	0.000000	0.000000		34	0.000000	0.000000	
35	0.000000	3.000.000		35	0.000000	3.597.000	
36	0.000000	2.403.000		36	0.000000	3.000.000	
37	0.000000	3.144.000		37	0.000000	3.741.000	
38	0.000000	1.200.000		38	0.000000	1.200.000	
39	0.000000	1.200.000		39	0.000000	1.200.000	
40	0.000000	1.200.000		40	0.000000	1.200.000	

41	0.000000	-9.000.000		41	0.000000	-9.000.000	
42	0.000000	-9.000.000		42	0.000000	-9.000.000	
43	0.000000	-9.000.000		43	0.000000	-9.000.000	
44	0.000000	-6.000.000		44	0.000000	-6.000.000	
45	0.000000	-6.000.000		45	0.000000	-6.000.000	
46	0.000000	-6.000.000		46	0.000000	-6.000.000	
47	0.000000	-5.000.000		47	0.000000	-5.000.000	
48	0.000000	-5.000.000		48	0.000000	-5.000.000	
49	0.000000	-5.000.000		49	0.000000	-5.000.000	
50	0.000000	1.900.000		50	0.000000	2.600.000	
51	0.000000	2.500.000		51	0.000000	3.200.000	
52	0.000000	0.7000000		52	0.000000	1.400.000	
53	0.000000	3.643.000		53	0.000000	4.247.000	
54	0.000000	3.660.000		54	4.538.000	0.000000	
55	0.000000	3.630.000		55	9.392.000	0.000000	
56	0.000000	2.200.000		56	0.000000	2.900.000	
57	1.300.500	0.000000		57	0.000000	0.2000000	
58	0.000000	1.500.000		58	0.000000	2.200.000	
59	0.000000	2.756.000		59	0.000000	3.360.000	
60	0.000000	2.752.000		60	0.000000	3.356.000	
61	0.000000	2.750.000		61	0.000000	3.354.000	
62	0.000000	2.748.000		62	0.000000	3.352.000	
63	0.000000	2.746.000		63	0.000000	3.350.000	
64	1.350.500	0.000000		64	0.000000	5.970.000	
65	20000.00	0.000000		65	18793.00	0.000000	
66	0.000000	1.440.000		66	0.000000	7.410.000	
67	8.000.000	0.000000		67	6.000.000	0.000000	
68	0.000000	0.000000		68	0.000000	0.000000	

**ÖZGEÇMİŞ**

**Adı Soyadı** : **Özlem FEDAİ DENİŞ**

**Anne adı** : **Ayşe**

**Baba adı** : **Hasan**

**Doğum yeri ve Tarihi** : **Denizli, 1976**

**Lisans Eğitimi** : **Dokuz Eylül Üniversitesi, İ.İ.B.F, Kamu Yönetimi**

**Mezuniyet tarihi** : **1998**

**Çalıştığı yer ve görevi** : **PAÜ BULDAN MYO, Öğr. Görevlisi**

**Yabancı dil** : **İngilizce**